

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

## **МАТЕРИАЛЫ**

**I международной заочной  
научно–практической конференции  
“Инжиниринг: теория и практика”**

**Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь,  
26 марта 2021 г.**

**Пинск 2021**

УДК 62:658  
ББК 65:38  
И 62

Редакционная коллегия:

**Дунай В.И.**, ректор университета, кандидат биологических наук, доцент  
(главный редактор);

**Кручинский Н.Г.**, проректор по научной работе, доктор медицинских наук, доцент;

**Золотарева О.А.**, проректор по учебной работе, доктор экономических наук, доцент;

**Штепа В.Н.**, декан инженерного факультета, доктор технических наук, доцент;

**Павлов П.А.**, заместитель декана инженерного факультета по научной работе,  
кандидат физико-математических наук, доцент;

**Романова М.А.**, заведующий кафедрой информационных технологий  
и интеллектуальных систем, кандидат физико-математических наук, доцент;

**Астренков Ю.В.**, заведующий кафедрой промышленного рыбоводства и переработки  
рыбной продукции, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Чигрин Н.А.**, заведующий кафедрой ландшафтного проектирования,  
кандидат биологических наук, доцент.

Рецензенты:

**Астренков Ю.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Бубырь И.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Павлов П.А.**, кандидат физико-математических наук, доцент;

**Цвирко Л.С.**, доктор биологических наук, профессор;

**Чигрин Н.А.**, кандидат биологических наук, доцент;

**Штепа В.Н.**, доктор технических наук, доцент.

**Инжиниринг: теория и практика:** материалы I международной заочной научно–  
практической конференции, УО «Полесский государственный университет», г. Пинск, 26  
марта 2021 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Ду-  
най [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2021. – 187 с.

ISBN 978–985–516–675-8

Приведены материалы участников I международной заочной научно–практической  
конференции «Инжиниринг: теория и практика».

Материалы изложены в авторской редакции.

УДК 62:658  
ББК 65:38

ISBN 978–985–675-8

© УО «Полесский государственный  
университет», 2021

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 620.9.004.18

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «REFLOW»

Антипов Евгений Алексеевич, к.т.н., доцент,  
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Ievgeniy Antypov, PhD, [ievgeniy\\_antypov@ukr.net](mailto:ievgeniy_antypov@ukr.net)  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*Осуществлена оценка влияния сопротивления ограждающих конструкций на эффективность работы системы «REFLOW», которая позволяет осуществлять «умное» распределение и транспортировку теплоносителя по системе отопления зданий и сооружений ВУЗов с учетом влияния внешних и внутренних климатических параметров в динамическом режиме.*

**Ключевые слова:** *поток, балансировка, энергосберегающая технология, система отопления, динамический режим.*

Острота проблемы энергообеспечения для украинских высших учебных заведений (ВУЗ) связана с ограниченным бюджетным финансированием расходов (прежде всего на коммунальные услуги, среди которых наиболее значимыми являются расходы на энергообеспечение) и низкой энергоэффективностью инженерных систем и зданий ВУЗов. Основная часть внутримановых сетей зданий ВУЗов, по своим конструктивным особенностям, относятся к однотрубным с вертикальной разводкой. Такие системы, в отличие от двухтрубных, менее металлоемкие но более гидравлически разбалансированные, что в свою очередь приводит к возникновению так называемых явлений «перетоков»/«недотоков» помещений как по «стоякам», так и по этажам здания в зависимости от использования той или другой схемы подачи теплоносителя. Описанную проблему частично решают известные технические решения компаний «Danfoss» и «HERZ» [1]. Однако, известные технические устройства не учитывают влияние внешних (температура, интенсивность солнечного излучения, скорость и направление ветра) и внутренних (влажность, присутствие человека) факторов, не позволяет осуществлять «качественную» корректировку режимов работы системы отопления в зависимости от влияния того или иного фактора. Кроме того, в случае изменения типа и площади поверхности отапливаемых приборов, в условиях динамического изменения режима работы системы отопления здания и параметров окружающей среды, даже с использованием балансировочной арматуры, проблема «перетоков» и «недотоков» помещений по этажам здания до сих пор остается нерешенной. Поэтому с целью снижения уровня энергопотребления зданий ВУЗов и приведением его к нормативному, с одновременным сохранением показателей комфорта в помещениях, целесообразным представляется проведение работ и мероприятий по модернизации их внутримановых инженерных сетей.

При проектировании сложных систем «источник теплоты – распределительное устройство – отопительный прибор» основное внимание должно быть также уделено и «умному» распределению теплоносителя по системе отопления в зависимости от потребностей пользователя – человека [2]. В этом направлении, авторами статьи, ранее был проведен ряд исследований, в частности по анализу состояния энергопотребления на объектах Национального университета биоресурсов и природопользования Украины в течение последних лет, проведен мониторинг параметров микроклимата в помещениях учебных корпусов и в общежитиях университета. В частности, осуществлялись измерения профилей температур внутреннего воздуха как по этажам, так и по фасадам зданий до и после выполнения работ по термомодернизации, которые заключались в утеплении наружных ограждающих конструкций и модернизации индивидуальных тепловых пунктов в отдельных корпусах. Установлено, что потенциал теплоносителя, «пройдя» путь от верхнего/нижнего до нижнего/верхнего этажей, существенно снижается и, как следствие, отопительные

приборы не прогреваются до номинального режима работы, в помещениях первого/последнего этажей температурный режим не соответствует нормативам [3, 4]. На практике, чтобы устранить это несоответствие повышают температуру теплоносителя в «подающем» трубопроводе, но не всегда такой метод является действенным, поскольку с ростом температуры теплоносителя, растут и цифры в «платежках», но никак не улучшается комфорт в помещениях здания.

С целью решения описанных проблем, предложена новая система «REFLOW», которая позволит устранить «недогрев» нижних/верхних и «перегрев» верхних/нижних этажей переключением схемы подачи теплоносителя в систему отопления с верхней на нижнюю и наоборот в автоматическом режиме в зависимости от времени и/или температуры теплоносителя в «обратном» трубопроводе. Использование последней является особенно целесообразным в периоды значительного снижения температуры наружного воздуха, а также высоких порывов ветра. Как следствие, использование системы «REFLOW» способствует более равномерному прогреванию отопительных приборов (на указанных этажах здания) теплоносителем более высокого потенциала в циклическом режиме, в отличие от существующих односторонних режимов подачи теплоносителя в систему отопления дома.

Для оценки влияния сопротивления ограждающих конструкций на эффективность работы системы, рассмотрим нестационарную теплопередачу через  $n$ -слойную среду (стену). Контакт между слоями в общем случае будем считать неидеальным. Теплопроводности и удельные теплоемкости в каждом слое принимаем линейно зависимыми от температуры по формулам:

$$\lambda_i = \lambda_{0i}(1 + \varepsilon_i t_i), \quad (1)$$

где  $\lambda_{0i}$  – значение коэффициента теплопроводности для  $i$ -того слоя при температуре  $t_0$ , Вт/(м·°C);  $\varepsilon_i$  – постоянная для  $i$ -того слоя, которая определяется опытным путем;  $t_i$  – температура  $i$ -того слоя, °C;  $i$  – номер слоя в  $n$ -слойной среде.

Для теплоемкости:

$$C_i = C_{0i}(1 + \beta_i t_i), \quad (2)$$

где  $C_{0i}$  – значение коэффициента теплоемкости для  $i$ -того слоя при температуре  $t_0$ , Дж/(кг·°C);  $\beta_i$  – постоянная для  $i$ -того слоя, которая определяется опытным путем.

На свободных поверхностях  $n$ -слойных сред задаются граничные условия III рода. При этом задаются температуры внешней среды  $t_e$  и закон теплообмена между наружной поверхностью ограждающей конструкции и внешней средой. Граничные условия III рода характеризует закон теплообмена между поверхностью и внешней средой в процессе охлаждения или нагрева ограждающей конструкции. Для описания процесса теплообмена между поверхностью и средой используется закон Ньютона–Рихмана:

$$q = \alpha(t_e - t_s), \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи (характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью ограждающей конструкции и средой), Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $t_s$  – температура поверхности ограждающей конструкции, °C;  $t_e$  – температура внешней среды, °C.

Исходное температурное поле задается произвольно функциями  $F_i(x)$ .

Система дифференциальных уравнений, описывающих теплопередачу через  $n$ -шаровую стенку, имеет вид:

$$C_i(t_i) \frac{\partial t_i}{\partial \tau} = \text{div}[\lambda(t_i) \nabla t_i] + f(p_i, \tau), \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

где  $\text{div}$  – дивергенция;  $C_i$  – теплоемкость  $i$ -того слоя при температуре  $t_i$ , кДж/(кг·°C);  $\nabla$  оператор Лапласа в декартовой системе координат;  $p_i$  – удельная мощность внутренних источников теплоты для  $i$ -того слоя, Вт/м<sup>3</sup>;  $\tau$  – время, с.

Для ограждающей конструкции система (4) будет одномерной без источников теплоты. С учетом линейной зависимости теплофизических характеристик от температуры по (1) и (2), считая  $\varepsilon_i$  и  $\beta_i$  малыми параметрами в том смысле, что можно пренебречь их квадратами и произведениями, система (4) примет обобщенный вид:

$$\frac{\partial t_i}{\partial \tau} = a_{0i} \left[ \frac{\partial^2 t_i}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_i}{\partial x} \right] + \varepsilon_i \frac{a_{0i}}{2} \left[ \frac{\partial^2 t_i^2}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_i^2}{\partial x} \right] - \frac{\beta_i}{2} \frac{\partial t_i^2}{\partial \tau}, \quad (5)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

где  $\Gamma$  – коэффициент формы, для пластины (стены)  $\Gamma = 0$ ;  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Соответственно, начальные и граничные условия запишутся следующим образом:

$$-\frac{\partial t_i(l_0, \tau)}{\partial x} + H_{00} [t_i(l_0, \tau) - \varphi_1(\tau)] - \varepsilon_1 H_{01} t_i(l_0, \tau) \times \\ \times [t_i(l_0, \tau) - \varphi_1(\tau)] = 0, \quad (6)$$

$$t_i(x, 0) = F_i(x), \quad (7)$$

$$-\frac{\partial t_n(l_n, \tau)}{\partial x} + H_{0n} [t_n(l_n, \tau) - \varphi_n(\tau)] - \varepsilon_n H_{0n} t_n(l_n, \tau) \times \\ \times [t_n(l_n, \tau) - \varphi_n(\tau)] = 0, \quad (8)$$

где  $l_0$  – расстояние от начала координат до внешней поверхности стены;  $l_n$  – расстояние от начала координат до внутренней поверхности стены;  $H$  – относительный коэффициент теплообмена:

$$H_{ij} = \frac{\alpha_i}{\lambda_j}. \quad (9)$$

$\varphi_1(\tau)$  – функция изменения температуры на внешней поверхности первого слоя;  $\varphi_n(\tau)$  – функция изменения температуры на внешней поверхности  $n$ -го слоя.

Условия на контактах между слоями с учетом (8) и (9) определяются так:

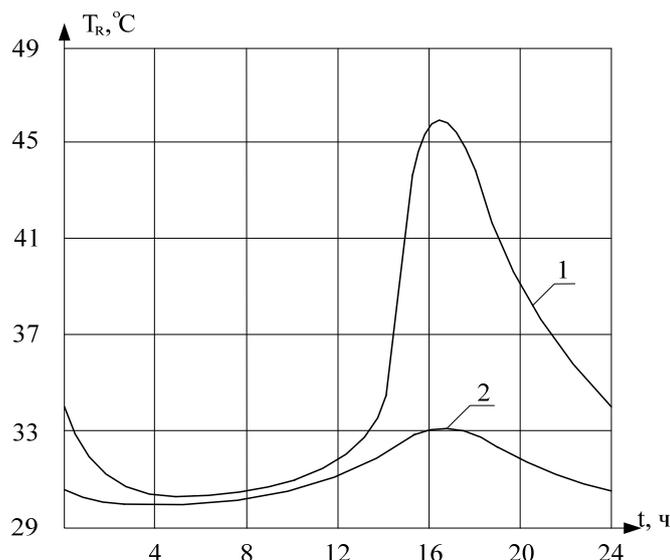
$$\lambda_{0i} \left[ \frac{\partial t_i(l_i, \tau)}{\partial x} + \frac{\varepsilon_i}{2} \frac{\partial t_i^2(l_i, \tau)}{\partial x} \right] = \lambda_{0(i+1)} \times \\ \times \left[ \frac{\partial t_{i+1}(l_i, \tau)}{\partial x} + \frac{\varepsilon_{i+1}}{2} \frac{\partial t_{i+1}^2(l_i, \tau)}{\partial x} \right], \quad (10)$$

$$\lambda_{0i} \left[ \frac{\partial t_i(l_i, \tau)}{\partial x} + \frac{\varepsilon_i}{2} \frac{\partial t_i^2(l_i, \tau)}{\partial x} \right] = \frac{1}{R_i} \times [t_{i+1}(l_i, \tau) - t_i(l_i, \tau)], \quad (11)$$

$i = 1, 2, \dots, (n-1),$

где  $\lambda_{0i}$  – теплопроводность  $i$ -го слоя для задачи нулевого приближения, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $\lambda_{0(i+1)}$  – теплопроводность  $(i+1)$ -го слоя для задачи нулевого приближения, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $l_i$  – расстояние до предела  $i$ -го слоя (точка контакта слоев), м;  $R_i$  – термическое сопротивление на границе раздела двух слоев, (м·°С)/Вт.

Результаты расчетов по формулам (1) – (11), приведены на рис. 1.



**Рисунок – Изменение температуры внутреннего воздуха помещения в течение суток:**  
**1 – ограждающие конструкции выполнены из многослойных стеновых панелей;**  
**2 – ограждающие конструкции выполнены из кирпичной кладки.**

Оценивая влияние сопротивления ограждающих конструкций на эффективность работы системы в условиях нестационарной теплопередачи через  $n$ -слойную среду (стену), установлено, что математическая модель теплотерь через внешние стены здания учитывает влияние климатических факторов на теплофизические характеристики материалов, из которых она состоит. Уравнения описывающие процесс теплопередачи являются нелинейными и нестационарными (температура наружного воздуха меняется во времени).

Таким образом, приведенная модель теплопередачи через стены сооружений с учетом зависимости их теплофизических характеристик материалов от температуры повышает точность решений указанных задач до 15 ÷ 30 % по сравнению с обычными линейными методами. Указанное позволяет более точно корректировать «умное» распределение и транспортировку теплоносителя по внутридомовой системы отопления в динамическом режиме и экономить до 12–15 % тепловой энергии, а в сочетании с «пофасадным» регулированием – до 20–25 % (при условии отсутствия погодозависимого регулирования) добиться сокращения потребляемых ресурсов в отличие от известных систем.

По предварительной оценке, использование системы «REFLOW» в ВУЗах всей страны позволит: улучшить комфортные условия в помещении при работе системы отопления в импульсном режиме; сократить расходы на отопление ВУЗов Украины до 944 тыс. Гкал в год. Срок окупаемости предлагаемых мероприятий не превышает 2–3 отопительных периодов.

#### Список использованных источников

1. Покотилов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодо-снабжения: учебное пособие для инженеров, проектировщиков и студентов. – Вена: «HERZ Armaturen», 2017. – 232 с.
2. Радько И. П. Повышение мер по энергоэффективности и энергосбережению в высших учебных заведениях [Текст] / И. П. Радько, В. А. Наливайко, А. В. Окушко, А. В. Мищенко, Е. А. Антипов // Научный вестник Национального университета биоресурсов и природопользования Украины. Серия «Техника и энергетика АПК». – 2018. – № 283. – С. 275 – 280.
3. Радько И. П. Методика и оборудование для проведения энергетического аудита: [Электронный ресурс] / И. П. Радько, В. А. Наливайко, А. В. Окушко, А. В. Мищенко, Е. А. Антипов // Энергетика и автоматика. – 2018. – № 1. – С. 123–134.
4. Козырский В. В. Результаты упрощенного энергоаудита объектов НУБиП Украины: [Электронный ресурс] / В. Козырский, А. Н. Берега, А. В. Шелиманова, Е. А. Антипов // Энергетика и автоматика. – 2012. – № 1 (11). – С. 55–63.
5. Драганов Б.Х., Черних Л.Ф., Ферт А.Р. Методика расчета теплового режима наружных ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий. – К.: УСХА, 1991. – 126 с.

УДК 004.056.53

### **МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

**Бусько Михаил Михайлович, к.т.н., доцент**

**Байкальский государственный университет, г. Иркутск**

Busko Mikhail, PhD, buskomm@bgu.ru

Baikal State University

*Рассматривается возможность формализации процесса моделирования нарушителя информационной безопасности с применением теории нечетких множеств. Такое представление экспертных оценок позволит автоматизировать трудоемкий процесс моделирования и снизить субъективность.*

**Ключевые слова:** *информационная безопасность, информационная система, модель нарушителя, нечеткие множества, нечеткая логика.*

При проектировании системы защиты информации необходимо построение модели угроз и оценка риска информационной безопасности. Идентификация каждой угрозы предполагает обязательное определение источника угроз. Источники угроз классифицируются, как антропогенные, техногенные и стихийные. Для рассмотрения антропогенных источников строится модель потенциального нарушителя.

Множество существующих подходов основываются на либо неформальном описании характеристик нарушителя в качественных оценках, либо на количественных значениях, характеризующих взаимодействие нарушителя с защищаемым объектом. В первом случае применяются вербальные градации (технических знаний, оснащенности, возможностей по доступу и др.) субъективных экспертных оценок [1,2]. Любая же экспертная оценка обладает большой трудоемкостью и связана с необходимостью привлечения в качестве экспертов квалифицированных специалистов. Во втором случае получают формализованное описание сценариев реализации несанкционированных действий, дающих чаще всего вероятностные количественные значения [2]. Такой подход к моделированию не позволяет учесть достаточно много факторов, многие из которых не поддаются формализованному описанию. Следует так же отметить, что не все угрозы носят вероятностный характер в силу высокой их неопределенности, это в первую очередь относится к цели или мотивации нарушителя для совершения каких-либо действий [3,4].

В настоящей работе предлагается к рассмотрению возможность применения теории нечетких множеств для формального описания нарушителя информационной безопасности. В качестве обобщенного показателя, который наиболее подходит для характеристики возможностей нарушителей к выполнению несанкционированных действий примем «потенциал нападения» согласно

[5]. Данный показатель определяется на основании экспертных оценок частных факторов в качественных значениях, которые затем сопоставляются количественным, суммируются, а сумма опять переводится в качественную характеристику. Имея такую сложную цепочку преобразований можно утверждать, что оценка «потенциала нападения» может быть сделана только с большой неопределенностью.

Заключение о «потенциале нападения» эксперт делает на основании анализа пяти факторов [5]. Для каждого фактора определена качественная шкала и их можно рассматривать как множества носители лингвистических переменных. Каждой лингвистической переменной сопоставляется числовая переменная, принимающая свои значения на определенном числовом промежутке. В нашем случае значения лингвистических переменных уместно рассматривать, как нечеткие числа с треугольной функцией принадлежности. Полученные числовые промежутки расширяют возможности эксперта и позволяют ему более гибко проводить оценку, задействовав промежуточные значения. Треугольная функция принадлежности в общем случае может быть задана аналитическим выражением или определена тремя числами  $\mu_A = (a_1; a_2; a_3)$ . Введем для каждого фактора лингвистические переменные, зададим им терм–множества, численные значения и функции принадлежности (табл. 1).

Таблица 1. – Экспертные оценки факторов «потенциала нападения»

| Фактор (лингвистическая переменная)                    | Терм–множества   | Функция принадлежности     |
|--|--|----------------------------|
| $k_1$ = «общее затрачиваемое время»                    | $K_1^0$ = «за минуты»  | $\mu(K_1^0) = (0; 0; 3)$   |
|  | $K_1^1$ = «за часы»  | $\mu(K_1^1) = (0; 3; 6)$   |
|  | $K_1^2$ = «за дни»   | $\mu(K_1^2) = (3; 6; 9)$   |
|  | $K_1^3$ = «за месяцы»  | $\mu(K_1^3) = (6; 9; 9)$   |
| $k_2$ = «компетентность нарушителя»                    | $K_2^0$ = «непрофессионал»   | $\mu(K_2^0) = (0; 0; 3)$   |
|  | $K_2^1$ = «профессионал»   | $\mu(K_2^1) = (0; 3; 6)$   |
|  | $K_2^2$ = «эксперт»  | $\mu(K_2^2) = (3; 6; 8)$   |
|  | $K_2^3$ = «группа экспертов»   | $\mu(K_2^3) = (6; 8; 8)$   |
| $k_3$ = «знание информационной системы»                | $K_3^0$ = «общедоступная информация»                                 | $\mu(K_3^0) = (0; 0; 3)$   |
|  | $K_3^1$ = «информация ограниченного доступа»                         | $\mu(K_3^1) = (0; 3; 7)$   |
|  | $K_3^2$ = «чувствительная информация»                                | $\mu(K_3^2) = (3; 7; 11)$  |
|  | $K_3^3$ = «критически важная информация»                             | $\mu(K_3^3) = (7; 11; 11)$ |
| $k_4$ = «возможность доступа к информационной системе» | $K_4^0$ = «отсутствие необходимости в доступе/неограниченный доступ» | $\mu(K_4^0) = (0; 0; 1)$   |
|  | $K_4^1$ = «простой доступ»   | $\mu(K_4^1) = (0; 1; 4)$   |
|  | $K_4^2$ = «умеренная возможность доступа»                            | $\mu(K_4^2) = (1; 4; 10)$  |
|  | $K_4^3$ = «затруднительный доступ»                                   | $\mu(K_4^3) = (4; 10; 10)$ |
| $k_5$ = «оборудование»                                 | $K_5^0$ = «стандартное»  | $\mu(K_5^0) = (0; 0; 4)$   |
|  | $K_5^1$ = «специализированное»                                       | $\mu(K_5^1) = (0; 4; 7)$   |
|  | $K_5^2$ = «сделанное на заказ»                                       | $\mu(K_5^2) = (4; 7; 9)$   |
|  | $K_5^3$ = «несколько видов на заказ оборудования»                    | $\mu(K_5^3) = (7; 9; 9)$   |

В дополнение можно сформулировать синтаксические правила для образования новых термов соответствующих промежуточным значениям.

Полученные числовые значения характеристик «потенциала нападения» суммируются:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 \quad (1)$$

Введем теперь лингвистическую переменную  $k$  = «потенциал нападения». Множеством значений переменной  $k$  будет терм–множество  $K = \{K^0; K^1; K^2; K^3; K^4\}$ . Каждый терм из множества  $K$  является именем нечеткого подмножества на отрезке  $[0, 47]$ . Верхнее значение отрезка получено путем суммирования максимальных значений каждого показателя, составляющего «потенциал нападения» из табл. 2.

Таблица 2. – Диапазон значений «потенциала нападения»

| Диапазон значений | Потенциал нападения (лингвистическая переменная) |
|-------------------|--|
| 0–9               | $K^0$ = «базовый»                                |
| 10–13             | $K^1$ = «усиленный базовый»                      |
| 14–19             | $K^2$ = «умеренный»                              |
| 20–24             | $K^3$ = «высокий»                                |
| $\geq 25$         | $K^4$ = «за пределами высокого»                  |

Получаем четыре непересекающихся множества численных значений, соответствующих вербальным оценкам. Полученная сумма не будет иметь нечеткости. Значения лингвистической переменной «потенциал нападения» будут однозначно принадлежать определенному числовому промежутку. Функции принадлежности подмножеств терм–множества  $K = \{K^0; K^1; K^2; K^3; K^4\}$  будут иметь прямоугольную форму. Их можно записать параметрами, рассматривая, как частный случай трапециевидных нечетких чисел:  $\mu(K^0) = (0; 0; 9; 9)$ ,  $\mu(K^1) = (10; 10; 13; 13)$ ,  $\mu(K^2) = (14; 14; 19; 19)$ ,  $\mu(K^3) = (20; 20; 24; 24)$ ,  $\mu(K^4) = (25; 25; 47; 47)$ .

Определение «потенциала нападения» имеет смысл если имеется мотивация нарушителя. Повышенная мотивация переводит «потенциал нападения» на следующий уровень. Соответственно для окончательной оценки «потенциала нападения» необходимо оценить влияющее воздействие мотивации ( $M$ ).

Введем еще одну лингвистическую переменную  $m$  = «мотивация нарушителя для реализации угроз». В качестве универсального множества для этой переменной примем отрезок  $[0; 1]$ . Множеством значений этой переменной будет терм–множество  $M = \{M_1; M_2; M_3\}$  соответствующее следующим именам нечетких подмножеств:  $M_1$  – «мотивация отсутствует»;  $M_2$  – «базовая мотивация»;  $M_3$  – «повышенная мотивация».

С учетом того, что эксперт в определенных случаях может с полной уверенностью дать заключение о мотивации, а в некоторых случаях полной уверенности не будет, то уместно рассматривать эти нечеткие подмножества как трапециевидные нечеткие числа.

Составим функции принадлежности каждого терма и сведем в табл. 3.

Таблица 3. – Функции принадлежности термов множества  $M_k$

| Терм $M_k$  | Функция принадлежности нечеткого множества $M_k$  |
|---|---|
| $M_1$ = «мотивация отсутствует»<br>$M_1 \in [0; 0,4]$ | $\mu_1(m) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq m \leq 0,2 \\ 5(0,4 - m), & \text{если } 0,2 < m \leq 0,4 \end{cases}$   |
| $M_2$ = «базовая мотивация»<br>$M_2 \in (0,2; 0,8]$   | $\mu_2(m) = \begin{cases} 5(m - 0,2), & \text{если } 0,2 < m \leq 0,4 \\ 1, & \text{если } 0,4 < m \leq 0,6 \\ 5(0,8 - m), & \text{если } 0,6 < m \leq 0,8 \end{cases}$ |
| $M_3$ = «повышенная мотивация»<br>$M_3 \in (0,6; 1]$  | $\mu_3(m) = \begin{cases} 5(m - 0,6), & \text{если } 0,6 \leq m < 0,8 \\ 1, & \text{если } 0,8 \leq m \leq 1 \end{cases}$   |

Для краткости записи в формулах функций опущены интервалы, на которых они принимают нулевые значения.

Теперь с учетом влияния мотивации нарушителя для реализации угроз, оценку «потенциала нападения» можно производить матричным способом. Матрица соотнесения оценочных значений потенциала и мотивации будет выглядеть как представлено в табл. 4.

Таблица 4. – «Потенциал нападения с учетом мотивации нарушителя»

| Значение потенциала нападения | Мотивация нарушителя для реализации угроз |                                 |                                 |
|-------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
|                               | Мотивация отсутствует                     | Базовая мотивация               | Повышенная мотивация            |
| 0–9                           | Недостаточен                              | Базовый ( $K^0$ )               | Усиленный базовый ( $K^1$ )     |
| 10–13                         | Недостаточен                              | Усиленный базовый ( $K^1$ )     | Умеренный ( $K^2$ )             |
| 14–19                         | Недостаточен                              | Умеренный ( $K^2$ )             | Высокий ( $K^3$ )               |
| 20–24                         | Недостаточен                              | Высокий ( $K^3$ )               | За пределами высокого ( $K^4$ ) |
| $\geq 25$                     | Недостаточен                              | За пределами высокого ( $K^4$ ) | За пределами высокого ( $K^4$ ) |

На основании матрицы можно сформулировать ряд логико–лингвистических продукционных правил вывода:

1. ЕСЛИ «мотивация отсутствует», ТО «потенциал недостаточен для реализации угрозы безопасности» при любом численном значении;
2. ЕСЛИ «базовая мотивация» И численное значение потенциала меньше 10, ТО «потенциал базовый»;
3. ЕСЛИ «базовая мотивация» И численное значение потенциала от 10 до 13, ТО «усиленный базовый потенциал»;
4. ЕСЛИ «базовая мотивация» И численное значение потенциала от 14 до 19, ТО «умеренный потенциал»;
5. ЕСЛИ «базовая мотивация» И численное значение потенциала от 20 до 24, ТО «высокий потенциал»;
6. ЕСЛИ «базовая мотивация» И численное значение потенциала 25 и больше, ТО «потенциал за пределами высокого»;
7. ЕСЛИ «повышенная мотивация» И численное значение потенциала меньше 10, ТО «усиленный базовый потенциал»;
8. ЕСЛИ «повышенная мотивация» И численное значение потенциала от 10 до 13, ТО «умеренный потенциал»;
9. ЕСЛИ «повышенная мотивация» И численное значение потенциала от 14 до 19, ТО «высокий потенциал»;
10. ЕСЛИ «повышенная мотивация» И численное значение потенциала 20 и больше, ТО «потенциал за пределами высокого».

После применения вышеприведенных продукционных правил 7–10 лингвистическим переменным  $K^0$ ;  $K^1$ ;  $K^2$ ;  $K^3$ ;  $K^4$  присваиваются значения, соответствующие середине диапазона (табл. 3):  $K^0 = 4,5$ ;  $K^1 = 11,5$ ;  $K^2 = 21,5$ ;  $K^3 = 22$ ;  $K^4 = 36$ . Для правил 2–6 берутся значения, соответствующие лингвистическим переменным.

Предложенный метод представления экспертных оценок при моделировании нарушителя на основе нечетких множеств легко реализуется в виде программного обеспечения. Автоматизация данного процесса позволит снизить трудоемкость и экспертную субъективность.

#### Список использованных источников

1. Власенко А.В., Жук Р.В. Анализ характеристик определения нарушителя при моделировании угроз информационной безопасности в информационных системах персональных данных // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 16.

2. Щеглов А.Ю., Щеглов К.А. Математические модели и методы формального проектирования систем защиты информационных систем. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 93с.

3. Нечунаев В.М. Оценка рисков информационной безопасности. // Доклады ТУСУРа, № 1 (19), часть 2, июнь 2009. – С. 51–53.

4. Булдакова Т. И. Миков Д. А. Реализация методики оценки рисков информационной безопасности в среде MATLAB. // Вопросы кибербезопасности №4(12) – 2015. С. 53–61.

5. ISO/IEC 18045:2008 Information technology – Security techniques – Methodology for IT security evaluation

УДК 330.342:004

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ БАНКОВСКОГО БИЗНЕСА**

**Володько Людвик Павлович, к.э.н., доцент**

**Володько Ольга Владимировна, к.э.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Ludwik Pavlovich Volodko, PhD, lyudvik@tut.by

Olga Vladimirovna Volodko, PhD, olga\_volodko@mail.ru

Polesky State University

*В статье рассмотрены аспекты влияния цифровизации на бизнес, в частности банковский; исходя из опыта различных стран выделены направления развития развития цифровизации банковского бизнеса.*

**Ключевые слова:** *цифровизация, цифровые технологии, бизнес, трансформация, цифровая трансформация, трансформация бизнеса, банковский бизнес, интеллектуализация вычислений.*

Сегодня в мире активность развивается направление информационных технологий, в связист с чемер, цифровизация дает бизнесу новые конкурентоспособные преимущества в его дальнейшего развитии. Лидеры внедрения новых цифровых технологий демонстрируют, чтоб получение преимуществ безе глубокой трансформации бизнеса, а лишь за счет использования новых технологий, невозможно.

Цифровая трансформация предполагает фундаментальное переосмысление того, како работает организация и како она взаимодействует с окружающей средой. Важнейшим направлением в развитии цифровизации, является сотрудничество и взаимосвязь како между потребителями и организациями, такт и между самими организациями. Происходят масштабные изменения: активность внедряется «цифровизация» (примнение цифровых технологий) и цифрсовая трансформация (радикальное измежнение деловой стратегии и бизнесмен-процессов поди влиянием цифровизации).

Выделим основные виды цифровых технологий (таблица).

Цифровые технологии оказывают воздействие над способный реализации процессов организаций и характерец связей между ними, чтоб позволяет [4]:

– повыситься качество, скорость, гибклость выполняемых операций и процессов, снизиться расходный над ихний выполнение;

– повыситься координацию и интеграцию процессов како внутри компании, такт и за ее пределами;

– повыситься потребительскую ценность, обеспечиться дифференциацию потребительской ценности.

Основные напрсавления развития цифровых техноологий в Республики Беларусь представленный над рисунке.

Таблица – Основные виды цифровых технологий

| Цифровая технология  | Сущность   |
|--|--|
| 1. Большие данные (Big Data)                               | Создают возможность индивидуализировать предложение клиентам, предоставлять наиболее эффективный контент над каждым этапом цикла продаж, оптимизировать цены и улучшать точность поисковых запросов.   |
| 2. Интернет вещей (IoT)                                    | Позволяет улучшить использование клиентского опыта, повышая уровень рекламный и предлагая персонализированный сервис потребителям. Данная технология позволяет следить за поставками и предоставлять обмен информации в длинной цепочке от поставщиков до потребителей конечной продукции. |
| 3. Системный распределенного реестра (Блокчейн)            | Технология может использоваться для осуществления сделок и проверки их подлинности, при этом данный процесс будет максимально прозрачен.   |
| 4. Искусственный интеллект (ИИ)                            | Искусственный интеллект способен обучаться и анализировать большие объемы данных, осуществляя качественные прогнозы.   |
| 4. Робототехника и сенсорика                               | Автоматизация ручного труда, выполнение рутинных операций, требующих высокой точности. Использование робототехники значительно увеличивает производительность труда и темпы разработки продукции, снижая при этом их стоимость.  |
| 5. Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) | Ориентация рекламного контента, однако виртуальная реальность поднимает этот на новый уровень за счет полного погружения в продукт. Технология может изменить ценностное предложение фирмы. Большой потенциал технологий виртуальной реальности эксперты видят в обучении сотрудников.     |
| 6. Индустрия 4.0   | Переходит к целому комплексу систем, которые объединяются цифровыми, биологическими и физическими технологиями в новые и мощнейшие комбинации.   |
| 7. CRM-система   | Комплексный инструмент для работы с информацией, включающий в себя клиентскую базу, а также ряд методик, позволяющих систематизировать данные и регламентировать порядок работы с ними.  |
| 8. 3D-принтерный   | 3D принтерный – это устройство для создания физических объектов путем последовательного наложения слоев.   |
| 9. Умные (smart) технологии                                | Современный подход к постановке рабочих целей, позволяющий уже на начальном этапе обобщить всю имеющуюся информацию, обозначить приемлемые сроки работы, определить достаточность ресурсов, а также предоставить все участникам процесса ясные и конкретные задачи.                        |
| 10. Облачное хранение                                      | Технологии обработки данных, в которых компьютерные ресурсы предоставляются Интернет-пользователю как онлайн-сервис.   |
| 11. ЕРИП   | Система, которая сочетает в себе возможность осуществления платежей за услуги и платежей в бюджет как наличным, так и безналичным путем на основании унифицированного взаимодействия ее участников.  |
| 12. Дронный  | Беспилотные летательные аппараты — могут летать самостоятельно по маршруту, заложенному в бортовой компьютер или выполняться командой с земли. Находят применение при мониторинге военных объектов, полей, лесов, стройплощадок, доставке грузов.  |

Основным полем внедрения методов цифровой экономики в банковском секторе является применение интеллектуализированных вычислений, технологий больших данных на основе

интеграции роботизации и машинного самообучения, другими словами – менеджмент, основанный на данных и знаниях или иначе Data Driven & Data Science .



**Рисунок – Цифровые приоритеты Республики Беларусь**

При становлении цифровая экономика затрагивала только финансовые процессы и связанные с ними сервисы (к примеру, виртуальный банкинг), но сегодня она проникает почти во все сферы управления, начиная от оцифровки документов и до электронного правительства, это позволяет говорить о многократном увеличении рынка представляемых цифровых сервисов, что неминуемо влечет за собой интеграцию ранее разрозненных технологий, и как итог совершенно новые подходы к управлению производственными и бизнес-процессами.

Классическим примером являются BPM-системы (business process management) – управление деловыми процессами, которое предполагает использование средств автоматизации (к примеру, СУБД) и интеграцию информационных технологий, необходимых в процессе принятия управленческих решений. На современном этапе, под влиянием цифровой экономики, САПР (системы автоматизированного проектирования) трансформируются в обособленные составляющие финансовых компаний, интегрируются с такими составляющими как большие данные, интернет вещей, искусственный интеллект и даже дополненная реальность позволяет говорить о том, что информация не просто сопровождает жизнедеятельность человека, но и проникает в физическую суть предметов и явлений в широком спектре жизненных процессов. Этаж принципиально новая ступень цифровой экономики, требует не только увеличение ИТ-потенциала банковского сектора, но и нестандартного подхода к управлению финансовыми учреждениями в целом [3].

Digital-трансформация - это изменение мышления бизнеса в новых условиях цифровой экономики. Лучшие компании, так называемая «цифроэлита» (Digijrati), сочетают активность в сфере цифровых технологий и сильное руководство, совершая переход от просто использования ИТ к масштабному изменению бизнеса [3].

В современном банковском бизнесе руководители банков сосредоточены на трех ключевых направлениях деятельности: клиентский опыт, операционные процессы, бизнес-модели..м

Для того чтобы конкурировать в условиях цифровой экономики, необходимо обладать соответствующим количеством компетенций, важна гибкость и эффективность, необходимо грамотно управлять портфелями проектов и осуществлять анализ больших объемов данных, для

того чтобы иметь возможность принимать объективные решения 24 часа в сутки. Поэтому в такой цифровой экономике человеку будет сложно найти для себя место - изменится не только банковский сектор, но и индустрия, сервисы и продукты, которые могут иметь цифровой вид.

Исходя из опыта различных стран в развитии цифровизации банковского бизнеса, необходимо учитывать для цифровизации банковского бизнеса в Республике Беларусь:

1. при открытии цифровых банков нет необходимости финансировать в создание физических отделений, формировать большой штат персонала или настраивать аналоговую систему – поэтому гораздо эффективнее и рациональнее построить интегрированную финансовую электронную систему для предоставления банковских услуг, что является явным преимуществом;

2. цифровая экономика не видит будущего для мелких и средних банков, потому что они не смогут достаточно инвестировать в новые информационные технологии и международные интеграционные сервисы следовательно им придется либо объединяться, либо прекращать свою деятельность. Таким образом возможен риск безработицы, что является отрицательной стороной внедрения цифровизации в банковский бизнес;

3. внедрения методов цифровой экономики в банковском секторе является применение интеллектуализированных вычислений, технологий больших данных на основе интеграции роботизации и машинного самообучения [1].

В настоящее время специалисты, которые занимаются анализированием тенденций развития цифровизации в Республике Беларусь, выявили ряд проблем, препятствующих дальнейшему развитию цифровизации банковского бизнеса в Республике Беларусь, основными из которых являются [2]:

1. отсутствие возможности осуществления идентификации физических и юридических лиц на межбанковском уровне;

2. ограниченное количество операций, доступных для осуществления юридическими и физическими лицами через существующие каналы систем дистанционного банковского обслуживания;

3. ограниченное количество операций, доступных для осуществления через системы электронного взаимодействия республиканских органов государственного управления и участников рынка финансовых услуг, а также отсутствие единого стандарта функционирования данных систем;

4. сравнительно низкий уровень использования клиентами цифровых каналов при взаимодействии с финансовыми организациями;

5. несовершенная нормативная правовая база, регламентирующая использование инновационных цифровых банковских технологий и продуктов;

6. риски в сфере кибербезопасности;

7. риски безработицы.

Выделим перспективы развития цифровизации банковского бизнеса в Республике Беларусь:

- повышение конкурентоспособности компаний;

- снижение издержек;

- более полное удовлетворение потребностей потребителей;

- рост производительности труда;

- создание более удобных коммуникативных связей между потребителем и производителем.

Республика Беларусь целенаправленно индент к выполнению цели, поставленной Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь над периода дао 2030 г. — взойти в топ-30 стран под уровню развития ИКТа.

Таким образом, цифровизация банковского бизнеса – это новый вид экономических отношений, который сейчас развивается стремительными темпами и уже в ближайшем будущем, с ростом высоких технологий, может стать основным видом товарно-денежных обменов на глобальном мировом уровне. Создание и усовершенствование новых технологий происходит быстро, поэтому именно сейчас нужносвключаться в общий информационный и технологический поток обновлений и стараться эффективно их применять.

#### Список использованных источников

1. Анализ и систематизация практик цифровой трансформации на примере предприятия банковской сферы // База знаний Allbest [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://knowledge.allbest.ru/bank/3c0a65635a2bd79b4c43b88421216c36\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/bank/3c0a65635a2bd79b4c43b88421216c36_0.html). – Дата доступа: 17.03.2021.
2. О приоритетных направлениях цифровой трансформации и планах Национального банка Республики Беларусь // Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/JnqM9>. – Дата доступа: 18.03.2021.
3. Влияние цифровой экономики на банковскую сферу и современные тенденции ее использования // Форум: электрон. научн. журн. 2018. № 24(45). [Электронный ресурс] – <https://nauchforum.ru/journal/stud/45/42426>. – Дата доступа: 14.03.2021.
4. Удальцова Н.Л., Мосина В.И. Современные тенденции развития цифровой экономики и ее влияние на предпринимательскую деятельность // Экономические науки. – 2018. – №162. – С.43-48.

УДК 681.5:621.57:631.24:635

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА**

**Грищенко Владимир Александрович, к.т.н.**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Hryshchenko Volodymyr, PhD, vlgr@nubip.edu.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*Предложено новый подход к созданию энергоэффективной системы автоматизации управления холодильной установкой с использованием нечеткого регулятора.*

**Ключевые слова:** *система автоматического управления, нечеткий регулятор, холодильное оборудование, плодовоовощехранилища.*

Сохранность плодовоовощной продукции обеспечивается замедлением процессов жизнедеятельности в период хранения, основным из которых является процесс дыхания. С дыханием связаны процессы, которые протекают в плодах: превращение и расход углеводов, выделение и потеря воды, физиологические и инфекционные болезни, удушье. Ослабление интенсивности дыхания приводит к уменьшению потерь сочного растительного сырья при хранении.

Поскольку зависимость интенсивности дыхания от температуры среды имеет степенной характер, то радикальным способом уменьшения метаболических процессов при хранении плодовоовощной продукции является холодильная обработка – машинное охлаждение продукции перед длительным хранением и поддержание температуры среды хранения на уровне  $-2^{\circ}\text{C} \dots +4^{\circ}\text{C}$  [1-5].

Но применение систем создания микроклимата с машинным охлаждением требует значительных затрат энергии, что приводит к увеличению себестоимости продукции. Одним из способов, обеспечивающих снижение удельной энергоемкости процессов холодильного хранения является автоматизация управления температурно-влажностными режимами с использованием интеллектуальных систем.

При математическом моделировании системы автоматического регулирования в качестве регулируемых параметров принято температуру и влажность воздуха на выходе охладителя и увлажнителя, управляющим воздействием – затраты энергоносителей – хладагента и водяного пара. Влияние других параметров рассматривались как источники внешнего возмущения и их изменение во времени не учитывалась. Действие возмущений имеет существенно нестационарный по величине и во времени характер и практически неопределимым внешним возмущающим фактором в общей системе автоматического управления холодильной установкой, как совокупности всех элементов оборудования. Поэтому на ее входе необходимо подавлять возмущающие воздействия со стороны внешних и внутренних источников (перезагрузка продукта, намораживание

иней, оттаивания и др.), что предполагает синтез нечеткой системы управления рассматриваемого объекта.

На целесообразность применения нечеткой системы автоматического управления указывают и результаты анализа динамических моделей элементов оборудования: все действия регулирующих воздействий на объект для компенсации отклонений предусматривают изменение затрат энергоносителей в процессе управления (т.е. во времени), что приводит к нелинейности динамических характеристик объектов управления. При этом традиционный подход к построению системы автоматического управления требует корректировки коэффициентов передаточных функций для компенсации возмущений во всех элементах объекта изменением потерь энергоносителей, что приводит к изменению эффективной или действительной постоянной времени. Полная информация о состоянии объекта в таком случае отсутствует.

Таким образом, весьма проблематичным является использование существующих стандартных алгоритмов (П, ПИ-, ПИД) регулирования в процессе синтеза системы автоматического управления холодильной установкой, как единственным многоконтурной объектом. Поэтому можно считать доказанным целесообразность и эффективность создания энергоэффективной системы автоматического управления холодильной установкой с применением нечетких множеств, нейронных сетей, генетических алгоритмов и тому подобное. Это обеспечит качество функционирования холодильного оборудования плодоовощехранилищ даже при отсутствии полной информации об объекте.

Поскольку математические модели элементов оборудования, составленные для одного аппарата, не дают достоверную информацию о динамике процессов, происходящих в нем без учета режимных параметров (переменных во времени) других аппаратов, входящих в контуры регулирования, то для синтеза нечеткой системы автоматического управления и анализа динамики холодильной установки создана обобщенная математическая модель холодильной установки как объекта автоматизации управления режимами хранения (рис. 1).

При синтезе системы автоматического управления холодо-продуктивностью компрессора за входные величины принято (рис. 2): расход воздуха,  $G_v$ , кг/с; температура на выходе камеры  $t_{k2}$ , °С; внешняя температура  $t_z$ , °С; тепловая нагрузка в камеру  $Q_k$ , Вт.

Получив настроенную нечеткую нейронную сеть, проанализировав графические зависимости мощности на валу компрессора (холодопроизводительности ККА) от входных параметров можно сделать следующие выводы: минимальная мощность компрессора достигается уменьшением теплоступлений в камеру, как извне ( $t_z$ ) и из середины ( $Q_k$ ) холодильной камеры; массовый расход воздуха ( $G_v$ ) влияет только на скорость охлаждения (при равных теплоступлениях). Определение мощности компрессора с помощью нечетких нейронных сетей соответствует поставленной задаче. Полученные зависимости полностью подтверждаются результатами моделирования в пакете Simulink системы MATLAB имитационной модели (тепловых процессов) холодильной установки для хранения плодоовощной продукции, которая получена аналитическим путем из дифференциальных уравнений теплообменных процессов отдельных элементов оборудования, соединенных в общую математическую модель [3-4].

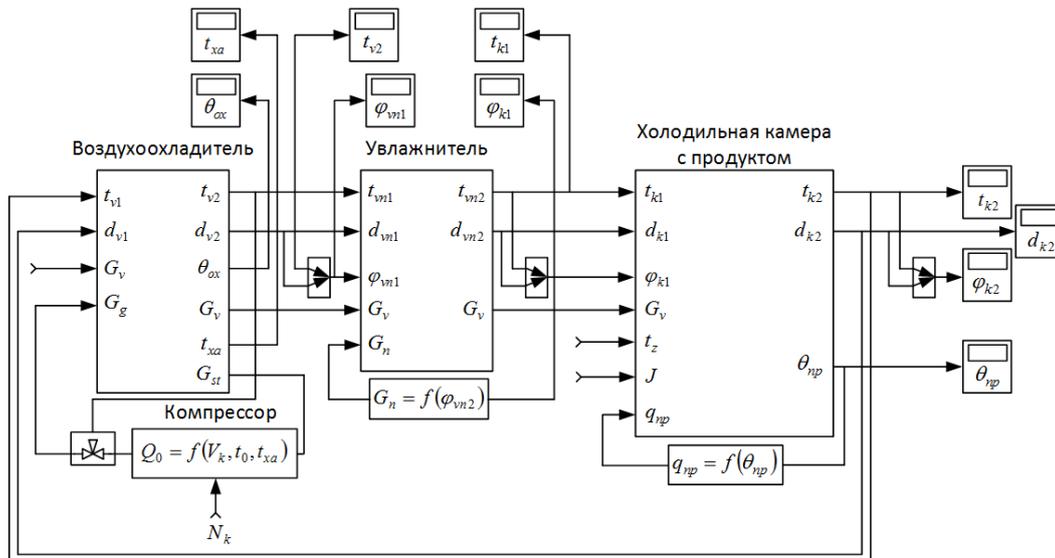


Рисунок 1. – Схема математической модели моделирования динамических режимов холодильной установки в пакете MATLAB / Simulink

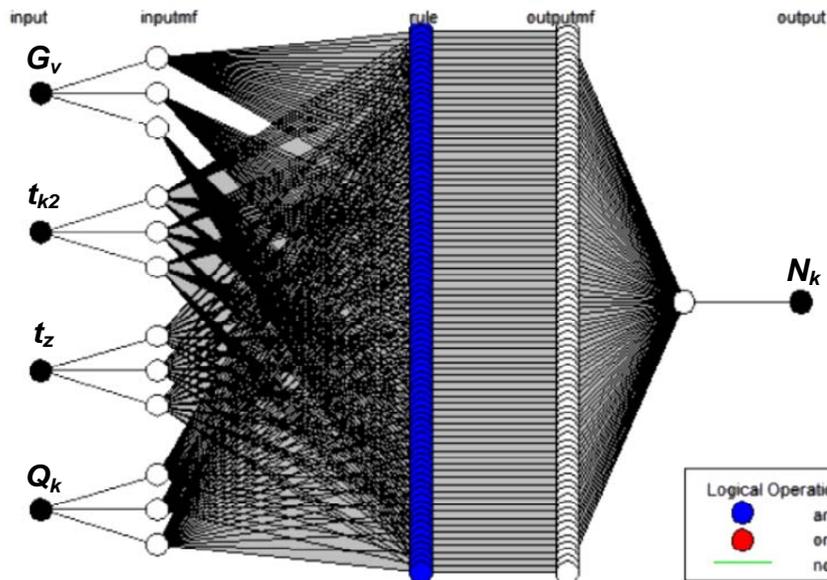


Рисунок 2. – Окно среды MATLAB/ANFIS структуры разработанной нейросетевой модели энергоэффективного управления холодильным оборудованием в плодоовощехранилищах

#### Список использованных источников

1. Балан Е.Ф., Чумак И.Г., Картофяну В.Г, Иукурдизе Э.Ж. Биоэнергетические основы холодильной технологии хранения фруктов и овощей. Одесса-Кишинэу, 2004. - 244 с.
2. Бедин Ф.П., Белан Е.Ф., Чумак Н.И. Технология хранения растительного сырья. Физиологические, теплофизические и транспортные свойства. Одесса: Астропринт, 2002. – 306 с.
3. Грищенко В.О. Вплив режимних параметрів середовища на втрати ваги маси плодів при зберіганні// Науково-виробничий журнал “Електрифікація та автоматизація сільського господарства”, № 2, К. – 2003 р. – С. 31 – 25
4. Грищенко В.О. Застосування примусового вентилявання при зберіганні плодоовочевої продукції// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/ Кіровоград 2004, вип. 34, с.80-83.

5. Котов Б.І., Грищенко В.О. Ідентифікація закономірностей тепло- і масоперенесення в процесах охолодження і зберігання рослинної сировини// Збірник наукових праць Кіровоградського державного університету. 2004, вип. 14, с. 19-24.

УДК 681.3.06

## МОДЕЛЬ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ОБРАБОТКИ НЕОДНОРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ МАКРОКОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

Коваленко Николай Семенович, д.ф.–м.н., профессор

Белорусский государственный университет

Павлов Павел Александрович, к.ф.–м.н., доцент,

Полесский государственный университет

Kovalenko Nikolay Semenovich, D.Sc., [kovalenkons@rambler.ru](mailto:kovalenkons@rambler.ru), Belarus State University

Pavlov Pavel Aleksandrovich, PhD, [pavlov.p@polessu.by](mailto:pavlov.p@polessu.by), Polesky State University

*Предлагается математическая модель организации вычислений неоднородных конкурирующих процессов в многопроцессорных системах макроконвейерного типа и решение задач определения характеристик такой организации по времени реализации процессов при ограниченном числе каналов обмена.*

В настоящее время среди наиболее перспективных концепций параллельной обработки является *макроконвейерная* организация вычислений над структурами данных. Интерес к этой концепции постоянно растет в связи с развитием и широким применением локальных и глобальных сетей, созданием вычислительных многопроцессорных систем (МС) и комплексов, сетевого аппаратного и прикладного программного обеспечения. Основная идея концепции *макроконвейерной* организации вычислений заключается в том, что при распараллеливании и распределении вычислений между процессорами “каждому отдельному процессору на очередном шаге вычислений дается такое задание, которое позволяет ему длительное время работать автономно без взаимодействия с другими процессорами” [1]. Уменьшение числа и объемов обмена сообщениями, которыми обмениваются параллельно работающие узлы, как правило, приводит к уменьшению общего времени выполнения заданных объемов вычислений, что является одним из главных критериев качества распараллеливания вычислений.

### 1. Метод структурирования программных ресурсов и макроконвейерная обработка.

*Структурирование (декомпозиция)* – это основной способ уменьшения сложности больших задач, программ, систем и т.д. Основная идея состоит в обеспечении специального способа структурирования программного ресурса на блоки  $Q_1, Q_2, \dots, Q_s$  и организации параллельного использования этих блоков множеством конкурирующих процессов [2].

Макроконвейерная технология вычислений предполагает декомпозицию структуры данных на большие информационно–слабозависимые подструктуры, способные занимать процессор длительное время. Работа процессоров при этом организуется таким образом, чтобы обмен данными между ними занимал небольшое время по сравнению с временем вычислений.

Пусть PR – программный ресурс, который могут использовать два и более конкурирующих процессов, причем их число  $n \geq 2$ ;  $p \geq 2$  – число процессоров макроконвейерной системы, имеющими как локальную, так и общую для всех процессоров память. Применительно к программным ресурсам, одновременно используемым множеством процессов, при макроконвейерной обработке возможны следующие способы организации вычислений.

1) Каждому  $i$ -му процессу,  $i = \overline{1, n}$ , предоставляется отдельная копия программного ресурса PR. При такой стратегии, в случае  $p \geq n$ , все  $n$  процессов могут выполняться одновременно при условии, что в МС достаточно памяти для размещения  $n$  копий программного ресурса (в случае с общей памятью) или память каждого процессора МС вмещает отдельную копию программного ресурса (в случае с распределенной памятью). Если же  $p < n$ , то возможна организация циклического выполнения  $n$  процессов группами по  $p$ .

2) Программный ресурс PR может быть структурирован на блоки  $Q_1, Q_2, \dots, Q_s$ , а вычисления в этом случае организуются в соответствии с методом структурирования. Эта стратегия может применяться при организации вычислений в МС всякий раз, если имеются ограничения на оперативную память, как общую, так и память каждого процессора.

Заметим, что вторая стратегия является наиболее предпочтительной при организации вычислений в МС конвейерного и макроконвейерного типов с целью эффективного использования основных вычислительных ресурсов, а также при организации процессов в операционных системах, при распараллеливании и конвейеризации циклов.

Пусть МС характеризуется следующими параметрами:  $p$  – число процессоров, каждый из которых имеет собственную локальную память,  $p \geq 2$ ;  $k$  – число каналов, через которые каждый из процессоров имеет доступ к внешней памяти, общей для всех процессоров,  $k \geq 1$ .

Предполагается, что в МС выполняется  $n$  процессов,  $n \geq 2$ , каждый из которых состоит из  $s$  блоков обмена и  $s$  блоков счета,  $s \geq 1$ . Времена обмена и счета для каждого из процессов представлены в виде матриц  $t = [t_{ij}]_{n \times s}$  и  $T = [T_{ij}]_{n \times s}$  размерности  $n \times s$ , в которых  $i$ -е строки соответствуют  $i$ -му процессу.

Взаимодействие процессов с каналами и процессорами характеризуется следующими условиями: 1) к выполнению одновременно готовы  $p$  процессов из  $n$ ; 2) в каждый момент времени  $k$  процессов из  $n$ , одновременно протекающих в МС, выполняются синхронно, остальные в очереди ждут освобождения каналов; 3) во время обмена каждый процесс монополизирует один и тот же канал, во время счета – процессор; 4) очередной  $j$ -й блок счета на каждом процессоре выполняется только после завершения соответствующего  $j$ -го блока обмена, а каждый  $(j+1)$ -й блок обмена выполняется после завершения  $j$ -го блока счета; 5) процессы считаются равноприоритетными, а режим работы каналов является циклическим.

Условия 1–5 определяют *асинхронный* режим взаимодействия процессов, каналов и процессоров, который допускает как простои каналов из-за занятости процессоров, так и простои процессоров из-за занятости каналов обмена.

В этих предположениях рассмотрим решение задач получения математических соотношений для вычисления минимального общего времени реализации множества конкурирующих процессов.

**2. Время реализации асинхронных процессов в макроконвейерных системах с одним каналом обмена.** Обозначим через  $T_n(k)$  общее время выполнения всех  $n$  процессов, которые используют  $k$  каналов. Заметим, что при  $p \geq k \geq n$  в рамках принятой модели макроконвейер-

ных вычислений  $T_n(k)$  составит величину  $T_n(k) = T_n(n) = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^s (t_{ij} + T_{ij})$ . Если окажется,

что  $p > k > n$ , то  $k - n$  каналов будут не задействованы, а  $p - n$  процессоров будут простаивать.

Пусть имеется один канал, т.е.  $k = 1$ . Предположим, что  $n \leq p$ . На рис.1 приведена несовмещенная диаграмма Ганта, отображающая взаимодействие  $n$  процессов (номер процесса изображен справа в прямоугольнике) с одним каналом и  $p$  процессорами.

Причем каждый процесс состоит из  $2s$  блоков,  $s \geq 1$ , которые периодически повторяются в порядке обмен, счет. При этом осуществляется конвейеризация каждого из блоков счета по всем  $n$  процессорам, причем одновременно могут выполняться  $n$  блоков счета.

Из анализа диаграммы следует, что  $T_n(1)$  можно существенно сократить, если воспользоваться совмещением соседних диаграмм Ганта, начиная со второй, справа налево на максимально возможную величину, не нарушающую условий 1–5. Для этого необходимо составить расписание моментов начала выполнения  $j$ -го блока обмена,  $j = \overline{1, s}$ , для  $i$ -го процесса,  $i = \overline{1, n}$  [3].

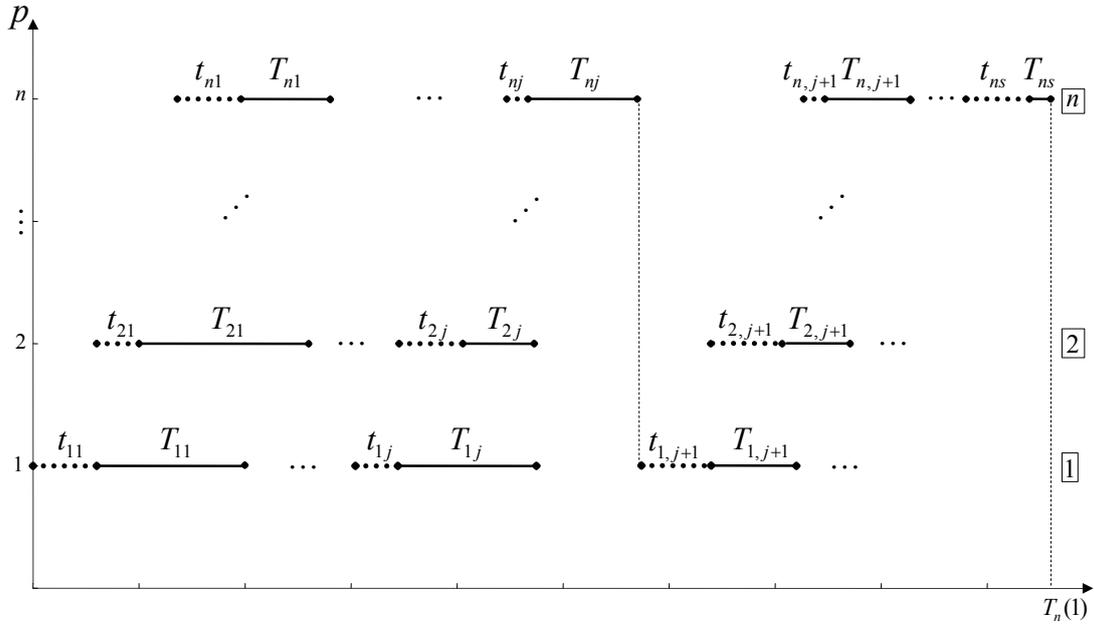


Рисунок 1. – Несовмещенная диаграмма Ганта с одним каналом обмена

Анализируя две соседние диаграммы Ганта (рис.1), соответствующие  $j$ -му и  $(j+1)$ -му блокам обмена и счета, с временами  $t_{ij}$ ,  $T_{ij}$  и  $t_{i,j+1}$ ,  $T_{i,j+1}$  соответственно,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s-1}$ , видно, что моменты начала выполнения *первого* блока обмена для каждого процесса определяются из соотношений:

$$sb_{11} = 0, sb_{21} = sb_{11} + t_{11}, \dots, sb_{i1} = sb_{i-1,1} + t_{i-1,1}, \dots, sb_{n1} = sb_{n-1,1} + t_{n-1,1};$$

для *второго* блока обмена:

$$sb_{12} = \max(sb_{11} + t_{11} + T_{11}, sb_{31} + t_{31}),$$

$$sb_{22} = \max(sb_{21} + t_{21} + T_{21}, sb_{12} + t_{12}), \dots,$$

$$sb_{i2} = \max(sb_{i1} + t_{i1} + T_{i1}, sb_{i-1,2} + t_{i-1,2}), \dots,$$

$$sb_{n2} = \max(sb_{n1} + t_{n1} + T_{n1}, sb_{n-1,2} + t_{n-1,2}); \dots;$$

для  $s$ -го блока обмена:

$$sb_{1s} = \max(sb_{1,s-1} + t_{1,s-1} + T_{1,s-1}, sb_{3,s-1} + t_{3,s-1}),$$

$$sb_{2s} = \max(sb_{2,s-1} + t_{2,s-1} + T_{2,s-1}, sb_{1s} + t_{1s}), \dots,$$

$$sb_{i3} = \max(sb_{i,s-1} + t_{i,s-1} + T_{i,s-1}, sb_{i-1,s} + t_{i-1,s}), \dots,$$

$$sb_{ns} = \max(sb_{n,s-1} + t_{n,s-1} + T_{n,s-1}, sb_{n-1,s} + t_{n-1,s}).$$

Таким образом, имеет место следующая теорема [3].

**Теорема 1.** *Общее время выполнения  $n$  ( $n \geq 2$ ) процессов  $p$  ( $p \geq 2$ ) процессорами, конкурирующими за использование одного канала, в случае  $n \leq p$ , определяется по формуле:*

$$T_n(1) = \max_{1 \leq i \leq n} (sb_{is} + t_{is} + T_{is}), \quad (1)$$

где  $sb_{ij}$  – моменты начала выполнения  $j$ -го блока обмена для  $i$ -го процесса, определяемые из соотношений:

$$sb_{11} = 0, sb_{i1} = sb_{i-1,1} + t_{i-1,1}, sb_{1j} = \max(sb_{1,j-1} + t_{1,j-1} + T_{1,j-1}, sb_{n,j-1} + t_{n,j-1}) \quad (2)$$

$$sb_{ij} = \max(sb_{i,j-1} + t_{i,j-1} + T_{i,j-1}, sb_{i-1,j} + t_{i-1,j}), \quad i = \overline{2, n}, \quad j = \overline{2, s}.$$

В результате совмещения диаграмма Ганта будет иметь вид (рис.2):

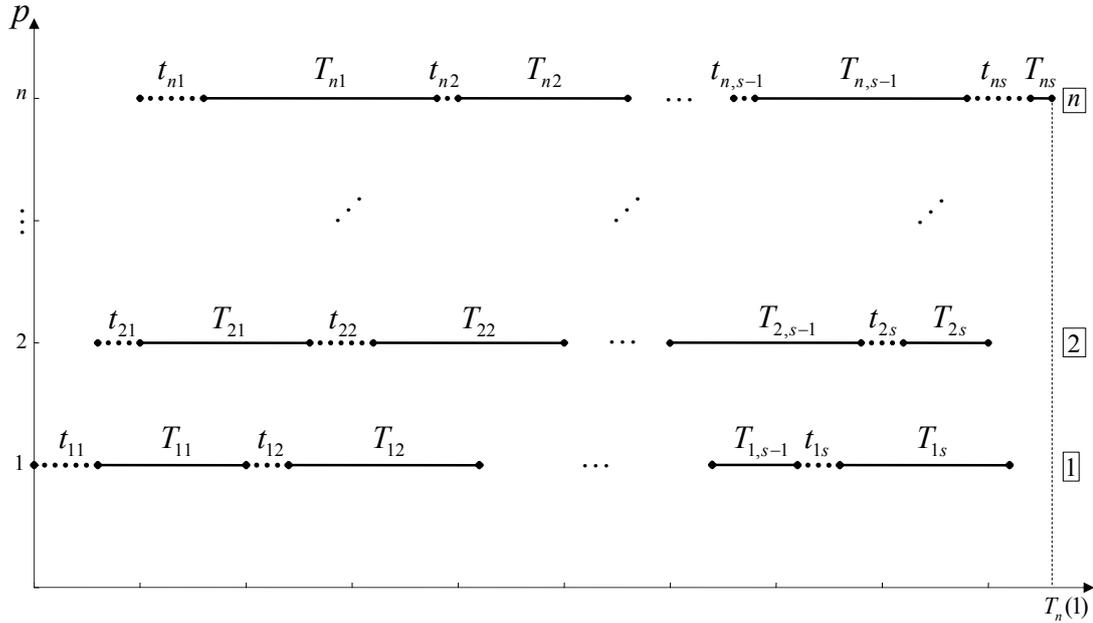


Рисунок 2. – Совмещенная диаграмма Ганта с одним каналом обмена

**3. Макроконвейерные системы с ограниченным числом каналов обмена.** Из физических соображений наибольший интерес в рамках концепции макроконвейерных вычислений представляет случай ограниченного числа каналов, т.е. когда  $k \ll n$ ,  $n = mk$ ,  $m > 1$ , что означает, что процессы конкурируют за использование каналов. Будем считать, что  $n \leq p$ . Рассмотрим следующие способы взаимодействия процессов с каналами и процессорами.

При первом способе, каждый  $g$ -й канал,  $g = \overline{1, k}$ , обслуживает очередных  $m$  процессов, которые выполняются на  $m$  процессорах, т.е.  $1$ -й канал обслуживает процессы с номерами  $1, 2, \dots, m$ ,  $2$ -й – с номерами  $m+1, m+2, \dots, 2m$ ,  $k$ -й – с номерами  $(k-1)m+1, (k-1)m+2, \dots, n$  (рис.3).

**Теорема 2.** Общее время выполнения  $p$  процессорами ( $p \geq 2$ )  $n = mk$  ( $m > 1$ ) процессов, которые конкурируют за использование  $k$  каналов ( $k \geq 1$ ), в случае  $n \leq p$  определяется из соотношения:

$$T_n(k) = \max_{1 \leq g \leq k} T_m^g(1) = \max_{1 \leq g \leq k} \left( \max_{(g-1)m+1 \leq i \leq gm} (sb_{is} + t_{is} + T_{is}) \right), \quad (3)$$

где  $sb_{ij}$  – моменты начала выполнения  $j$ -го блока обмена для  $i$ -го процесса, определяемые из соотношений:

$$sb_{gm+1,1} = 0, \quad g = \overline{0, k-1},$$

$$sb_{i1} = sb_{i-1,1} + t_{i-1,1},$$

$$sb_{(g-1)m+1,j} = \max(sb_{(g-1)m+1,j-1} + t_{(g-1)m+1,j-1} + T_{(g-1)m+1,j-1}, sb_{mg,j-1} + t_{mg,j-1}), \quad (4)$$

$$sb_{ij} = \max(sb_{i,j-1} + t_{i,j-1} + T_{i,j-1}, sb_{i-1,j} + t_{i-1,j}),$$

$$i = \overline{(g-1)m+2, gm}, \quad j = \overline{2, s}, \quad g = \overline{1, k}.$$

При втором способе взаимодействия процессов, каналов и процессоров все множество из  $n$  процессов разбивается на  $k$  групп по  $m$  процессов в каждой. Причем каждый  $g$ -й канал,  $g = \overline{1, k}$ , обслуживает группу из  $m$  процессов с номерами  $(l-1)k + g$ , где  $l = \overline{1, m}$ .

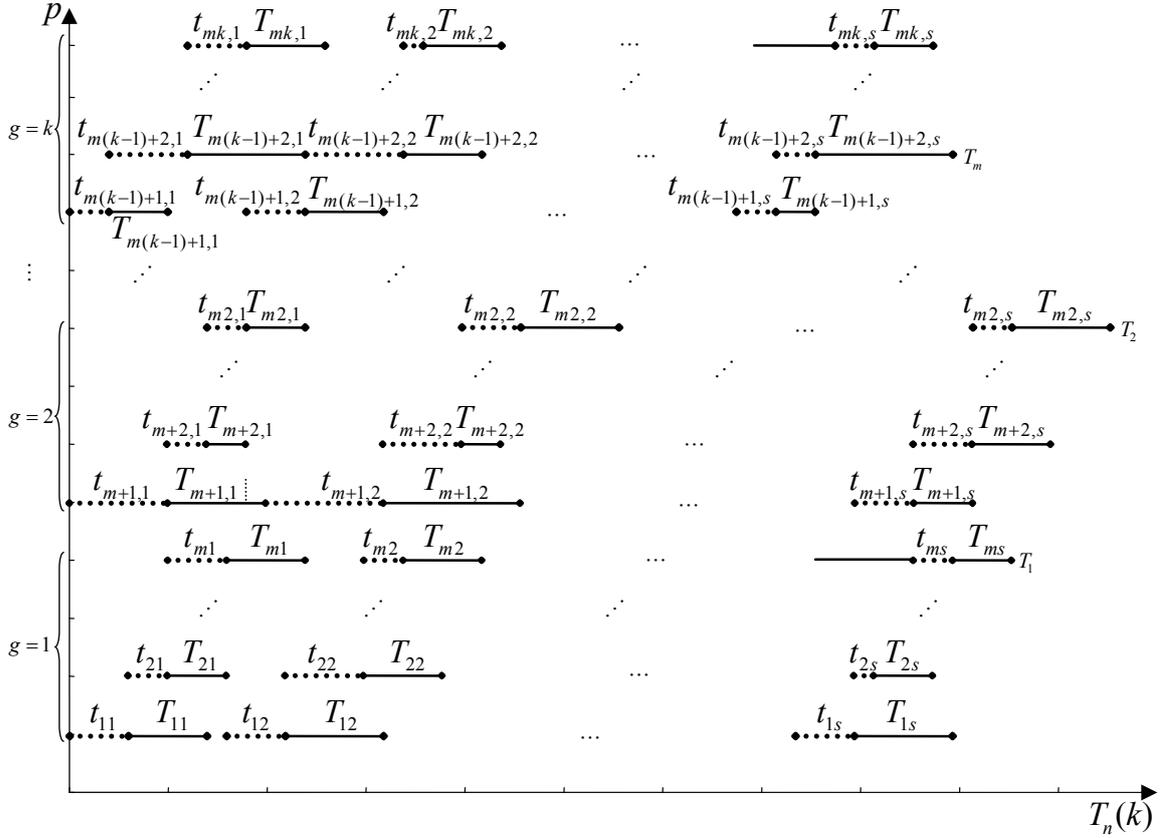


Рисунок 3. – Первый способ взаимодействия процессов, каналов и процессоров

В этом случае, согласно формулам (1)–(2) время, затраченное на выполнение каждой группы из  $m$  процессов  $m$  процессорами каждым  $g$ -м каналом,  $g = \overline{1, k}$ , составит:

$$T_m^1(1) = \max_{1 \leq l \leq m} (sb_{[(l-1)k+1],s} + t_{[(l-1)k+1],s} + T_{[(l-1)k+1],s}),$$

где  $sb_{11} = 0$ ,  $sb_{lk+1,1} = sb_{[(l-1)k+1],1} + t_{[(l-1)k+1],1}$ ,

$$sb_{[(l-1)k+1],j} = \max(sb_{[(l-1)k+1],j-1} + t_{[(l-1)k+1],j-1} + T_{[(l-1)k+1],j-1}, sb_{lk+1,j-1} + t_{lk+1,j-1}),$$

$$sb_{lk+1,j} = \max(sb_{lk+1,j-1} + t_{lk+1,j-1} + T_{lk+1,j-1}, sb_{[(l-1)k+1],j} + t_{[(l-1)k+1],j}),$$

$$l = \overline{1, m-1}, j = \overline{2, s};$$

$$T_m^2(1) = \max_{1 \leq l \leq m} (sb_{[(l-1)k+2],s} + t_{[(l-1)k+2],s} + T_{[(l-1)k+2],s}),$$

где  $sb_{21} = 0$ ,  $sb_{lk+2,1} = sb_{[(l-1)k+2],1} + t_{[(l-1)k+2],1}$ ,

$$sb_{[(l-1)k+2],j} = \max(sb_{[(l-1)k+2],j-1} + t_{[(l-1)k+2],j-1} + T_{[(l-1)k+2],j-1}, sb_{lk+2,j-1} + t_{lk+2,j-1}),$$

$$sb_{lk+2,j} = \max(sb_{lk+2,j-1} + t_{lk+2,j-1} + T_{lk+2,j-1}, sb_{[(l-1)k+2],j} + t_{[(l-1)k+2],j}),$$

$$l = \overline{1, m-1}, j = \overline{2, s}; \dots;$$

$$T_m^k(1) = \max_{1 \leq l \leq m} (sb_{lk,s} + t_{lk,s} + T_{lk,s}),$$

$$\begin{aligned} \text{где} \quad & sb_{k1} = 0, \quad sb_{(l+1)k,1} = sb_{lk,1} + t_{lk,1}, \\ sb_{lk,j} = \max & (sb_{lk,j-1} + t_{lk,j-1} + T_{lk,j-1}, sb_{(l+1)k,j-1} + t_{(l+1)k,j-1}), \\ sb_{(l+1)k,j} = \max & (sb_{(l+1)k,j-1} + t_{(l+1)k,j-1} + T_{(l+1)k,j-1}, sb_{lk,j} + t_{lk,j}), \quad l = \overline{1, m-1}, \\ j = \overline{2, s}. \end{aligned}$$

Таким образом, справедлива следующая теорема.

**Теорема 3.** *Общее время выполнения  $p$  процессорами ( $p \geq 2$ )  $n = mk$  ( $m > 1$ ) процессов, которые конкурируют за использование  $k$  каналов ( $k \geq 1$ ), в случае  $n \leq p$  определяется из соотношения:*

$$T_m^g(1) = \max_{1 \leq l \leq m} (sb_{[(l-1)k+g],s} + t_{[(l-1)k+g],s} + T_{[(l-1)k+g],s}),$$

где  $sb_{ij}$  – моменты начала выполнения  $j$ -го блока обмена для  $i$ -го процесса, определяемые из соотношений:

$$\begin{aligned} sb_{g1} = 0, \quad sb_{lk+g,1} &= sb_{[(l-1)k+g],1} + t_{[(l-1)k+g],1}, \\ sb_{[(l-1)k+g],j} &= \max(sb_{[(l-1)k+g],j-1} + t_{[(l-1)k+g],j-1} + T_{[(l-1)k+g],j-1}, sb_{lk+g,j-1} + t_{lk+g,j-1}), \\ sb_{lk+g,j} &= \max(sb_{lk+g,j-1} + t_{lk+g,j-1} + T_{lk+g,j-1}, sb_{[(l-1)k+g],j} + t_{[(l-1)k+g],j}), \\ l = \overline{1, m-1}, j = \overline{2, s}, g = \overline{1, k}. \end{aligned}$$

Построенная модель организации макроконвейерных вычислений над структурами данных при ограниченном числе каналов обмена и разработанные аналитические методы расчета общего времени выполнения множества неоднородных конкурирующих процессов являются основой для постановки и решения ряда важных практических задач по расчету оптимальной балансировки числа процессоров и каналов, оптимизации числа блоков счета и обмена, минимизации общего времени выполнения процессов и др.

#### Список использованных источников

1. Капитонова Ю. В., Летичевский А. А. Математическая теория проектирования вычислительных систем. – М.: Наука, 1988. – 296 с.
2. Коваленко Н. С., Павлов П. А. Математическое моделирование параллельных процессов. LAP Lambert Academic Publishing GmbH, Saarbrücken, Germany, 2011. – 246 с.
3. Коваленко Н. С., Павлов П. А. Модель сосредоточенной обработки неоднородных процессов в системах макроконвейерного типа / Н. С. Коваленко, П. А. Павлов // Вестник БГУ. Серия 1: Физика. Математика. Информатика. – 2013. – №3. – С. 93–99.

УДК 621.436.068.8

### **ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ПЫЛИ**

**Котов Борис Иванович, д.т.н., профессор**

**Подольский государственный аграрно-технический университет**

**Грищенко Владимир Александрович, к.т.н.**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

**Kotov Boris, Doctorate in Engineering Sciences**

**State Agrarian and Engineering University in Podilia**

**Hryshchenko Volodymyr, PhD, vlgr@nubip.edu.ua**

**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

*Рассмотрено использование трубчатого электрофильтра для очистки воздушных потоков вентиляционных выбросов от пыли. Проведено математическое моделирование движения частиц в электрофильтре и получены траектории движения частиц.*

**Ключевые слова:** электрофильтр, математическое моделирование, воздухоочистка, обеспыливание.

Использование рекуперативных теплообменных аппаратов для утилизации теплоты вентиляционных выбросов производственных помещений необходима очистка воздушных потоков от твердых включений.

Сравнительный анализ технических характеристик промышленных фильтров показал, что наиболее полно зоотехническим требованиям отвечают электрофильтры, имеющие низкое аэродинамическое сопротивление и высокую степень очистки, низкое потребление электроэнергии. Среди существующих конструкций электрофильтров наиболее эффективны трубчатые фильтры с трубчатыми электродами позволяющие увеличить скорость потоков и более высокие удельные напряжения, повышающие их эффективность [1-3]. В сухих электрофильтрах очистку поверхности электродов производят механическим струшиванием, что существенно усложняет эксплуатацию.

Значительно повысить эффективность функционирования электрофильтров с трубчатыми электродами можно используя закрученные потоки с помощью вставок или тангенциальной подачей запыленного воздуха [4,5].

Предложено трубчатые элементы (электроды) снабдить винтовыми закручивателями потока запыленного воздуха. Схема трубчатого элемента фильтра показана на рис. 1 [5].

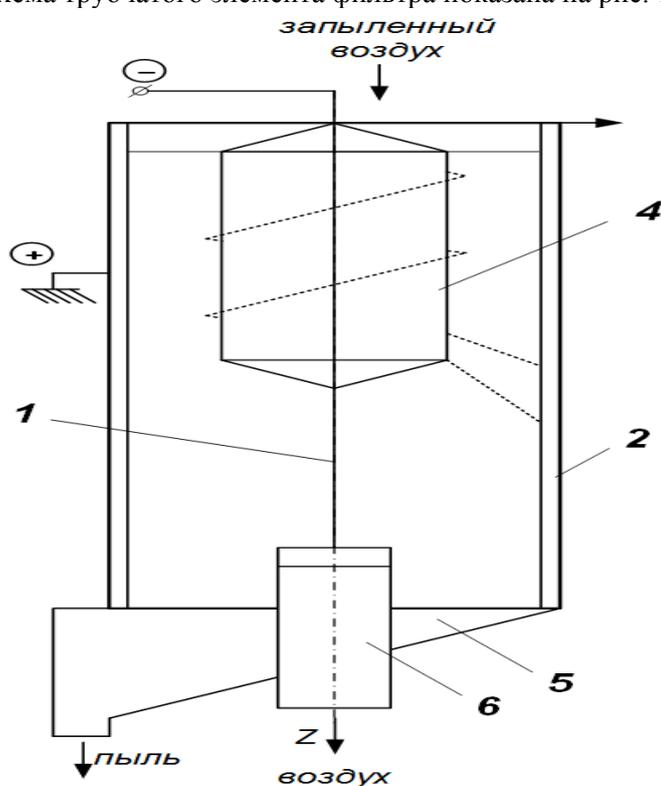


Рисунок 1. – Схема электрофильтра: 1 – коронирующий электрод; 2 – осадительный электрод; 3 – изолятор; 4 – шнековый завихритель

Поток закручивается в завихрителе 4 и под действием центробежной силы оседает на электроде, сдуваемые вихревым потоком в бункер 5. Чистый воздух удаляется через патрубок 6.

Для определения эффективности очистки, путем сравнения траекторий движения частиц проведен теоретический анализ взаимодействия частиц с потоком в электрическом поле на основе решения уравнений движения:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{1}{\tau} V_x + \frac{1}{m} F_e(t), \\ \frac{dV_z}{dt} = \frac{1}{\tau} (V_n - V_z) - g, \end{cases}$$

где  $\mu$  – вязкость запыленного воздуха;  $V$  – скорость перемещения частицы;  $\tau$  – час релаксации  
 $m$  – масса частицы.

Решение уравнений получено в виде зависимостей перемещения частицы от времени в радиальном  $x(t)$  и вертикальном  $z(t)$  направлениях:

$$x(t) = -\frac{V_{x0}}{B} e^{-Bt} + \frac{D}{B} t + \frac{D}{B} e^{-Bt} - \frac{D}{(D-k)B} e^{-Bt} + \frac{D}{(B-k)k} e^{-kt} +$$

$$+ \frac{V_{x0}}{B} - \frac{D}{B} + \frac{D}{D-k} \left( \frac{e^{-bt}}{B} - \frac{e^{-kt}}{k} \right),$$

$$z(t) = \frac{C}{B} - \frac{1}{B} \left( \frac{C}{B} - V_{z0} \right) e^{-Bt},$$

где  $C = \frac{S\omega}{\pi\tau} - g$ ;  $B = \frac{18\mu}{d^2 \rho_r} = \frac{1}{\tau}$ ;  $D = A_1 \frac{dt}{1+at} (1 - e^{-kt})^{-1}$  – коэффициент аппроксимации;

$A_1 = A \frac{6}{\pi d^3 \rho_r}$ ;  $a = \pi n e$ ;  $n, e$  – концентрация ионов и их заряд;

$A = \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) 0.25 d^2$ ;  $\omega$  – частота вращения потока;  $d$  – размер частицы;  $\varepsilon$  – электрическая проницаемость.

Полученные выше уравнения позволяют определить траекторию движения частицы в пространстве между электродами  $x(z)$  (рис. 2).

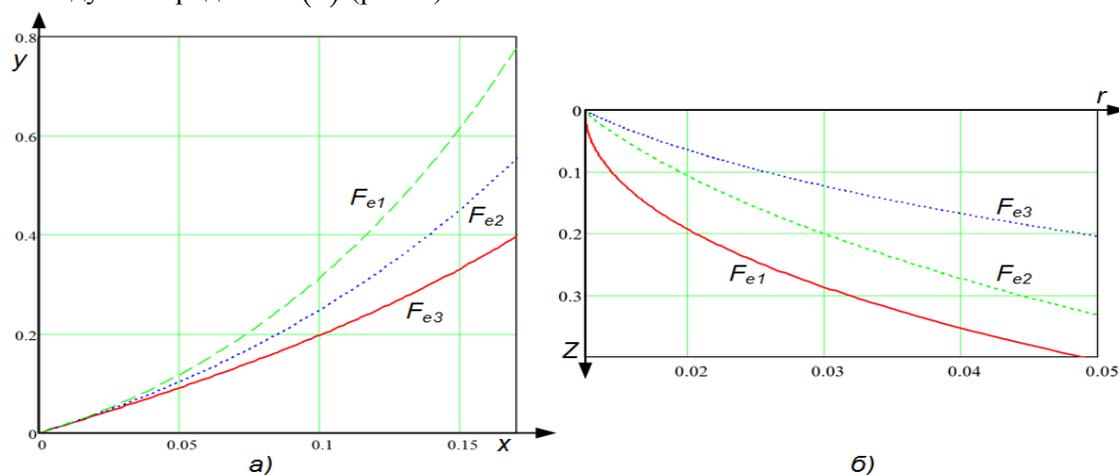


Рисунок 2. – Расчет траекторий движения частиц в электрофильтре: пластинчатом (а) и трубчатом с завихрениями (б) (где  $F_{e1} = 0.07$ ;  $F_{e2} = 0.1$ ;  $F_{e3} = 0.4$ )

#### Список использованных источников

1. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. М.: Metallургия, 1986. 544 с.
2. Алиев Г.М.А, Гоник А.Е. Электрооборудование и режимы питания электрофильтров. М.: Энергия, 1971. 264 с.
3. Страус В. Промышленная очистка газов. М., Химия, 1981. 616 с.
4. Котов Б. І., Степаненко С. П., Грищенко В. О. Аналіз процесу знепилювання повітряних потоків в прямоточному циклоні з поперечно-поточною зоною сепарації. Вісник Харківського

національного технічного університету сільського господарства, Вип. 205 «Проблеми надійності машин». 2019. С. 275-279.

5. Котов Б. І., Грищенко В. О., Панцир Ю. І., Герасимчук І. Д., Калініченко Р. А. Підвищення ефективності трубчастих електрофільтрів застосуванням закручування потоку очищеного повітря. Енергетика і автоматика. 2020. Вип. 2. С. 123–136.

УДК 534.87; 534.4

## О ГЕНЕРИРОВАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ СЛОВ РЕЧИ ЧЕЛОВЕКА

Митянок Вячеслав Владимирович, к.ф.-м.н., доцент

Полесский государственный университет

Mitsianok Viachaslau Vladimirovich, PHD, mitsianok@mail.ru

Polesky State University

*Проводились математические эксперименты по разложению звуков речи на моды и обратному их суммированию с целью выявления факторов, как значащих, так и незначащих для распознавания речи.*

**Ключевые слова:** распознавание речи, синтез речи, фазовый анализ звуков.

**Введение.** Как хорошо известно, метод преобразований Фурье, используемый для анализа (квази)периодических сигналов, обладает рядом существенных недостатков [1,2]. Так, спектры сигналов являются размытыми, причем степень размытости зависит от длительности сигнала – при слишком малой длительности сигнала размытость линий становится настолько большой, что соседние линии спектра могут поглощать друг друга. При слишком большой длительности сигнала и при некоторой неустойчивости его параметров в спектре появляется множество фальшивых линий. Все это приводит к трудностям в задачах автоматического распознавания речи человека и верификации и идентификации личности по голосу. Косвенным признаком того, что метод преобразований Фурье не годится для этих задач является тот факт, что несмотря на значительные усилия и вложения денежных средств является то, что эти задачи до сих пор не имеют удовлетворительного решения. Достигнутые к настоящему времени успехи можно считать лишь частичными.

В связи с этим в [3-5] был предложен метод аппроксимации, который предназначен для решения тех же задач, но который не имеет присущих методу преобразований Фурье недостатков. На основе метода аппроксимации был получен ряд принципиальных результатов. Так оказалось, что в спектре отдельных, долго произносимых звуков, присутствуют полуцелые (по отношению к базовой), частоты, действующие “вспышками”, имеет место “жесткая” модуляция амплитуд высших мод базовой частотой, причем со срывами. Тем самым было найдено объяснение неудачам метода преобразований Фурье.

В связи с имеющими место успехами метода аппроксимации имеет смысл применить его для создания искусственных звуков и слов речи человека. Если искусственные слова и звуки будут созданы, то тогда станет ясным, на что же именно следует обращать внимание при автоматическом распознавании речи, какие особенности звуковых сигналов позволяют отличать одного диктора от другого, а какие – наоборот, не имеют никакого значения, они случайны, привнесены несовершенством аппарата речеобразования человека, они лишь “путаются под ногами”, отвлекая внимание исследователей и заставляя их распылять свои усилия.

**Метод аппроксимации.** Метод аппроксимации основан на функционале [3-5]:

$$S = \sum_{i=1}^n [y(t_i) - y_1(t_i)]^2 + \alpha \sum_{k=1}^{n-1} (b_{0,i} - b_{0,i+1})^2 + \alpha \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n-1} (a_{k,i} - a_{k,i+1})^2 + \alpha \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n-1} (b_{k,i} - b_{k,i+1})^2, \quad (1)$$

где  $y(t_i)$  — зависящая от времени аппроксимируемая функция, описывающая сигнал, заданная своими значениями в  $n$  последовательных моментах времени от  $t_1$  до  $t_n$ , а

$$y_1(t_i) = b_{0,i} + \sum_{k=1}^l [a_{k,i} \sin(\omega_k t_i) + b_{k,i} \cos(\omega_k t_i)], \quad i=1..n \quad (2)$$

— аппроксимирующая функция,  $b_{0,i}$  — дрейфующий нуль (начало отсчета),  $a_{k,i}$ ,  $b_{k,i}$  — дрейфующие амплитуды синус и косинус волн (параметры аппроксимирующей функции),  $\omega_k$  - их несущие частоты,  $l$  — количество волн (мод) в аппроксимирующей функции. Функционал (1) сконструирован как сумма слагаемых двух видов: слагаемые, не содержащие параметр  $\alpha$ , отвечают за близость между аппроксимируемой и аппроксимирующей функциями, слагаемые, содержащие  $\alpha$ , отвечают за сглаживание прыжков дрейфующих амплитуд волн (мод) аппроксимирующей функции при переходе по оси времени между соседними моментами дискретизации. Чем бóльшим выбрано значение  $\alpha$ , тем более гладкими будут получаться амплитуды волн. Вычисляя частные производные (1) по дрейфующим амплитудам и по дрейфующему началу отсчета и приравнявая их нулю, получим систему линейных алгебраических уравнений относительно параметров аппроксимирующей функции. Решив эту систему, найдем эти параметры и тем самым произведем разложение аппроксимируемой функции на сумму волн с медленно меняющимися амплитудами. Найденные таким путем  $b_{0,i}$ ,  $a_{k,i}$ ,  $b_{k,i}$  можно подставить в (2). Полученную в результате аппроксимирующую функцию можно назвать восстановленным звуком. Если затем вычесть восстановленный звук из исходного звука и подвергнуть разность преобразованиям Фурье, то часто выясняется, что существуют еще какие-то несущие частоты, которые не были замечены при первом разложении в ряд (интеграл) Фурье по причине малой интенсивности несомых ими мод. В частности, этим способом в [3-5] было установлено, что в спектре многих звуков присутствуют полуцелые (по отношению к базовой) несущие частоты. Соответственно, в звуке присутствуют целые и полуцелые, правда, малоинтенсивные, моды.

Каждую из мод, входящих в (2), можно переписать в физически более информативном виде:

$$a_{k,i} \sin(\omega_k t_i) + b_{k,i} \cos(\omega_k t_i) = c_{k,i} \sin(\omega_k t_i + \varphi_{k,i}), \quad k=1..l, i=1..n \quad (3)$$

и тогда аппроксимирующая функция выглядит так:

$$y_1(t_i) = b_{0,i} + \sum_{k=1}^l c_{k,i} \sin(\omega_k t_i + \varphi_{k,i}). \quad i=1..n \quad (4)$$

Здесь  $c_{k,i}$  - дрейфующая *общая* амплитуда волны (моды),  $\varphi_{k,i}$  - дрейфующая фаза.

**Синтез искусственных монозвучков.** Исследовались те гласные звуки, которые можно было произносить долго – это звуки (монозвучки) «А», «О», «У», «Э», «Ы», «И», полученные от нескольких респондентов, женщин и мужчин. Звуки раскладывались на моды и затем восстанавливались. Во всех случаях восстановленный звук звучал также как и исходный.

Для того, чтобы ответить на вопрос, *что* именно делает звук «А» звуком «А», звук «О» звуком «О» и т.д., перед суммированием (4) были проведены математические эксперименты по сознательному искажению амплитуд и (или) фаз. Так, фазы всех мод, кроме базовой, заменялись на искусственные, связанные с фазой базовой моды соотношением

$$\varphi_{k,i} = k\varphi_{1,i} + r_k, \quad k=1..l, i=1..n \quad (5)$$

где  $k$  – номер моды,  $\varphi_{1,i}$  - зависящая от времени фаза базовой моды,  $r_k$  – массив произвольных чисел. Фаза базовой моды не менялась. Не менялись и все дрейфующие амплитуды. Как оказалось, звучание звуков от такой замены не изменилось.

Выяснилось также, что при суммировании можно опустить дрейфующий нуль и полуцелые моды. И от такого отбрасывания звук не менялся. А вот если фазу каждой из мод, в том числе и базовой, на всем отрезке звучания заменить на постоянное, но случайное число, то качество звука значительно ухудшалось. Вместо четкого звука слышалось то, что скорее можно назвать звучанием зуммера.

В поисках объяснений этому явлению были проделаны следующие математические эксперименты. Усредненный амплитудный спектр каждого из изучаемых звуков соединялся в формуле (4) с дрейфующими фазами от любого другого из этих же звуков и от любого из других респондентов. После такой операции звук не менялся, звучал четко и соответствовал именно амплитудам. Как это можно объяснить? Оказалось, что во всех случаях реальные фазы не являются стро-

гими константами, а дрейфуют (плавают) вокруг неких средних значений с неустойчивым периодом от 1.5 до 2.5 Гц и с неустойчивой амплитудой 0.5-2 радиан. Они – как бы «испорчены». В связи с этим возникло предположение, что именно так и должно быть. Что мозг слушателя уже готов к тому, что диктор будет производить сигнал с испорченной фазой, а звук с неиспорченной фазой мозгом слушателя за звук не воспринимается. Это предположение оправдалось. Когда в качестве фазы принималась хаотически меняющаяся (в определенных рамках) величина, то звук вновь звучал четко и распознаваемо.

Таким образом, для синтеза вышеуказанных звуков, вместо (4), как один из вариантов, можно принять выражение

$$y_1(i) = \sum_{k=1}^j c_k \sin(\omega_k i + kp \sin(i/3300)) + r_i, \quad i=1..n \quad (6)$$

где  $\omega_k$  – несущие частоты, пропорциональные базовой,  $r_j$  – массив произвольных чисел,  $n$  – длина отрезка звучания (в отсчетах дискретизации). Множитель  $p$  в (6) может принимать любое значение в интервале [1..10], но лучшее звучание наблюдается при  $p=2$  для звуков «Э», «Б», и  $p=4$  для звуков «А», «О», «У», «И». За основу получения усредненных обобщенных был взят голос автора. Внутренний синус в (6) обеспечивает порчу фазы. (Возможны и другие варианты порчи фаз.)

#### Список использованных источников

1. Васильева Л. Г., Жилейкин Я. М., Осипик Ю. И. Преобразования Фурье и вейвлет-преобразования. Их свойства и применение. // Вычислительные методы и программирование: в 3 т. – М., – Т 3, – Вып 1, – С 172-175, 2002
2. Митянок В. В. Определение числовых характеристик высокочастотных звуков речи на основе аппроксимации гармоническими функциями // Известия НАН Беларуси, сер ф.-м.н., – Минск, – № 2. – С 111-118. 2009
3. Митянок В. В., Коновалова Н. В. Применение фазового анализа звуков речи для распознавания человека по его голосу. [Электронный ресурс] // Техническая акустика. – Электрон. журн.- СПб., – 2013. № 4. – Режим доступа: <http://www.ejta.org>, свободный
4. Митянок В. В. О числовых характеристиках некоторых низкочастотных звуков человеческой речи. [Электронный ресурс] // Техническая акустика. – Электрон. журн. – СПб., 2008. – № 15. – Режим доступа: <http://www.ejta.org>, свободный
5. Митянок В. В. К проблеме идентификации и верификации личности по фазовым характеристикам звуков речи [Электронный ресурс] // Техническая акустика. – Электрон. журн. – СПб., – 2015. – № 7. – Режим доступа: <http://www.ejta.org>, свободный

УДК 517.925

### О ДОПУСТИМЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ОБОБЩЕННОЙ СИСТЕМЫ ЛЭНГФОРДА В ОДНОМ СЛУЧАЕ

**Мусафиров Эдуард Владимирович, к.ф.-м.н., доцент**  
**Гродненский государственный университет имени Янки Купалы**  
 Musafirov Eduard, PhD, [musafirov@bk.ru](mailto:musafirov@bk.ru)  
 Yanka Kupala State University of Grodno

*Получены допустимые возмущения (т.е. возмущения которые не изменяют отражающей функции системы) для обобщенной системы Лэнгфорда с пятью параметрами при нулевых значениях параметров. При этом многие качественные свойства решений допустимо возмущенных систем сохраняются.*

**Ключевые слова:** *отражающая функция, допустимое возмущение, обобщенная система Лэнгфорда, система обыкновенных дифференциальных уравнений.*

**Введение.** Многие процессы, происходящие в окружающем нас мире, моделируются с помощью систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Большинство таких систем невозможно проинтегрировать даже в квадратурах и тем более через элементарные функции. В связи с

этим встает вопрос об изучении решений таких систем дифференциальных уравнений по виду самих систем (т.е. о применении качественной теории дифференциальных уравнений). Одним из новых инструментов качественной теории дифференциальных уравнений является отражающая функция (ОФ), введенная профессором В.И. Мироненко (см [1, 2]).

Для системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = X(t, x), \quad t \in \mathbf{R}, x \in D \subset \mathbf{R}^n \quad (1)$$

с общим решением в форме Коши  $x = \varphi(t; t_0, x_0)$  ОФ определяется формулой  $F(t, x) := \varphi(-t; t, x)$ . Теория ОФ позволяет проводить исследование качественного поведения решений даже неинтегрируемых в замкнутом виде систем несмотря на то, что ОФ определяется (формально) через общее решение этой системы. ОФ позволяет решать такие задачи качественной теории дифференциальных уравнений, как вопросы существования и устойчивости периодических решений, существования решений краевых задач, вопросы глобального поведения семейств решений дифференциальных систем. Изучению качественного поведения решений дифференциальных уравнений с помощью ОФ посвящены работы J. Zhou, Z. Zhou, Л.А. Альсевич, М.С. Белокурского, В.А. Бельского, Е.В. Варенниковой, П.П. Вересовича, С.В. Майоровской, В.И. Мироненко, В.В. Мироненко и других.

Любая непрерывно дифференцируемая функция  $F(t, x)$ , удовлетворяющая условию  $F(-t, F(t, x)) \equiv F(0, x) \equiv x$ , является ОФ множества систем. Все системы с одинаковой ОФ имеют один и тот же оператор сдвига на любом интервале  $(-\alpha; \alpha)$ . Поэтому все  $2\omega$ -периодические системы с одинаковой ОФ имеют одно и то же отображение за период  $[-\omega; \omega]$ .

Пусть система (1) и система

$$\dot{y} = Y(t, x), \quad t \in \mathbf{R}, y \in D \subset \mathbf{R}^n \quad (2)$$

имеют одинаковую ОФ  $F(t, x)$ , и пусть система (1), является  $2\omega$ -периодической. Тогда если решение  $\phi(t; -\omega, x)$  системы (1) и решение  $\psi(t; -\omega, x)$  системы (2) продолжимы на отрезок  $[-\omega, \omega]$ , то отображение за период  $[-\omega, \omega]$  для системы (1) есть  $\phi(\omega; -\omega, x) \equiv F(-\omega, x) \equiv \psi(\omega; -\omega, x)$ , хотя система (2) может быть непериодической. Т.е. между  $2\omega$ -периодическими решениями системы (1) и решениями двухточечной задачи  $y(-\omega) = y(\omega)$  для системы (2) можно установить взаимно однозначное соответствие.

Таким образом, решения систем дифференциальных уравнений с одинаковой ОФ имеют много одинаковых качественных свойств. Поэтому при исследовании качественных свойств решений систем целесообразно заменять сложную систему на более простую.

**Основная часть.** В настоящей работе объектом исследования является обобщенная система Лэнгфорда [3]:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= ax + by + xz, \\ \dot{y} &= cx + dy + yz, \\ \dot{z} &= ez - (x^2 + y^2 + z^2); \quad x, y, z, a, b, c, d, e \in \mathbf{R}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $a, b, c, d, e$  – параметры модели.

Целью исследования является поиск допустимых возмущений системы (3), т.е. возмущений которые не изменяют ее ОФ. Заметим, что для допустимо возмущенных систем (ОФ которых совпадает с ОФ исходной системы) многие качественные свойства решений сохраняются. О допустимых возмущениях необобщенной системы Лэнгфорда см. [4, 5].

Допустимые возмущения искались в виде:

$$\Delta \cdot \alpha(t) = \begin{pmatrix} \sum_{i+j+k=0}^n q_{ijk} x^i y^j z^k \\ \sum_{i+j+k=0}^n r_{ijk} x^i y^j z^k \\ \sum_{i+j+k=0}^n s_{ijk} x^i y^j z^k \end{pmatrix} \alpha(t),$$

где  $q_{ijk}, r_{ijk}, s_{ijk} \in \mathbf{R}$ ,  $i, j, k, n \in \mathbf{N}$  и  $\{0\}$ ;  $\alpha(t)$  – произвольная непрерывная скалярная нечетная функция.

**Теорема.** Пусть  $a_i(t)$ ,  $i = \overline{1, 2}$  – произвольные скалярные непрерывные нечетные функции. Тогда при  $a = b = c = d = e = 0$  ОФ системы (3) совпадает с ОФ системы

$$\begin{aligned} \dot{x} &= xz(1 + \alpha_1(t)) + y\alpha_2(t), \\ \dot{y} &= yz(1 + \alpha_1(t)) - x\alpha_2(t), \\ \dot{z} &= -(x^2 + y^2 + z^2)(1 + \alpha_1(t)). \end{aligned} \quad (4)$$

**Доказательство.** Выпишем из правой части системы (4) вектор-множители при  $\alpha_i(t)$ :

$$\Delta_1 = \begin{pmatrix} xz \\ yz \\ -(x^2 + y^2 + z^2) \end{pmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{pmatrix} y \\ -x \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Последовательной проверкой тождества  $\frac{\mathbb{D}}{\mathbb{D}t} + \frac{\mathbb{D}}{\mathbb{D}x} X(t, x) - \frac{\mathbb{D}X(t, x)}{\mathbb{D}x} = 0$  для

каждого вектор-множителя  $\Delta_i$  убедимся в его истинности. Тогда утверждение теоремы вытекает из теоремы 1 [1].

**Замечание.** При моделировании реальных процессов обычно рассматривается время  $t \geq 0$ , поэтому требование нечетности функций  $a_i(t)$  не существенно, т.к. их можно доопределить непрерывно нечетным образом на отрицательную временную полуось (при условии  $a_i(0) = 0$ ).

**Заключение.** Полученно множество нестационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений, ОФ которых совпадает с ОФ автономной обобщенной системы Лэнгфорда (3). Одинаковая ОФ этих систем обуславливает совпадение некоторых качественных свойств поведения их решений, что позволяет использовать результаты исследования качественного поведения решений хорошо изученной обобщенной системы Лэнгфорда [3] для изучения более сложных по своей природе нестационарных возмущенных систем.

При этом, в частности, характер устойчивости решений, при  $t = t_0$  выходящих из одной и той же точки, всех допустимо возмущенных систем такой же как и у исходной системы.

Автор выражает благодарность за оказанную помощь ресурсному центру “СКИФ” Гродненского государственного университета имени Янки Купалы.

#### Список использованных источников

1. Mironenko, V.I. How to construct equivalent differential systems / V.I. Mironenko, V.V. Mironenko // Applied Mathematics Letters. – 2009. – Vol. 22. – № 9. – P. 1356-1359.

2. Мусафиров, Э.В. Двумерные линейные дифференциальные системы с отражающей матрицей, представляющей собой произведение двух матричных экспонент / Э.В. Мусафиров // Вестник фонда фундаментальных исследований. – 2006. – № 4. – С. 75-84.
3. Yang, Q. Complex dynamics in a generalized Langford system / Q. Yang, T. Yang // Nonlinear Dynamics. – 2018. – Vol. 91. – P. 2241-2270.
4. Мусафиров, Э.В. Допустимые возмущения системы Лэнгфорда / Э.В. Мусафиров // Проблемы физики, математики и техники. – 2016. – № 3 (28). – С. 47–51.
5. Musafirov, E.V. Perturbations of the Lanford system which do not change the reflecting function / E.V. Musafirov // International journal of bifurcation and chaos. – 2017. – Vol. 27. – № 10. – 1750154 (5 pages).

УДК 681.3.06

## **МОДЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ КОНЕЧНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**Павлов Павел Александрович, к.ф.–м.,н., доцент**

**Штепа Владимир Николаевич, д.т.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Pavlov Pavel, PhD, [pavlov.p@polessu.by](mailto:pavlov.p@polessu.by)

Shtepa Vladimir Nikolayevich, D.Sc., [shtepa.v@polessu.by](mailto:shtepa.v@polessu.by)

Polessky State University

*В статье предложена математическая модель интеллектуальной масштабируемой распределенной микросети и получены математические соотношения для вычисления точных значений общего времени выполнения множества параллельных процессов, возникающих при взаимодействии конкурирующих источников распределенной генерации электрической энергии с конечными потребителями.*

Проектирование и создание эффективных взаимно–интегрированных распределенных microgrid и компьютерных систем управления прежде всего связано с математическим моделированием функционирования сложных многокомпонентных систем, разработкой принципов синтеза структур таких систем, определением процедур анализа их эффективности и оптимальности, расчетом оптимальных технических характеристик источников microgrid, характеристик оптимальной организации выполнения большого числа параллельных процессов, определением границ эффективности и оптимальности их взаимодействия, количественной и качественной оценки различных стратегий управления такими процессами, развитием управляющих алгоритмов и численных методов, созданием системного и прикладного программного обеспечения с учетом конкретных условий функционирования microgrid.

Одной из центральных в этих направлениях и во многом объединяющая их является проблема оптимального распределения ресурсов microgrid. Это порождает, в свою очередь, множество конкурирующих за их использование процессов. Поэтому, от успешного решения проблем оптимальной организации выполнения множества конкурирующих процессов, зависит работоспособность, надежность и эффективность микроэлектросистем в целом.

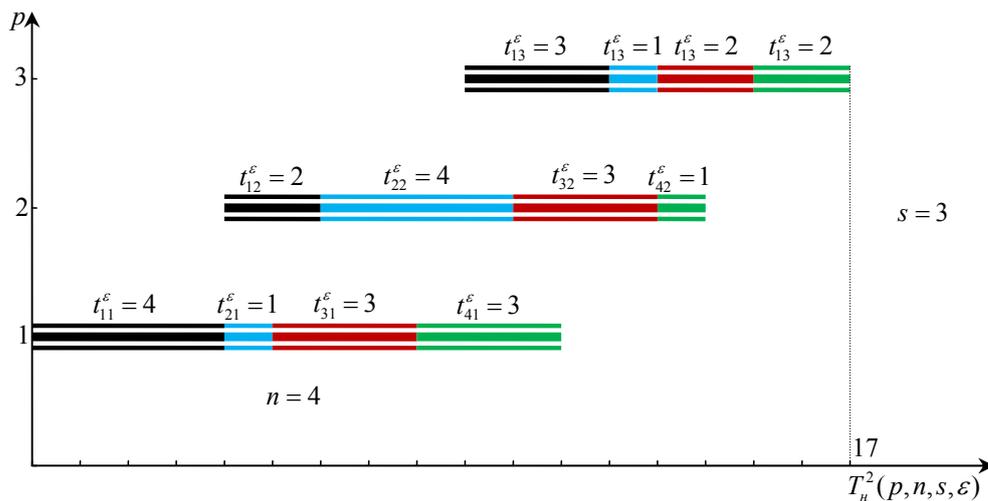
Математическая модель интеллектуальной масштабируемой распределенной микросети включает в себя:  $n \geq 2$  – количество источников распределенной генерации электрической энергии;  $p \geq 2$  – количество конечных потребителей электроэнергии;  $s \geq 2$  – количество порций (блоков) структурированных конкурирующих потоков электроэнергии от источников распределенной генерации с учетом ценовых диапазонов;  $T = [t_{ij}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$  – матрицу времен передачи электрической энергии  $i$ –м источником из  $j$ –го ценового диапазона;  $C = [c_{ij}]_{n \times s}$  – матрицу стоимости единицы электроэнергии из  $j$ –го ценового диапазона при генерации  $i$ –м источником;  $\varepsilon > 0$  – параметр, характеризующий системное время, затрачиваемое Smart Grid на

организацию параллельной передачи электрической энергии от  $n$  источников  $p$  конечным потребителям.

Будем считать, что взаимодействие конкурирующих источников распределенной генерации электрической энергии с конечными потребителями подчинено следующим условиям:

- 1) ни один из источников порцию электроэнергии не может передавать одновременно более чем одному потребителю;
- 2) ни один из конечных потребителей не может принимать одновременно более одной порции электрической энергии от источников распределенной генерации;
- 3) передача (прием) каждой порции электроэнергии осуществляется без прерываний;
- 4) распределение порций электрической энергии от источников распределенной генерации конечным потребителям компьютерной системой осуществляется циклически по правилу: блок с номером  $j = kp + i$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $i = \overline{1, p}$ ,  $k \geq 0$ , передается потребителю с номером  $i$ ;
- 5) для каждого конечного потребителя момент завершения получения порции энергии от  $l$ -го источника совпадает с моментом начала получения электрической энергии от  $(l + 1)$ -го источника распределенной генерации,  $l = \overline{1, n - 1}$ .

Условия 1–5 определяют *синхронный режим*, обеспечивающий непрерывное получение электрической энергии всеми конечными потребителями от источников распределенной генерации (рис. 1).



**Рисунок 1 – Синхронный режим взаимодействия 4 распределенных источников электрической энергии и 3 конечных потребителей**

Распределенную микросеть будем называть *неоднородной*, если времена передачи электрической энергии конечным потребителям разные для разных источников.

Получение математических соотношений для вычисления точных значений общего времени выполнения множества параллельных процессов, возникающих при взаимодействии конкурирующих источников распределенной генерации электрической энергии с конечными потребителями, позволит в реальном времени оптимально управлять любыми сегментами микросети, планировать подключение новых объектов, оперативно перераспределять потоки электроэнергии, обрабатывать большие массивы информации.

Будем рассматривать  $n \geq 2$  *неоднородных* распределенных источников, которые конкурируют за передачу электрической энергии  $p \geq 2$  конечным потребителям, причем передача электроэнергии осуществляется блоками  $Q_1, Q_2, \dots, Q_s$ . Задача состоит в нахождении мини-

мального общего времени  $T_n^2(p, n, s, \varepsilon)$  передачи  $n$  источниками электрической энергии  $p$  потребителям в условиях непрерывного обеспечения энергией последних. Рассмотрим следующие случаи.

а) В случае, когда число блоков структурированных потоков электрической энергии равно числу конечных потребителей, т.е.  $s = p$ , для нахождения величины  $T_n^2(p, n, s, \varepsilon)$  получим формулу:

$$T_n^2(p, n, s, \varepsilon) = \sum_{j=1}^{p-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i,j+1}^\varepsilon \right] + \sum_{i=1}^n t_{ip}^\varepsilon. \quad (1)$$

Здесь  $T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]$  –  $n \times s$  – матрица времен передач блоков электрической энергии  $i$  – м источником из  $j$  – го ценового диапазона с учетом накладных расходов  $\varepsilon$ .

Величины  $\max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i,j+1}^\varepsilon \right]$ ,  $j = \overline{1, p-1}$ , определяют моменты начала передачи

электроэнергии источниками потребителям, начиная со второго, а  $\sum_{i=1}^n t_{ip}^\varepsilon$  – время обеспечения электрической энергией последнего  $p$  – го потребителя всеми источниками.

**Пример 1.** Пусть имеется  $n = 4$  неоднородных распределенных альтернативных источника, которые конкурируют за передачу электрической энергии  $p = 3$  потребителям. Каждый поток структурирован на  $s = 3$  ценовых блока. Матрица времен передачи электроэнергии источ-

никами конечным потребителям с учетом системного времени имеет  $\varepsilon$  вид  $T^\varepsilon = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 3 \\ 1 & 4 & 1 \\ 3 & 3 & 2 \\ 3 & 1 & 2 \end{bmatrix}$ .

Согласно формуле (1) минимальное общее время передачи будет равно:

$$T_n^2(p = 3, n = 4, s = 3, \varepsilon) = \sum_{j=1}^2 \max_{1 \leq v \leq 4} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i,j+1}^\varepsilon \right] + \sum_{i=1}^4 t_{i3}^\varepsilon = 4 + 5 + 8 = 17.$$

б) Рассмотрим случай, когда число конечных потребителей микроэлектросистемы больше числа блоков структурированных энергопотоков ( $s < p$ ). В этом случае выполним разбиение множества потребителей на  $k + 1$  группу по  $s$  потребителей в каждой, т. е.  $p = ks + r$ ,  $k \geq 1$ ,  $1 \leq r < s$ . Если  $p$  не кратно  $s$ , то в последней группе будет только  $r$  потребителей. Результирующая матрица  $RM$  времен передачи электроэнергии источниками конечным потребителям будет состоять из  $k + 1$  матриц  $T^\varepsilon$ , причем  $k + 1$  матрица будет содержать только  $r$  первых столбцов:

$$RM = [t_{ij}^\varepsilon]_{n \times p} = \begin{bmatrix} t_{11}^\varepsilon & t_{12}^\varepsilon & \dots & t_{1s}^\varepsilon & t_{11}^\varepsilon & t_{12}^\varepsilon & \dots & t_{1s}^\varepsilon & \dots & t_{11}^\varepsilon & t_{12}^\varepsilon & \dots & t_{1r}^\varepsilon \\ t_{21}^\varepsilon & t_{22}^\varepsilon & \dots & t_{2s}^\varepsilon & t_{21}^\varepsilon & t_{22}^\varepsilon & \dots & t_{2s}^\varepsilon & \dots & t_{21}^\varepsilon & t_{22}^\varepsilon & \dots & t_{2r}^\varepsilon \\ \dots & \dots \\ t_{n1}^\varepsilon & t_{n2}^\varepsilon & \dots & t_{ns}^\varepsilon & t_{n1}^\varepsilon & t_{n2}^\varepsilon & \dots & t_{ns}^\varepsilon & \dots & t_{n1}^\varepsilon & t_{n2}^\varepsilon & \dots & t_{nr}^\varepsilon \end{bmatrix}$$

С учетом формулы (1) минимальное общее время обеспечения  $n$  альтернативными источниками электрической энергии  $p$  конечных потребителей при условии  $s < p$  будет определяться из выражения:

$$T_n^2(p = ks + r, n, s, \varepsilon) = kT_n^2(s, n, s, \varepsilon) + T_n^2(1, n, 1, \varepsilon) + T_n^2(r, n, r, \varepsilon), \quad (2)$$

где

$$T_n^2(s, n, s, \varepsilon) = \sum_{j=1}^{s-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i,j+1}^\varepsilon \right], \quad T_n^2(1, n, 1, \varepsilon) = \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{is}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i1}^\varepsilon \right], \quad (3)$$

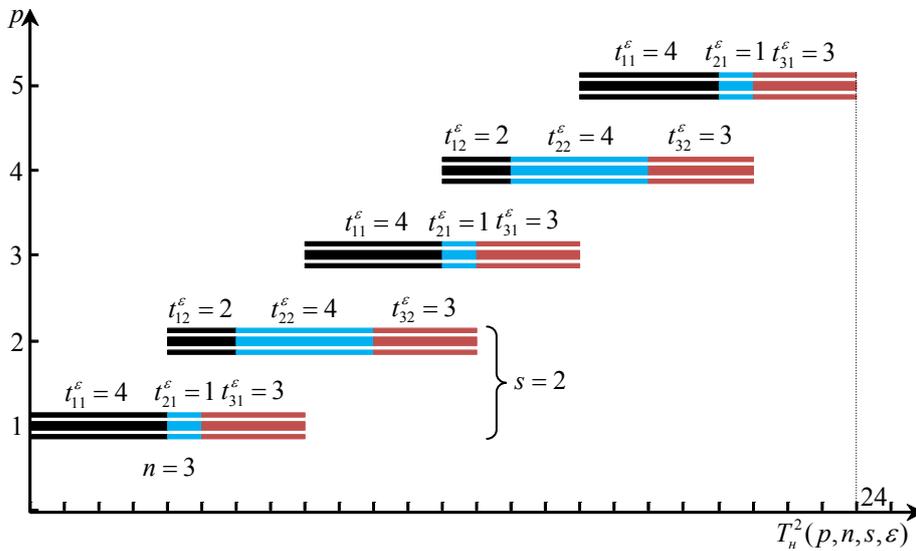
$$T_n^2(r, n, r, \varepsilon) = \sum_{j=1}^{r-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i,j+1}^\varepsilon \right] + \sum_{i=1}^n t_{ir}^\varepsilon.$$

**Пример 2.** Пусть  $p = 5$ ,  $n = 3$ ,  $s = 2$ ,  $T^\varepsilon = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 1 & 4 \\ 3 & 3 \end{bmatrix}$ . Т. к.  $p = 2s + 1$ , то  $k = 2$ ,

$r = 1$  и результирующая матрица будет иметь вид:  $RM = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 4 & 2 & 4 \\ 1 & 4 & 1 & 4 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$ .

Согласно формуле (2) минимальное общее время передачи составит (рис. 2):

$$T_n^2(p = 5, n = 3, s = 2, \varepsilon) = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 4 + 8 = 24.$$



**Рисунок 2.** – Функционирование microgrid при  $p = 5$ ,  $n = 3$ ,  $s = 2$

в) Пусть число блоков структурированных конкурирующих потоков электроэнергии  $s \geq 2$  больше числа конечных потребителей микроэнергосистемы  $p \geq 2$ , т. е. является ограниченным ( $s > p$ ). Тогда произведем разбиение множества блоков на  $k + 1$  группу по  $p$  блоков в каждой, за исключением последней, которая при  $S$  не кратно  $p$  будет содержать  $r$  блоков:

$s = kp + r$ ,  $k \geq 1$ ,  $1 \leq r < p$ . Это равносильно разбиению исходной матрицы времен передачи электрической энергии  $i$ -м источником из  $j$ -го ценового диапазона с учетом системных расходов  $\varepsilon > 0$   $T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ , на  $k + 1$  подматрицу по  $p$  столбцов в каждой, причем подматрица  $k + 1$  в случае, когда  $s$  не кратно  $p$ , будет содержать  $r$  столбцов.

Рассмотрим частный случай, когда  $s$  кратно  $p$ , т. е.  $s = kp$ ,  $k > 1$ . Учитывая, что число блоков больше числа потребителей в  $k$  раз, выполним разбиение множества блоков на  $k$  групп по  $p$  блоков в каждой. Следовательно, исходная матрица времен передачи электрической энергии  $T^\varepsilon$  разобьется на  $k$  подматриц по  $p$  столбцов в каждой. Взаимодействие конкурирующих источников распределенной генерации электрической энергии с конечными потребителями с учетом времен передачи электрической энергии для  $l$ -й группы,  $l = \overline{1, k}$ , можно изобразить в виде линейных диаграмм Ганта, каждая из которых отображает во времени передачу  $p$  блоков различных ценовых диапазонов  $n$  конкурирующими альтернативными источниками  $p$  конечным потребителям.

На рис. 3 приведены несомещенные диаграммы Ганта для случая  $p = 3$ ,  $n = 4$ ,  $s = 9$  и

$$T^\varepsilon = [t_{ij}^\varepsilon]_{4 \times 9} = \begin{bmatrix} t_{11}^\varepsilon & t_{12}^\varepsilon & \dots & t_{19}^\varepsilon \\ t_{21}^\varepsilon & t_{22}^\varepsilon & \dots & t_{29}^\varepsilon \\ t_{31}^\varepsilon & t_{32}^\varepsilon & \dots & t_{39}^\varepsilon \\ t_{41}^\varepsilon & t_{42}^\varepsilon & \dots & t_{49}^\varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 2 & 1 & 1 & 3 & 2 & 3 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & 3 & 2 & 1 & 4 & 2 & 2 \\ 4 & 2 & 1 & 1 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

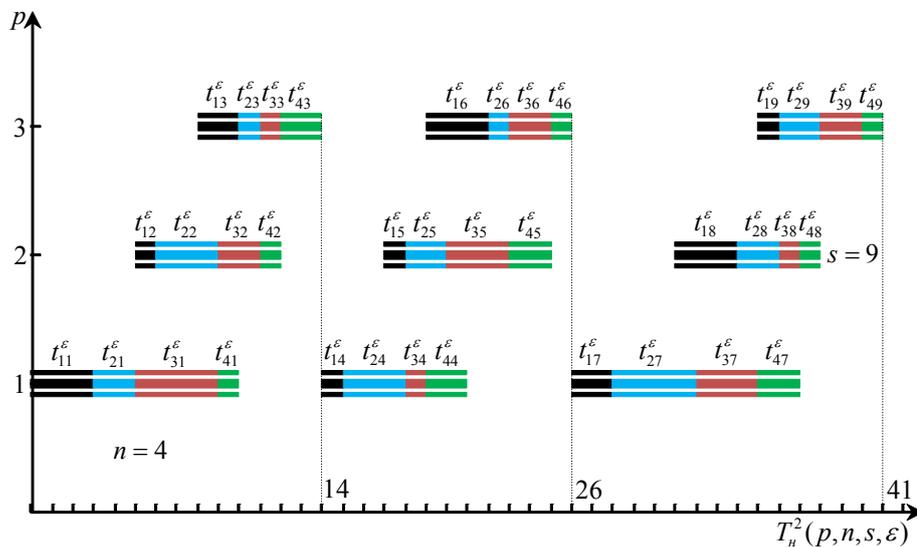


Рисунок 3. – Несомещенная диаграмма Ганта

Время  $T_n^2(p=3, n=4, s=9, \varepsilon) = 41$  передачи источниками электрической энергии потребителям можно существенно сократить, если воспользоваться приемом совмещения последовательных диаграмм Ганта по оси времени справа налево (рис. 4).

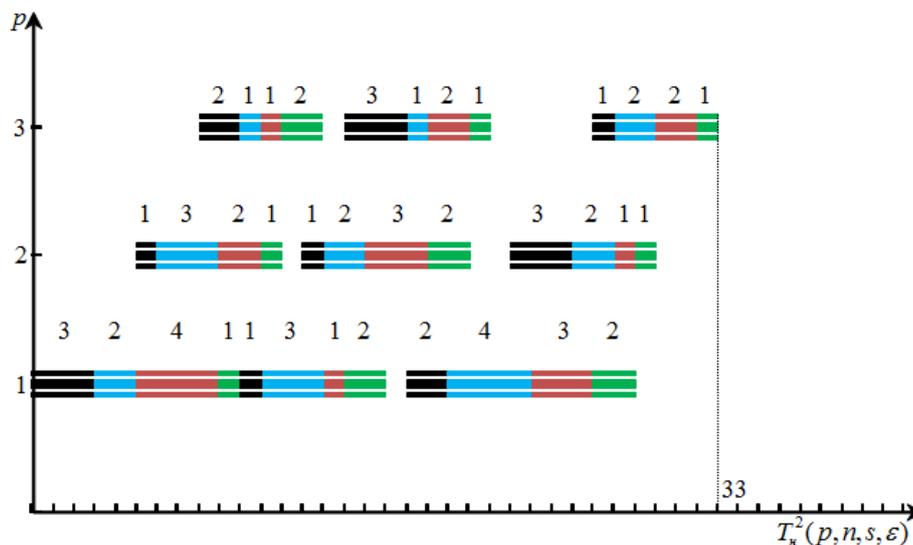


Рисунок 4. – Совмещенная диаграмма Ганта

В дальнейшем будем использовать следующие обозначения:

•  $t_{ij}^{\varepsilon, l} = t_{ij}^l + \varepsilon = t_{i, (l-1)p+j} + \varepsilon$  – времена передачи порции электрической энергии из  $j$ -го ценового диапазона  $i$ -м источником в  $l$ -й группе блоков с учетом параметра  $\varepsilon$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $l = \overline{1, k}$ ;

$T_l^\varepsilon$  – общее время передачи  $l$ -й группы блоков электрической энергии  $p$  потребителям всеми  $n$  источниками  $l = \overline{1, k}$ ;

$E_{ij}^{\varepsilon, l}$  – время завершения передачи  $j$ -го блока  $i$ -м источником в  $l$ -й группе блоков,  $l = \overline{1, k}$ .

В силу формулы (1) для вычисления  $T_l^\varepsilon$  и  $E_{ij}^{\varepsilon, l}$  получим следующие соотношения:

$$T_l^\varepsilon = \sum_{j=1}^{p-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^{\varepsilon, l} - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i, j+1}^{\varepsilon, l} \right] + \sum_{i=1}^n t_{ip}^{\varepsilon, l}, \quad (4)$$

$$E_{ij}^{\varepsilon, l} = \sum_{w=1}^{j-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{q=1}^v t_{qw}^{\varepsilon, l} - \sum_{q=1}^{v-1} t_{q, w+1}^{\varepsilon, l} \right] + \sum_{q=1}^i t_{qj}^{\varepsilon, l}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, p}, \quad l = \overline{1, k}.$$

Кроме того, через  $B_{1j}^{\varepsilon, l}$  будем обозначать время начала передачи  $j$ -го блока в  $l$ -й группе первым источником:

$$B_{1j}^{\varepsilon, l} = \sum_{w=1}^{j-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{q=1}^v t_{qw}^{\varepsilon, l} - \sum_{q=1}^{v-1} t_{q, w+1}^{\varepsilon, l} \right], \quad j = \overline{1, p}. \quad (5)$$

Из анализа последовательных диаграмм Ганта (рис. 3, рис. 4) вытекает, что:

$$T_n^2(p, n, s, \varepsilon) = T_n^2(p, n, kp, \varepsilon) = \sum_{l=1}^k T_l^\varepsilon - \Omega, \quad (6)$$

где  $T_l^\varepsilon$  находится по формулам (4), а величина  $\Omega$  является величиной максимально допустимого суммарного совмещения соседних диаграмм по оси времени. Имеет место следующая лемма.

**Лемма.** Величина  $\Omega$  максимально допустимого суммарного совмещения соседних диаграмм Ганта по оси времени определяется из соотношения:

$$\Omega \geq \sum_{l=1}^{k-1} \min\{\omega_l', \omega_l''\}, \quad (7)$$

где

$$\omega_l' = \min_{1 \leq j \leq p} \{T_l^\varepsilon - E_{nj}^{\varepsilon,l} + B_{1j}^{\varepsilon,l+1}\}, \quad \omega_l'' = \min_{1 \leq i \leq n} \left\{ \sum_{q=1}^{i-1} t_{q1}^{\varepsilon,l+1} + \sum_{q=i+1}^n t_{qp}^{\varepsilon,l} \right\}, \quad l = \overline{1, k-1}. \quad (8)$$

Здесь  $\omega_l'$  и  $\omega_l''$  представляют собой отрезки максимально допустимого совмещения по оси времени  $l$ -й и  $(l+1)$ -й диаграмм.

В формуле (7) стоит знак не строгого равенства, так как каждое значение  $\min\{\omega_l', \omega_l''\}$ ,  $l = \overline{1, k-1}$ , учитывает только величину максимально допустимого совмещения по оси времени между парами соседних диаграмм Ганта, но не всегда учитывает возможные совмещения между подряд идущими группами блоков электроэнергии, передающихся одному и тому же потребителю в двух соседних диаграммах. На рис. 3 и рис. 4 приведен пример, когда имеет место равенство, а на рис. 5 и рис. 6 когда имеет место неравенство.

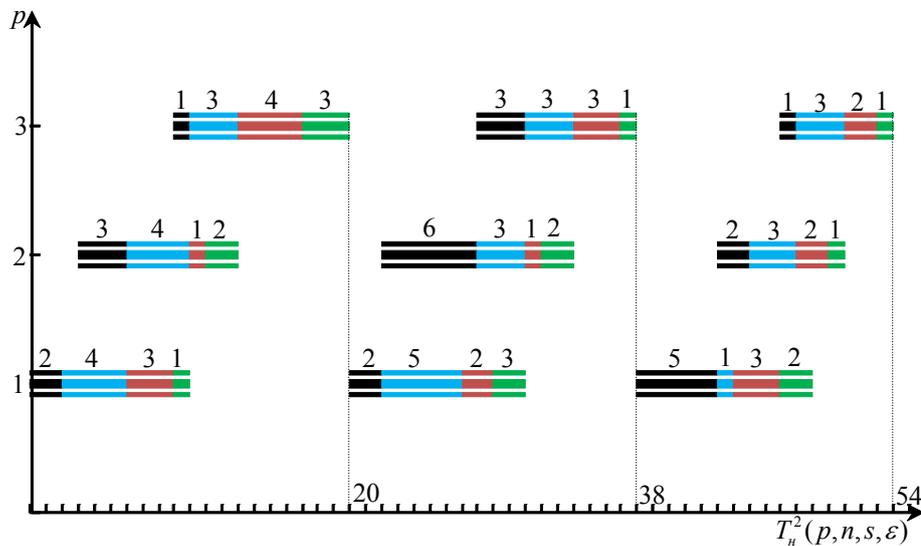


Рисунок 5. – Несовмещенная диаграмма Ганта

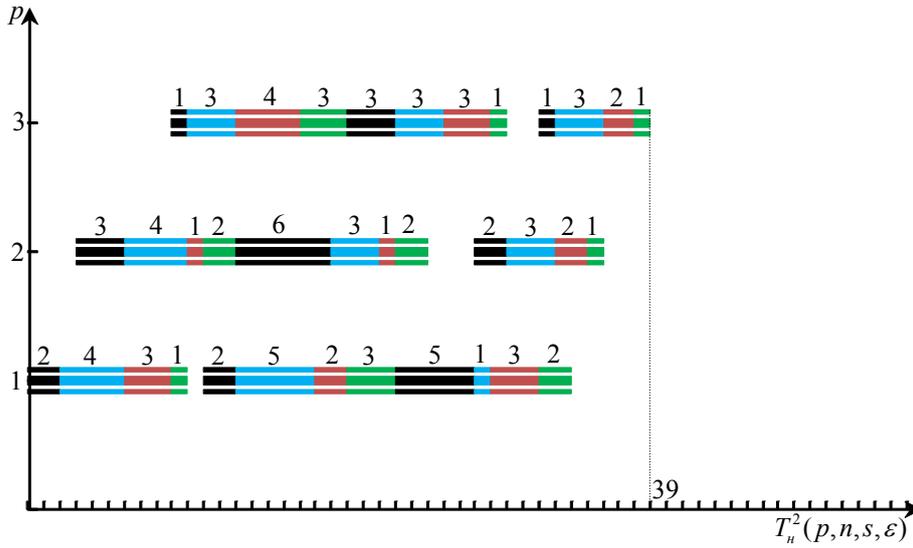


Рисунок 6. – Совмещенная диаграмма Ганта

С учетом исходных данных, приведенных на рис. 3 и рис. 4, а также формул (7) и (8) леммы величина  $\Omega$  принимает точное значение, равное:

$$\Omega = \sum_{l=1}^2 \min\{\omega_l', \omega_l''\} = \min\{4, 4\} + \min\{5, 4\} = 8,$$

так как  $\omega_1' = \min_{1 \leq j \leq 3}\{4, 5, 5\} = 4$ ,  $\omega_1'' = \min_{1 \leq i \leq 4}\{4, 4, 6, 5\} = 4$ ,  $\omega_2' = \min_{1 \leq j \leq 3}\{5, 6, 9\} = 5$ ,

$$\omega_2'' = \min_{1 \leq i \leq 4}\{4, 5, 7, 9\} = 4.$$

С учетом исходных данных, приведенных на рис. 5 и рис. 6, величина  $\Omega$  также определяется из неравенства (7) и равна 14 единицам времени. Но, учитывая возможное совмещение групп блоков второй и первой диаграмм, передающихся первому потребителю, появляется дополнительный резерв времени в 1 единицу для последующего совмещения третьей и второй диаграмм. В результате величина  $\Omega$  суммарного максимально допустимого совмещения составит 15 единиц времени.

Подставляя далее значение  $T_l^\varepsilon$  из (3) в (6) и в силу леммы, получаем оценку для вычисления  $T_n^2(p, n, kp, \varepsilon)$  вида:

$$T_n^2(p, n, kp, \varepsilon) \leq \sum_{l=1}^k T_l^\varepsilon - \sum_{l=1}^{k-1} \min\{\omega_l', \omega_l''\}. \quad (9)$$

Для случая, когда  $S$  не кратно  $p$ , т. е.  $s = kp + r$ ,  $k \geq 1$ ,  $1 \leq r < p$ , общее время  $T_n^2(p, n, kp + r, \varepsilon)$  передачи  $n$  источниками электрической энергии  $p$  потребителям в условиях второго синхронного режима определяется по формуле:

$$T_n^2(p, n, kp + r, \varepsilon) \leq \sum_{l=1}^k T_l^\varepsilon + T_{k+1}^\varepsilon - \sum_{l=1}^{k-1} \min\{\omega_l', \omega_l''\} - \min\{\omega_k', \omega_k''\}, \quad (10)$$

где  $T_{k+1}^\varepsilon$ ,  $\omega_k'$ ,  $\omega_k''$  находятся по формулам:

$$T_{k+1}^\varepsilon = \sum_{j=1}^{r-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^{\varepsilon, k+1} - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i, j+1}^{\varepsilon, k+1} \right] + \sum_{i=1}^n t_{ir}^{\varepsilon, k+1}, \quad (11)$$

$$\omega_k' = \min_{1 \leq j \leq r} \{T_k^\varepsilon - E_{nj}^{\varepsilon,k} + B_{1j}^{\varepsilon,k+1}\}, \quad \omega_k'' = \min_{1 \leq i \leq n} \left\{ \sum_{q=1}^{i-1} t_{q1}^{\varepsilon,k+1} + \sum_{q=i+1}^n t_{qp}^{\varepsilon,k} \right\}. \quad (12)$$

**Теорема.** В условиях взаимодействия источников распределенной генерации электроэнергии с конечными потребителями во втором синхронном режиме, для любых параметров интеллектуальной масштабируемой неоднородной микросети  $p \geq 2$ ,  $n \geq 2$ ,  $s \geq 2$ ,  $\varepsilon > 0$ , минимальное общее время  $T_n^2(p, n, s, \varepsilon)$  передачи электрической энергии определяется по формулам:

$$T_n^2(p, n, s, \varepsilon) = \sum_{j=1}^{s-1} \max_{1 \leq v \leq n} \left[ \sum_{i=1}^v t_{ij}^\varepsilon - \sum_{i=1}^{v-1} t_{i,j+1}^\varepsilon \right] + \sum_{i=1}^n t_{is}^\varepsilon \quad \text{при } s = p,$$

$$T_n^2(p, n, s, \varepsilon) = kT_n^2(s, n, s, \varepsilon) + kT_n^2(1, n, 1, \varepsilon) + T_n^2(r, n, r, \varepsilon) \quad \text{при } s < p,$$

$$T_n^2(p, n, s, \varepsilon) \leq \begin{cases} \sum_{l=1}^k T_l^\varepsilon - \sum_{l=1}^{k-1} \min\{\omega_l', \omega_l''\}, & \text{при } s = kp, \quad k > 1, \\ \sum_{l=1}^k T_l^\varepsilon + T_{k+1}^\varepsilon - \sum_{l=1}^{k-1} \min\{\omega_l', \omega_l''\} - \min\{\omega_k', \omega_k''\}, \\ \text{при } s = kp + r, \quad k \geq 1, \quad 1 \leq r < p, \end{cases}$$

где  $T_n^2(s, n, s, \varepsilon)$ ,  $T_n^2(1, n, 1, \varepsilon)$  и  $T_n^2(r, n, r, \varepsilon)$  определяются по формулам (3),  $T_l^\varepsilon$  – по формуле (4),  $\omega_l'$  и  $\omega_l''$  – по формулам (8),  $T_{k+1}^\varepsilon$  – по формуле (11),  $\omega_k'$  и  $\omega_k''$  – по формулам (12).

В заключении хотелось бы отметить, что создание современных энергетических систем представляет собой довольно сложную научно–техническую проблему, решение которой связано с разработкой архитектур параллельных систем, созданием системного и прикладного программного обеспечения, развитием алгоритмов и численных методов, математическим моделированием функционирования параллельных систем с целью анализа эффективности и оптимальности их функционирования.

В настоящее время в этой области ведутся интенсивные исследования. Однако, понимание ряда аспектов, связанных с параллельными системами, находятся на интуитивном уровне. Это трудные в математическом отношении проблемы по расчету оптимальных характеристик как самих параллельных энергетических систем, так и характеристик оптимальной организации большого числа одновременно взаимодействующих параллельных процессов, вопросы границ эффективности применения методов распараллеливания, количественная и качественная оценка различных стратегий управления параллельными процессами, включая проблемы синхронизации, проблемы создания эффективных параллельных алгоритмов и соответствующего программного обеспечения с учетом характеристик конкретных энергетических систем параллельной обработки данных и др.

#### Список использованных источников

1. Pavlov P.A. The optimality of software resources structuring through the pipeline distributed processing of competitive cooperative processes / P.A. Pavlov // Contemporary problems of mathematics, mechanics and computing sciences. / N.N.Kizilova, G.N.Zholtkevych (eds). – 2011. – Kharkov: Apostrophe. – PP. 192–204.
2. Pavlov P.A. The optimality of software resources structuring through the pipeline distributed processing of competitive cooperative processes / P.A. Pavlov // International Journal of Multimedia Technology (IJMT). – 2012. – Vol.2, №1. – PP. 5–10.

3. Kovalenko N.S., Pavlov P.A., Ovseec M.I. Asynchronous distributed computations with a limited number of copies of a structured program resource / N.S. Kovalenko, P.A. Pavlov, M.I. Ovseec // Cybernetics and systems analysis. – 2012. – Vol.48, №1. – PP. 86–98.

4. Kovalenko N.S., Pavlov P.A. Optimal Grouping Algorithm of Identically Distributed Systems / N.S. Kovalenko, P.A. Pavlov // Programming and Computer Software. – 2012. – Vol.38, №3. – PP. 143–150.

УДК [591.553+639.11/.16](292.485)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ОХОТНИЧЬИХ  
МЛЕКОПИТАЮЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ  
РЕКУРРЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**Трач Ирина Анатольевна, к.т.н., доцент**

**Винницкий национальный технический университет**

Trach Iryna, PhD, trachiryna2103@gmail.com

Vinnitsa National Technical University

*Проведен регрессионный анализ динамики популяций охотничьих млекопитающих. Проведено моделирование популяционной динамики охотничьих млекопитающих с использованием логистической системы рекуррентных уравнений на основе Mathcad и доказана адекватность модели.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, популяционная динамика, регрессионный анализ, межвидовые взаимодействия, динамическая модель.

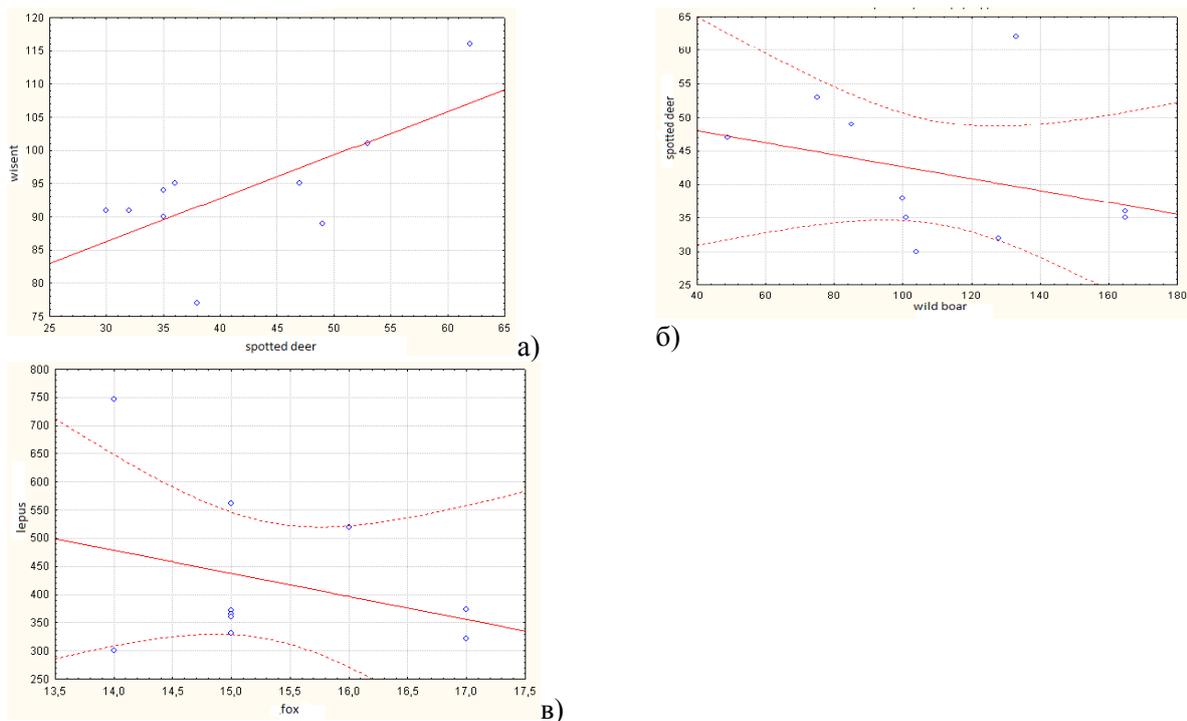
Использование математического моделирования открывает новые возможности создания модели динамики численности и прогнозирования численности населения, что значительно облегчает анализ первичных данных. В то же время возникают трудности: а) данные моделирования требуют достаточно длительного периода времени (поскольку точность модели определяется количеством данных в количестве); б) в обычных моделях сложно отразить влияние определенных факторов и межвидовых отношений [2-5].

На основе статистики динамики численности охотничьих млекопитающих Хмельницкого лесного хозяйства (ЛХ) проведен их регрессионный анализ с помощью программы Statistica 6.1. В качестве регрессионной модели использовалась экспоненциальная функция, соответствующая моделированию динамики отдельных популяций без межвидовых взаимодействий.

В результате регрессионного анализа были получены математические модели изменения численности отдельных популяций охотничьих животных в экспоненциальном приближении. Кроме того, функциональный индекс включает параметры рождаемости, смертности, миграции и антропогенного воздействия (охота, браконьерство, сельское хозяйство, транспортные системы и т.д.).

Проанализирована корреляционная связь между популяциями некоторых видов охотничьих млекопитающих Хмельницкого лесничества. В частности, зависимость между популяциями пятнистого оленя и зубра, лисицы и зайца-русака, пятнистого оленя и кабана (рис. 1).

В результате корреляционного анализа между популяциями оленя пятнистого и зубра в Хмельницком ЛГ полученный коэффициент корреляции 0,69, который указывает на тесную связь этих популяций. Это объясняется тем, что экологические ниши зубра и оленя пятнистого совпадают. Хотя, в оленя пятнистого она значительно шире за счет лучшего приспособления существования в небольших лесных массивах. Пятнистый олень и зубр, в плане трофических связей, не конкурируют. В данном случае, такой высокий коэффициент корреляции объясняется тем, что зубр конкурирует с оленем, как фактор беспокойства. В весенне-летний период, когда у копытных происходит отел, олени стараются избегать встреч с другими животными. При этом, места вывода молодняка в большинстве случаев заросшие вырубки и молодняки. Во время питания зубры используют эти же заросшие вырубки и молодняки. При этом стадо расходится по всей территории, создавая громкий шум и треск. Другие виды животных, которые вывели потомство в таком месте, пытаются его покинуть, что сопровождается смертью части молодняка [1-5].



**Рисунок 1. – Корреляционный анализ наблюдений между популяциями в Хмельницком ЛГ: а) пятнистый олень и зубр, б) пятнистый олень и кабан, в) заяц-русак и лисица**

Отсутствие заметной корреляционной связи между популяциями лисы и зайца в Хмельницком ЛХ объясняется сильным антропогенным вмешательством в экологические ниши животных и значительной охотничьей нагрузкой по сравнению с межвидовым взаимодействием хищник-жертва. Между популяциями оленя и кабана выраженной корреляционной связи не обнаружено, хотя их экологические ниши совпадают. Это объясняется тем, что их численность незначительна и не являются друг для друга факторами беспокойства.

В плане трофических связей, они также значительную конкуренцию друг для друга не создают. Дикий кабан способен проживать в любых лесных угодьях так и в водно-болотных. Он всеядный, что позволяет в течение всего года неоднократно менять кормовую базу.

Математическая модель динамики численности отдельной популяции при условиях достаточного количества пищи, отсутствия скученности и врагов описывается следующим уравнением:

$$N(t) = N_0 e^{r(t-t_0)}; \quad (1)$$

где  $N_0$  – численность популяции в начальный момент времени;  $r$  – удельная скорость размножения.

Уравнения (1) полученное при решении дифференциального уравнения Мальтуса

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

При некоторой потере точности анализа и замене на, возможно заменить систему нелинейных дифференциальных уравнений системой рекуррентных уравнений. Это позволяет значительно упростить расчеты и сделать их прозрачными и наглядными (2):

$$\begin{cases} N_{i+1} = N_i + \left( r_n N_i - \frac{r_n}{K_n} N_i^2 + \gamma_n N_i M_i \right); \\ M_{i+1} = M_i + \left( r_m M_i - \frac{r_m}{K_m} M_i^2 + \gamma_m M_i N_i \right). \end{cases} \quad (2)$$

В системе (2) используется дискретное время и, что соответствует шагу реального времени (среднем периода размножения  $T = \min(T_n, T_m)$ ).

Проведено моделирование динамики популяций в экосистеме с шестью наиболее распространенными популяциями охотничьих млекопитающих. Исходные данные для моделирования приведены в таблица 1.

Таблица – Исходные данные для моделирования динамики популяций

| Вид                | Начальная численность | Удельная скорость изменения популяции | Максимальная численность популяции |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Олень пятнистый    | 564                   | -0,0585                               | 200                                |
| Дикий кабан        | 49                    | 0,1003                                | 160                                |
| Европейская косуля | 384                   | 0,0262                                | 800                                |
| Зубр               | 96                    | -0,0073                               | 100                                |
| Заец-русак         | 584                   | -0,0932                               | 600                                |
| Лисица             | 15                    | 0,0041                                | 17                                 |

Система рекуррентных логистических уравнений для моделирования динамики популяций

(3):

$$\begin{pmatrix} N1_{i+1} \\ N2_{i+1} \\ N3_{i+1} \\ N4_{i+1} \\ N5_{i+1} \\ N6_{i+1} \\ N7_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N1_i + m1 \cdot N1_i - \frac{m1}{K1} \cdot \{N1_i\}^2 + \gamma12 \cdot N1_i \cdot N2_i + \gamma13 \cdot N1_i \cdot N3_i + \gamma14 \cdot N1_i \cdot N4_i + \gamma15 \cdot N1_i \cdot N5_i + \gamma16 \cdot N1_i \cdot N6_i + \gamma17 \cdot N1_i \cdot N7_i \\ N2_i + m2 \cdot N2_i - \frac{m2}{K2} \cdot \{N2_i\}^2 + \gamma21 \cdot N2_i \cdot N1_i + \gamma23 \cdot N2_i \cdot N3_i + \gamma24 \cdot N2_i \cdot N4_i + \gamma25 \cdot N2_i \cdot N5_i + \gamma26 \cdot N2_i \cdot N6_i + \gamma27 \cdot N2_i \cdot N7_i \\ N3_i + m3 \cdot N3_i - \frac{m3}{K3} \cdot \{N3_i\}^2 + \gamma31 \cdot N3_i \cdot N1_i + \gamma32 \cdot N3_i \cdot N2_i + \gamma34 \cdot N3_i \cdot N4_i + \gamma35 \cdot N3_i \cdot N5_i + \gamma36 \cdot N3_i \cdot N6_i + \gamma37 \cdot N3_i \cdot N7_i \\ N4_i + m4 \cdot N4_i - \frac{m4}{K4} \cdot \{N4_i\}^2 + \gamma41 \cdot N4_i \cdot N1_i + \gamma42 \cdot N4_i \cdot N2_i + \gamma43 \cdot N4_i \cdot N3_i + \gamma45 \cdot N4_i \cdot N5_i + \gamma46 \cdot N4_i \cdot N6_i + \gamma47 \cdot N4_i \cdot N7_i \\ N5_i + m5 \cdot N5_i - \frac{m5}{K5} \cdot \{N5_i\}^2 + \gamma51 \cdot N5_i \cdot N1_i + \gamma52 \cdot N5_i \cdot N2_i + \gamma53 \cdot N5_i \cdot N3_i + \gamma54 \cdot N5_i \cdot N4_i + \gamma56 \cdot N5_i \cdot N6_i + \gamma57 \cdot N5_i \cdot N7_i \\ N6_i + m6 \cdot N6_i - \frac{m6}{K6} \cdot \{N6_i\}^2 + \gamma61 \cdot N6_i \cdot N1_i + \gamma62 \cdot N6_i \cdot N2_i + \gamma63 \cdot N6_i \cdot N3_i + \gamma64 \cdot N6_i \cdot N4_i + \gamma65 \cdot N6_i \cdot N5_i + \gamma67 \cdot N6_i \cdot N7_i \\ N7_i + m7 \cdot N7_i - \frac{m7}{K7} \cdot \{N7_i\}^2 + \gamma71 \cdot N7_i \cdot N1_i + \gamma72 \cdot N7_i \cdot N2_i + \gamma73 \cdot N7_i \cdot N3_i + \gamma74 \cdot N7_i \cdot N4_i + \gamma75 \cdot N7_i \cdot N5_i + \gamma76 \cdot N7_i \cdot N6_i \end{pmatrix} \quad (3)$$

Результаты моделирования указаны на рис. 2.

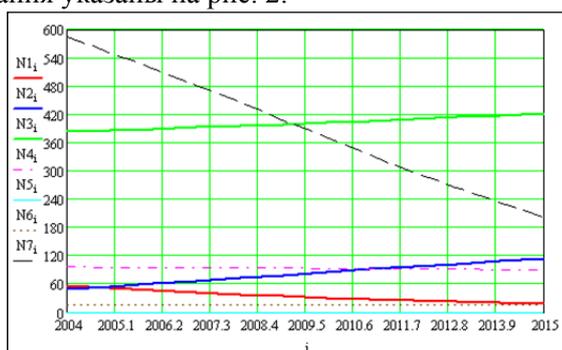
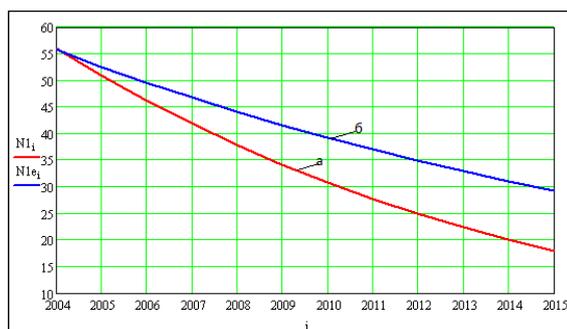
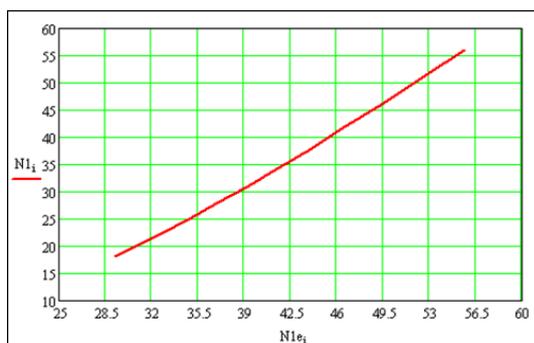


Рисунок 2. - Динамика численности популяций охотничьих млекопитающих в Хмельницком ЛХ

Сравним результаты моделирования динамики популяции оленя пятнистого в Хмельницком ЛХ из системы рекуррентных уравнений с регрессионной модели на основе обработки результатов наблюдений с использованием экспоненциальной функции. Для сравнения используем критерий Пирсона. Поскольку  $\chi^2 = 0,998$ , то это указывает на адекватность модели на основе системы рекуррентных уравнений результатам наблюдений (рис. 3).



**Рисунок 3. – Динамика численности популяции оленя пятнистого в Хмельницьком ЛХ (а - результаты моделирования из системы уравнений (3), б - экспоненциальная регрессия результатов наблюдений)**



**Рисунок 4. – Анализ адекватности модели данных результатов наблюдений на примере динамики численности популяции оленя пятнистого (критерий Пирсона  $\chi^2 = 0,998$ )**

Итак, полученная модель некоторой степени условна и не может быть использована как абсолютно точный прогноз численности популяций охотничьих млекопитающих.

#### Список использованных источников

1. Бигон М. Экология. Особи, популяції и сообщества: в 2-х т. Т. 2 / М. Бигон, Д. Харпер, К. Таунсенд; пер. с англ. Под ред. А.М. Гилярова. – М.: Мир, 189. – 477 с.
2. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології: навч. посіб. / В.І. Лаврик. – К.: КМ Академія, 2002. – 203 с.
3. Пількевич І.А. Математичне моделювання динаміки популяцій: Монографія. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2010. – 87 с.
3. Пількевич, І. А. Оцінювання адекватності логістичних моделей динаміки популяцій копитних України [Текст] / І. А. Пількевич, О. В. Масєвський, В. І. Котков // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський, 2011. – Спец. вип. до VI науково-практичної конференції „Сучасні проблеми збалансованого природокористування”, 24-25 лист. 2011 р. – С. 35–39.
4. Smith J.M. Models in ecology. – Cambridge university press. 1976. – 220 p.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ  
МОНИТОРИНГА, СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАСЫ В  
БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ**

**Шворов Сергей Андреевич, д.т.н., профессор**

**Пасичник Наталия Анатольевна, к.с.-х.н., доцент**

**Цигулев Иван Тихонович, к.т.н., доцент**

**Давыденко Тарас Сергеевич, аспирант**

**Юхименко Анна Святославовна, аспирант**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Shvorov Sergey, Doctor of Technical Sciences, [sosdok@nubip.edu.ua](mailto:sosdok@nubip.edu.ua)

Pasichnyk Nataliya, PhD, [N.Pasichnyk@nubip.edu.ua](mailto:N.Pasichnyk@nubip.edu.ua)

Tsigulev Ivan Tikhonovich, PhD, [cygulev@ukr.net](mailto:cygulev@ukr.net)

Davydenko Taras, student of PhD, [davidenkotaras009@gmail.com](mailto:davidenkotaras009@gmail.com)

Yukhimenko Anna, student of PhD, [1234anna1234@ukr.net](mailto:1234anna1234@ukr.net)

National University of life and Environmental sciences of Ukraine

*В статье рассматриваются методологические вопросы и подход к построению и организации функционирования интеллектуальной системы управления процессами мониторинга, сбора и переработки биомассы в биогазовых установках.*

**Ключевые слова:** биомасса, биогазовые установки, биометан, интеллектуальная система управления.

**Актуальность.** В связи с постоянным ростом стоимости природного газа, истощением его запасов и ухудшением экологической ситуации в мире наблюдается повышенный интерес к альтернативным источникам энергии. Одним из таких источников является биогаз – топливный газ, полученный в результате анаэробной ферментации органического сырья. Данный процесс осуществляется в специальных резервуарах – метантенках биогазовых установок (БГУ). В качестве сырья, как правило, используются отходы животноводства и птицеводства. Для повышения производства биогаза на западе применяют в БГУ растительную биомассу. Полная автоматизация всех процессов мониторинга и сбора биомассы для биогазовых установок с применением космических аппаратов (КА), беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и беспилотных комбайнов (БК) входит в стратегию развития современных агропромышленных и машиностроительных компаний мира. Это дает возможность на удаленном доступе мониторить состояние и объемы биомассы, управлять дронами, беспилотными комбайнами при выполнении широкого круга работ, связанных с поиском (нахождением), сбором, загрузкой, перевозкой и переработкой биомассы для биогазовых установок.

Биогаз в основном состоит из метана и углекислого газа. После отделения углекислого газа и других примесей полученный биометан может вводиться в газотранспортную систему. Для эффективного управления процессом производства биометана нужно обладать большим объемом разнообразной информации о структуре площадей с растительной биомассой и прогнозируемых затратах на перевозку, хранение и переработку биомассы в БГУ.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время для оценки объемов урожая широко используются КА и БПЛА [1]. В данной работе приведена оценка эффективности применения алгоритмов SIFT, SURF для формирования изображений сельскохозяйственных угодий.

В работе [2] показано, что БПЛА, оснащенный коммерческой камерой (видимый спектр), эффективно можно использовать для получения изображений с высоким разрешением пшеничного поля в начале сезона. Получаемые изображения с использованием недорогих камер на борту БПЛА являются подходящим инструментом, позволяющим различать растительность на полях в начале сезона. К известным методам навигации БК можно отнести: методы семейства BUG [3], которые используют для получения навигационной информации тактильные датчики, а также методы семейства VisBUG [4] с обработкой навигационной информации от ультразвуковых датчиков. Однако, в существующих работах недостаточно полно рассмотрены вопросы разработки си-

системы управления БК на основе информации, полученной от КА и БПЛА об объемах биомассы на каждом участке поля с целью расчета необходимой скорости движения БК и с учетом основных факторов, влияющих на процесс сбора урожая. При этом для повышения эффективности планирования и сбора биомассы возникает проблема комплексного применения навигационной аппаратуры БК с информационными каналами КА и БПЛА, а также проблема подготовки и хранения биомассы для БГУ.

**Цель работы** состоит в обосновании функциональной структуры интеллектуальной системы управления (ИСУ) процессами мониторинга, сбора и преобразования биомассы в биометан и удобрения.

**Материалы и методы исследования.** С помощью предложенной системы решаются следующие задачи: мониторинг биомассы на основе применения БПЛА и КА (этап 1), планирование уборочных работ и синтез маршрутов движения беспилотных комбайнов (этап 2), управление режимами переработки биомассы в биогазовых комплексах (этап 3).

Основой интеллектуальной системы управления является база знаний, так как все алгоритмы функционирования системы основываются на ее знаниях. Назначением базы знаний является хранение совокупности единиц знаний, представляющих собой формализованное отображение объектов (технических средств), их взаимосвязей и действий над ними, а также знаний о процессе решения задач с помощью ИСУ.

Продукционные правила ИСУ являются основой для осуществления контроля и управления процессами мониторинга, уборочно-транспортных работ и режимами работы БГУ. Кроме того, эти правила позволяют формировать управленческие решения по перепланировке работ или обучению системы при возникновении нештатных ситуаций на БПЛА, БК, а также в работе БГУ.

Для решения перечисленных задач ИСУ должна включать программно-аппаратные средства мониторинга, планирования и оперативного управления процессами, позволяющие отрабатывать проекты сбора биомассы, обосновывать решения по распределению технических средств (комбайнов и другой техники) на полях.

В зависимости от данных об объемах биомассы, получаемых с КА и БПЛА, наличия технических средств и прогнозируемых условий  $u^p \in U$  уборочной кампании, генерируется множество вариантов  $\{V\}$  выполнения уборочно-транспортных работ, подготовки биомассы для БГУ и получения биогаза. Среди существующего множества таких вариантов определяется рациональный вариант  $v^p \in V$ , который обеспечивает получение агрофирмой максимальной прибыли ( $P$ ) от переработки собранной биомассы в биометан и удобрения:

$$P(v^p) = W - \tilde{N} \rightarrow \max \text{ при } u^p \in U, \quad (1)$$

где  $W$  – соответственно прогнозируемый доход от реализации биометана и удобрений,  $C$  – затраты на мониторинг, пеллетирование, перевозку биомассы и переработку биомассы в биометан и удобрения. Для определения ожидаемой прибыли следует знать значение ожидаемого дохода и затрат, которые можно рассчитать только при условии наличия исходных данных – объемов собранной биомассы, затрат на сбор, перевозку и переработку биомассы, а также рыночной стоимости биометана. Ожидаемый объем биомассы определяется как сумма прогнозируемых объемов собранной биомассы на отдельных участках поля.

Предложенная ИСУ позволяет на основе мониторинга объемов биомассы решать основные задачи управления уборочной кампанией, подготовки и переработки биомассы в биогаз в условиях неопределенности и изменчивости многих факторов. Эффективное функционирование ИСУ в значительной степени зависит от временных задержек, при которых сигналы мониторинга и управления доходят до получателя. В сетях 5-го поколения эти задержки будут составлять около 1 миллисекунды, что меньше, чем в сетях 2-го поколения в 500 раз, и значительно улучшает использование приложений IoT (Internet of Things - Интернет вещей). Применение IoT приложений с технологией 5G повышает эффективность мониторинга биомассы, управления БПЛА, беспилотной уборочной и транспортной техникой, а также режимами работы БГУ. Во-первых, множество массовых приложений IoT предусматривают высокую емкость сети и оперативное подключение приложений для обеспечения возможности подключения необходимого количества устройств – бес-

проводных сенсорных сетей. Во-вторых, программам приложений IoT предъявляются высокие требования к надежности, доступности и чрезвычайно низкой задержки соединения.

Как показывает практика [5] неоптимальное планирование и управление полевыми работами приводит к наложению маршрутов движения уборочной техники, задержкам в ее работе и, как следствие, чрезмерным расходам горючего. Практическое применение элементов указанной ИСУ в агрофирмах, а также в «Агрономической опытной станции» НУБиП Украины позволило снизить длину маршрутов движения уборочной техники и общие затраты на проведение уборочной кампании на 12-15% за счет оперативного определения объемов биомассы, планирования уборочных работ и реализации компромиссно-оптимальных маршрутов движения уборочной техники. Исходя из этого прибыль предприятий при применении элементов указанной ИСУ увеличилась более чем на 12%. Кроме того, как показывают результаты практического применения ИСУ, значительно сокращаются временные затраты на принятие обоснованных решений за счет обработки системой больших объемов информации.

Целью практических исследований в «Агрономической опытной станции» НУБиП Украины являлась проверка работоспособности алгоритмов ИСУ по определению урожайности пшеницы с использованием программно-аппаратных средств John Deere 9670STS и сенсорного оборудования Slantrange 3p, закрепленного на промышленной платформе БПЛА DJI Matrice 600 Pro. С помощью программного обеспечения Slantview осуществлялась обработка снимков поля с биомассой для прогнозирования объемов соломы пшеницы.

При выборе спектральных каналов использовались зависимости, которые обеспечили достаточную чувствительность и высокое разрешение. Лучшие показатели были получены в инфракрасном канале, так как он имеет наибольшее значение коэффициента детерминации (0,774) и углового коэффициента, отвечающего за чувствительность и разрешающую способность.

Таким образом, интеллектуальная система управления, в функциональную структуру которой вошли алгоритмы, основанные на классических методах оптимизации и моделирования систем, а также методах искусственного интеллекта, обеспечивает эффективное решение задач планирования, контроля и оперативного управления процессами мониторинга, сбора, подготовки и преобразования биомассы в биометан. Практическое применение элементов указанной ИСУ позволило увеличить прибыль агрофирм (предприятий) более чем на 12% и сократить временные затраты на принятие обоснованных решений.

#### Список использованных источников

1. Saleem, S. Towards feature points based image matching between satellite imagery and aerial photographs of agriculture land / S. Saleem, A. Bais // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2016. – № 126. – P. 12–20.
2. Torres-Sanchez, J. An automatic object-based method for optimal thresholding in UAV images: Application for vegetation detection in herbaceous crops / J. Torres-Sanchez, F. Lopez-Granados, J.M. Pena // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2015. – № 114, – P. 43–52.
3. Lumelsky, V. Sensing, intelligence motion / V. Lumelsky. – V.: Wiley-Interscience, 2006. – 456 p.
4. Siegwart, R. Introduction to Autonomous Mobile Robots / R. Siegwart. – N.: Press, 2004. – 336 p.
5. Mezhujev, V. A method for planning the routes of harvesting equipment using unmanned aerial vehicles / V. Mezhujev, Y. Gunchenko, S. Shvorov, D. Chyrchenko // *Intelligent Automation and Soft Computing*. – 2020. – № 26 (1). – P. 121-132.

**INTELLIGENT ENERGY-EFFICIENT AUTOMATIC CONTROL SYSTEM  
OF MICROCLIMATE IN GREENHOUSES**

**Yakymenko Inna, PhD student, icheshun@gmail.com**

**Lysenko Vitaliy, Doctor of Technical Sciences, Professor, lysenko@nubip.edu.ua**  
**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

*High energy prices lead to the fact that in the cost structure of products grown in greenhouses, the share of energy is about 60% [1]. Therefore, an important task is the development of new energy-efficient automated control algorithms that allow increasing the overall profitability of production by minimizing energy costs.*

**Keywords:** *energy efficiency, resource efficiency, microclimate parameters, protected soil structure, greenhouse.*

The purpose of the study is development an intelligent energy-efficient control system of the microclimate in greenhouses which basis on energy consumption forecasting, including tariff's zoning in payment for the electricity using.

The main task of energy-efficient control system of greenhouse equipment is to ensure a continuous balance between energy supply and demand [2]. To minimize energy costs in the process of growing vegetable products in greenhouses, was proposed an automated control system of temperature and humidity control by combining intelligent algorithms of stabilization technological equipment at the lower management level, optimization of energy costs by forecasting them at the top level and optimization of electricity costs by using a fuzzy logic model, which include an energy price. This approach allows to reduce the energy costs for the control microclimate control in greenhouses differs from existing solutions, that the top level of control is provided by a neural network model for forecasting energy costs and natural gas consumption.

The methodology for the development of an intelligent energy-efficient control system of microclimate parameters in greenhouses includes a sequence of justified steps involving appropriate functional and informational approaches and technical and technological means for the implementation of the relevant algorithm, the structure of which is presented in Fig. 1.

At the first stage of the system development is carried out an experimental study, on which is based a database of microclimate parameters in greenhouse. The next step is to create a fuzzy expert system for managing groups of coolant supply equipment to the greenhouse, air ventilation and the formation of rules by experts based on requirements for ensuring the quality of grown products. Next, there is the processing of information on projected energy consumption, based on choice of equipment management strategy is made to minimize energy consumption by adjusting the regulator's settings. The next step is to determine the parameters of the regulator and conduct modeling for further synthesis of an energy-efficient system for managing the parameters of the microclimate in the greenhouse. This allows to get an energy-efficient control system of growing vegetables in the greenhouse, the use of which leads to a decrease in energy consumption by 10-15% compared to traditional technologies of control microclimate parameters.

To implement the intelligent energy-efficient control system of microclimate, was developed the software in the programming language "C++", considering the sequence of development shown on Fig. 1. The software implementation of the control system includes 3 blocks:

1) block of measuring technological parameters and accounting of energy carriers; performs the following functions:

- reflects the temperature and humidity in the middle of the greenhouse, the coolant temperature in the heating circuits, quantitative characteristics of external disturbances; data is sent to the unit in real time from installed sensors;
- registers the expenditures of energy resources;
- records production information entering the database for further analysis;

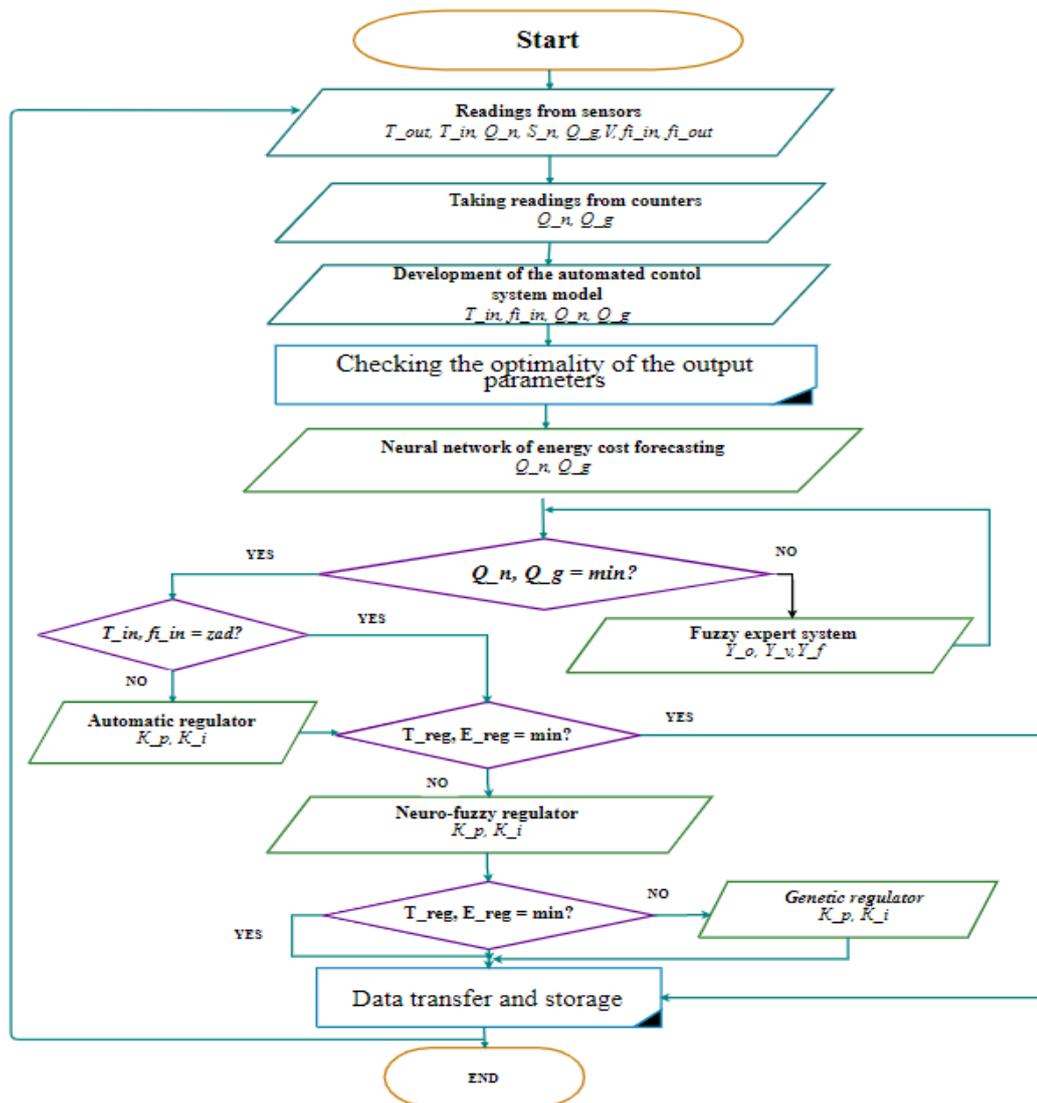


Fig. 1 – Algorithm of functioning of energy-efficient control system of microclimate parameters in the greenhouses

2) energy efficient control unit - allows to choose the mode of operation: automatic or manual mode; in automatic mode are displayed the results of the fuzzy expert decision-making system for control operation modes of equipment; in manual mode, the operator chooses to turning heating “on/off”.

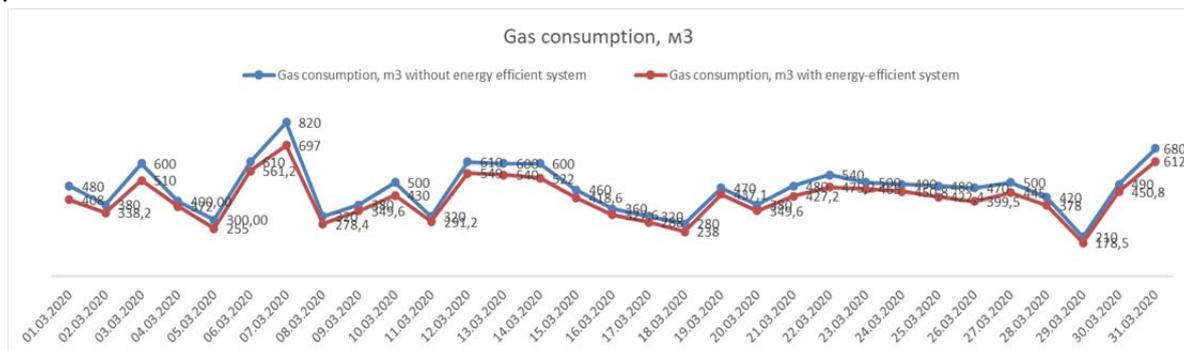
3) block of forecasting energy consumption; on the basis of the obtained quantitative characteristics of natural perturbations and information about the parameters of the microclimate, the forecasting of energy losses per day with a discreteness of 1 hour is performed.

Assessment of economic efficiency from the introduction an intelligent control system of the microclimate in greenhouses with forecasting energy costs and considering the tariffs in payment for electricity is determined using general performance indicators that characterize economic efficiency should be attributed: payroll fund; total profitability of sales; energy capacity of production, etc.

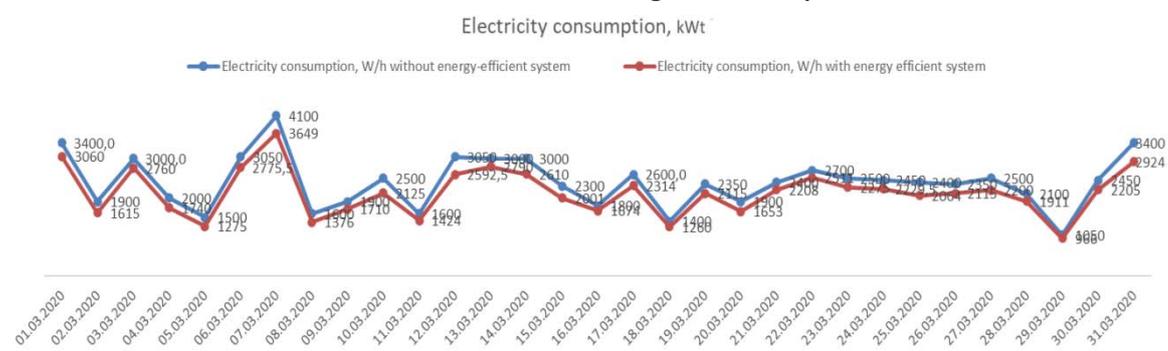
Criterion for estimation of economic efficiency:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Natural gas consumption} \rightarrow \min \\ \text{Electricity costs} \rightarrow \min \\ \text{Profit of the enterprise} \rightarrow \max. \end{array} \right. \quad (1)$$

The developed intelligent control system of energy efficient management allows to predict energy costs during the process of growing products in greenhouses, considering current disturbances and tracking the qualitative zones of values of input parameters that affect the energy cost of the vegetable growing process.



**Fig. 2. – Comparison of gas during growing vegetables in greenhouses using the traditional approach and after the introduction of the intelligent control system**



**Fig. 3. – Comparison electricity consumption during growing vegetables in greenhouses using the traditional approach and after the introduction of the intelligent control system**

Generalized economic indicators of the evaluation results of the using the developed energy-efficient microclimate control system at the production facility within 30 days confirm the effectiveness and prospects of this approach:

- total financial savings – UAH 12,764;
- relative reduction of financial costs for natural gas and electricity – up to 10%.

**Conclusions.** Was developed an intelligent energy-efficient control system of microclimate parameters in greenhouses and its algorithmic support which contains neural network forecasting unit for energy costs, decision support block, which consider prices for energy resources, block of optimization parameters based on the using of fuzzy logic and genetic algorithms.

#### List of sales literature

1. Dudnyk A., Lysenko V., Zaets N., Komarchuk D., Lendiel T., Yakymenko I. Intelligent Control System of Biotechnological Objects with Fuzzy Controller and Noise Filtration Unit. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). Kharkiv, October 9-12. 2018. Pp. 586-590. (Eng.) DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632007
2. The Effect of Temperature and Mean Cumulative Daily Light Intensity on Fruiting Behavior of Greenhouse-grown Tomato: [Електрон. ресурс]. / Sezgin Uzun // The University of Ondokuz Mayıs, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. 2007. – 132(4). – P. 459–466. – Режим доступу: до журн.: <http://journal.ashspublications.org/content/132/4/459.full.pdf>
3. L.V. Dranishnikov INTELLIGENT METHODS IN MANAGEMENT Kamianske "DDTU" 2018 <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/3/19/3-19-b7.pdf>

# ИНЖИНИРИНГ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК [004.046+004.65]:654.16

## НОВЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

Говорко Алина Вячеславовна, аспирант

Карпук Анатолий Алексеевич, к.т.н., доцент

Белорусской государственной академии связи

Govorko Alina, Postgraduate Student, Govorko777@gmail.com

Karpuk Anatoli, PhD, A\_Karpuk@mail.ru

Belarusian State Academy of Communications

*Рассмотрены задачи управления использованием радиочастотного спектра на международном, региональном и национальном уровнях. Показано, что в условиях стремительного роста количества радиоэлектронных средств, имеющиеся методы управления использованием радиочастотного спектра не могут обеспечить его эффективное использование. Обоснована необходимость решения новых задач управления использованием радиочастотного спектра: задачи оценки качества радиосвязи на заявленных полосах или номиналах радиочастот и задачи оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы радиоэлектронных средств.*

**Ключевые слова:** радиочастотный спектр, радиоэлектронные средства, частотно – территориальный разнос, оценка качества радиосвязи, оптимизация присвоения радиочастот.

Практически все информационно – коммуникационные технологии и системы в качестве коммуникационной среды используют радиочастотный спектр (РЧС), под которым понимается совокупность радиочастот, которые могут быть использованы для функционирования радиоэлектронных средств (РЭС) или высокочастотных устройств. РЧС является ограниченным однократно используемым возобновляемым природным пространственно –временным ресурсом. Это означает, что в конкретной полосе радиочастот в конкретной точке пространства в конкретное время уверенный прием радиосигнала может осуществляться только от одного источника радиосигнала. Появление в этой полосе радиочастот в данной точке пространства в данное время радиосигнала от другого источника может привести к потере качества приема вплоть до полной невозможности приема радиосигналов от обоих источников. При этом второй радиосигнал может быть как основным радиоизлучением другого радиосредства, так и внеполосным, побочным или интермодуляционным радиоизлучением. Для оценки влияния мешающего радиосигнала на качество приема полезного радиосигнала требуется знать технические характеристики радиоприемника и напряженность электромагнитного поля или мощность обоих радиосигналов в данной точке пространства в данное время. В свою очередь, для оценки мощности радиосигнала в данной точке пространства в данное время требуется знать пространственное положение источника радиосигнала, его технические характеристики, топографические характеристики местности и метеорологическую обстановку на пути распространения радиоволн от источника к приемнику.

Указанные обстоятельства приводят к необходимости управления использованием РЧС, которое производится на международном, региональном и национальном уровнях [1]. На международном уровне управление использованием РЧС реализуется Международным союзом электросвязи (МСЭ). На этом уровне решаются задачи разработки и ведения Регламента радиосвязи, содержащего международную таблицу распределения радиочастот между радиослужбами, разработки всемирных и региональных планов использования полос радиочастот, регистрации частотных присвоений ряда радиослужб, оказывающих влияние на радиочастотный спектр многих стран, разработки рекомендаций и норм, направленных на повышение эффективности использования РЧС во всех странах. На региональном уровне управление использованием РЧС производится добровольными региональными объединениями стран, такими как Региональное содружество по связи стран бывшего СССР, Европейская региональная система управления радиочастотным спек-

тром, Азиатско – тихоокеанский телекоммуникационный союз, Совместная американская комиссия по электросвязи и другие. На этом уровне, в основном, решаются задачи приграничной координации присвоения радиочастот, стандартизации и сертификации оборудования, подготовки совместных предложений по вопросам, решаемым МСЭ. На национальном уровне управление использованием РЧС осуществляется национальными Администрациями радиосвязи, функции которой в Республике Беларусь выполняет Республиканское унитарное предприятие по надзору за электросвязью «БелГИЭ». Администрации радиосвязи начали создаваться в развитых странах с начала прошлого века для решения следующих задач [2]:

- разработка и ведение национальной таблицы распределения радиочастот между радиослужбами;
- разделение полос радиочастот на категории по их преимущественному использованию для нужд правительственных органов, для РЭС гражданского назначения и совместному использованию;
- разработка национальных планов использования полос радиочастот;
- регламентирование использования РЧС путем разработки и принятия соответствующих законов и других нормативных документов;
- учет заявок на выдачу лицензий на право использования РЭС с указанием их характеристик;
- анализ возможности выдачи лицензий на право использования РЭС, учет выданных лицензий;
- учет заявок на присвоение полос или номиналов радиочастот для использования РЭС с указанными характеристиками;
- анализ возможности присвоения полос или номиналов радиочастот по заявкам и выдача пользователям разрешений на использование радиочастот, либо отказов от удовлетворения заявок;
- учет всех присвоенных для использования полос и номиналов радиочастот и характеристик РЭС, использующих эти радиочастоты;
- международная координация присвоения полос и номиналов радиочастот;
- ведение контроля за использованием РЧС, учет результатов контроля.

С середины семидесятых годов прошлого века в развитых странах для решения задач национальных Администраций радиосвязи начали внедряться ЭВМ и разрабатываться специальные программы. Для учета планов, заявок, лицензий, радиочастотных присвоений, результатов контроля были разработаны файлы определенной структуры. Для анализа возможности присвоения полос или номиналов радиочастот были разработаны специальные программы для различных радиослужб, реализующие методы проверки выполнения норм частотно – территориального разнеса. Нормы частотно – территориального разнеса проверяются по совпадающим и соседним радиоканалам, остальные побочные и интермодуляционные излучения передатчиков и побочные и интермодуляционные каналы приема приемников не учитываются. Методы проверки выполнения норм частотно – территориального разнеса не учитывают реальной рефракции радиоволн в атмосфере, дифракционных потерь на рельефе местности, потерь распространения в застройке и растительности, потерь распространения из-за метеорологических факторов. Это приводит к весьма грубой оценке возможности присвоения полос или номиналов радиочастот по заявкам в сторону ее занижения, что значительно снижает эффективность использования РЧС РЭС гражданского назначения.

Еще более сложная ситуация сложилась при присвоении полос и номиналов радиочастот для РЭС, используемых для нужд правительственных органов (государственного управления, национальной безопасности, обороны, охраны правопорядка, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций). В национальных таблицах распределения радиочастот для различных радиослужб соответствующих министерств и ведомств были выделены определенные диапазоны радиочастот. Присвоение полос и номиналов радиочастот для конкретных РЭС производится радиослужбами этих министерств и ведомств по своим правилам. В частности, присвоение радиочастот для РЭС подразделений, частей и соединений вооруженных сил проводится по специальным таблицам, разработанным с учетом норм частотно – территориального разнеса для различных вариантов оперативного построения и боевого порядка войск. Опыт локальных вооруженных конфликтов и войсковых учений показал, что при сосредоточении на ограниченном плацдарме тысяч, а иногда и

десятков тысяч РЭС имели место случаи резкого снижения качества радиосвязи вплоть до ее полного отсутствия из-за взаимных радиопомех даже в условиях отсутствия противодействия со стороны средств радиоэлектронной борьбы противника [3]. Правительственные органы постоянно требуют от национальных Администраций радиосвязи расширения выделенных им диапазонов радиочастот и выделения новых диапазонов, уменьшая тем самым диапазоны радиочастот для использования РЭС гражданского назначения. Имеющиеся методы управления использованием РЧС для РЭС правительственного и гражданского назначения не могут обеспечить эффективное использование РЧС в условиях стремительного роста количества РЭС.

Таким образом, наблюдается противоречие между развитием сетей радиосвязи, обусловленным развитием технической базы, глобализацией общества и формированием новой информационно – коммуникационной среды, и имеющимися методами решения задач управления использованием РЧС. Для преодоления этого противоречия требуется изменить подход к решению задач анализа возможности присвоения полос или номиналов радиочастот по заявкам пользователей РЧС. Вместо проверки выполнения норм частотно – территориального разнеса нового частотного присвоения с имеющимися частотными присвоениями предлагается решать *новую задачу оценки качества радиосвязи* на заявленных полосах или номиналах радиочастот и оценки влияния работы РЭС на заявленных полосах или номиналах радиочастот на работу других РЭС с ранее присвоенными радиочастотами. При решении этой задачи должны учитываться пространственное положение РЭС, технические характеристики РЭС и антенн, реальная рефракция радиоволн в атмосфере, дифракционные потери на рельефе местности, потери распространения в застройке и растительности, потери распространения из-за метеорологических факторов. Должны учитываться основное, внеполосное, побочные и интермодуляционные излучения передатчиков и основной, внеполосные, побочные и интермодуляционные каналы приема приемников. В результате решения задачи определяются возможные электромагнитные помехи, и для каждой помехи вычисляется уровень (величина) помехи, который не будет превышен в течение заданного процента времени (например, в течение 99,9 процента времени). На основе анализа уровней помех принимается решение об их допустимости и о возможности выдачи пользователям разрешений на использование радиочастот.

В районах крупных мегаполисов национальным Администрациям радиосвязи становится все труднее удовлетворить заявки пользователей на присвоение полос или номиналов радиочастот. Получив отказ от удовлетворения заявки, пользователь готовит новую заявку с другими полосами или номиналами радиочастот, на которых также могут работать его РЭС. Чтобы этот процесс не оказался бесконечным, национальная Администрация радиосвязи может оказать пользователю услугу по выбору полос или номиналов радиочастот, для которых возможно получение разрешения на использование. Для оказания такой услуги национальная Администрация радиосвязи должна решить *новую задачу выбора заданного количества полос или номиналов радиочастот* для работы РЭС с заданными характеристиками и заданным пространственным положением. Эта задача решается для новых РЭС в предположении, что для РЭС с ранее присвоенными радиочастотами известны их технические характеристики и пространственное положение.

Задача присвоения полос и номиналов радиочастот для РЭС правительственных органов, в первую очередь, для РЭС вооруженных сил, имеет одну важную особенность. Присвоенные полосы и номиналы радиочастот для конкретных РЭС не являются жестко фиксированными, а могут изменяться по решению командования в зависимости от складывающейся оперативно – тактической обстановки. Альтернативные полосы и номиналы радиочастот могут быть присвоены радиослужбами вооруженных сил заранее, либо должны присваиваться в процессе сосредоточения войск и ведения боевых действий. Присвоение полос и номиналов радиочастот для всех РЭС, количество которых может измеряться десятками тысяч, должно производиться из выделенных диапазонов радиочастот по критерию минимизации возможных помех между РЭС. Таким образом, при присвоении основных и альтернативных полос и номиналов радиочастот для РЭС вооруженных сил соответствующие радиослужбы должны решать *новую задачу оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот* для тысяч или даже десятков тысяч РЭС. В литературе отмечается, что и для РЭС гражданского назначения дальнейшее развитие систем радиосвязи возможно только за счет оптимизации присвоения радиочастот для работы РЭС. Заметим, что *задача выбора заданного количества полос или номиналов радиочастот для работы РЭС* с заданными характеристиками и заданным пространственным положением является частным случаем задачи оптими-

зации присвоения полос и номиналов радиочастот для РЭС, решаемой в предположении, что полосы и номиналы радиочастот ряда РЭС фиксированы и не подлежат изменению. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать две новые задачи: *задачу оценки качества радиосвязи на заявленных полосах или номиналах радиочастот* и *задачу оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы РЭС*.

Перечисленные новые задачи нельзя решить существующими методами проверки выполнения норм частотно – территориального разнеса. Для решения этих задач следует разработать новые математические модели, методы и алгоритмы.

#### Список использованных источников

1. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебное пособие / Под ред. М.А. Быховского. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 376 с.
2. Справочник по управлению использованием спектра на национальном уровне. Издание 2015 года. – МСЭ-Р, 2015. – 364 с.
3. Веретинский, В.И. Разработка систем частотно-территориального планирования радиосвязи с учетом электромагнитной совместимости радиосредств / В.И. Веретинский, В.И. Волошин, А.А. Карпук // 3-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения: тезисы докладов. – Минск: ГУ «БелИСА», 2007. – С. 186-187.

УДК [004.046+004.65]:654.16

### **ПУТИ РЕШЕНИЯ НОВЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА**

**Карпук Анатолий Алексеевич, к.т.н., доцент**

**Говорко Алина Вячеславовна, аспирант**

**Белорусской государственной академии связи**

Karpuk Anatoli, PhD, A\_Karpuk@mail.ru

Govorko Alina, Postgraduate Student, Govorko777@gmail.com

Belarusian State Academy of Communications

*Рассмотрены пути решения новых задач управления использованием радиочастотного спектра: задачи оценки качества радиосвязи на заявленных полосах или номиналах радиочастот и задачи оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы радиоэлектронных средств. Предложен метод построения онтологии предметной области информационных систем управления использованием радиочастотного спектра.*

**Ключевые слова:** *радиочастотный спектр, радиоэлектронные средства, оценка качества радиосвязи, оптимизация присвоения радиочастот, информационная система управления, онтология предметной области.*

Задачи оценки качества радиосвязи на заявленных полосах или номиналах радиочастот и оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы радиоэлектронных средств (РЭС) нельзя решить существующими методами проверки выполнения норм частотно – территориального разнеса. Для решения этих задач следует разработать новые математические модели, методы и алгоритмы.

Международный союз электросвязи (МСЭ) рекомендует национальным Администрациям радиосвязи для решения задач управления использованием радиочастотного спектра (РЧС) создавать информационные системы управления (ИСУ) использованием РЧС [1], состоящие из подсистем административного управления, контроля за использованием спектра и управления использованием РЧС. В состав ИСУ использованием РЧС должны входить географическая информационная система и интегрированная база данных (БД). ИСУ использованием РЧС создается на основе формализованного описания предметной области ИСУ.

В настоящее время для построения формализованного описания предметной области информационных систем используются методология IDEF1X [2] и модель «сущность – связь»

П. Чена [3]. Специалисты, применяющие методологию IDEF1X, должны хорошо знать предметную область моделируемой системы и методы проектирования реляционных баз данных. Они должны уметь выделить в предметной области сущности линейной структуры, собственные либо наследуемые атрибуты сущностей с непустыми неделимыми значениями, ключи сущностей и отношения между сущностями. В предметной области ИСУ использованием РЧС многие сущности имеют иерархическую структуру, в качестве значений атрибутов могут выступать элементы данных, векторы, агрегаты и повторяющиеся группы элементов, векторов и агрегатов данных.

В интегрированной БД ИСУ использованием РЧС должны быть представлены данные о различных системах радиосвязи, топографические и метеорологические данные, поэтому практически невозможно найти специалиста, способного построить формализованное описание всей предметной области. Для формализованного описания предметной области привлекаются несколько специалистов, каждый из которых может описать свой фрагмент предметной области. В методологии IDEF1X и модели «сущность – связь» невозможно описать сущности сложной структуры и отсутствует возможность описания и объединения фрагментов предметной области. Требуется разработать *новую методологию построения формализованного описания предметной области ИСУ использованием РЧС*. Эта методология должна отличаться от методологии IDEF1X и модели «сущность – связь» тем, что сущности предметной области могут иметь сложную иерархическую структуру, и построение формализованного описания предметной области должно производиться в два этапа: сначала строятся описания фрагментов предметной области, на основе которых строится описание предметной области всей системы.

Для получения формализованного описания предметной области ИСУ использованием РЧС предлагается построить *онтологию предметной области*. В состав онтологии предметной области ИСУ использованием РЧС предлагается включить множества классов, отношений, функций и аксиом. Множество классов состоит из подмножеств объектов, свойств и доменов. В качестве объектов опишем сущности, предметы, явления, события, которые существуют или могут существовать в предметной области, имеют одно или более свойств, значения которых используются при решении задач в ИСУ использованием РЧС. В качестве свойств опишем возможные свойства (характеристики, атрибуты, реквизиты) объектов. Свойства могут быть однозначными и многозначными. Значением однозначного свойства является элемент домена, с которым связано свойство, вектор из элементов домена или агрегат из значений других однозначных свойств. Значением многозначного свойства является повторяющаяся группа из элементов домена, векторов или агрегатов. В качестве доменов опишем множества возможных значений свойств.

Множество отношений состоит из отношений между объектами и свойствами, между свойствами и доменами, между свойствами, между объектами. Отношения между объектами и свойствами определяют состав свойств каждого объекта. Каждое свойство объекта может быть обязательным или факультативным. Отношения между свойствами и доменами определяют множества допустимых значений каждого свойства. Если множество допустимых значений некоторого свойства зависит от того, у какого объекта имеется это свойство, то такое свойство записывается в онтологию под разными именами столько раз, у скольких объектов оно имеется. Соответственно, для каждого такого свойства в онтологию записывается свой домен. Отношения между свойствами записываются в онтологию, если имеет место агрегирование свойств (значением некоторого свойства является агрегат из значений нескольких других свойств) или иерархия свойств (значение некоторого свойства зависит от значений других свойств). Отношения между объектами отражают связи «целое – часть», «род – вид», а также иерархические и другие связи между объектами, существующие в предметной области. Большинство отношений онтологии являются бинарными, но допускаются отношения более высокой степени.

Множество функций состоит из  $n$  – арных отношений между классами или свойствами, в которых значение элемента с номером  $n$  однозначно определяется значениями предыдущих  $(n-1)$  элементов. С помощью функций описываются первичные и уникальные ключи объектов, иерархические связи между объектами и свойствами, любые другие функциональные зависимости между объектами и свойствами, существующие в предметной области.

Множество аксиом служит для представления в онтологии высказываний об объектах, свойствах, доменах и отношениях, которые всегда истинны. Каждая аксиома формулируется в виде «если <условие на значения доменов для заданных свойств заданных объектов или отноше-

ний», то «высказывание о значениях доменов для заданных свойств заданных объектов или отношений». Аксиомы включаются в онтологию для проверки ограничений на значения свойств, для проверки корректности описания онтологии, для вывода новых истинных высказываний об объектах, свойствах, доменах и отношениях. Сложные аксиомы, определенные на значениях доменов для заданных свойств заданных объектов или отношений, реализуются в виде модулей и библиотек программ, которые могут разрабатываться разными специалистами и добавляться в онтологию.

Для решения задачи оценки качества радиосвязи на заявленных полосах или номиналах радиочастот требуется оценить величину ослабления мощности или уровень замираний радиосигнала на трассе распространения радиоволн от антенны передатчика к антенне приемника. В зависимости от частоты электромагнитного излучения и географических условий радиоволна может распространяться прямой волной от антенны передатчика к антенне приемника, поверхностной волной вдоль земной поверхности, дифракционной волной, отражающейся от поверхности Земли или препятствий на местности, тропосферной волной, рассеивающейся в верхних слоях тропосферы и ионосферной волной, отражающейся от ионосферы. Для организации радиосвязи в пределах небольшой страны в основном используются прямое распространение радиоволн в свободном пространстве, поверхностное распространение и дифракционное распространение. При прямом распространении радиоволн величина ослабления мощности радиосигнала зависит от частоты радиоволн и длины трассы распространения радиоволн. При поверхностном распространении радиоволн, которое преобладает на частотах до 30 МГц при отсутствии прямой видимости между антеннами передатчика и приемника, величина ослабления мощности радиосигнала зависит от частоты радиоволн и диэлектрической проницаемости и проводимости земной поверхности на трассе распространения радиоволн, которые определяются типом и влажностью почвы. При распространении радиоволн за счет дифракции величина ослабления мощности радиосигнала зависит от частоты радиоволн, количества и типа дифракционных препятствий на трассе распространения радиоволн и длины трассы распространения радиоволн. Кроме того, при прямом и дифракционном распространении радиоволн величина ослабления мощности радиосигнала зависит от рефракционных свойств атмосферы, наличия лесных массивов и застройки на трассе распространения радиоволн, влияния многолучевого распространения радиоволн, влияния осадков, тумана, облаков, атмосферных газов и водяных паров.

Для точной оценки величины ослабления мощности или уровня замираний радиосигнала на трассе распространения радиоволн были разработаны аналитические методы: метод собственных функций, метод интегральных уравнений и метод параболического уравнения. Однако вычисления по аналитическим методам занимают длительное время, одна трасса распространения радиоволн может рассчитываться несколько часов. Это затрудняет использование аналитических методов в ИСУ использованием РЧС. По указанной причине МСЭ разработал ряд Рекомендаций по учету потерь распространения радиоволн, в которых используются накопленные статистические данные и эмпирические формулы. В настоящее время опубликованы Рекомендации МСЭ по учету потерь распространения радиоволн в свободном пространстве, учету рефракции радиоволн в атмосфере, учету дифракции радиоволн на препятствиях различных типов, учету прохождения радиоволн через лес, учету влияния атмосферных газов и водяных паров, учету влияния осадков, тумана и облаков, учету влияния многолучевого распространения радиоволн. На основе этих Рекомендаций разработана универсальная модель наземного распространения радиоволн для широкого применения в полосе частот 30 МГц – 50 ГГц [4]. Модули и библиотеки программ моделирования распространения радиоволн для решения задачи оценки качества радиосвязи должны быть включены в онтологию предметной области в виде программной реализации функций и аксиом.

Для решения задачи оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы РЭС разработаны математические модели, которые представляют собой задачи линейного программирования с булевыми переменными. Задача является NP – трудной, поэтому точные алгоритмы дают решение задачи за допустимое время при небольшом количестве переменных. Для решения реальных задач оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы РЭС можно применять только метаэвристические приближенные алгоритмы.

Во всех известных математических моделях задачи оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы РЭС система радиосвязи представляется в виде графа, в котором

каждой вершине соответствует РЭС, а наличие ребра между вершинами указывает на то, что при работе этих РЭС на одинаковых или близких частотах нарушается электромагнитная совместимость (ЭМС) между этими РЭС. В качестве метки ребра используется минимальная разность частот, при которой обеспечивается ЭМС этих РЭС. В некоторых математических моделях задачи дополнительно задается четырехмерный массив оценок уровней помех, создаваемых одним РЭС второму РЭС при их работе на присвоенных частотах. При использовании в математической модели такого массива оценок можно учесть любое дуальное влияние РЭС друг на друга, в том числе излучения на частотах опорных генераторов, побочные гармонические и комбинационные излучения передатчиков, излучения гетеродинов приемников, а также каналы приема на зеркальной частоте, на промежуточных частотах, на частотах гетеродинов, на зеркальных частотах гетеродинов и на комбинационных частотах приемников. На основе оценок уровня помех строится целевая функция задачи. Интермодуляционные помехи, возникающие при взаимодействии трех и более РЭС, нельзя учесть в четырехмерном массиве оценок уровней помех, поэтому в существующих математических моделях задачи интермодуляционные помехи либо вообще не учитываются, либо учитываются в системах ограничений задачи. В результате нарушаются принципы построения целевой функции, поскольку уровень интермодуляционных помех не оценивается, а с помощью ограничений исключаются интермодуляционные помехи только максимального уровня. Требуется разработать методы и алгоритмы, решающие задачу оптимизации присвоения полос и номиналов радиочастот для работы РЭС за требуемое время с допустимой точностью в условиях, когда количество радиолиний в сетях радиосвязи и количество РЭС в них измеряется десятками тысяч.

#### Список использованных источников

1. Справочник по компьютерным технологиям управления использованием радиочастотного спектра (КТ). Издание 2015 года. – МСЭ-Р, 2015. – 192 с.
2. Integrated Information Support System. Information Modeling Manual IDEF1-Extended (IDEF1X) / D. Appleton Company, Inc. – Manhattan Beach, California, December 31, 1985. – 108 p.
3. Чен, П. Модель «сущность-связь» – шаг к единому представлению о данных / П. Чен // СУБД. – 1995. – № 3. – С. 137–158.
4. Рекомендация МСЭ-R P.2001. Универсальная модель наземного распространения радиоволн в широкой полосе частот 30 МГц – 50 ГГц. [Электронный ресурс] / МСЭ. – 2019. – 59 с. – Режим доступа: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2001-3-201908-I/en>. – Дата доступа: 20.03.2021.

УДК 621.31:330.131

### **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**Киктев Николай Александрович, к.т.н., доцент**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Kiktev Nikolay, PhD, [nkiktev@gmail.com](mailto:nkiktev@gmail.com)

National University of Life and Environmental of Ukraine

*Сформулированы концептуальные основы диагностики качества функционирования сельскохозяйственных потребителей электрической энергии с использованием векторных измерений в производстве, переработке, хранении сырья растительного происхождения и автоматизации технологических процессов в животноводстве. Выполнен обзор литературных источников по вопросам использования векторных измерений для диагностики качества энергетических процессов в электроэнергетических сетях SMART-технологий и электротехнических системах с различными источниками генерации и агропромышленными потребителями электрической энергии.*

**Ключевые слова:** электроэнергия, диагностика, качество, векторные измерения, синхροфазная технология, информационная система.

Задачи управления качеством электроэнергии на предприятиях агропромышленного комплекса является важной задачей для улучшения функционирования электрического оборудования.

Бесперебойная работа данных устройств влияет на качество сельскохозяйственного производства, а также на продолжительность службы электрооборудования. Указанные задачи должны быть построены на:

- основе мониторинга (непрерывный контроль) показателей качества электроэнергии на всех уровнях потребления электроэнергии;
- информационное обеспечение электроснабжения потребителей;
- установление требований к потребителю и системе;
- применение технологии синхронизированных векторных измерений для мониторинга и управления качеством электроснабжения (WAMS- технологии);
- разработанных, обоснованных и своевременно принимаемых мер по недопущению ухудшения качества электроэнергии;
- оценке влияния качества электроэнергии на надежность электроснабжения.
- методы оценки влияния перерывов в электроснабжении, в т.ч. кратковременных, потребителей возможность сохранения и восстановления нормальной работы электроустановок после восстановления электроснабжения;
- статистической базе данных измерений, что позволит прогнозировать процессы в электрической системе, определить ожидаемые уровни показателей качества электроэнергии в будущем, предупреждать развитие аварийных ситуаций, снизив, таким образом, риск возникновения убытков поставщика и / или потребителя, за счет вовремя разработанных, обоснованных и своевременно предпринимаемых мер по недопущению ухудшения качества электроэнергии;
- оценке влияния качества электроэнергии на надежность электроснабжения.

Оценка расходов производственных энергетических ресурсов пищевых производств исследована в работе украинских ученых [1].

Технические и программные средства, применяемые в системах векторных измерений, описаны ниже. Исследованием качества электроэнергии посвящено много публикаций. Ученые из НТУУ «Киевский политехнический институт» исследовали систему мониторинга качества электрической энергии в децентрализованных системах электроснабжения [2].

Ученые Института электродинамики НАН Украины разработали регистрирующий прибор (СП) «Регина-Ч», который по своим техническим и функциональным характеристикам не уступает лучшим зарубежным аналогам. Прибор обеспечивает регистрацию мгновенных значений токов и напряжений, хранения и обработки результатов измерений; их отражение в виде, наиболее информативном для персонала (текстовые сообщения, графики, таблицы, осциллограммы и др.), а также передачу информации на любой уровень иерархии управления с ее привязкой к сигналам точного времени. Данные приборы являются составной частью системы мониторинга переходных режимов (СМПР), объединенные в локальную вычислительную сеть, которая объединяет измерительные преобразователи или другие устройства мониторинга нижнего уровня и сервер сбора данных (Fast Ethernet 100 Мбит / с, TCP / IP). Удаленный компьютер верхнего уровня устанавливается в диспетчерском центре (ДЦ) объединенной энергетической системы ОЭС (НЭК «Укрэнерго») и соответствующей электрической системы для получения информации от коммутационного сервера [2].

Интеллектуальные электронные устройства ЭНИП-2 [3] осуществляют измерения синхронизированных векторов (синхрофазоров) токов и напряжений (PMU, Phasor Measurement Unit), а так же синхронизированы измерения параметров режима энергосистемы по действующим значениям тока и напряжения и по основной гармонике и передачу параметров в автоматизированные системы технологического управления по цифровому гальванически развязанным интерфейса Ethernet.

Данные устройства предназначены для применения в системах мониторинга переходных режимов (WAMS) и в автоматизированных системах технологического управления нового поколения WACS, в АСУ ТП подстанций и автоматизированных системах диспетчерского управления, в автоматических системах технологического управления активно-адаптивных сетей, режимной автоматики. Устройства ЭНИП-2 могут непосредственно передавать данные при подключении к локальной сети подстанции или электростанции или через устройства сбора и передачи данных синхронизированных измерений PDC или через аналогичные устройства систем сбора и передачи технологической информации.

СМПР - это многоуровневая распределенная автоматизированная система сбора, обработки и хранения данных синхронизированных векторных измерений параметров электромеханических переходных процессов и установившихся режимов. За рубежом данный класс систем называется Wide Area Measurement System (WAMS). Одна из таких систем разработала компания «Парма» (г. Санкт-Петербург). В качестве основного элемента нижнего уровня СМПР (уровень энергетических объектов) использованы цифровые регистраторы процессов ПАРМА РП4.11 и ПАРМА РП4.12 - микропроцессорные устройства, сочетающие в себе функционал автономных регистраторов аварийных событий, устройств синхронизированных векторных измерений. На верхнем уровне СМПР использован специализированный программный комплекс WAProtector - это специализированная SCADA, которая ориентирована на работу в реальном времени с большими объемами синхронизированных векторных измерений, получаемых по протоколу IEEE C37.118.2-2011.

Программа позволяет создавать пользовательские алгоритмы, предназначенные для решения задач контроля и обеспечения устойчивости энергосистемы в реальном времени. В работах американских исследователей описан микрофазор (PMU) - устройство с использованием интеллектуальных инверторов, поддерживающих Интернет-вещей (IoT). Автоматизацией систем векторных измерений занимались также хорватские исследователи, разработали алгоритм обнаружения и защиты распределенной генерации микросети [4].

Учитывая научных публикаций можно сделать вывод, что на сегодня отсутствуют системные исследования по созданию автоматизированной системы управления электропотреблением предприятий с использованием синхронизированных векторных измерений. Общая структура концепции автоматизированной интеллектуальной системы управления электропотреблением агропромышленных предприятий с использованием синхронизированных векторных измерений, в рамках которой выполняется данная работа, представленная на рис. 1. Концепция разрабатывается в рамках научно-исследовательского проекта.

Синхрофазорные технологии обычно подразумевает использование данных синхрофазора от устройства векторных измерений (PMU) для мониторинга состояния. Он включает в себя множество чувствительных инструментов для передачи данных PMU с остальной частью сети, а затем для отправки данных для различных приложений. Синхрофазорную технологию можно разделить на три уровня, как показано на рис. 2 [5].

*Уровень измерений.* Измерительный слой состоит из трансформаторов тока (СТ) и трансформаторов напряжения (РТ), аналоговых блоков и PMU. В PMU есть GPS для отметки времени данных, и они используются на подстанциях для сбора аналоговых данных от СТ и РТ.

*Уровень сбора данных.* После сбора данных блоки PMU отправляют данные в концентраторы векторных данных - это устройства, которые объединяют данные из нескольких устройств измерения. Они получают фазовые измерения от удаленных PMU через среду связи и сохраняют данные в системе управления базами данных (СУБД).

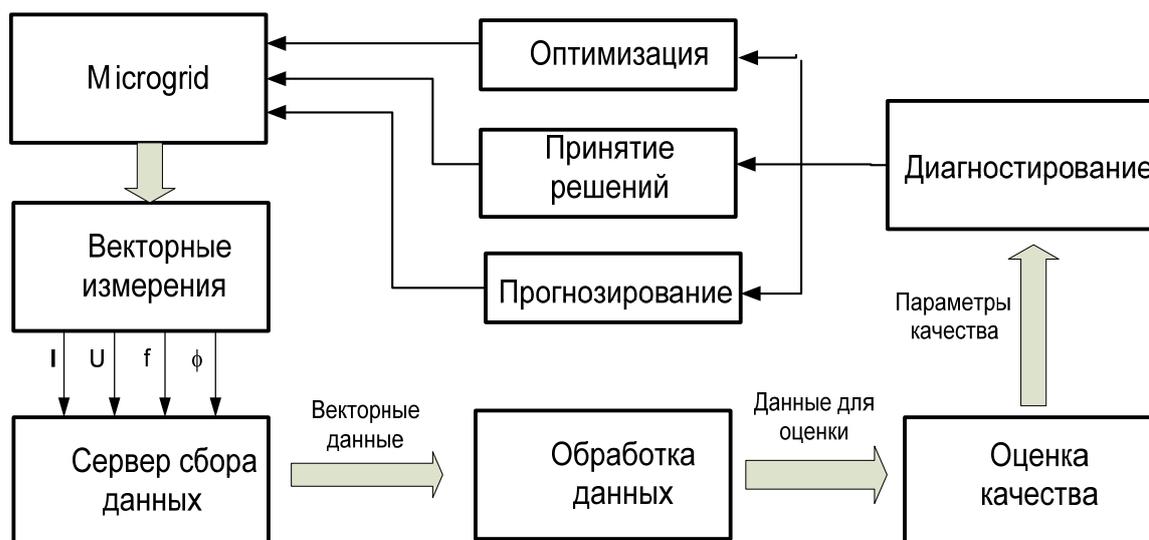
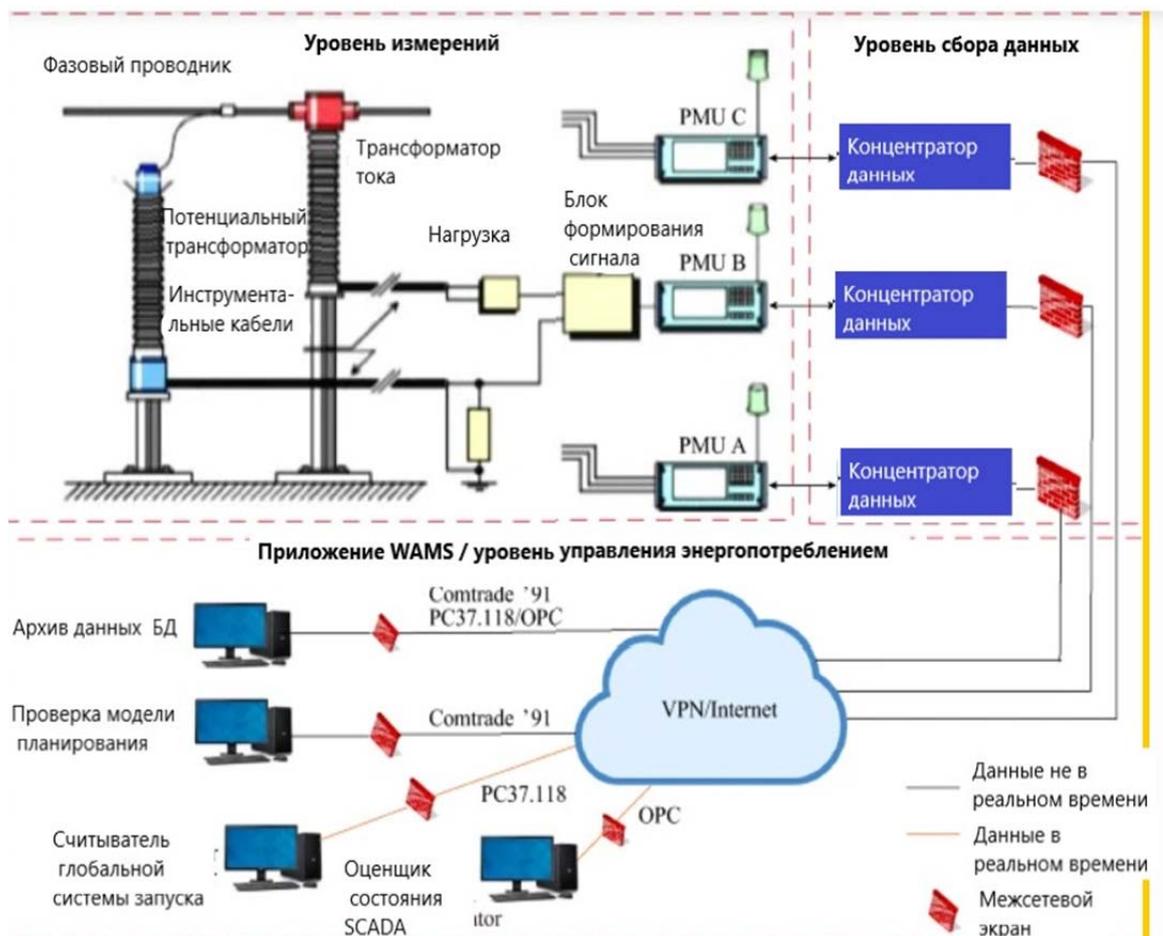


Рисунок 1. – Общая структура концепции



**Рисунок 2. – Архитектура информационной системы векторных измерений электроэнергии**

Функция концентратора данных (PDC) – обработка, синхронизация и хранение данных. PDC через свою систему мониторинга также предоставляет информацию о параметрах производительности системы, таких как задержка, качество данных, частота кадров и др.

Блоки PMU соединяют основные подстанции в системах передачи и передают измерения в режиме реального времени через Интернет или волоконно-оптические средства связи. Измерения собираются локальными концентраторами на различных предприятиях, данные обрабатываются в СУБД и подключаются к централизованному концентратору PDC.

*Уровень приложения* - уровня управления энергопотреблением системы глобальных измерений (WAMS). Это часть синхрофазорной технологии, по которой PDC отправляет данные в диспетчерские по каналам связи. Поскольку данные предоставляются в режиме реального времени, они обеспечивают сценарий реального времени сети. Приложения разрабатываются для использования этих данных, чтобы обеспечить лучшую видимость системы.

Рассмотрены концептуальные основы создания информационно-управляющей системы диагностики качества потребителей электроэнергии в сельском хозяйстве с использованием синхронизированных векторных измерений.

#### Список использованных источников

1. Козирський В.В., Момотюк В.В., Засць Н.А. Обґрунтування створення нейронної мережі оцінки витрат виробничих енергетичних ресурсів хлібокомбінату / Наукові праці НУХТ, 2017, Vol. 23. – с. 7-14.
2. Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, О.Ф. Буткевич, М.Ф. Сопель. Застосування засобів моніторингу перехідних режимів в ОЕС України при розв'язанні задач диспетчерського керування. Технічна електродинаміка, № 7, 2009. – с. 27-35.

3. ЭНИП-2 с поддержкой синхронизированных векторных измерений Руководство по эксплуатации / ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» / Флейшман И.Л./ 23.08.2013 г.
4. Srdjan Skok, Kristijan Frlan, Krešimir Ugarković. Detection and Protection of Distributed Generation From Island Operation by Using PMUs / December 2017, Energy Procedia 141: 438-442.
5. Muhammad Usama USMAN, M. Omar FARUQUE . Applications of synchrophasor technologies in power systems. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, volume 7, pages211–226(2019).

УДК 004.4

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ ВУЗА

**Кисель Татьяна Васильевна, ст. преподаватель**

**Полесский государственный университет**

Kisel Tatyana Vasilievna, Lecturer, [kisel\\_t@mail.ru](mailto:kisel_t@mail.ru)

Polessky State University

*В данной статье предлагается ряд рекомендаций по разработке информационно-аналитической системы управления приемной кампанией и коммуникациями*

**Ключевые слова:** ВУЗ, ИТ-инфраструктура, приемная кампания, абитуриент, коммуникации, интернет-маркетинг.

Современное высшее учебное заведение является мультизадачным, работая одновременно на многих рынках, основным из которых является рынок услуг в сфере высшего образования.

Спрос на рынке услуг высшего образования формирует несколько потенциальных клиентов: покупатели и потребители образовательных услуг (*как правило, в качестве потенциальных потребителей выступают абитуриенты, а покупателей – их родители*), заказчики кадров (*организации работодатели и государство*). Спрос на образовательные услуги в сфере высшего образования все последние годы снижается и в ближайшем будущем тенденция к уменьшению числа абитуриентов только усилится [1]. Это значит, что на рынке услуг высшего образования ведущую роль будут играть не вузы, а абитуриенты, т. е. покупатели услуг. Именно они будут в большей мере регулировать спрос на те или иные образовательные программы, отдавая предпочтение отдельным из них.

Это касается и выбора вузов. Абитуриенты чаще делают свой выбор в пользу столичных вузов. Региональным вузам трудно конкурировать с ними, поэтому они устанавливают цены на обучение ниже, привлекают студентов из регионов, тогда как минские вузы привлекают абитуриентов со всей страны.

При этом белорусские вузы вынуждены конкурировать сегодня не только между собой, но и с зарубежными вузами. Причем борьба идет уже не только за привлечение к нам студентов-иностранцев, но и за удержание на родине выпускников белорусских школ.

Как следствие ежегодно в высших учебных заведениях Беларуси фиксируется недобор абитуриентов не только на платную, но и на бюджетную форму обучения.

В таких условиях вузам необходимо искать новые *способы* повышения конкурентоспособности на рынке образовательных услуг. Одним из них может стать построение эффективной *системы коммуникаций между вузом и абитуриентом* с помощью автоматизации ключевых этапов работы приемной комиссии, для того чтобы точно и своевременно доносить актуальную информацию потенциальным студентам о всех возможностях и преимуществах учебного заведения, тем самым привлекая достаточное количество абитуриентов.

Совершенствование системы управления приемной кампанией должно предусматривать как организационные, так и технологические изменения.

Организационные изменения касаются непосредственно работы приемной комиссии, например: 1) привлекать студентов-волонтеров к работе в приемной комиссии, учитывая их влияние на мнение абитуриентов при подаче документов; 2) разработать и применять на практике систему аргументации, убеждающей абитуриентов и их родителей выбрать именно данный вуз, как

место будущего обучения; 3) использовать дополнительный визуальный фактор агитации (оформление территории приемной кампании) и др.

Технологические изменения связаны с трансформацией ИТ-инфраструктуры и адаптацией под цифровые каналы коммуникаций для эффективного взаимодействия вуза с абитуриентами, с целью их привлечения [2].

Привлечение абитуриентов – один из этапов работы приемной комиссии (рис. 1). Существующее на рынке программное обеспечение, предназначено, в основном, для автоматизации документооборота приемной комиссии в период ее активной фазы – вступительной кампании и, в наименьшей степени автоматизирует этап привлечения абитуриентов. Для эффективного управления приемной кампанией и привлечения достаточного количества абитуриентов, автоматизация должна охватывать весь процесс работы приемной комиссии, в том числе взаимодействие с потенциальными абитуриентами.

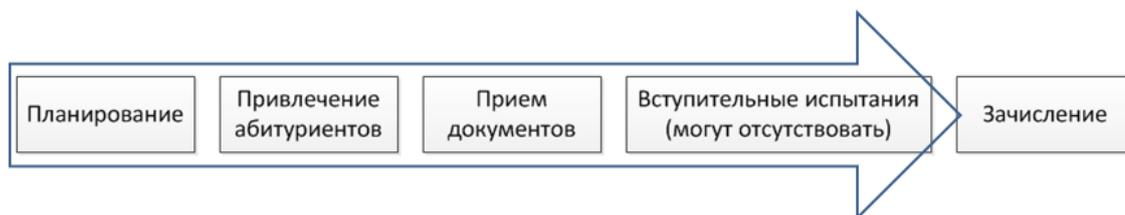


Рисунок 1. – Схема работы приемной комиссии

Взаимодействие между вузом и абитуриентами сложный информационный процесс, который протекает в несколько этапов – начиная с первого знакомства абитуриента с вузом, до получения статуса студента-первокурсника (рис. 2). Данный процесс, с позиции вуза, условно можно разделить на следующие этапы 1) *поиск потенциальных абитуриентов*; 2) *сбор и анализ данных*; 3) *целевое взаимодействие*; 4) *информационное сопровождение*; 5) прием документов; 6) зачисление; 7) *подведение итогов*.

На каждом этапе, вузом проводятся различные мероприятия по поиску и привлечению абитуриентов. У каждого мероприятия есть своя цель и ожидаемый результат.

На этапе поиска абитуриентов, проводятся информационные мероприятия, эффективность которых возрастает при использовании современных инструментов интернет-маркетинга таких как, реклама в поисковых системах (Google, Yandex), маркетинг в социальных сетях (ВКонтакте, Instagram, Facebook, YouTube), реклама на тематических сайтах и образовательных порталах (abiturient.by, kudapostupat.by). Информационные мероприятия ориентированы на повышение известности учебного заведения и расширение аудитории потенциальных абитуриентов, с целью лидогенерации. Лидогенерация (в рамках привлечения абитуриентов вузом) – это процесс создания базы потенциальных абитуриентов с конкретными контактными данными, для дальнейшего взаимодействия.

Процесс лидогенерации, для учебного заведения, целесообразно автоматизировать с использованием веб-сайта вуза, предварительно оптимизированного под задачи лидогенерации. При таком подходе потенциальные абитуриенты сами будут оставлять свои контактные данные для связи (e-mail, телефон и др.).

Полученная информация в результате анализа данных потенциальных абитуриентов, может быть использована при проведении профилирующих и мотивирующих мероприятий, позволяя максимально персонализировать сообщения, предназначенные для разных целевых групп. Важно также обеспечить персональную информационную поддержку, так как в процессе принятия решения о поступлении абитуриент может находиться в разной степени готовности.

После приема документов и зачисления наступает заключительный этап подведения итогов: подсчет количества поданных заявлений, процент выполнения плана по набору студентов в разрезе каждого направления, подсчет средних баллов поступивших, и т.д. Помимо этого, необходимо оценить эффективность коммуникационной стратегии проведенной приемной кампании. При этом целесообразно использовать сквозную аналитику для анализа эффективности маркетинговых каналов, позволяющую проследить весь путь, начиная от просмотра рекламной информа-

ции о вузе, посещения сайта и заканчивая зачислением в университет. Для этих целей можно использовать современные инструменты анализа, такие как Яндекс Метрика, Google Analytics и др.

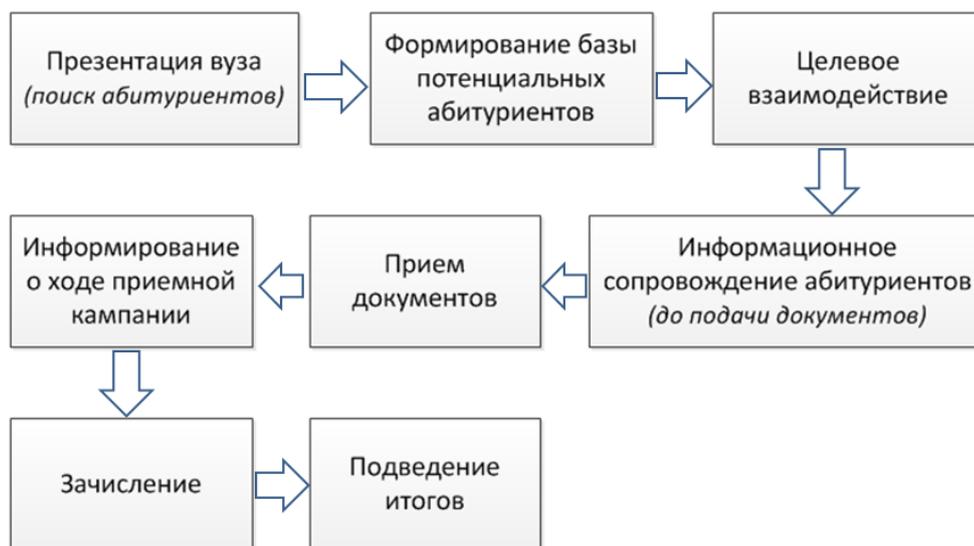


Рисунок 2. – Схема информационного взаимодействия вуза с абитуриентами

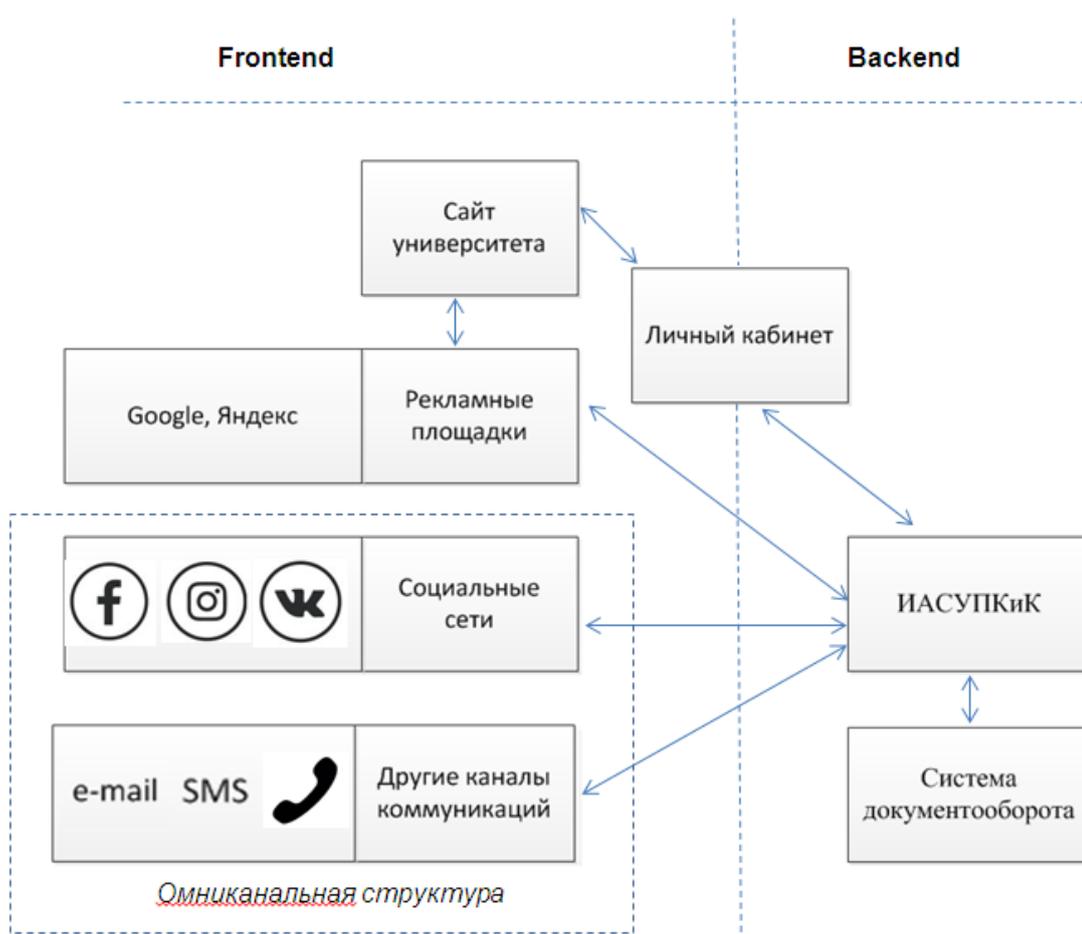


Рисунок 3. – Схема компонентов ИАСУПК

Следовательно, в состав программного обеспечения, предназначенного для автоматизации деятельности приемной комиссии, целесообразно включить следующие компоненты: 1) средства, обеспечивающие информационное сопровождение вуза; 2) средства взаимодействия вуза с абитуриентами; 3) и средства анализа [3]. При этом вся инфраструктура разделится на два блока: frontend – то, что видит и использует потенциальный студент при взаимодействии с университетом, и backend – внутренние бизнес-процессы и системы, автоматизирующие процесс поступления (рис. 3).

Центральным блоком в такой связке должна стать информационно-аналитическая система управления приемной кампанией и коммуникациями (ИАСУПКиК), позволяющая не только консолидировать базу абитуриентов из различных источников и автоматизировать процесс поступления, но и осуществлять маркетинговые активности (автоматизированные e-mail и sms-рассылки, в том числе триггерные и транзакционные), а также производить аналитическую обработку информации.

Модернизация процессов работы приемной комиссии позволит обеспечить комплексный подход к управлению вступительной кампанией, оптимизировать процессы принятия решений, улучшить коммуникации внутри университета и с внешней средой, повысить достоверность и доступность информации о деятельности приемной комиссии, оптимизировать численность персонала и эффективное использование его рабочего времени, увеличить количество абитуриентов.

#### Список использованных источников

1. Акулич И. Л., Скерсь М.А. Тенденции развития рынка образовательных услуг в Республике Беларусь [Электронный ресурс]/ И. Л. Акулич, М.А. Скерсь. Статья. Режим доступа: [http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/84129/1/Akulich\\_32\\_39.pdf](http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/84129/1/Akulich_32_39.pdf) – Дата доступа: 19.03.2021.

2. Цифровой университет. Подготовлено ситуационным аналитическим центром КФУ [Электронный ресурс]/ Медиа портал КФУ. Режим доступа: [https://kpfu.ru/portal/docs/F\\_1147469203/PWC.digital.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F_1147469203/PWC.digital.pdf) – Дата доступа: 19.03.2021.

3. Бабенко В.В., Гольчевский Ю.В., Гуляева С.Т. Программные средства оптимизации бизнес-процесса ”приемная кампания вуза“ [Электронный ресурс]/ В.В. Бабенко, Ю.В. Гольчевский, С.Т. Гуляева. Статья. Режим доступа: <https://puzzle.capital/wp-content/uploads/2019/09/Puzzle-Capital-Kraudinvesting.-Rossiya-i-mir-2019-1-1.pdf> – Дата доступа: 19.10.2019.

УДК 004.056.5

#### **АНАЛИЗ АТАК НА ЛОКАЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ СЕТЬ**

**Клаченков Владислав Андреевич, ассистент**

**Минюк Ольга Николаевна, к.с.-х.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Vladislav Klachenkov, assistant, klachenkov.v@polessu.by

Miniuk Volha, PhD, minuk.o@polessu.by

Polessky State University

*Данная статья знакомит проведением атак в области защиты информации. Мониторинг безопасности локально-вычислительных сетей включает в себя определение и описание ряда уязвимостей характерных для объекта исследования.*

**Ключевые слова:** *Локально-вычислительная сеть (ЛВС), атаки, отказ в обслуживании, MAC-адрес, ARP-spoofing, MitM-атака, DHCP Spoofing.*

После определения защитных мероприятий, проводимых на объекте исследования, был определен ряд уязвимостей, возможных для данного объекта, т.к. сеть построена на основе коммутаторов L2 и L3 уровня. Рассмотрим данные уязвимости более подробно:

#### *Атака на дерево STP*

Первый актуальный тип атак – это атаки на отказ в обслуживании или Dos-атака. Для организации атаки «Отказ в обслуживании» можно воспользоваться тем, что STP-совместимые устройства в момент реконфигурации работают не на пользователя, а лишь на создание Spanning

Tree дерева. Поскольку реконфигурация может быть вызвана, в том числе, появлением нового STP-совместимого устройства. Для этого необходимо имитировать появление периодически нового устройства с параметрами, которые будут лучше установившихся, что вызовет реконфигурацию одного из выборных параметров.

Выделим несколько типов атак в отказе обслуживания:

*STP DoS: постоянный перебор*

Данный вид атаки основан на ожидании появления STP пакета с текущим STP-root, затем по очереди перебираются значения bridge id, посылая bpdn с все меньшими значениями (id=id-1), до тех пор, пока не будет достигнуто предельное значение, вызывая, таким образом, перевыборы designated root каждым посланным пакетом. Когда будет достигнуто минимально возможное значение, необходимо подождать, пока данное значение не устареет из-за паузы, и начать этап сначала. С учетом того, что все параметры, включая время устаревания, устанавливаются в посылаемых пакетах назначенным корнем конфигурационных bpdn, можно получить ситуацию, при которой порты никогда не войдут в состояние "forwarding" пока происходит генерация фреймов, обеспечивающих отказ в обслуживании. Более того, в силу особенностей протокола состояние отказа в обслуживании будет продолжаться некоторое время, равное параметру Max Age, который можно выставлять согласно стандарту до 40 секунд.

Поскольку помимо 65535 возможных приоритетов bridge id включает в себя еще и MAC адрес, то количество времени, которое потребуется для переборки всех значений, составит:

$$(CurrentVictimBridgePriority-1 + VictimBridgeMAC-1) * (ListeningTime + LearningTime) = (CurrentVictimBridgePriority+VictimBridgeMAC-2) * (ListeningTime+LearningTime) = (CurrentVictimBridgePriority+VictimBridgeMAC-2) * 2 * ForwardDelay \sim \text{секунд.}$$

Для ForwardDelay значение по умолчанию составляет 15 секунд и может достигать до 30. На самом деле при заикливании алгоритма состояние DoS может продолжаться сколь угодно долго, пока посылаются пакеты с фальшивыми BPDU.

*STP DoS: алгоритм "исчезновения корня"*

Данная атака основана на том, что начинается посылка BPDU с минимально возможным bridge id, то есть с максимально возможным приоритетом. Периодически перестает передавать конфигурационные bpdn для устаревания назначенного корня. Процесс является циклическим. На первый взгляд атака может казаться менее эффективной из-за существования небольшого промежутка времени, когда сеть работает. Тем не менее, в силу того, что ограничения, накладываемые спецификацией протокола, позволяют устанавливать время устаревания значений в очень широких пределах, этим методом можно достигнуть точно такой же эффективности. Описанный метод наиболее прост в реализации, поскольку не требует ни знания текущего идентификатора назначенного корня, ни каких-либо предположений относительно его величины (в отличие от предыдущего случая).

*Навязывание ложного маршрута MitM-атака*

Данная атака возможна в сети как минимум с двумя STP-совместимыми коммутаторами, подключенные к разным коммутаторам, т.к. есть возможность перехвата трафика между ними. Для реализации атаки в полной мере требуется два сетевых интерфейса, подключение которых необходимо осуществить так, чтобы образовать потенциальный дубликат имеющегося пути между источниками.

В принципе, задача определения мест включения в сеть, при которых будет возможна атака STP-MitM, должна поддаваться описанию через теорию графов. Для получения именно MitM, а не DoS, атакующий хост должен поддерживать работу обоих своих интерфейсов в режиме моста. Так же можно отметить, что для этого не требуется поддержка STP ОС, работающей как мост. Более того, такая полнофункциональная поддержка только повредит, т.к. принцип MitM атаки при использовании двух сетевых интерфейсов базируется на том, что атакующий может посылать BPDU пакеты от чужого имени, чтобы представить себя как наилучший путь хождения пакетов. При такой логике атаки полноценная поддержка STP только мешает атакующему, поэтому для реализации MitM необходимо отключать поддержку Spanning Tree, либо использовать OS+software, в которых нет поддержки STP. Таким образом, машина, реализующая MitM, на самом деле не нуждается в полноценной поддержке bridging'a, а может функционировать на манер концентратора, с единственным исключением – транзитный STP-трафик должен отбрасываться и

вместо него генерироваться собственный, анонсирующий себя как наиболее выгодный путь для пакетов.

#### *Атака на таблицу MAC-адресов*

Данная атака характеризуется переполнением таблицы MAC-адресов коммутатора. Иногда данную атаку называют лавинной атакой или атакой переполнения таблицы CAM. Размер таблиц MAC-адресов ограничен. Лавинные атаки используют это ограничение, "забрасывая" коммутатор ложными MAC-адресами источника до тех пор, пока таблица MAC-адресов коммутатора не заполнится.

Принцип действия:

Злоумышленник отправляет на коммутатор кадры с несуществующими, случайно сгенерированными MAC-адресами источника и назначения.

Коммутатор обновляет таблицу MAC-адресов информацией из фиктивных кадров.

Коммутатор входит в режим с пропуском трафика.

Когда таблица MAC-адресов наполняется фиктивными MAC-адресами, коммутатор входит в так называемый режим с пропуском трафика. В этом режиме коммутатор отправляет все кадры по широковещательной рассылке всем устройствам в сети.

Результат данной атаки: злоумышленник может видеть все рассылаемые кадры.

#### *Атака на ARP*

Данная атака, известная также под именем ARP Redirect, перенаправляет сетевой трафик от одного или более компьютеров к компьютеру злоумышленника. Выполняется в физической сети источника информации. Рассмотрим работу протокола ARP.

Протокол ARP реализует механизм разрешения IP-адресов в MAC-адреса Ethernet. Сетевое оборудование общается между собой путем обмена Ethernet-фреймов, на уровне канала данных. Для обеспечения возможности передачи этой информации необходимо, чтобы каждый сетевой интерфейс имел свой уникальный адрес в сети Ethernet, называемый MAC-адресом.

При посылке IP-пакета, отправляющий компьютер должен знать MAC-адрес получателя. Для этого в локальную сеть посылается широковещательный ARP-запрос, который опрашивает IP-адреса для определения MAC-адреса. Компьютер с соответствующим IP-адресом отвечает ARP-пакетом, содержащим запрошенный MAC-адрес. С этого момента, отправляющий компьютер знает MAC-адрес соответствующий IP-адресу назначения. Это соответствие сохраняется некоторое время в кэше (данная процедура предназначена для того, чтобы не выполнять запрос каждый раз при посылке IP-пакета).

Рассматриваемая атака изменяет кэш целевого компьютера. Злоумышленник шлет ARP-ответы целевому компьютеру с информацией о новом MAC-адресе, соответствующем, например, IP-адресу шлюза. На самом деле, этот MAC-адрес соответствует интерфейсу компьютера злоумышленника. Следовательно, весь сетевой трафик к шлюзу будет получать компьютер злоумышленника. Теперь можно прослушивать трафик, а также при желании изменять его. После этого, сетевой трафик будет направляться к реальному целевому адресу и, следовательно, никто не заметит изменений.

Атака ARP Spoofing используется в локальной сети, построенной на коммутаторах. С ее помощью можно перенаправить поток ethernet-фреймов на другие порты, в соответствии с MAC-адресом. После чего злоумышленник может перехватывать все пакеты на своем порту. Таким образом, атака ARP Spoofing позволяет перехватывать трафик компьютеров, расположенных на разных портах коммутатора.

Для реализации атаки ARP Spoofing, злоумышленник может воспользоваться генераторами ARP-пакетов, например, ARPSpoof, Nmap или Ettercap.

#### *Подмена DNS через DHCP (DNS Spoofing and DHCP Spoofing)*

Данная атака заключается в том, что злоумышленник, при наличии DHCP сервера в сети, производит атаку типа "отказ в обслуживании" на сервер, после чего DHCP сервер становится не доступным и тем самым перестает отвечать на запросы клиентов. В сети начинает работу ложный DHCP сервер, установленный, как правило, на компьютере атакующего, который раздает каждому компьютеру новые сетевые параметры, тем самым изменяет адреса в информационной сети. К новым сетевым параметрам может относиться IP-адрес самого компьютера, IP-адрес шлюза сегмента сети, IP-адрес DNS сервера и другие.

Получив новые сетевые параметры, каждый пользователь сети вводя в браузере в определенное доменное имя, будет обращаться к ложному DNS серверу. В ответ на полученный запрос сервер ответит, что данному доменному имени соответствует IP-адрес злоумышленника, на котором находится ложный сервер с копией домена.

После авторизации пользователя на ложном доменном имени у злоумышленника остаются все введенные данные.

Таким образом, рассмотрели такие атаки как, отказ в обслуживании (STP DoS: постоянный перебор, STP DoS: алгоритм "исчезновения корня"), MitM-атака, MAC-адрес, ARP-spoofing, , DHCP Spoofing, которые являются наиболее возможными атаки на локально-вычислительную сеть.

Список использованных источников

1. Возможные схемы атак [Электронный ресурс] BugTrag // Режим доступа: <https://bugtraq.ru/library/books/stp/chapter06/> – Дата доступа: 10.03.2021.

2. Бондарев В.В. Анализ защищенности и мониторинг компьютерных сетей. Методы и средства: учебное пособие. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 225, [3] с. : ил.

3. НПП «Учтех-Профи» – Корпоративные компьютерные сети – Теория. Часть 2 [Электронный ресурс] Теория CAN // Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5390122/> – Дата доступа: 10.03.2021.

УДК 681.516.75:631.234

## SMART СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

**Andrzej Chochowski, Dr.,**

**Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, [andrzej\\_chochowski@sggw.pl](mailto:andrzej_chochowski@sggw.pl)**

**Ладанюк Анатолий Петрович, д.т.н., профессор**

**Национальный университет пищевых технологий**

**Лысенко Виталий Филиппович, д.т.н., профессор,**

**Решетюк Владимир Михайлович, к.т.н., доцент**

**Болбот Игорь Михайлович, д.т.н., доцент**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Ladanyuk Anatoly Petrovich, Dr., [iasu-nuft@ukr.net](mailto:iasu-nuft@ukr.net)

National University of Food Technology

Lysenko Vitaly Filippovich, Dr., [lysenko@nubip.edu.ua](mailto:lysenko@nubip.edu.ua)

Reshetyuk Vladimir Mikhailovich, PhD,

[volodymyr.reshetiuk@hotmail.com](mailto:volodymyr.reshetiuk@hotmail.com)

Bolbot Igor Mikhailovich, PhD, [igor-bolbot@ukr.net](mailto:igor-bolbot@ukr.net)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Интенсификация производства, широкое применение компьютерных технологий, создание интегрированных систем объективно приводят к выделению нового класса объектов в аграрном секторе и пищевой промышленности Украины - организационно - технических процессов или систем, к которому относятся предприятия аграрного сектора и пищевой промышленности Украины [1]. Это определяет использование общих способов и методов при автоматизации этих систем.

Аграрный сектор экономики Украины, особенно его промышленная составляющая, в состав которой входят птицефабрики, тепличные комбинаты, предприятия переработки сельскохозяйственной продукции, демонстрирует в последние годы стабильно высокие показатели. Однако в структуре себестоимости продукции таких производств энергетические затраты существенные и достигают, иногда, 80% (тепличные комбинаты по выращиванию цветочной продукции). Объясняется данное, кроме высокой стоимости энергоносителей в Украину, использованием для управления энергетическими потоками традиционных расходных стабилизационных алгоритмов, где не учитывается:

- наличие большого количества взаимосвязанных подсистем различной физической природы;
- необходимость перехода к оценке качественного анализа процессов, вследствие недостаточной количественной информации о поведении системы;
- высокая динамичность и неопределенность характера поведения системы и ее окружающей среды;
- существенная нелинейность характеристик элементов системы, что затрудняет прогнозирование его поведения;
- требования настоящего к высоко прибыльности любого производства.

Вследствие быстрого изменения различных ситуаций, управление такими системами при воздействии большого числа внешних и внутренних факторов является чрезвычайно сложной задачей, поскольку это связано с необходимостью оперативного принятия управленческих решений в условиях неопределенности, дефицита ресурсов и возникновения возможных нештатных ситуаций [2]. Кроме того, качество на оценку которой влияет человеческий фактор, в значительной степени определяет и уровень доходности таких предприятий. Традиционные же системы автоматизации создавались без учета этих обстоятельств. Да и вообще, человеческий фактор в производстве создает дополнительные риски, поэтому будущее видится с минимальным участием человека.

Какими же должны быть в перспективе системы автоматизации в аграрном секторе?

1) Будущая автоматизация не способна реализовать все возможности в не приспособленных технологических помещениях. Поэтому можно прогнозировать, что в ближайшие годы произойдет их существенное модернизация, что позволит изменять технологические условия.

2) Важно оценивать: состояния биологического наполнения технического объекта, их зависимости от факторов влияния и учета этого при формировании стратегий управления специалистами-технологами.

3) Природные возмущения (температура, влажность, солнечная радиация и т.д.) меняются по случайным законам, что затрудняет их прогнозирования и создает в технологических помещениях условия, отличные от предлагаемых технологами, что уменьшает эффективность производства.

4) Работы постепенно внедряются в производство, освобождая уже сейчас обслуживающий персонал от рутинной работы (молочные фермы, тепличные комбинаты, технологические комплексы пищевой промышленности).

5) На сегодня роль диспетчера в автоматизированной системе управления огромна. Он берет на себя ответственность за результаты производства на текущий момент, требующий быстрой оценки и принятия наилучшего решения. В этом случае заменой и помощью оператора становится искусственный интеллект (Smart системы).

6) Распределенность производств создает дополнительный фактор риска: ограниченное количество обслуживающего персонала, не всегда качественно обслуживает производство и, в том числе системы автоматизации. Решение такой проблемы видится в использовании технологий Интернет вещей, предусматривает применение в управлении отдельными объектами глобальной сети.

7) Высокая конкуренция на рынке продукции стимулировала разработчиков систем автоматизации к формированию экономических критериев их использования.

Эти и другие факторы сформируют будущее автоматизации в ближайшие годы. Это реконструкция технологий и технологических помещений; использования информации о состоянии биологического наполнения биотехнических (технологических) объектов при формировании стратегий управления; прогнозирования динамики природных возмущений в управлении; роботизация производства, использования искусственного интеллекта; применение технологий Интернет вещей для дистанционного управления соответствующими объектами [3].

Коротко предоставим информацию о разработанных системы автоматизации сложными биотехническими объектами, где авторы или их коллеги по работе принимали непосредственное участие в их создании.

**Промышленные птицефабрики.** Сложный биотехнический объект под действием внешних возмущений и в связи с неполной информацией о состояниях его биологической составляющей функционирует в условиях неопределенности. Для автоматизации производства была разра-

ботана Smart система, база знань которой функціонує на основі використання результатів ідентифікації образів естественних возмущений, дозволяє прогнозувати ці возмущення, а використання побудованої платіжної матриці, которая формується на основі теорії ігор і прийняття статистических рішень, формує стратегію управління, максимізує прибуль виробництва [4].

**Тепличные комбинаты.** Очень сложные для автоматизации биотехнические объекты, где биологическое наполнение формирует специфические условия для синтеза стратегий управления: следует принимать во внимание наличие внешних природных возмущений (температура, влажность, солнечная радиация, концентрация углекислого газа в атмосфере, влажность воздуха), неполнота информация о состояниях растений в теплице. Решение указанных проблем искали в использовании мобильных роботов, способных самостоятельно перемещаться в теплице оптимальным маршрутам (при этом тратилась минимально возможная энергия аккумуляторных батарей работа) для оценки: качества растительной продукции, параметров атмосферы в теплице, температуры растений). Эта информация Web каналами передавалась в центральную систему, где на основе использования Smart алгоритмов формировалась стратегия управления, максимизируя прибуль производства [5].

**Производства энтомофагов.** Тренд сегодняшнего дня - это экологическая чистота продуктов питания, чему способствует производство энтомофагов гарантированного качества как одно из приоритетных направлений биологизации земледелия в Украине. Производство энтомофагов проводится в специализированных боксах, где создаются специальный микроклимат, управление которым реализуется Smart гибридной системой. На первом уровне (технологическом) используется традиционная позиционная система, на втором - нечеткая нейронная сеть обеспечивает минимизацию отклонения температуры от технологических требований, обеспечивая при этом: существенное снижение энергии; запланированное качество производимой продукции [6].

#### Список использованных источников

1. Chochowski, A., Ladaniuk, A., Lysenko, V., Reshetiuk, V., at all., 2014. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control. Kyiv: Tsentr Uchbovovii Literatury.
2. Ladanyuk, A., Reshetiuk, V., at all., 2017. How to increase efficiency of automatic control of complex plants by development and implementation of coordination control system. Systems, Control and Information Technology - SCIT2016, 20-21.05.2016 (Recent Advances in Systems, Control and Information Technology, Advances in Intelligent Systems and Computing 543, DOI 10.1007/978-3-319-48923-0\_23).
3. Стайнер, Крістофер, 2018. Тотальна автоматизація: як комп'ютерні алгоритми змінюють життя. Переклад з англ. Київ: Наш формат.
4. Лисенко В. П. Технічні засоби комп'ютерно-інтегрованої системи ефективного управління енергетичними ресурсами на птахофабриках / В. П. Лисенко, Б. Л. Головінський, В. М. Решетюк, В. М. Штепа, А. А. Руденський, Б. Л. Голуб, Д. С. Лавінський, В. М. Пуха, В. Л. Щербатюк // Біоресурси і природокористування. – 2010. – Т. 2, № 3–4. – С. 111–117.
5. Болбот І. М. Автоматизація процесів керування тепличними комплексами з моніторингом якості продукції. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.13.07 «Автоматизація процесів керування». – 2020. – 49 с.
6. Чернова І. С. Інтелектуальна система керування виробництвом ентомофагів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.07 «Автоматизація процесів керування». – 2020. – 27 с.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИКТ В СИСТЕМЕ  
ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**Пигаль Анастасия Сергеевна, ассистент**  
**Пигаль Павел Борисович, старший преподаватель**  
**Полесский государственный университет**  
Pigal Anastasia Sergeevna, Assistant, [pigal.a@polessu.by](mailto:pigal.a@polessu.by)  
Pigal Pavel, senior lecturer, [pavel.pigal@polessu.by](mailto:pavel.pigal@polessu.by)  
Polessky State University

*В статье описывается использование информационно-коммуникационных технологий в высшем образовании на примере Полесского государственного университета. Внедрение системы LMS moodle и MS Teams.*

**Ключевые слова:** *MS Teams, LMS moodle, Azure cloud platform.*

Информатизация сегодня рассматривается как один из основных путей модернизации системы образования. Это связано не только с развитием техники и технологий, но и, прежде всего, с переменами, которые вызваны развитием информационного общества, в котором основной ценностью становится информация и умение работать с ней. Соответственно, одной из главных задач современной системы образования является разработка проектов и программ, способствующих формированию человека современного общества. Основной целью педагогических коллективов является создание условий для выявления и развития способностей каждого ребенка, формирования личности, имеющей прочные базовые знания и способной адаптироваться к условиям современной жизни. Информатизацию образования следует рассматривать как одно из важных средств достижения поставленной цели. При этом рассматривается решение ряда последовательных задач: техническое оснащение, создание дидактических средств, разработка новых технологий обучения, определяющих этапы процесса модернизации.

Развитие информационных технологий и средств телекоммуникаций создает основу для осуществления научных и образовательных программ на качественно новом уровне. Создание скоростных телекоммуникаций и разработка технологий реального времени дает возможность реализации моделей распределенной образовательной среды, построенной на технологиях удаленного доступа к информационным ресурсам и компьютерных средствах общения.

Несмотря на дефицит телекоммуникационных ресурсов, уже сейчас эти технологии прочно вошли в практику образовательных учреждений. Электронную почту, которая десять лет назад казалась значительным прогрессом в развитии коммуникационных технологий, сменили on-line технологии. А уникальные лабораторные экспериментальные и вычислительные комплексы стали доступны благодаря средствам автоматизации и компьютерным технологиям управления на расстоянии.

Преимущества таких технологий очевидны. Они позволяют объединять материальные и вычислительные ресурсы образовательных и научных центров для решения сложных задач, привлекать ведущих специалистов и создавать распределенные научные лаборатории, организовывать оперативный доступ к ресурсам коллективного пользования и совместное проведение вычислительных и лабораторных экспериментов, осуществлять совместные научные проекты и образовательные программы.

Важным качеством современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является их универсальность, они могут быть основой в организации любой деятельности, связанной с информационным обменом, основой в создании общего информационного пространства.

Информационные технологии возникают как средство разрешения противоречия между накапливающимися во всё возрастающих объемах знаниями, с одной стороны, и возможностями и масштабами их социального использования, с другой стороны. Отсюда и двоякая роль ИКТ: с одной стороны, это средство преобразования знаний в информационный ресурс общества, а с другой – средство реализации социальных технологий и преобразования их в социально-

информационные технологии, которые уже могут непосредственно использоваться в системах государственного управления и общественного самоуправления.

Основными дидактическими требованиями, предъявляемыми к информационно-коммуникационным технологиям в образовании с целью повышения эффективности их применения в образовательном процессе являются:

- мотивированность в использовании различных дидактических материалов;
- четкое определение роли, места, назначения и времени использования электронных образовательных ресурсов и компьютерных средств обучения;
- ведущая роль преподавателя в проведении занятий;
- введение в технологию только таких компонентов, которые гарантируют качество обучения;
- соответствие методики компьютерного обучения общей стратегии проведения учебного занятия;
- учет того, что введение в комплект учебных средств электронных образовательных ресурсов, компьютерных обучающих программ требует пересмотра всех компонентов системы и изменения общей методики обучения;
- обеспечение высокой степени индивидуализации обучения;
- обеспечение устойчивой обратной связи в обучении и др.

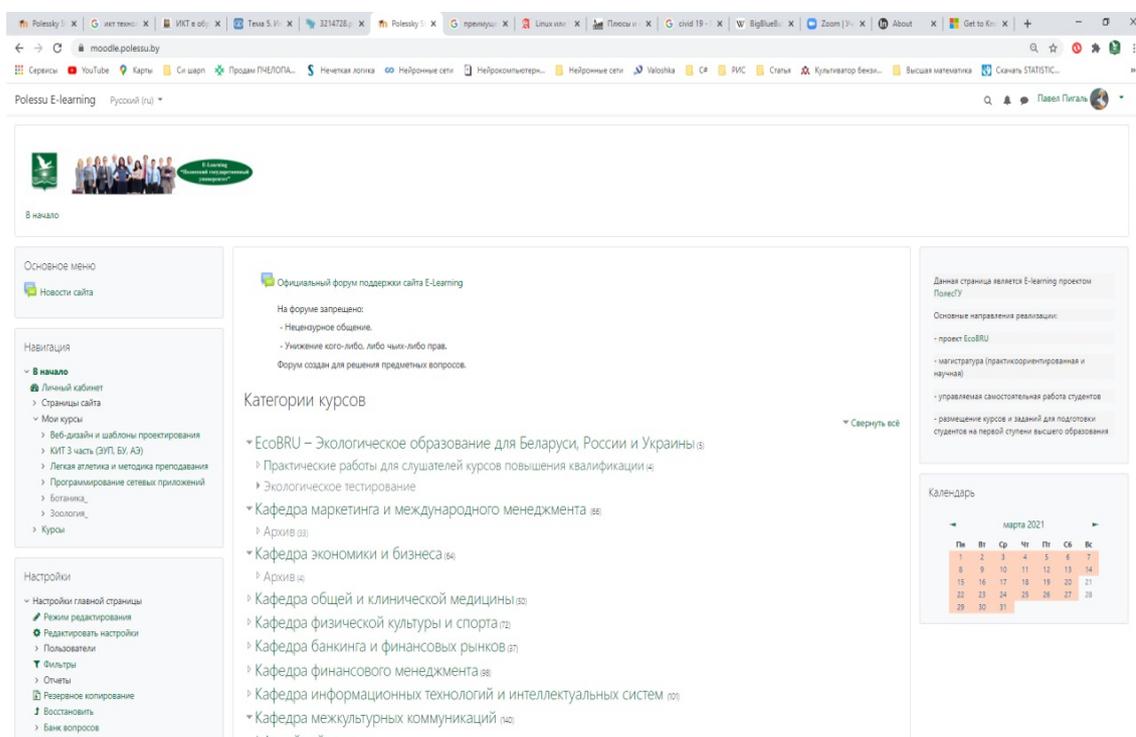


Рисунок 1. – Интерфейс LMS moodle

В настоящее время существует огромное количество площадок, платформ и технологий для развития системы ИКТ в системе образования, при этом каждый инструмент обладает своим рядом преимуществ и недостатков.

В Полесском государственном университете в течение последних 5 лет широко используется платформа LMS moodle для методического и инструментального сопровождения учебных занятий, для проведения тестирования студентов, качественной оценки полученных знаний по предметным областям. Сама система была выбрана для реализации проекта EcoBRU – Экологическое образование для Беларуси, России и Украины (543707-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES). Основной целью проекта являлась – разработка новой концепции практико-ориентированного экологического образования в университетах Беларуси, России и Украины.

Данная цель была выбрана, прежде всего, в разработке новых учебно-методических материалов для курсов повышения квалификации.

В последствии систему стали применять в рамках учебного процесса в рамках всех факультетов и форм получения образования. Использование системы привело к трансформации учебного процесса как такового. Преподаватели и студенты получили возможность размещения информации по учебным предметам и изучения учебных предметов в режиме 24/7.

В настоящий момент система существует версия 3.10 LMS moodle, которая и используется в Полесском государственном университете. С особенностями и всеми возможностями системы любой желающий может ознакомиться на официальном сайте системы moodle.org. Сама система может быть установлена с использованием различных операционных систем, как MS Windows, так и семейства UNIX систем. В ПолесГУ для размещения была выбрана система Linux, по причине того, что количество пользователей, использующих систему, одновременно может составлять от 300 пользователей до 2400.

Рассмотрим основные преимущества использования ОС Linux:

- «Свободность» данного ПО. В сравнении с проприетарными системами именно основным плюсом GNU/Linux, равно как и иных свободных ОС (таких как Free и Net, или OpenBSD, или OpenIndiana) является именно то, что они распространяются свободно.
- Активная поддержка пользователей. На протяжении десятилетий существования GNU/Linux обзавелись своим кругом пользователей и разработчиков, которые способны достаточно оперативно оказывать помощь с задачами или проблемами, возникающими во время работы у неопытных пользователей.
- Можно легко переделывать ОС под ваши потребности. Можно «довести до ума» всю систему, равно как и отдельные компоненты ОС, найти и исправить недочеты или же нанять разработчиков для необходимых вам конкретных задач. С несвободным ПО все, что есть у вас – надежда (либо же большой кошелек) что компания, владеющая вашим ПО, соизволит исполнить ваше желание, да еще и сделает это за вменяемые сроки.
- В системе Linux вы можете использовать только те компоненты, которые будут нужны именно для поддержки необходимых вам процессов, т.е. при необходимости добавления новых функций вы запросто сможете их дополнительно установить в систему, но с другой стороны вы не будете обременены лишними процессами и задачами, которые будут использовать процессорное время и другие ресурсы сервера.

С течением времени возникла возможность развития системы, особенно в условиях, создаваемых угрозами нынешнего времени, такими как Коронавирусная инфекция COVID-19. Работники информационно-аналитического центра ПолесГУ в течение последних 2 лет рассматривали возможность расширения технических особенностей системы moodle в рамках аудиовизуальной составляющей. Изначально для связи со студентами была протестирована система BigBlueButton, которая использует медиасервер с открытым исходным кодом и, которая, также, как и система moodle может быть установлена на сервер, управляемый операционной системой Linux. Мы использовали данную систему для одновременного подключения не более 30 пользователей. В университете на данный момент обучается около 3000 студентов. Система BigBlueButton для одновременного подключения большого количества пользователей требует колоссальные серверные ресурсы.

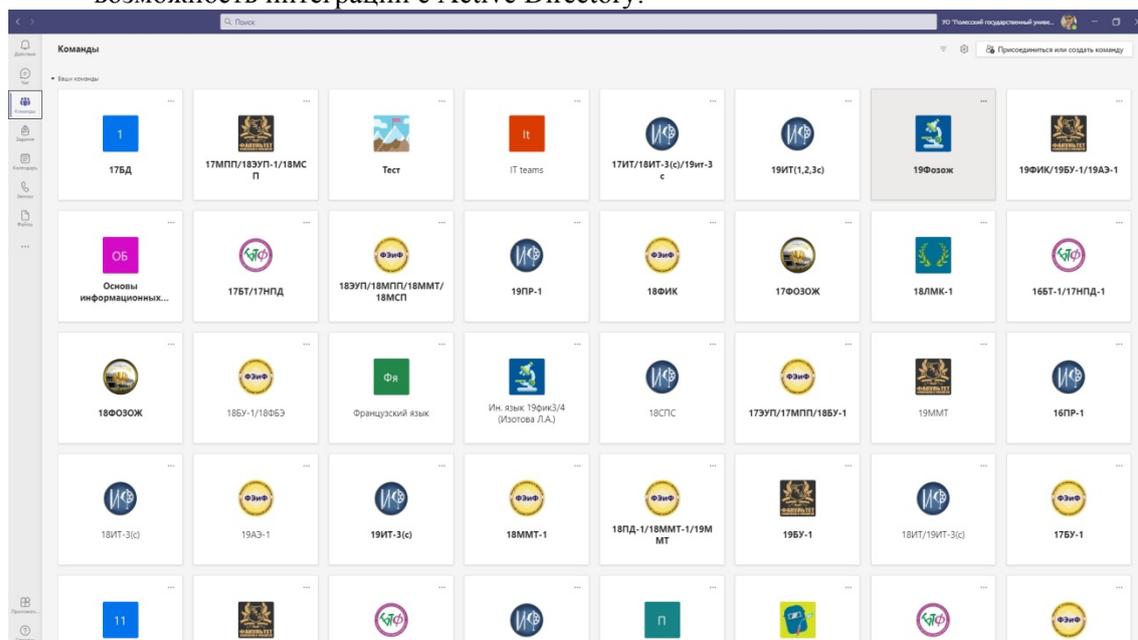
В январе 2020 года в связи с надвигающейся Коронавирусной инфекции COVID-19, в условиях которой необходимо было предусмотреть проведение занятий, в том числе и для студентов и преподавателей, которые должны были быть изолированы, в университете было принято решение рассмотреть внедрение аудиовизуальной платформы, которая бы позволяла проводить занятия в онлайн режиме для студентов, при этом мощности данной системы должны были охватывать всю численность студентов.

Было рассмотрен ряд систем:

1. Zoom Video Communications, Inc.ж;
2. MS Teams;
3. GotoMeeting LogMeIn, Inc.;
4. Webex Cisco;
5. BigBlueButton.

Среди всех продуктов мы выбрали продукт от компании Microsoft MS Teams, который входит в пакет office 365. Этот продукт был выбран среди прочих исходя из многих факторов:

- возможность получения бесплатной лицензии A1 от компании Microsoft для учебных заведений бесплатно;
- бурно развитие продукта и частое обновление как функционала программы, так и безопасности продукта;
- наличие программной и браузерной версий;
- поддержка продукта для различных операционных систем: MS Windows, IOS, Android;
- возможность интеграции с различными платформами и системами;
- возможность интеграции с Active Directory.



**Рисунок 2. – Интерфейс MS Teams**

Система была развернута в университете в течение 2 месяцев с использованием облачной платформы Azure.

Студенты и преподаватели получили возможность по мере надобности присутствовать на занятиях в онлайн режиме.

В университете в течение внедрения описанных продуктов был проведен ряд семинаров и обучающих курсов по применению лучших практик в ИКТ в рамках доступных продуктов.

Применение продуктов moodle и MS Teams в совокупности открывает перед образовательными заведениями широкий спектр возможностей для внедрения передовых практик ИКТ.

#### Список использованных источников

1. Интернет-портал Института дистанционного образования Национального исследовательского Томского государственного университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ido.tsu.ru/>. – Дата доступа: 19.03.2021.

2. Интернет-портал LMS moodle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moodle.org/>. – Дата доступа: 19.03.2021.

3. Интернет-портал Microsoft Azure portal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://azure.microsoft.com/>. – Дата доступа: 19.03.2021.

**БАНКОВСКАЯ СФЕРА КАК ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА****Сидская Ольга Владимировна, старший преподаватель****Полесский государственный университет**

Sidskay Olga Vladimirovna, senior teacher, olgapis@mail.ru

Polesky State University

*В статье рассмотрены аспекты влияния цифровых технологий на изменение формата банковской сферы от традиционной иерархии к клиентоцентрической экосистеме. Результаты исследования показали, что только интеграция банков, ритейлеров, поставщиков технологических сервисов, позволит сформировать эффективные платформенные альянсы для удовлетворения потребностей клиентов нового цифрового качества.*

**Ключевые слова:** экосистема, бизнес – модель, цифровизация, глобализация, банковская экосистема, банковская сфера.

Ни для кого не секрет, что в век цифровизации информационные технологии являются не только основой для развития компаний, но и одним из ключевых элементов современной бизнес – модели.

Совершенствование информационных технологий, их все большее проникновение в самые разнообразные сферы жизни, а также колоссальный рост объемов информации, привели к новому качественному скачку в развитии цивилизации. Все чаще говорят о происходящей цифровой революции, о становлении цифровой экономики.

Трактовка термина «цифровая экономика» разнообразна. Трудно не согласиться с представителем Российской академии наук В. Ивановым, который считает, что «Цифровая экономика – это виртуальная среда, дополняющая нашу реальность» [4].

Для любой страны очень важно участвовать в цифровизации, чтобы повысить собственную безопасность, укрепить экономическую ситуацию, повысить уровень грамотности населения.

Современные экономические тенденции призывают банки ускорить процесс перехода от классических бизнес – моделей к формированию глобальных экосистем, охватывающих разные рынки. Современные цифровые технологии стали базой для формирования и развития банковских экосистем.

Новые цифровые технологии радикально меняют взгляды на ведение бизнеса. На примере шести компаний мира, которые существуют не более 20 лет (Uber, Airbnb, Facebook, Instagram, Netflix, Alibaba), можно видеть, что именно благодаря возможностям современных ИТ-технологий они сумели создать принципиально новые модели бизнеса и добиться весомых результатов.

Бизнес – модели этих компаний основаны на продаже функций продуктов, а не самих продуктов, но они четко отслеживают потребности целевой аудитории. Организационная форма таких компаний не традиционная, а скорее это ИТ – платформы, использующие финтех разработки, включая обработку и анализ больших данных. Компании сами не производят никаких продуктов, а только анализируют потребности клиентов и поставляют им желаемые продукты и услуги.

Роль банков как локомотивов цифровизации объясняется тем, что у них есть серьезные материальные и информационные ресурсы, а также база клиентов, позволяющая им более эффективно работать с технологией больших данных (BigData). Остальным участникам остается только присоединиться к банкирам, позволяя последним за определенное агентское вознаграждение, продавать через свои диджитал – каналы страховые, инвестиционные и финансовые услуги. Развитие мобильного банкинга привело к тому, что в глобальную финансовую экосистему стали внедряться операторы сотовой связи.

О перспективах и возможностях финансовых инноваций в банковской сфере говорят давно, однако в последние годы произошли кардинальные изменения: появились необходимые и достаточные условия для прорывных решений.

Под воздействием современных ИТ – технологий кредитные организации могут получить множество выгод, повысить свою конкурентоспособность.

Современные цифровые технологии дают ряд преимуществ в деятельности банков, заключающиеся в гораздо быстром зачислении средств на счетах, сокращении себестоимости проведе-

ния всех видов банковских операций, и для банка, и для клиента, что уменьшает риски неоплаты платежей. С развитием цифровых и информационных технологий в значительной степени сокращается дистанция между производителем и потребителем банковских услуг, тем самым существенно обостряется межбанковская конкуренция, а также конкуренция с глобальными технологическими компаниями.

В этих условиях актуальной задачей становится создание единого пространства, объединяющего банковский бизнес и цифровую среду. Создание экосистем стало одним из обязательных пунктов в стратегии цифровой трансформации многих банков. Под цифровой экосистемой понимают такую бизнес – модель деятельности банка, которая обеспечивает более продуктивную модель сотрудничества и конкуренции для создания лучшего клиентского опыта, в которой будут установлены партнерские отношения со всеми производителями товаров и услуг [2].

Для того, чтобы построить цифровую экосистему в банках, необходимо:

- определить потребности клиента;
- определить стратегию внедрения инноваций;
- разработать подходящий продукт.

Следует отметить, что основой экосистемы является высокотехнологичная платформа, которая должна повысить эффективность процессов и оперативность выведения на рынок новых продуктов – в том числе, внешних, партнерских.

Если банки не будут меняться, то как отмечают специалисты данной сферы, у традиционных банков не будет будущего. Конкуренция подталкивает их развивать услуги для своих клиентов на основе партнерских сервисов и создания экосистем. Именно банки должны стать центрами экосистем, своего рода координатором всех действий клиентов, которые готовы делегировать принятие решений профессиональному экспертному мнению помощника, каковым и должен стать банк. Создание банковских экосистем — это как раз попытка банков защититься от онлайн-игроков, которые удовлетворяют эти потребности клиентов в обход банков.

Поскольку функционирование банков как экосистем сводится к деятельности в цифровой среде, банки могут реализовывать одну из двух стратегий:

1. «Интеграция», когда помимо собственных продуктов банк расширяет партнерские связи, обогащая свою экосистему.

2. «Специализация», когда банк выступает разработчиком узко ориентированного продукта, который будет являться частью экосистемы клиента. Следствием данной стратегии станет тот факт, что банки начнут «дробить» уже существующие сервисы на составляющие с тем, чтобы потребители имели возможность приобрести то, в чем они нуждаются, без привязки к целому комплексу банковских услуг.

Хотелось бы отметить, что построение экосистемы разительно отличается от обычной иерархической структуры и всегда клиентоцентрична.

Необходимо подчеркнуть, что в развитии финансовой отрасли экономики, которая интегрирована во все сферы жизнедеятельности человека, особую роль играют такие технологии работы с данными, как:

- искусственный интеллект;
- туманные вычисления;
- технологии идентификации;
- технологии блокчейна;
- нейронные сети.

Наиболее востребованными финансовыми технологиями можно назвать платежи и переводы, краудфандинг, управление активами, финансовый маркетплейс, блокчейн. Общемировыми тенденциями в данной области стали: усиление внимания финансовых компаний и банков к обеспечению безопасности не только транзакций, но и к управлению персональными данными клиентов; многоплатформенность в связке банков с ритейлерами; использование искусственного интеллекта в финансовых технологиях.

Влияние рассматриваемых цифровых тенденций побуждает банки перейти от традиционной специализации на определенных услугах к стратегии построения экосистемы, под которой обычно понимается система взаимодействия банка, технологических компаний, регуляторов и

клиентов на основе сотрудничества и конкуренции одновременно для предоставления желаемого сервиса конечному пользователю.

Банк становится самым оптимальным каналом получения не только финансовых, но и других разнообразных услуг и сервисов.

Цифровая реальность еще не стала естественной средой для белорусских банков, однако рано или поздно каждый банк, который захочет оставаться конкурентоспособным и продолжать свою работу, будет вынужден сделать свой бизнес цифровым, чтобы соответствовать новым потребностям и ожиданиям клиентов.

Сегодня время ставит перед белорусскими банками новые задачи, кардинально отличающиеся от задач в прошлом. Самое главное – отвечать постоянно меняющимся требованиям клиентов, трансформировать организацию работы. Для того, чтобы создать экосистему, банку нужно прежде всего очень сильное и адаптированное технологическое решение.

Авторы самых радикальных прогнозов обещают, что через несколько лет розничные банки исчезнут вовсе и не только потому, что проиграют в технологичной конкуренции, но еще и потому, что их отделения изменившиеся клиенты будут воспринимать как наследие прошлого.

Менее радикальный прогноз – отделения сохранятся, а вот их функции, вид и устройство станут совсем другими.

Таким образом, задача для банков состоит в том, чтобы как лучше всего развернуть свои сильные стороны в новой цифровой эпохе, разрабатывать и внедрять новые бизнес-модели деятельности. Формат экосистемы позволяет клиенту экономить время, дает гарантии и уверенность в надежности финансовых нефинансовых услуг и продуктов, обеспечивает оптимизацию ценообразования и рост качества, объединяет наиболее эффективных поставщиков сервисов.

#### Список использованных источников

1. Алексеева, Д.А. Цифровая трансформация банковской системы / Д. А. Алексеева // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2019. – №5 (119) Часть I. – С. 160.

2. Кощев, В.А. Цифровая трансформация банковского сектора / В. А. Кощев, Ю. А. Цветков // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – 2018. – № 4 (38). – С. 40-41.

3. О приоритетных направлениях цифровой трансформации и планах Национального банка Республики Беларусь // Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://clck.ru/JnqM9>. – Дата доступа: 20.03.2021.

4. Удальцова, Н.Л. Современные тенденции развития цифровой экономики и ее влияние на предпринимательскую деятельность // Н.Л.Удальцова, В.И. Мосина // Экономические науки. – 2018. - №162. – С.43-48.

5. Сагынбекова, А.С. Цифровая экономика: понятие, перспективы, тенденции развития в России// А.С. Сагынбекова// Теория. Практика. инновации. – 2018. – №4. – С.255-267.

# ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРЕРАБОТКИ ЕЕ ПРОДУКЦИИ

УДК 639.3.043.13

## ПОДРАЩИВАНИЕ ЛИЧИНОК ЕВРОПЕЙСКОЙ ЩУКИ (*ESOX LUCIUS L.*, 1758) В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Астренков Андрей Валерьевич, к. с.-х. н.  
Литвинчук Кирилл Геннадьевич, аспирант  
Лихота Владислав Юрьевич  
Полесский государственный университет  
Astrenkov Andrei, PhD, [astrenkovav@mail.ru](mailto:astrenkovav@mail.ru)  
Litvinchuk Kiryl, postgraduate, [mi.kerzhik@gmail.com](mailto:mi.kerzhik@gmail.com)  
Lichota Vladislav, [lihotavladislav@gmail.com](mailto:lihotavladislav@gmail.com)  
Polesky State University

*В данной статье представлены данные по подращиванию личинок европейской щуки в заводских условиях рыбоводного предприятия. Установлено что, добавление искусственных комбикормов к естественной кормовой базе, способствует увеличению темпов роста на 10 %.*

**Ключевые слова:** аквакультура, кормление, личинка, подращивание, щука европейская.

Европейская щука (*Esox lucius L.*, 1758) относится к наиболее распространенным рыбам рек и озер северного полушария [1]. На территории Республики Беларусь встречается повсеместно, обладает высокими вкусовыми и гастрономическими качествами, в следствие чего, является ценным объектом аквакультуры. Потомство щуки в рыбхозах страны получают в заводских и естественных условиях. В нерестовых прудах молодь щуки как правило, значительно крупнее молоди, полученной в инкубационном цеху. Целью эксперимента было исследовать возможность подращивания молоди щуки различными видами кормов.

В водоёмах, щука играет двоякую роль, будучи хищником, она с одной стороны наносит вред рыбному хозяйству, так как может поедать промысловые виды рыб, а с другой стороны оказывает положительный эффект, поедая сорные виды, в результате чего повышается рыбопродуктивность промысловых участков рек и озер [2]. Схожие процессы протекают в водохранилищах, особенно в первые годы после их образования, в результате чего увеличивается численность плотвы и окуня. В прудовых хозяйствах щука играет роль «мелиоратора», годовики щуки интенсивно выедают молодь сорных видов рыб, которые конкурируют в питании с основными выращиваемыми карповыми видами, в результате этого увеличивается рыбопродукция прудов и значительно шире становится ассортимент выращиваемой товарной рыбы [3].

Работа была выполнена на базе р-х Полесье в 2009 году, где личинку щуки получали в заводских условиях.

В инкубационном цеху самки щуки отдали икру 3 апреля, было оплодотворено 1,5 – 2,0 мл.шт. икринок и посажено на инкубацию в аппараты «Вейса». Икра инкубировалась в 40 аппаратах в течении 7 суток при температуре воды 10 – 11 °С. Выклев личинки начался 10 апреля.

Из аппаратов личинку щуки перенесли в 6 лотков. Как известно на активное питание личинка щуки переходит через 7 – 8 суток после выклева при температуре воды 10 – 14 °С. До момента перехода на активное питание личинки щуки находились в состоянии покоя (прикреплены к стенкам лотков и фонарю, либо лежали на дне). Питание щуки тесно взаимосвязанно с её постэмбриональным развитием. На первых трёх этапах, личинки щуки способны исключительно к эндогенному питанию за счёт своего желточного мешка [4,5]. Так же, это обусловлено рядом морфологических и физиологических особенностей, например таких как: голова, располагается на труднообтекаемом большом желточном мешке, при относительно небольшом размере самой особи, примерно 7,5 – 10,0 мм, рот отсутствует полностью, органы чувств ещё не сформированы.

Перед подращиванием личинки щуки были подготовлены 2 лотка. На дно каждого положили кремль, водовпуски оснастили фильтрами и залили лотки водой. Глубина воды возле водовпуска составила 16 см, возле фонаря – 18 см средняя по лотку – 17 см. За период подращивания личинки глубину воды в лотках не меняли. Расход воды в каждом лотке был 9 – 10 л/мин.

В экспериментальные лотки личинку щуки пересадили на 7 сутки (16 апреля), по 10000 шт на каждую ванну. Плотность посадки личинки составила 20000 шт/м<sup>3</sup>. В этот период личинки щуки переходят на смешанное питание, их длина тела варьирует от 12,5 до 13,0 мм. Это объясняется развитием органов захвата и переваривания пищи: формируется рыло «щучий нос» и появляются челюстные и глоточные зубы [4,5]. Даже при полном отсутствии корма, можно наблюдать процесс охоты щуки, связан данный процесс с развитием органов чувств, а именно глаз, так как щука охотится только на свету.

Срок подращивания личинки составил 7 суток. Подращивали ее в двух лотках: в контрольном лотке 8/1 весь период личинку кормили живыми кормами (зоопланктон, хирономиды), а в опытном лотке 8/2 помимо живых кормов задавали экспериментальный комбикорм.

Зоопланктон ловили в нерестовиках, затем очищали его от мусора и крупных хищных форм процедив через сито №12, после чего скармливали личинке. С первых суток кормления в опытный лоток задавали комбикорм. С начала пробовали кормить комбикормом с размером крупки 0,45, однако основная масса корма плавала на поверхности воды, тем самым была не доступна личинке щуки, поэтому было решено приучать ее к комбикорму с размером крупки 1,0.

Кормление хирономидами приступили на третьи сутки подращивания. В этот период личинки охотно поедали мотыля размером 7 – 9 мм, более крупные особи ей были не доступны, и лишь на пятые сутки некоторые щучки начали заглатывать крупных хирономид размером 10 – 12 мм. Для снижения проявления каннибализма у личинок щуки на ночь лотки накрывали брезентом.

Отмечались единичные явления каннибализма у личинок щуки в возрасте 16 суток. Основной причиной каннибализма являлось отсутствие корма в выростных емкостях в течение вечерних, ночных и ранних утренних часов, а также несоответствие размеров корма размерам ротового аппарата на отдельных этапах выращивания. Совершая уже в раннем возрасте резкие бросковые движения, связанные с повышенными затратами энергии и обладая сравнительно короткой пищеварительной системой, щука требует большей частоты кормлений по сравнению с мирными традиционными объектами, которые по типу питания являются преимущественно бентофагами.

В начале опыта личинка щуки была одинаковой по массе и длине как в опытном, так и контрольном лотках (табл.).

Таблица – Показатели подращивания личинок европейской щуки на базе ОАО «Рыбхоз «Полесье».

| № лотка назначения | Средняя масса личинки на начало подращивания, мг | Средняя длина, мм | Плотность посадки, шт/м <sup>3</sup> | Средняя масса личинки в конце подращивания, мг | Средняя длина, мм | Выход, % | Скормлено кормов, г |                        |                       | Кормовой коэффициент |
|--------------------|--|-------------------|--------------------------------------|--|-------------------|----------|---------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
|                    |  |                   |                                      |  |                   |          | зоопланктон         | хирономиды             | комби-корм            |                      |
| 8/1 контроль       | 11,5   | 12,2              | 20000                                | 37,7   | 18,7              | 90       | 950                 | $\frac{213}{107}^{**}$ | -                     | 3,1                  |
| 8/2 опыт           | 11,5   | 12,2              | 20000                                | 41,8   | 19,2              | 90       | 950                 | $\frac{213}{107}^{**}$ | $\frac{424}{85}^{**}$ | 3,0                  |

\* – количество корма внесенного в лоток

\*\* – количество корма, съеденного личинками (зоопланктон личинка щуки поела полностью, хирономиды – 50%, комбикорм – около 20%).

В конце подращивания лотки обловили, полученную молодь щуки посадили в нагульный пруд № 1. Выход с каждого лотка составил 9000 штук, средняя масса в опыте была 41,8 мг в контроле – 37,7 мг, кормовой коэффициент – 3,0 и 3,1 соответственно.

На основании полученных данных, можно сделать вывод о том, что при подращивании молоди щуки, в заводских условиях следует прибегать к использованию искусственных комбикормов. Это связано с тем, что при переходе на активное экзогенное питание, в момент отсутствия естественного корма и не возможности его скорого внесения, использование искусственных комбикормов в большей степени купирует проявление каннибализма. Совместное использование искусственных комбикормов с живыми кормами в процессе подращивания личинок щуки способствует увеличению массонакопления, в следствии чего можно снизить кормовой коэффициент. Установлено что, добавление искусственных комбикормов к естественным кормам, способствует увеличению темпов роста на 10 %.

#### Список использованных источников

1. Пономарев, С. В. Ихтиология: Учебник./ С. В. Пономарев, Ю. М. Баканева, Ю. В. Федоровых. – 2е изд., доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 560 с.
2. Ефимов, А.Б. Особенности индустриального выращивания европейской щуки *Esox lucius* в условиях установки замкнутого водообеспечения / А.Б. Ефимов // Журнал «Рыбное хозяйство», ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» – 2011. – № 5. – С. 49 – 54.
2. Яржомбек, А.А. Образ жизни и поведение промысловых рыб : учеб.-метод. пособие / А.А. Яржомбек. – Москва : Издательство ВНИРО , 2016. – 200 с.
3. Ваганов, С.В. Эколого-биологические особенности заводского метода разведения рыб : автореф. дис канд. биол. наук : 03.00.16 ; 06.02.01 / С.В. Ваганов ; Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2001. – 18 с.
4. Костомарова, А.А. Значение этапа смешанного питания для выживаемости личинок щуки / А.А. Костомарова. – Москва : Труды совещаний ихтиологической комиссии АН СССР, 1961. – вып. 13. – С. 344 – 347.
5. Шамардина, И.И. Этапы развития щуки / И. И. Шамардина . – Москва : Труды института морфологии животных им. А.Н. Северцова АН СССР, 1957. – вып. 16.– С. 237 – 297.

УДК 636:39.087.7

### **ВЛИЯНИЕ ФУЛЬВОВОЙ КИСЛОТЫ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ, ЖИЗНЕСТОЙКОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ ЛИЧИНОК МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА ДАНИО РЕРИО В ЭКСПЕРИМЕНТЕ *IN VIVO***

**Барулин Николай Валерьевич, к.с.-х.н., доцент**

**Жарикова Анастасия Олеговна**

**Воробьев Артем Олегович**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия**

Barulin Nikolai, PhD, barulin@list.ru

Zharikova Anastasia

Vorobiev Artem

Belarusian State Agricultural Academy

Проведенные исследования установили, что фульвовая кислота при внесении 60 %-го концентрата в инкубационные среды для эмбрионов модельного объекта данио рерио не оказывает эмбриотоксический эффект в дозировках 0,1 – 1 %. При дозировке 5 % был обнаружен эмбриотоксический эффект, который выразился в снижении выживаемости эмбрионов и личинок, а также в снижении двигательной активности свободных эмбрионов. Дозировки 0,1–0,5 % оказывают стимулирующее влияние личинок данио рерио в тесте на жизнестойкость.

**Ключевые слова:** данио рерио, фульвовая кислота, выживаемость, эмбриотоксичность, жизнестойкость, поведение.

**Введение.** Рыбы являются удобной моделью для оценки влияния различных факторов на физиологические показатели живых организмов [1, 2].

Фульвовая кислота (*fulvic acid, FA*) – это один из двух классов натурального кислотного органического полимера, который может быть извлечен (экстрагирован) из гумуса, обнаруженного в почве, осадке или водной среде. Его название происходит от латинского *fulvus*, обозначая его желтый цвет. Это органическое вещество растворимо в сильной кислоте (pH = 1) и имеет усредненную химическую формулу  $C_{135}H_{182}O_{95}N_5S_2$  [3]. Широкое применение фульвовая кислота получила в медицине благодаря своему влиянию на организм человека. Основными положительными воздействиями являются: детоксикация, антиоксидантная активность, транспорт веществ, пребиотическая функция, защита от аллергенов, помощь в борьбе с вирусами [4].

В промышленном рыбоводстве специалисты часто прибегают к добавкам к воде на основе фульвовых кислот или, к продуктам на основе гуминовых веществ из сектора кормов для животных [5]. Несмотря на перспективно положительные характеристики фульвовой кислоты, ее использование в области кормления рыб является малоизученным. Также открытым остается вопрос в дозировании данной кислоты при ее использовании в аквакультуре.

Целью наших исследований являлась оценка эмбриотоксичности различных дозировок фульвовой кислоты в эксперименте *in vivo*.

**Материал и методика исследований.** Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства в 2020 г., в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Физиология рыб» (научный руководитель лаборатории – Барулин Н. В.). В качестве объектов исследований использовали данио рерио на стадии икры и на стадии свободного эмбриона, а также личинки перешедшие на активное питание. В эксперименте использовали 60 % концентрат фульвовой кислоты. Инкубацию эмбрионов осуществляли в 90 мм полистирольных чашках Петри. Температура инкубации эмбрионов составляла 27,5 °С. Объем инкубационной среды в каждой чашке Петри составлял 40 мл. В каждую чашку Петри помещались по 30 экз. эмбрионов спустя 24 часа после оплодотворения. Дополнительно в инкубационные среды опытных групп перед началом инкубации вносился концентрат фульвовой кислоты в дозировках, обеспечивающих концентрацию 0,1 % (опытная группа 1); 0,5 % (опытная группа 2); 1,0 % (опытная группа 3); 5,0 % (опытная группа 4) от исходного 60-го % концентрата фульвовой кислоты. В контрольную группу фульвовая кислота не вносилась. Каждая опытная и контрольная группа имела дополнительно 2 дубликата. После внесения фульвовой кислоты в опытные группы, ежедневно регистрировали выживаемость эмбрионов. После перехода эмбрионов из стадии икры, в стадию свободного эмбриона, осуществляли регистрацию частоты сердечных сокращений и активность кровотока в хвостовой вене при помощи биологического микроскопа и камеры для микроскопа Basler acA2040-55uc. Захват изображений осуществляли при помощи ПО pylonViewer, с дальнейшим обработкой видео на специализированном ПО DanioScope (Noldus). После перехода свободных эмбрионов на плав, осуществляли тестирование подвижности эмбрионов в LDT тесте (light dark test) в 96 луночном планшете с круглыми лунками. Запись подвижности эмбрионов осуществляли при помощи камеры Basler, снабженной инфракрасным фильтром и ПО pylon Viewer с дальнейшим анализом траекторий движения в ПО EthoVision XT (Noldus) в режиме DanioVision. Для статистической обработки использовали программу R с пакетами RCommander и др. В дальнейшем осуществляли контроль выживаемости и размерных показателей у личинок, перешедших на активное питание в обычных условиях, и в условиях теста на жизнестойкость (в условиях отсутствия аэрации, подмены воды, высоких концентрациях аммония, аммиака, нитритов, нитратов).

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате проведенных исследований было установлено, что различные дозировки фульвовой кислоты способны оказывать как отрицательный, так и положительный эффект на эмбрионы и личинки данио рерио в условия *in vivo*. Так, выживаемость в период инкубации эмбрионов в контрольной и в опытных группах 1 – 3 составила 100 %. В опытной группе 4 выживаемость эмбрионов составила 40 %. Исследования ЧСС и активности кровотока в хвостовой вене не выявила достоверных различий между исследуемыми группами. Исследования ЧСС и активности кровотока в хвостовой вене в опытной группе 4 не осуществлялись по причине задержки их эмбрионального развития.

В опытной группе 3 происходило увеличение ЧСС. Однако статистический анализ не выявил достоверных различий.

Исследования подвижности свободных эмбрионов в LTD тесте установили достоверное снижение общего проплываемого расстояния и средней скорости подвижности в опытной группе 4. В остальных группах не было установлено достоверных различий по отношению в контрольной группе.

Свободные эмбрионы в контрольной группе хорошо реагировали на изменение светового режима. При выключении видимого света подвижность свободных личинок заметно активизировалась, что выражалось в колоколообразных кривых на графике, в отличие от опытной группы 4, свободные эмбрионы которой практически не реагировали на выключение видимого света.

Средняя скорость подвижности за весь период LTD теста в темноте составила  $0,458 \pm 0,029$  мм/с в контрольной группе и  $0,005 \pm 0,001$  мм/с в опытной группе 4.

Дальнейшие наблюдения за личинками, перешедшими на активное питание установили, что в опытной группе 4 происходило достоверное снижение выживаемости по отношению к контрольной группе, которое составило 30 % (75 % в контрольной группе). При этом в опытных группах 1 и 2 происходило достоверное повышение выживаемости, относительно контрольной группы – 90 и 85 %, соответственно.

Достоверных отличий между исследуемыми группами по средней длине обнаружено не было.

С целью исследования влияния фульвовой кислоты на жизнестойкость личинок, перешедших на активное питание в условиях отсутствия аэрации, подмены воды и высоких концентрациях азотных веществ (по причине использования сухих кормов), нами были сформированы исследуемые группы: контрольная, опытная 1 (внесение в воду 0,05 % фульвовой кислоты), опытная 2 (внесение в воду 0,1 % фульвовой кислоты), опытная 3 (внесение в воду 0,5 % фульвовой кислоты). В тесте на жизнестойкость, в опытных группах с дозировками внесения концентрата фульвовой кислоты 0,1 и 0,5 %, были продемонстрированы наибольшие показатели выживаемости личинок – 50 и 55 %, соответственно (достоверной разницы между этим группами обнаружено не было), тогда как в контрольной группе, а также в опытной группе с дозировкой концентрата 0,05 %, наблюдалась 100 % смертность личинок. В опытных группах в которых выжили личинки, достоверной разницы по средней длине не наблюдалось.

Такие результаты жизнестойкости под влиянием фульвовой кислоты можно объяснить ее потенциальными токсикорезистентными свойствами. Кроме того, повышение жизнестойкости опытных групп 2 и 3 в условиях высокой концентрации азотных веществ относительно контрольной группы и опытной группы 1 (0,05 %) можно объяснить тем, что под влиянием фульвовой кислоты происходило снижение pH, что снижало долю  $\text{NH}_3$  в соединении  $\text{NH}_3\text{--NH}_4$ .

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования установили, что фульвовая кислота при внесении 60 %-го концентрата в инкубационные среды для эмбрионов модельного объекта данио рерио не оказывает эмбриотоксического эффекта в дозировках 0,1 – 1 %. При дозировке 5 % нами был обнаружен эмбриотоксический эффект, который выражался в снижении выживаемости эмбрионов и личинок, а также в снижении двигательной активности свободных эмбрионов. Дозировки 0,1 – 0,5 % оказывают стимулирующее влияние на личинок данио рерио в тесте на жизнестойкость. Мы полагаем, что такой эффект можно объяснить тем, что при добавлении фульвовой кислоты в воду происходило снижения токсичности азотных веществ.

#### Список использованных источников

1. Барулин, Н. В. Комплекс диагностического мониторинга физиологического состояния ремонтно–маточных стад осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения / Н. В. Барулин // Вестник Государственной полярной академии. – 2014. – № 1 (18). – С. 19–20.

2. Барулин, Н. В. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных индустриальных комплексах с применением инновационных методов / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский, К. Л. Шумский, Л. О. Атрощенко, Е. Г. Новикова, С. В. Роговцов, М. С. Лиман – Горки : БГСХА, 2016. – 204 с.

3. Britannica [Electronic resource]: Fulvic acid chemical compound. – Mode of access: <https://www.britannica.com/science/fulvic-acid>. – Date of access: 18.01.2021.

4. Арт Лайф [Электронный ресурс] / Чем полезна фульвовая кислота для человека. – Режим доступа: <https://www.artlife.ru/blog/zdorove/chem-polezna-fulvovaya-kislota-dlya-cheloveka?> – Дата доступа: 18.01.2021.

5. German technology. Humic substances based products [Electronic resource]: What fulvic acids do for your aquarium. – Mode of access: <https://www.humintech.com/livestock-breeding/blog/what-fulvic-acids-do-for-your-aquarium>. – Date of access: 20.01.2021.

УДК 639.3.03 / 04

## **ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КУПРУМ-АКТИВ» НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ ЛИЧИНОК МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА ДАНИО РЕРИО В ЭКСПЕРИМЕНТЕ *IN VIVO***

**Барулин Николай Валерьевич, к.с.-х.н., доцент**

**Воробьев Артем Олегович**

**Жарикова Анастасия Олеговна**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия**

Barulin Nikolai, PhD, [barulin@list.ru](mailto:barulin@list.ru)

Vorobiev Artem

Zharikova Anastasia

Belarusian State Agricultural Academy

*Исследования установили, что при концентрации кормовой добавки 20 мг/л и выше наблюдался остротоксический эффект, который выражался в виде 100 % смертности эмбрионов. Наименее токсичными (нетоксичными) концентрациями для эмбрионов были 0,5 мг/л, 2,5 мг/л и 5 мг/л (выживаемость 100%)*

**Ключевые слова:** *данио рерио, эмбрионы, личинки, кормовая добавка «Купрум-Актив», поведение рыб, плавательная активность, выживаемость.*

**Введение.** Рыбы являются удобной моделью для оценки влияния различных факторов на физиологические показатели живых организмов [1, 2].

Медь - важный микроэлемент для животных, необходимый для роста сельскохозяйственных животных [3]. Улучшение иммунитета, повышение жизнестойкости и выживаемости рыб, на начальных стадиях развития, играет одну из ведущих целей для изучения [4].

Медь играет большую роль и в аквакультуре для борьбы с водорослями и паразитами в морских и пресноводных системах, а так же для повышения выживаемости и улучшения кроветворения у рыб. Однако концентрация меди, необходимая для лечения, может быть опасна или летальна для других видов рыб и беспозвоночных. Сублетальные и токсические уровни меди повреждают жабры и другие ткани рыб, а также подавляют иммунную систему [5].

Целью работы являлось оценка эмбриотоксичности кормовой добавки «Купрум Актив» на эмбрионы и личинки рыб.

**Материал и методика исследований.** Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства в 2020 г., в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Физиология рыб» (научный руководитель лаборатории – Барулин Н.В.). В качестве объектов исследований использовали эмбрионов и личинок данио рерио дикого типа, находящиеся на стадии икринки и, впоследствии, перешедших на активное питание. Эмбрионы рыб получались от индивидуального нереста (1 самец - 1 самка). Самец и самка накануне, вечером, отсаживались в 3-х литровый лоток-нерестовик (лоток, имеющий нерестовый субстрат), в котором имелась прозрачная перегородка, отделяющая самца от самки. Лоток находился на общем водоснабжении водой из вивария. Температура воды при нересте составляла 27 °С. Утром, в 9.00, перегородка убиралась, и через 10-15 минут происходило начало естественного нереста. После извлечения эмбрионов из лотка-нерестовика (в 11.00), они промывались от загрязнений, помещались в инкубационную среду. Инкубацию эмбрионов осуществляли в 90 мм полистирольных чашках Петри, которые помещались в охлаждаемые инкубаторы с системой охлаждения и нагревания ST 5 SMART (Pol-Еко-Аparatura, Польша). Температура инкубации эмбрионов составляла 27,5 °С. Объем инкубационной среды в каждой чашке Петри составлял 40 мл. В каждую чашку Петри помещались по 30 экз. эмбрионов

спустя 24 часа после оплодотворения. После размещения эмбрионов по чашкам Петри, были созданы следующие экспериментальные группы – контрольная и 12 опытных групп с разными дозировками вещества. Опытные группы имели следующие концентрации кормовой добавки «Купрум-Актив» (мг/л): группа №1 – 0,5, группа №2 – 2,5, группа №3 – 5, опытная группа №4 – 10, опытная группа №5 – 20, опытная группа №6 – 40, группа №7 – 80, группа №8 – 400, группа №9 – 800, группа №10 – 1000, группа №11 – 5000 и группа №12 – 10000 мг/л.

Для анализа поведения личинок в LDT (light dark test) тесте использовали стандартный 96 луночный планшет для ИФА-анализов с круглыми лунками, в каждую лунку которого помещали по 1 личинке данио рерио. 96 луночный планшет размещался на платформе с инфракрасным освещением и затем накрывался затемненным боксом с поддержанием температуры. Продолжительность адаптации личинок в затемненных условиях составляла 30 минут. Затем осуществлялось последовательное включение и выключение белых светодиодов с 10 минутными интервалами. В ходе LDT теста осуществлялась запись подвижности личинок каждые 2 минуты, в течение 2-х минут, при помощи камеры для микроскопа Basler, снабженной инфракрасным фильтром и ПО pylon Viewer с дальнейшим анализом траекторий движения в ПО EthoVision XT (от компании Noldus) в режиме DanioVision.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты исследований установили, выживаемость в опытных группах №5 - №12 составила 0%, то есть, концентрации 20, 40, 80, 400, 800, 1000, 5000 и 10000,0 мг/л оказались летальными для эмбрионов. В контрольной группе выживаемость эмбрионов составила 100%, так же в опытных группах №1, №2 и №3 выживаемость составила 100%. В опытной группе №4 выживаемость составила 50%.

Исследования скорости подвижности в LDT-тесте при, выключении видимого света, показали следующие результаты максимальных средних значений: в контрольной группе –  $0,43 \pm 0,08$  мм/с,  $0,38 \pm 0,06$  мм/с,  $0,31 \pm 0,04$  мм/с,  $0,29 \pm 0,04$  мм/с,  $0,42 \pm 0,05$  мм/с,  $0,39 \pm 0,03$  мм/с; в исследуемой группе №1 (с концентрацией кормовой добавки 0,5 мг/л):  $0,82 \pm 0,07$  мм/с,  $0,71 \pm 0,05$  мм/с,  $0,60 \pm 0,05$  мм/с,  $0,41 \pm 0,06$  мм/с,  $0,48 \pm 0,05$  мм/с и  $0,60 \pm 0,05$  мм/с. Скорость подвижности свободных эмбрионов в опытной группе №1 была в среднем выше чем в контрольной группе.

Исследования скорости подвижности в LDT-тесте при, выключении видимого света в исследуемой группе №2 (с концентрацией кормовой добавки 2,5 мг/л), показали следующие результаты максимальных средних значений:  $0,75 \pm 0,08$  мм/с,  $0,60 \pm 0,06$  мм/с,  $0,56 \pm 0,05$  мм/с,  $0,44 \pm 0,07$  мм/с,  $0,55 \pm 0,06$  мм/с,  $0,59 \pm 0,07$  мм/с, что так же было выше, чем в контрольной группе.

Показатели скорости подвижности эмбрионов в опытной группе №3, с концентрацией кормовой добавки 5,0 мг/л, достоверно не отличались от опытной группы №2. Нами были установлены следующие результаты:  $0,77 \pm 0,09$  мм/с,  $0,69 \pm 0,10$  мм/с,  $0,64 \pm 0,09$  мм/с,  $0,62 \pm 0,08$  мм/с,  $0,49 \pm 0,08$  мм/с,  $0,59 \pm 0,09$  мм/с.

Исследования скорости подвижности в LDT-тесте при, выключении видимого света в исследуемой группе №4 (с концентрацией кормовой добавки 10,0 мг/л), показали следующие результаты максимальных средних значений:  $0,28 \pm 0,10$  мм/с,  $0,24 \pm 0,10$  мм/с,  $0,23 \pm 0,10$  мм/с,  $0,26 \pm 0,09$  мм/с,  $0,25 \pm 0,09$  мм/с и  $0,26 \pm 0,09$  мм/с.

Исходя из полученных результатов, нами были рассчитаны общие средние величины скорости подвижности в контрольной и опытных группах (при выключении видимого света): контрольная группа –  $0,16 \pm 0,009$  мм/с, группа №1 –  $0,22 \pm 0,012$  мм/с, группа №2 –  $0,24 \pm 0,012$  мм/с, группа №3 –  $0,26 \pm 0,014$  и группа №4 –  $0,15 \pm 0,015$  мм/с. При включении света: контрольная группа –  $0,05 \pm 0,006$  мм/с, группа №1 –  $0,02 \pm 0,004$  мм/с, группа №2 –  $0,04 \pm 0,005$  мм/с, группа №3 –  $0,04 \pm 0,005$  мм/с и группа №4 –  $0,02 \pm 0,003$  мм/с.

Общие средние показатели проплываемой дистанции у исследуемых групп были следующими (при выключении видимого света): контрольная группа –  $19,5 \pm 1,12$  мм, группа №1 –  $26,6 \pm 1,50$  мм, группа №2 –  $30,1 \pm 1,54$  мм, группа №3 –  $31,9 \pm 1,72$  мм и группа №4 –  $18,3 \pm 1,84$  мм. При включении света: контрольная группа –  $6,22 \pm 0,76$  мм, группа №1 –  $3,34 \pm 0,52$  мм, группа №2 –  $4,93 \pm 0,71$  мм, группа №3 –  $5,16 \pm 0,69$  мм и группа №4 –  $3,44 \pm 0,46$  мм.

В дальнейшем мы осуществляли наблюдение за личинками из исследуемых групп. В результаты были установлены следующие значения выживаемости 7 суточных личинок данио рерио: контрольная группа – 40%, опытная группа №1 – 40%, опытная группа №2 – 40%, опытная группа №3 – 30%, опытная группа №4 – 30%.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования по оценке эмбриотоксичности кормовой добавки «Купрум-Актив» на личинок данио рерио установили, что концентрации кормовой добавки «Купрум-Актив» 0,5 мг/л, 2,5 мг/л, 5,0 мг/л не оказывают достоверного эмбриотоксического эффекта на эмбрионы и личинки данио рерио. Концентрация 10 мг/л оказывает влияние на снижение выживаемости эмбрионов и личинок, а также на поведение личинок. Превышенные концентрации «Купрум-Актив» более 20 мг/л, оказывает остротоксическое влияние на выживаемость эмбрионов и личинок данио рерио.

Вызывает интерес влияние «Купрум-Актив» на дальнейший рост и развитие рыб, однако это тема наших дальнейших исследований.

#### Список использованных источников

1. Барулин, Н. В. Комплекс диагностического мониторинга физиологического состояния ремонтно-маточных стад осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения / Н. В. Барулин // Вестник Государственной полярной академии. – 2014. – № 1 (18). – С. 19–20.
2. Барулин, Н. В. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных промышленных комплексах с применением инновационных методов / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский, К. Л. Шумский, Л. О. Атрощенко, Е. Г. Новикова, С. В. Роговцов, М. С. Лиман – Горки : БГСХА, 2016. – 204 с.
3. Copper deficiency in sheep and cattle. [Electronic resource] / Department of Primary Industries and Regional Development | Agriculture and Food / – Access mode: <https://www.agric.wa.gov.au/feeding-nutrition/copper-deficiency-sheep-and-cattle> - Date of access: 14.02.2021.
4. Павлов, Д.С. Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов / Д.С. Павлов // Российская академия наук. Федеральное агентство научных организаций, 2015 – С. 11-16.
5. Yanong, R. Use of Copper in Marine Aquaculture and Aquarium Systems / R. Yanong // FA164. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 2010 – P. 1-5.

УДК 639.3.03 / 04

### РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРАТКОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ СПЕРМЫ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

**Барулин Николай Валерьевич, к.с.-х.н., доцент**

**Шумский Константин Леонардович**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия**

Barulin Nikolai, PhD, Associate Professor, [barulin@list.ru](mailto:barulin@list.ru)

Shumsky Konstantin

Belarusian State Agricultural Academy

*Разработаны способы увеличения сроков краткосрочного хранения спермопродукции, основанные на уменьшении концентрации сперматозоидов путем разбавления пробы сывороткой спермы (1:10), понижении температуры хранения до 5 °С, принудительной оксигенации и добавлении борной кислоты (500 мг/л) либо винной кислоты (125 мг/л) в качестве консерванта и антиоксиданта, сохраняющие подвижность и оплодотворяющую способность сперматозоидов до 20 суток.*

**Ключевые слова:** *аквакультура, осетровые, воспроизводство, спермопродукция, краткосрочное хранение спермы, подвижность, консервант.*

**Введение.** Воспроизводство дикой рыбы, а также контролируемое воспроизводство в аквакультуре – биологические мероприятия, тесно связанные с репродуктивным успехом и, в частности, с оплодотворением зрелых ооцитов. В настоящее время репродуктивная функция осетровых рыб, особенно в промышленных условиях, снижается. В этой связи технология искусственного воспроизводства осетровых рыб нуждается в постоянном совершенствовании. Успех оплодотворения высоко зависит от подвижности сперматозоидов, поэтому изучение подвижности спермато-

зоидов способствует совершенствованию методов искусственного оплодотворения. Современные методы компьютерной диагностики качества спермы позволяют проводить точные исследования на высоком методическом уровне [1].

В технологии искусственного воспроизводства осетровых рыб важным моментом является период хранения спермы, поскольку этого требуют различные технологические ситуации (задержка созревания самок, необходимость транспортировки и др.). Известным способом хранения спермы является ее криоконсервация. Однако криоконсервация может значительно снизить качество сперматозоидов. По этой причине перспективным является разработка методов повышения периода краткосрочного хранения спермы осетровых рыб.

Изучение методов оценки, сохранения качества и повышения оплодотворяющей способности спермы является актуальным направлением исследований в области практической аквакультуры.

Цель работы заключалась в разработке методов сохранения качества спермы осетровых рыб при искусственном оплодотворении.

**Материал и методика исследований.** Экспериментальные исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства и рыбоводных хозяйств, работающих по технологии замкнутого водоснабжения: фермерское хозяйство «Василек» (Минская область), рыбоводный индустриальный комплекс УО «БГСХА» (с 2017 г. – рыбоводный индустриальный комплекс ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва» (Могилевская область)), ООО «Фирма «Ремона» (г. Могилев), а также в прудовых хозяйствах ОАО «Рыбхоз Волма» (Минская область) и ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» (Брестская область). Лабораторные исследования выполнялись в лабораториях кафедры ихтиологии и рыбоводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Исследования проводились в период 2014–2019 гг. В качестве объекта исследований была выбрана сперма самцов 5 видов и гибридов осетровых рыб, таких как сибирский осетр ленской популяции (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869), русский осетр (*A. gueldenstaedtii*, Brandt, 1833), стерлядь (*A. ruthenus*, Linnaeus, 1758), гибрид бестер (*Huso huso* × *A. ruthenus*), гибрид РО×ЛО (*A. gueldenstaedtii* × *A. baerii*).

Отбор спермопродукции осуществлялся с помощью пластикового шприца Жане с катетером. Объем получаемой пробы составлял в среднем 100 см<sup>3</sup>. Получаемая сперма имела наивысший балл по 5-балльной шкале Персова.

Выделение сыворотки из пробы для разбавления спермы до необходимой концентрации проводили методом центрифугирования (2 мин при 800 об/мин затем 10 минут при 3500 об/мин).

Для исследования подвижности сперматозоидов использовалась система CASA состоящая из тринокулярного электронного микроскопа (ММС-KZ-900) с камерой для микроскопии (ММС-31С12-М) и персонального компьютера с автоматизированным программным обеспечением ММС Сперм с последующим анализом данных в программе ImageJ.

В ходе данного исследования в качестве консервантов и антиоксидантов с целью увеличения срока хранения спермопродукции использовались различные химические вещества.

Для проведения исследований по применению антиоксидантов были сформированы контрольная группа, в которой сперма разбавлялась в сыворотке без добавления консерванта и опытные группы, в которых сперма разбавлялась в сыворотке с добавлением консервантов в различных концентрациях.

При исследовании влияния борной кислоты на качественные и количественные показатели спермы были сформированы следующие опытные группы, в которых сперма разбавлялась в сыворотке с добавлением кислоты в концентрациях – 125, 250, 500, 1000 мг/л, цинка (в форме сульфат цинка) в концентрациях – 125, 250, 500, 1000 мг/л, винной кислоты в концентрациях – 125, 250, 500, 1000 мг/л, спирта (технический этанол) в концентрациях – 1, 2, 3, 4, 5 %, сахара в концентрациях – 125, 250, 500 мг/л, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 Н) в концентрациях – 10, 50, 100 мг/л. лимонной кислоты в концентрациях – 125, 250, 500 мг/л. Затем сперма помещалась в пробирки типа Eppendorf для хранения в холодильнике.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Как показали наши исследования, в процессе хранения происходит увеличение антиоксидантной активности спермоплазмы, что косвенно свидетельствует об увеличении образования активных форм кислорода, кроме того, активные формы

кислорода могут образовываться в ответ на принудительную оксигенацию в этой связи одним из путей решения этой проблемы рекомендуется использоваться антиоксиданты.

На основании вышеизложенного нами были выбраны вещества, которые, по нашему мнению, могли оказать эффект на увеличение периода краткосрочного хранения спермы: цинк (в форме сульфата цинка), этиловый спирт, сахароза,  $H_2SO_4$  (0,1 Н), лимонная, винная и борная кислоты.

В результате проведенных исследований нами было установлено, что цинк оказывает отрицательное действие на качественные и количественные показатели сперматозоидов сибирского осетра ленской популяции в течение краткосрочного хранения. Такие же негативные результаты были получены при использовании спирта. Хотя, следует обратить внимание на то, что на 3-й день хранения спирт в концентрации 3 % и 4 % продемонстрировал лучшие значения относительно контрольных значений. Использование сахарозы,  $H_2SO_4$  (0,1 Н), лимонной кислоты также произвело отрицательный эффект.

Однако следует отметить, что хорошие результаты при краткосрочном хранении спермы были продемонстрированы при использовании винной кислоты. При использовании винной кислоты сперматозоиды, разведенные в концентрации 1:10, при хранении в холодильнике в контейнерах заполненными на 10 % оставались активными в среднем до 10-го дня.

Через сутки после сцеживания (на 2-й день хранения) в контрольной группе, в сыворотку которой не добавляли винную кислоту, общая средняя криволинейная скорость сперматозоидов (VCL) составила  $59,90 \pm 0,52$  мкм/с. В опытных группах значения VCL составили:  $27,89 \pm 1,46$  мкм/с при концентрации винной кислоты в сыворотке спермы 125 мг/л,  $5,03 \pm 2,66$  мкм/с – 250 мг/л. В опытных группах с концентрациями 500 и 1000 мг/л подвижных сперматозоидов не обнаружено.

На 10-й день хранения в контрольной группе подвижных сперматозоидов обнаружено не было. В опытной группе с концентрацией винной кислоты 125 мг/л значения VCL составили  $22,71 \pm 4,77$  мкм/с.

Лучшие результаты при краткосрочном хранении спермы были продемонстрированы при использовании борной кислоты. При использовании борной кислоты сперматозоиды, разведенные в концентрации 1:10, при хранении в холодильнике в контейнерах заполненными на 10 % оставались активными в среднем до 13-го дня.

Через сутки после сцеживания (на 2-й день хранения) в контрольной группе, в сыворотку которой не добавляли борную кислоту, общая средняя криволинейная скорость сперматозоидов (VCL) составила  $59,90 \pm 0,52$  мкм/с. В опытных группах значения VCL составили:  $61,76 \pm 0,78$  мкм/с при концентрации борной кислоты в сыворотке спермы 125 мг/л,  $58,39 \pm 0,67$  мкм/с – 250 мг/л,  $57,11 \pm 0,62$  мкм/с ( $p \leq 0,001$ ) – 500 мг/л,  $50,12 \pm 0,90$  мкм/с ( $p \leq 0,001$ ) – 1000 мг/л.

На 13-й день хранения в контрольной и опытных группах с концентрацией борной кислоты 125 и 250 мг/л подвижных сперматозоидов обнаружено не было. В остальных опытных группах значения VCL составили:  $27,29 \pm 3,59$  мкм/с ( $P \leq 0,05$ ) – 500 мг/л,  $23,69 \pm 4,35$  мкм/с ( $P \leq 0,05$ ) – 1000 мг/л.

Через сутки после сцеживания (на 2-й день хранения) в контрольной группе, в сыворотку которой не добавляли борную кислоту, средняя криволинейная скорость сперматозоидов категории А (VCL (A)) составила  $60,13 \pm 0,47$  мкм/с. В опытных группах значения VCL (A) составили:  $62,63 \pm 0,65$  мкм/с при концентрации борной кислоты в сыворотке спермы 125 мг/л,  $59,42 \pm 0,49$  мкм/с – 250 мг/л,  $57,55 \pm 0,54$  мкм/с ( $P \leq 0,001$ ) – 500 мг/л,  $51,81 \pm 0,65$  мкм/с ( $P \leq 0,001$ ) – 1000 мг/л.

На 13-й день хранения в контрольной и опытных группах с концентрацией борной кислоты 125 и 250 мг/л подвижных сперматозоидов обнаружено не было. В остальных опытных группах значения VCL (A) составили:  $39,08 \pm 5,49$  мкм/с ( $P \leq 0,05$ ) – 500 мг/л,  $30,88 \pm 10,58$  мкм/с ( $P \leq 0,05$ ) – 1000 мг/л.

Под влиянием оптимальной дозировки борной кислоты (500 мг/л) происходило увеличение антиоксидантной активности сыворотки спермы осетровых рыб в условиях краткосрочного хранения. Что позволяло спермоплазме более эффективно бороться с ростом активных форм кислорода.

Кроме данного эффекта, увеличение периода краткосрочного хранения спермы под влиянием борной кислоты можно объяснить ее относительно негативным действием на гетеротрофных протистов. В присутствии оптимальной дозировки борной кислоты активный рост гетеротрофных протистов происходил значительно позже.

Под влиянием борной кислоты, в процессе хранения наблюдались более низкие значения индекса тератозооспермии и индекса дефективности сперматозоидов. Что свидетельствовало о том, что борная кислота не оказывала негативного эффекта на морфологические аномалии сперматозоидов.

На основании проведенных исследований были рекомендованы следующие оптимальные технологические параметры для краткосрочного хранения спермы осетровых рыб: разбавление сперматозоидов в собственной спермоплазме в концентрации (1:10), спермоплазму необходимо получать методом центрифугирования части спермы; после получения спермоплазмы и перед добавлением в нее сперматозоидов рекомендуется осуществлять добавление консервантов (борная кислота (500 мг/л) или винная кислота (125 мг/л); для увеличения периода хранения рекомендуется применять принудительную оксигенацию спермы в кислородном пакете в соотношении  $\geq 1:10$ ; хранение в охлажденном состоянии (5 °C).

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что вещества, обладающие консервирующими эффектами, способны оказывать влияние на период краткосрочного хранения спермы осетровых рыб без использования криоконсервации, замедляя ухудшение морфологических, биохимических и динамических показателей: снижая рост гетеротрофных протистов на 5 суток ( $P < 0,05$ ), индекс тератозооспермии – на 0,15 п. ( $P < 0,05$ ), индекс дефективности сперматозоидов – на 0,6 п. ( $P < 0,05$ ), сохраняя все параметры подвижность сперматозоидов на достаточном для оплодотворения уровне. Среди исследуемых консервантов отрицательный и нейтральный эффект на период краткосрочного хранения спермы оказали цинк, сахар, лимонная кислота и серная кислота (0,1 Н). Лучшие результаты показали борная кислота и винная кислота. Максимальные результаты показали борная (500 мг/л) и винная кислоты (125 мг/л), увеличивая общий срок краткосрочного хранения без использования криоконсервации до 13 и 10 суток, соответственно. Разработаны оптимальные технологические параметры краткосрочного хранения спермы осетровых рыб, включающие разбавление (1:10), добавление консервантов (борная кислота (500 мг/л) или винная кислота (125 мг/л), оксигенацию и охлаждение (до 5 °C), сохраняющие подвижность и оплодотворяющую способность сперматозоидов до 20 суток ( $P < 0,05$ ), обеспечивая оплодотворение икры 62 %, выживаемость свободных эмбрионов 67 %, выживаемость личинок перед переходом на активное питание 82 %, выживаемость личинок после перехода на активное питание 72 %.

#### Список использованных источников

1. Барулин, Н. В. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных промышленных комплексах с применением инновационных методов / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский, К. Л. Шумский, Л. О. Атрощенко, Е. Г. Новикова, С. В. Роговцов, М. С. Лиман – Горки : БГСХА, 2016. – 204 с.

УДК 639.3.032

### **АПРОБАЦИЯ АНТОНИНО-ЗОЗУЛИНЕЦЬКИХ ВНУТРИПОРОДНЫХ ТИПОВ УКРАИНСКИХ ПОРОД КАРПА**

**Бех Виталий Валериевич, д.с.-х.н., профессор**

**Марценюк Вадим Петрович, к.с.-х.н., доцент**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

**Bekh Vitaliy, Professor, [vitbekh@gmail.com](mailto:vitbekh@gmail.com)**

**Martseniuk Vadym, PhD, [v\\_martseniuk@nubip.edu.ua](mailto:v_martseniuk@nubip.edu.ua)**

**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

*Работа с проводилась специалистами Института рыбного хозяйства Национальной академии аграрных наук Украины. За основу этого типа взяты карпы, племенные стада которых*

были сформированы в течение 1922-1953 гг. Они представлены двумя формами: чешуйчатой и рамчатой. Этот тип, исходя из истории породообразования в карповодства Украины, является ядром пород. В своей наследственной основе карпы антонино-зозуленецького внутривидового типа имеют 50% наследственных задатков аборигенных чешуйчатых и 50% зеркальных галицийских карпов [1].

Основным методом создания выходных селекционных стад Антонино-зозуленецьких внутривидовых типов украинской рамчатой и украинской чешуйчатой пород карпа был метод непрерывно улучшающего отбора, который основан на оценке производительности карпа по комплексу признаков; массовая выбраковка особей неполноценных в племенном отношении; и отбор на племя (в селекционное ядро) особей наиболее приспособленных к промышленным условиям содержания, биологически полноценных с едва заметными, но полезными изменениями.

**Ключевые слова:** антонино-зозуленецький внутривидовый тип украинской рамчатой породы карпа, антонино-зозуленецький внутривидовый тип украинской чешуйчатой породы карпа, апробация, племенная работа, селекция карпов.

Работа с проводилась специалистами Института рыбного хозяйства Национальной академии аграрных наук Украины. За основу этого типа взяты карпы, племенные стада которых были сформированы в течение 1922-1953 гг. Они представлены двумя формами: чешуйчатой и рамчатой. Этот тип, исходя из истории породообразования в карповодства Украины, является ядром пород. В своей наследственной основе карпы антонино-зозуленецького внутривидового типа имеют 50% наследственных задатков аборигенных чешуйчатых и 50% зеркальных галицийских карпов [1].

Рамчатые карпы наиболее продуктивные и жизнеспособные среди малочешуйчатых форм (зеркальные, линейные, голые). Чешуя рамчатого карпа, как правило, располагается по телу в виде рамки вдоль спинного плавника, у головы, грудного, брюшного и хвостового плавниками. Средняя часть тела свободна от чешуи, в каудальной части возможны несколько крупных чешуек.

Работа с антонино-зозуленецькими внутривидовыми типами украинской рамчатой и украинской чешуйчатой пород карпа проводилась специалистами Института рыбного хозяйства Национальной академии аграрных наук Украины совместно со специалистами Старосинявского, Меджибожского и «Антонины» рыбучастков ЗАО «Хмельницкого производственного сельскохозяйственно-рыбоводного предприятия» и ООО «Рыбного хозяйства «Меркурий», с использованием местных стад антонино-зозуленецьких карпов.

Основным методом создания выходных селекционных стад Антонино-зозуленецьких внутривидовых типов украинской рамчатой и украинской чешуйчатой пород карпа был метод непрерывно улучшающего отбора, который основан на оценке производительности карпа по комплексу признаков; массовая выбраковка особей неполноценных в племенном отношении; и отбор на племя (в селекционное ядро) особей наиболее приспособленных к промышленным условиям содержания, биологически полноценных с едва заметными, но полезными изменениями. В то же время карпы данных внутривидовых типов отличаются повышенной пластичностью, которая выражается в быстрой приспособляемости к новым условиям.

С 2001 года была начата более углубленная индивидуально-семейная селекция по комплексу хозяйственно-полезных признаков, характеризующих производительные и репродуктивные качества, их сохранность, качество товарной продукции. Карпы оценивались по таким признакам: скороспелость, положительная реакция самок на гормональную стимуляцию, плодовитость, оплодотворяемость икры, высокоспинность, зимостойкость, выживаемость потомства на разных этапах развития, темп роста, затраты корма на единицу прироста массы, тип чешуйчатого покрова, выход мяса.

Начиная с 2011 года и по настоящее время проводилась углубленная селекционная работа на повышение выживаемости и темпа роста.

В ходе апробации установлено, что карпы антонино-зозуленецького внутривидового типа имеют экстерьерные показатели, которые типичны для украинской рамчатой и украинской чешуйчатой пород карп. По характеру питания эти карпы относятся к откормочному типу. Конституция крепкая, спина широкая. Средний показатель высокоспинности по возрастным группам сеголетки-трехлетки составляет от 2,6-2,7 до 2,5-2,6 соответственно. Индекс охвата составляет в

среднем 1,22-1,26 ед. и 1,15-1,21 ед. соответственно. Голова средней величин и составляет 18-21% от общей длины тела [2-3]. Плавники имеют окрас от светло-коричневого и красного до черного цвета. Чешуя встречается разных размеров и цвета - от серебрино-желтого до желтого. Внутрипородные типы представлены двумя линиями - чешуйчатой - имеют сплошной чешуйчатый покров и рамчатого – лишь частично покрытые чешуей.

В стадо производителей переводят самок, достигших половой зрелости соответственно в возрасте 5 лет, самцов – 4 года. Производители как чешуйчатой, так и рамчатой линии приспособлены к воспроизводству как в естественных (прудовых) условиях, так и искусственных (заводских) условиях.

Средний показатель массы тела самок в возрасте 5 лет составляет 4,8-5,3 кг, 6 лет – 5,7-6,2 кг, 7 лет – 6,5-7,5 кг, 8 лет – 7,4-8,6 кг, 9 лет – 8,2-9 кг. При этом средний показатель плодовитости первонерестующих самок составляет 320-410 тыс. икринок. Самки возрасте 6-8 лет является ядром племенного стада и данный показатель имеют в пределах 700-1000 тыс. икринок, что выше показателя исходных родительских форм на 10-12%.

Икра бледно-желтого цвета, клейкая. Соответственно за воспроизведение в заводских условиях требует процесса обесклеивания, а в естественных (прудовых) условиях – наличие соответствующего нерестового субстрата.

Средний показатель массы элитных самцов в возрасте 5-7 составляет 5,4-6,8 кг. Объем эякулята колеблется в пределах 12-28 мл. Продолжительность активного поступательного движения сперматозоидов находится в пределах 90,8-120,1 с. Оплодотворяющая способность в условиях искусственного воспроизводства составляет 85,4-90,1% [2-3].

В условиях проведения нереста в нерестовых прудах средний показатель выживаемости 3-суточных личинок полученных от элитных производителей чешуйчатого типа составляет – 62,3%, рамчатых – 58,6%. В условиях заводского воспроизводства, данный показатель составляет 77,6 и 75,3%, соответственно, что находится в пределах нормативных требований, и выше показателя исходных родительских форм на 5-7%.

Вегетационный сезон в условиях климатической лесостепной и степной зоны Украины составляет в среднем 160-175 суток. За данный период карпы на стадии сеголеток достигают в среднем массы тела: чешуйчатые – 42,1-58,6 г, рамчатые – 39,3-48,6 г. Что выше нормативных показателей на 7-13%. При этом средний показатель выживаемости в сеголеток, полученных от природного нереста, составляет: чешуйчатых карпов – 65,2%, рамчатых – 56,1%. При этом показатель рыбопродуктивности по выростных прудах составляет соответственно 850-102 кг / га.

При периоде зимовки 120-130 суток, общий показатель потери живой массы за данный период составляет от 5 до 10%. Карпы чешуйчатого типа характеризуются более высоким показателем зимостойкости, по сравнению с рамчатым. Выживаемость за данный период зимовки составила у чешуйчатых - 85,3%, рамчатых – 82,8%, что выше нормативных показателей на 5-9%.

Товарной массы особи достигают в возрасте двух лет. Средний показатель массы двухлеток при полуинтенсивной форме выращивания составляет: в чешуйчатых – 520,6 г, рамчатых – 485,3 г. При интенсивной форме выращивания средний показатель индивидуальной массы тела составил: чешуйчатых – 580,2 г, рамчатых – 638,3 г. Таковую особенность можно объяснить следующими наблюдениями: карпы чешуйчатого антонино-зозуленецкого внутрипородного типа характеризуются лучшей поисковой способностью и, соответственно, более приспособлены к выпасной форме выращивания; а карпы рамчатого антонино-зозуленецкого внутрипородного типа, относясь к откормочному типу, и значительно лучше потребляют искусственные комбикорма. Показатель выхода с выращивания двухлеток составляет 85,3 - 87,1%. Таким образом, созданные новые внутрипородные типа карпов значительно производительнее в условиях товарного выращивания и превосходят по производительности галицких зеркальных карпов на 20-22%.

Характеристика мясных качеств товарных двухлеток антонино-зозуленецких внутрипородных типов показывает, что филейная часть (мышечные ткани) как в чешуйчатых, так и рамчатых карпов составляют более 50%. Части тела, которые относят к несъедобным: чешуя, внутренности, плавники составляют – 10-12%.

#### Список использованных источников

1. Організація селекційно-племінної роботи в рибицтві / Гринжевський М. В. [та ін.] ; [за ред. М. В. Гринжевського і І. М. Шермана]. - Київ : 2006. - 338 с.- ISBN 966-96286-9-5.
2. Олексієнко О.О., Бех В.В., Грициняк І.І. Апробація селекційних досягнень (антонінсько-зозуленецькі коропи) / І міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів» Збірник матеріалів науково-практичної конференції, м.Київ, 15-17 травня 2018 р. – Київ, 2018 – С. 111-113.
3. Олексієнко О.О. До питання апробації антонінсько-зозуленецьких короїв українських порід / Олексієнко О.О., Бех В.В., І.І. Грициняк, Б.О. Грішин, Л.С. Волянський, М.І. Осіпенко // Рибогосподарська наука України. – 2015. –№ 4. – С. 62-74.

УДК 664.951

### **КОПТИЛЬНЫЙ ДЫМ – КАК ФАКТОР, ФОРМИРУЮЩИЙ КАЧЕСТВО КОПЧЕНОЙ РЫБОПРОДУКЦИИ**

**Бубырь Ирина Валерьевна, к.т.н., доцент**

**Лихота Владислав Юрьевич, ассистент**

**Полесский государственный университет**

Bubyri Irina, PhD, bubyri@mail.ru

Likhota Vladislav, assistant lecturer, lihotavladislav@gmail.com

Polesky State University

*В статье представлены результаты исследований образцов копильного дыма, полученного из разных видов плодовой древесины. Установлено содержание основных соединений, обеспечивающих копильный эффект в зависимости от вида древесины и их влияние на органолептические показатели копченой рыбы. Предложена возможность применения древесины плодовых деревьев для получения качественной копченой рыбопродукции.*

**Ключевые слова:** рыба, копчение, качество, копильная среда, соединения, древесина, безопасность продукции.

Рыба является белковым продуктом, содержание которого колеблется от 10 % до 25 % и выше, причем качественный аминокислотный состав белков превосходит мясо теплокровных животных. Много в рыбе минеральных веществ, витаминов, различных жирных кислот, включая омега-3, омега-6, необходимых для нормального функционирования организма человека. И усвояемость мяса рыбы выше, чем у говядины, баранины и др. видов, что позволяет использовать ее в детском и диетическом питании.

Рыбоперерабатывающие предприятия Республики Беларусь выпускают разнообразную продукцию, включая соленую, сушеную, вяленую, копченую рыбу, консервы, пресервы и многое другое.

Исследования рынка показали, что большой удельный вес приходится на копченую продукцию – до 9 % от общей структуры производства и реализации рыбопродуктов.

Копчение – способ обработки предварительно посоленного продукта копильной средой (дым, жидкость), содержащей различные копильные компоненты, образующиеся при неполном сгорании древесины, при этом происходит ряд физико-химических, химических, биохимических, тепловых и диффузионных процессов [1, с. 33].

Для получения копильного дыма используются листовые породы деревьев (бук, ольха, береза без коры, клен и др.), но в последнее время учеными ведутся исследования по композиционному подбору древесины, при котором можно получить продукцию с моделированными органолептическими показателями. Например, для придания готовому продукту ярко желтых тонов использовать сливу, красных – грушу, желтоватых разной насыщенности – клен, ольху, липу, дуб [2, с. 85].

Качество копченой рыбы характеризуют органолептические, физико-химические и показатели безопасности. К органолептическим показателям относятся: внешний вид, цвет чешуйчатого или кожного покрова, способ разделки, консистенция, вкус и запах, и они, практически все, кроме разделки зависят от свойств копильной среды.

Многие ученые и технологи сходятся во мнении, что факторами, формирующими качество копченой рыбопродукции являются: химический состав и исходное состояние рыбного сырья, с учетом стадии посмертных изменений; технология обработки и предварительной подготовки п/ф; вид древесины, степень измельчения и ее влажность; способ дымообразования, количественный и качественный состав дыма и др.

Анализ теоретических данных и проведенных исследований показал, что на процесс образования качественного копильного дыма наибольшее влияние оказывают три фактора: температура нагрева древесины, количество кислорода в зоне горения и скорость отвода образующихся летучих веществ [2, с. 85].

**Целью исследований** являлось изучение состава копильных сред, полученных из разных пород древесины и их влияние на органолептические показатели готовой продукции.

**Методика и объекты исследований.** Для получения копильного дыма применяли древесину плодовых деревьев (абрикос, груша, слива вишня, яблоня) и ольхи, которую измельчали до состояния опилок (0,2–0,3 см) и увлажняли до 40 %. Влажность устанавливали в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.7-71 [3].

Определение состава копильной среды осуществляли на газовом хроматографе «Agilent 6850» с масс-селективным детектором «Agilent 5975B VL MSD» фирмы «Agilent Technologies», США.

В качестве рыбного сырья использовали пресноводную рыбу – чешуйчатого или обыкновенного карпа (*Cyprinus Carpio*).

**Результаты и их обсуждение.** Исследования проводили в два этапа. Сначала устанавливали состав копильной среды, полученной из разных видов древесины, затем помещали в нее подготовленный полуфабрикат карпа (соленый полупласт), и после копчения, сравнивали органолептические показатели готового продукта по разработанной пятибалльной шкале. Все полуфабрикаты были одного веса, с допустимой погрешностью измерения – 3–5 г.

Таблица 1. – Идентифицированные соединения копильного дыма разных пород древесины [4, с. 33]

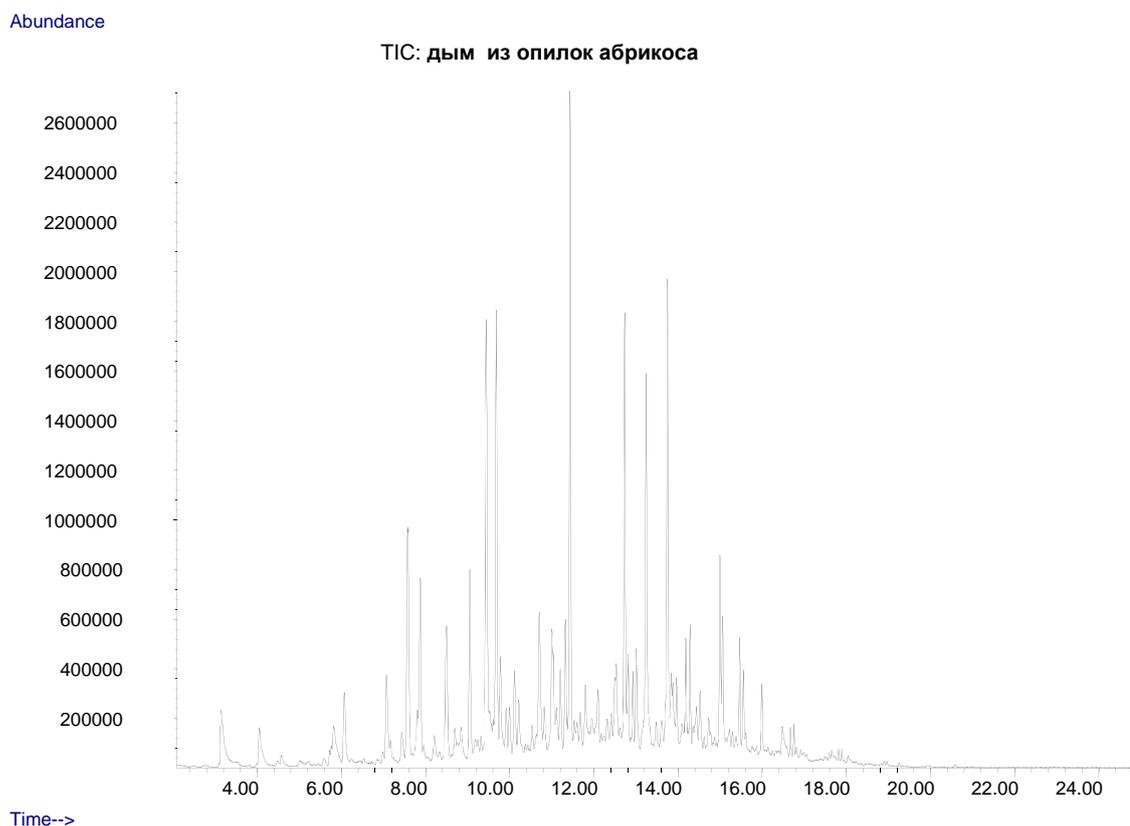
| Соединение                              | В образце копильного дыма, в % от идентифицированных компонентов |       |       |       |        |       |
|---|--|-------|-------|-------|--------|-------|
|   | абрикос  | вишня | груша | слива | яблоня | ольха |
| <b>Фурановые компоненты</b>             |  |       |       |       |        |       |
| фурфурол; 3-фуральдегид                 | 1,97   | 4,93  | 1,93  | 4,54  | 3,54   | 4,8   |
| мальтол                                 | 1,48   | 1,89  | 1,55  | 2,11  | 2,91   | 2,77  |
| 2-фуранметанол                          | 1,14   | 1,76  | 1,07  | 1,52  | 2,16   | 2,17  |
| Сумма                                   | 8,14   | 12,44 | 6,49  | 11,87 | 13,91  | 15,2  |
| <b>Фенольные компоненты</b>             |  |       |       |       |        |       |
| фенол                                   | 5,08   | 2,34  | 2,1   | 5,07  | 3,16   | 1,37  |
| 2-метокси-фенол (гваякол)               | 6,0  | 6,41  | 6,69  | 5,46  | 8,85   | 9,88  |
| 2,3-; 2,4-; 2,5-;3,4-;3,5-диметил-фенол | 2,61   | 2,73  | 0,83  | 1,12  | 2,43   | 0,76  |
| 5-;6-метилгваякол                       | 9,04   | 8,79  | 11,05 | 8,2   | 12,39  | 14,69 |
| p- крезол                               | 8,27   | 5,08  | 3,43  | 7,4   | 5,17   | 3,76  |
| 3-метокси- бrenzкатехин                 | 0,74   | 3,1   | 3,5   | 2,71  | 3,0    | 2,5   |
| 4-этилгваякол метоксиэтилфенол          | 5,83   | 5,72  | 4,39  | 4,9   | 6,0    | 5,87  |
| 2,6-диметоксифенол(сирингол)            | 6,35   | 14,83 | 17,33 | 12,27 | 8,97   | 5,51  |
| 3-аллил-6-метоксифенол (эвгенол)        | 0,36   | 2,56  | 0,85  | 2,23  | 0,68   | 1,48  |
| 4-винилгваякол                          | 6,28   | 6,77  | 7,08  | 7,27  | 7,47   | 7,43  |
| Сумма                                   | 70,52  | 87,68 | 78,82 | 86,49 | 82,2   | 75,36 |

Предварительно посоленный полупласт (улучшает блеск поверхности копченой рыбы) карпа перед технологическим процессом подсушивали, так как состояние поверхности продукта влияет на интенсивность окрашивания.

Пиролиз опилок осуществляли при 350–370 °С, на выходе из дымогенератора поддерживая температуру копильного дыма в пределах 38–40 °С.

В ходе исследований было идентифицировано более 125 различных соединений, которые влияют на формирование потребительских качеств копченой рыбы [4, с. 33].

Результаты исследований представлены на рисунке (один из исследуемых образцов) и в таблице 1.



**Рисунок 1. – Хроматограмма компонентов дыма из опилок абрикоса**

Анализ данных таблицы 1 показывает, что основными компонентами копильного дыма являются в композиции следующие вещества: гваякол, эвгенол, ванилин, циклотен, фенол, крезол, мальтол. Лучшими антиоксидантами являются производные гваякола, сирингола пирогаллола, пирокатехина, гидрохинона и резорцина и другие.

Некоторые ученые считают, что за цвет копченой продукции отвечают фенолы, формальдегиды, фурфуролы, карбонилы, углеводы, вещества смолистой фракции дыма и другие соединения. Оттенки цвета зависят от вида используемой древесины. Аромат готовой продукции формируют фенольные соединения, карбонильные вещества, лактоны. Наиболее ароматные компоненты содержатся в газообразной фазе копильного дыма [1].

Анализ ранее проведенных исследований показывает, что в основе образования цвета копченого продукта лежат процессы осаждения окрашенных компонентов на его поверхность, реакции копильных компонентов на поверхности продукта или на пути к нему, а также с белковыми веществами продукта, фиксирование цвета органическими кислотами, причем, чем выше температура, тем сильнее интенсификация цветообразующих реакций.

С белковыми веществами продукта в основном реагируют формальдегид, метилглиоксоль, диацетил, гликолевый альдегид, глиоксоль, ацетон, ацетол, фурфурол с образованием коричневых азотсодержащих полимеров [5].

На втором этапе исследований определяли органолептические показатели копченой рыбы. Все образцы имели правильную разделку, без механических повреждений, но с незначительной сбитостью чешуи на отдельных экземплярах, сухую поверхность, без налета соли и белково-жировых натеков.

Цвет кожи и чешуйчатого покрова – от светло-золотистого, темновато-золотистого до красноватого; запах копчености – умеренный, без запаха окислившегося жира; вкус, аромат – умеренно выраженные, с «букетом», в зависимости от используемой для получения дыма древесины; консистенция мышечной ткани – плотная, сочная, нежная (в результате реакций формальдегида дыма и соединительно-тканых белков продукта).

Средняя дегустационная оценка качества карпа холодного копчения, полученного в разных коптильных средах представлена в таблице 2.

Таблица 2. – Показатели качества копченой рыбы

| Показатель         |                            | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 | № 5 | № 6 |
|--------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Внешний вид        | Разделка                   | 5   | 4   | 4   | 5   | 5   | 5   |
|                    | Механические повреждения   | 5   | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   |
|                    | Сбитость чешуи             | 4   | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   |
|                    | Морщинистость              | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
|                    | Отставание кожи от мяса    | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
|                    | Увлажненность поверхности  | 5   | 3   | 3   | 4   | 3   | 4   |
|                    | Налет соли                 | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
|                    | Цвет чешуйчатого покрова   | 4   | 5   | 3   | 5   | 5   | 4   |
| Вкус и послевкусие | Степень свойственности     | 5   | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   |
|                    | Окислившегося жира         | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Запах/аромат       | Степень свойственности     | 5   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   |
|                    | Окислившегося жира         | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |
|                    | Степень проявления добавок | 5   | 4   | 5   | 4   | 5   | 4   |
| Консистенция       | Плотность                  | 4   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   |
|                    | Сочность                   | 3   | 3   | 4   | 4   | 3   | 4   |
|                    | Нежность                   | 3   | 3   | 3   | 3   | 4   | 3   |

Для дегустационной комиссии все образцы продукции, прошедшие обработку в коптильных средах, полученных из разных видов древесины, были закодированы: 1 – абрикос; 2 – вишня; 3 – груша; 4 – слива; 5 – яблоня; 6 – ольха.

Анализируя данные исследований, можно сделать вывод, что цвет чешуйчатого покрова был наиболее насыщенный у продукции, находившейся в коптильной среде, полученной из опилок вишни, сливы, яблони; выраженный аромат – в коптильном дыму абрикоса и сливы; своеобразный вкус – при сжигании опилок абрикоса, груши и сливы.

**Выводы.** Исследования образцов коптильного дыма из разных пород плодовой древесины показали, что химический состав компонентов их дыма почти идентичен и полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к содержанию данных веществ, для получения качественной безопасной продукции в процессе копчения. При органолептической оценке готовой продукции качественный состав среды по-разному влияет на такие показатели, как цвет, вкус и аромат.

Таким образом, составляя композиции из опилок различных видов древесины можно получить не только коптильную среду с заданным количеством основных и вспомогательных соединений, обеспечивающих технологические эффекты копчения, но и улучшить потребительские свойства копченой рыбы.

#### Список использованных источников

1. Бубырь, И. В. Технология и потребительские свойства продуктов переработки пресноводной рыбы методом копчения : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / И. В. Бубырь ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск, 2018. – 300 с.
2. Ловкис, З. В. Исследование рабочих характеристик дымогенератора / З. В. Ловкис, И. В. Бубырь // Пищевая промышленность: наука и технологии : рецензируемый научно-технический журнал. – 2017. – № 2 (36). – С. 84-92.
3. Древесина. Методы определения влажности : ГОСТ 16483.7-71. – Взамен ГОСТ 11486-65 ; введ. 17.12.1992. – Минск : Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 4 с.
4. Ловкис, З. В. Исследование качественных характеристик дыма для копчения рыбы / З. В. Ловкис, И. В. Бубырь // Пищевая промышленность: наука и технологии : научно-технический журнал. – 2016. – № 3 (33). – С. 30-33
5. Курко, В. И. Химия копчения / В. И. Курко. – М. : Пищ. пром-сть, 1969. – 342 с.

УДК 639.3.043

### НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ И СОМОВЫХ РЫБ

**Дмитрович Наталья Павловна, м.н.с.**

**Полесский государственный университет**

**Козлова Тамара Васильевна, д.с.-х.н., доцент**

**Козлов Александр Иванович, д.с.-х.н., доцент**

**Кузнецов Николай Алексеевич, к.вет.н., доцент**

**Нестерук Евгений Владимирович, м.вет.н.**

**Гродненский государственный аграрный университет**

Dzmitrovich Natallya, junior researcher, natali-rigo@gmail.com

Kazlova Tamara, Ph.D, kozlovaliv@yandex.ru

Kazlou Aliaksandr, Ph.D, kozlovaliv@yandex.ru

Kuzniatcou Nikalai, PhD, nsx.kuznecov@gmail.com

Nestsiaruk Yauheni, M, nestsiaruk0720@mail.ru

Grodno State Agrarian University

*Проведенные исследования выявили возможность замены импортных кормов комбикормами отечественного производства с введением в состав суспензии хлореллы, жмыхов рапса и сафлора при выращивании молоди осетровых и сомовых рыб.*

**Ключевые слова:** комбикорм, суспензия хлореллы, жмых рапса, жмых сафлора, ленский осетр, клариевый сом.

Производство продуктов аквакультуры направлено на увеличение продовольственной безопасности и улучшение качества питания и здоровья человека. Значительные успехи, которых добилась аквакультура, являются основанием для ее усовершенствования и развития. При этом наибольшее значение имеет снижение концентрации антибиотиков в кормах и их замене на пробиотики, а также уменьшение кормовых потерь посредством улучшения состава кормов и технологий кормления [5].

Несоответствие питательной ценности отечественных комбикормов, предлагаемых для выращивания ценных видов рыб, их физиологическим потребностям в значительной степени снижают эффективность работы рыбоводных предприятий. Поэтому при разработке рецептуры комбикормов отечественного производства для молоди ценных видов рыб необходимо опираться на использование недорогих, доступных и эффективных компонентов.

К основным сырьевым материалам, используемым при производстве комбикормов для рыб, относятся рыбная мука, рыбий жир, сырье растительного происхождения, например, соевый протеин, пшеничная клейковина, жмыхи и шроты сельскохозяйственных культур. Как известно, для пополне-

ния рациона животных протеином лучше использовать побочные продукты производства рапсового масла – шроты и жмыхи, содержащие соответственно 30–32 и 25–28% протеина и 8-11% жира, имеющие высокую энергетическую ценность [1, 2, 4]. Жмых сафлора также может быть хорошим кормом для животных, так как содержит много белка (19–53%), 6–7% жира, богат полезными веществами и микроэлементами [1, 2].

В настоящее время широкое применение в производстве комбикормов получили водоросли, в том числе и хлорелла. Ее использование объясняется наличием всех незаменимых аминокислот в составе белка, большого количества разнообразных витаминов и микроэлементов. За счет этого введение хлореллы в комбикорма способствует нормализации обменных процессов и укреплению иммунного статуса организма, ускоряет рост естественной полезной микрофлоры у рыб [3]. Хлорелла производится в Беларуси и является отечественным продуктом.

Целью настоящих исследований являлась разработка рецептур комбикормов, содержащих суспензию водоросли хлореллы и жмыхи масличных культур для молоди осетровых и сомовых рыб с целью импортозамещения.

В качестве ингредиентов для совершенствования рецептур отечественных комбикормов для молоди ценных видов применяли суспензию водоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris* (Beijerinck)), жмыхи масличных культур: рапса (*Brassica napus* L.) и сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.). Плотность суспензии водоросли хлореллы для введения в состав комбикормов принималась 8 млн. кл/мл. При этом обращали внимание на сохранение питательности и поддержание основных показателей качества на уровне, требуемом физиологическими особенностями молоди ленского осетра и клариевого сома и нормативными документами, регламентирующими качество комбикормов для рыб.

Как известно, в кормах для молоди осетровых рыб должно содержаться 45–55% протеина, 16–20% жира и 6–12% углеводов [4]. На основании этого разработаны рецептуры отечественных комбикормов для молоди осетровых рыб путем добавления 2% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора красильного на килограмм массы комбикорма (опытный комбикорм №2), добавлением 3% суспензии хлореллы, 2% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора красильного на килограмм массы комбикорма (опытный комбикорм №3). В качестве контроля использовали комбикорм без суспензии хлореллы и жмыхов масличных культур. Состав разработанных комбикормов для молоди осетровых рыб приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Рецептуры разработанных комбикормов для молоди осетровых рыб (% в рецептуре)

| Состав                             | Контроль | Опытный комбикорм |      |
|------------------------------------|----------|-------------------|------|
|                                    |          | №2                | №3   |
| Мука рыбная кормовая, %            | 46,5     | 61,0              | 61,0 |
| Жир рыбий, %                       | 7,8      | 10,2              | 10,2 |
| Жмых рапса, %                      | –        | 2,0               | 2,0  |
| Мука кормовая животная (2 сорт), % | 1,5      | 1,5               | 1,5  |
| Черный пищевой альбумин, %         | 5,5      | 5,5               | 5,5  |
| Ракушка, %                         | 6,0      | 6,0               | 5,0  |
| Мука пшеничная, первый сорт, %     | 14,7     | 8,3               | 6,3  |
| Суспензия хлореллы, %              | –        | –                 | 3,0  |
| Жмых сафлора, %                    | –        | 3,0               | 3,0  |
| Лигнобонд, %                       | 1,5      | 1,5               | 1,5  |
| Премикс Д–ПК–100 Б20 НГР–3, %      | 1,0      | 1,0               | 1,0  |
| Мука, (3-й сорт сария), %          | 15,5     | –                 | –    |
| Всего, %                           | 100      | 100               | 100  |

Жмыхами рапса, сафлора красильного и суспензией хлореллы в рецептуре комбикормов заменяли такие компоненты как ракушка, мука пшеничная (первый сорт) и мука (3-й сорт сария). Для определения питательности и основных показателей качества опытных и контрольного комбикормов проводили их химический анализ (таблица 2).

По основным показателям качества опытные комбикорма соответствовали потребностям молоди осетровых рыб. Установлено, что по содержанию сырого протеина и сырого жира опытный комбикорм №3 (3% суспензии хлореллы + 2% жмыха рапса + 3% жмыха сафлора) превосходил опытный комбикорм №2 и контроль.

Таблица 2. – Показатели качества комбикормов для молоди осетровых рыб с добавлением суспензии хлореллы и жмыхов масличных культур

| Наименование       | Контроль | Опытный комбикорм |       |
|--------------------|----------|-------------------|-------|
|                    |          | №2                | №3    |
| Сырой протеин, %   | 42,52    | 42,53             | 45,22 |
| Сырой жир, %       | 15,63    | 18,43             | 17,38 |
| Сырая клетчатка, % | 2,07     | 4,11              | 4,22  |
| Сырая зола, %      | 12,96    | 12,60             | 11,51 |
| БЭВ, %             | 16,29    | 13,66             | 12,15 |
| Кальций, %         | 2,50     | 2,69              | 2,15  |
| Фосфор, %          | 0,76     | 0,64              | 0,67  |
| Сухое вещество, %  | 89,46    | 91,33             | 90,49 |
| Влажность, %       | 10,54    | 8,67              | 9,51  |

В составе данного комбикорма отмечено меньшее количество сырой золы (в 1,13 раза ниже, чем в контроле), но более высокое содержание сырой клетчатки – в 2,04 раза выше по сравнению с контрольным комбикормом.

Известно, что комбикорма для молоди клариевого сома должны содержать в своем составе 40–50% протеина, 14–20% жира и 5–10% углеводов [4]. На основании этого усовершенствован состав отечественных комбикормов для молоди сомовых рыб путем добавления 3% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора красильного на килограмм массы комбикорма (опытный комбикорм №2), добавления 3% суспензии хлореллы, 3% жмыха рапса и 3% жмыха сафлора красильного на килограмм массы комбикорма (опытный комбикорм №3). В качестве контроля также использовали комбикорм без суспензии хлореллы и жмыхов масличных культур. Состав разработанных комбикормов для молоди сомовых рыб приведен в таблице 3.

Таблица 3. – Рецептуры разработанных комбикормов для молоди сомовых рыб (% в рецептуре)

| Состав                          | Контроль | Опытный комбикорм |      |
|---------------------------------|----------|-------------------|------|
|                                 |          | №2                | №3   |
| Мука рыбная, кормовая, %        | 58,0     | 58,0              | 55,0 |
| Жир рыбий, %                    | 7,0      | 7,0               | 7,0  |
| Жмых рапса, %                   | –        | 3,0               | 3,0  |
| Черный пищевой альбумин, %      | 5,0      | 5,0               | 5,0  |
| Ракушка, %                      | 4,0      | 4,0               | 4,0  |
| Мука пшеничная, первый сорт, %  | 23,5     | 17,5              | 17,5 |
| Хлорелла, %                     | –        | –                 | 3,0  |
| Жмых сафлора, %                 | –        | 3,0               | 3,0  |
| Лигнобонд, %                    | 1,5      | 1,5               | 1,5  |
| Премикс Д-ПК -100 Б20 НГР -3, % | 1,0      | 1,0               | 1,0  |
| Всего, %                        | 100      | 100               | 100  |

Жмыхами рапса, сафлора красильного и суспензией хлореллы в рецептуре комбикормов заменяли следующие компоненты: мука рыбная и мука пшеничная (первый сорт). Проведен химический анализ опытных и контрольного комбикормов для определения их питательности и основных показателей качества (таблица 4).

Опытные комбикорма для молоди сомовых рыб по основным показателям качества соответствовали их потребностям. Отмечено, что по содержанию сырого протеина и сырого жира опытный комбикорм №3 (3% суспензии хлореллы + 3% жмыха рапса + 3% жмыха сафлора) превосходил опытный комбикорм №2 и контроль.

Также в составе данного комбикорма отмечено большее количество сырой золы, но меньшее содержание клетчатки в сравнении с контролем.

Таблица 4. – Показатели качества комбикормов для молоди сомовых рыб с добавлением суспензии хлореллы и жмыхов масличных культур

| Наименование       | Контроль | Опытный комбикорм |       |
|--------------------|----------|-------------------|-------|
|                    |          | №2                | №3    |
| Сырой протеин, %   | 40,52    | 41,87             | 43,15 |
| Сырой жир, %       | 15,15    | 15,71             | 15,95 |
| Сырая клетчатка, % | 0,87     | 0,73              | 0,54  |
| Сырая зола, %      | 10,26    | 10,34             | 10,83 |
| БЭВ, %             | 23,55    | 22,90             | 24,02 |
| Кальций, %         | 1,80     | 1,76              | 1,29  |
| Фосфор, %          | 0,74     | 0,81              | 0,83  |
| Сухое вещество, %  | 90,34    | 90,82             | 93,96 |
| Общая влажность, % | 9,66     | 9,18              | 6,04  |

Стоимость опытных кормов составляла на период исследований 3,00 BYN/кг, что несколько ниже в сравнении со стоимостью импортных кормов для молоди данных видов рыб фирм «Coppens» (SteCo SUPREME-15) – 4,50 BYN/кг, «Aller Aqua» (Bronze) – 3,50 BYN/кг и «Le Gouessant» T-Sturgeon Grower-sink –11,00 BYN/кг. Анализ полученных результатов, позволяет сделать вывод о возможной экономии денежных средств и выполнении целей импортозамещения, т.к. по показателям качества и питательности усовершенствованные опытные комбикорма способны полностью обеспечивать потребности молоди ленского осетра и клариевого сома в основных питательных веществах в период их интенсивного роста и развития.

#### Список использованных источников

1. Петрухин, И. В. Корма и кормовые добавки : справочник / И. В. Петрухин. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 526 с.
2. Пономаренко, Ю. А. Питательные и антипитательные вещества в кормах / Ю. А. Пономаренко ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск : Экоперспектива, 2007. – 960 с.
3. Рекомендации по применению кормовой добавки «Суспензия хлореллы» для сельскохозяйственных животных и птиц / Ю. А. Пономаренко [и др.]. – МИНСК, 2009 – 32 с.
4. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.
5. Ouwehand, A. Adhesion of inactivated probiotic strains to intestinal mucus / A. Ouwehand, S. Tolkkio, J. Kulmala, S. Salminen, E. Salminen // Lett. Appl. Microbiol. Jul. – 2000 – v. 31(1). – P. 326–328.

**ВЫЖИВАЕМОСТЬ КЛАРИЕВОГО СОМА (CLARIAS GARIEPINUS) НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРИ КОРМЛЕНИИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРЕПАРАТА ЧИКТОНИК**

**Коваленко Богдан Юрьевич, аспирант**

**Коваленко Василий Александрович, к.с.-х.н., доцент**

**Шарило Дмитрий Юрьевич, аспирант, sharylo.dmitrii@gmail.com**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Kovalenko Bohdan, PhD student, bogdankovalenko@ukr.net

Kovalenko Vasyl, PhD, kovalenko\_va\_58@i.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*В статье рассматривается возможность использования препарата «Чиктоник» для увеличения выживаемости клариевого сома на ранних стадиях жизни. Также ставится задача исследовать действие препарата на сглаживания последствий стресс-факторов.*

***Ключевые слова:** чиктоник, клариевый сом, витамины, аминокислоты, стресс, кормление, гидрохимия.*

Чиктоник – это кормовая добавка в традиционном животноводстве, которая содержит оптимальное количество витаминов и аминокислот, компенсирующих нехватку биологически активных веществ в организме животных.

Состав препарата и дозировка компонентов приведены в международных единицах (МЕ).

В 1 мл препарата Чиктоник содержится: витамин А - 2500 МЕ, витамин Д<sub>3</sub> - 500 МЕ, альфа-токоферол - 3,75 мг, витамин В<sub>1</sub> - 3,5 мг, витамин В<sub>2</sub> - 4 мг, витамин В<sub>6</sub> 2 мг, витамин В<sub>12</sub> - 0,01 мг, пантотенат натрия - 15 мг витамин К<sub>3</sub> - 0,250 мг, биотин (Н) - 0,002 мг, D, L-метионин - 5 мг, L лизин - 2,5 мг, гистидин - 0,9 мг, аргинин - 0,49 мг, аспарагиновая кислота - 1,45 мг, треонин - 0,5 мг, серин - 0,68 мг, глутаминовая кислота - 1,16 мг, пролин - 0,51 мг, глицин - 0,575 мг, аланин - 0,975 мг, цистин - 0,15 мг, валин - 1,1 мг, лейцин - 1,5 мг, изолейцин - 0,125 мг, тирозин - 0,34 мг, фенилаланин - 0,81 мг, триптофан - 0,075 мг, холин хлорид - 0,4 мг, инозитол - 0,0025 мг и наполнитель (Чиктоник. Инструкция по применению) [5].

Препарат улучшает обмен веществ, способствует повышению резистентности к стресс-факторам и мобилизует организм для борьбы с последствиями стресса [1, с. 695–699]. Добавление чиктоника в корм молодняка в период роста ведет к повышению продуктивности, увеличению выживаемости поголовья, устраняет авитаминоз в организме при формировании плода в утробе. Так же данный препарат повышает период использования маточного поголовья.

Информация об использовании препарата в аквакультуре очень фрагментарна [2, с. 190–193].

**Материалы и методы исследования.** Эксперимент по использованию витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» в кормах для рыб был проведен в учебно-научно-производственной лаборатории рыбоводства кафедры аквакультуры НУБиП Украины с 24.09 по 29.10.2020 года.

Объект исследования – клариевый сом (*Clarias gariepinus*), мальки.

Предмет исследования – влияние добавки витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» на выживаемость молоди клариевого сома.

Целью эксперимента было изучить влияние кормовой добавки чиктоника на выживаемость клариевого сома на ранних стадиях выращивания. Для проведения эксперимента в лабораторном помещении были смонтированы 6 автономных рыбоводных мини-установок с замкнутым водоснабжением. Каждая установка состояла из стеклянной рыбоводной емкости (аквариума) объемом 100 л и блока регенерации воды (механический и биологический фильтры). Для циркуляции воды применяли помпы «MinJang NS F801» мощностью 1200 л/ч с энергопотреблением 15 Вт/ч. В качестве механического фильтра использована пористая поролоновая губка, присоединенная к водяной помпе. Очистку механического фильтра проводили вручную, по мере его загрязнения. Температуру воды в аквариумах поддерживали на уровне 26,5–27,5°C. Для этой цели использовали терморегулятор «Resun Sunlike 200» мощностью 200 Вт/ч.

Кормление молоди сома проводили 5 раз в день, в светлое время суток. Норма кормления составляла 7 % от веса тела рыбы.

Весь экспериментальный материал был разделен на 6 групп и рассажены в отдельные аквариумы. 2 группы служили контролем, 4 - опытные.

Средняя масса мальков клариевого сома в начале эксперимента составляла 0,4 г. Чиктоник вносили с кормом в таком количестве: аквариумы №№ 2 и 5 (опыт 1) – по 3 мл/кг массы тела рыбы, в аквариумы №№ 3 и 6 – по 5 м/кг (опыт 2). Рыбу в аквариумах №№ 1 и 4 кормили без добавки препарата (контроль).

Для приготовления корма с чиктоником последний набирали из флакона шприцем с иглой. Раствор для внесения в корм готовили с добавлением небольшого количества дистиллированной воды таким образом, чтобы минимально увлажнить суточную порцию корма и равномерно распределить раствор препарата по всему объему корма. Готовый раствор равномерно наносили шприцем на поверхность корма. Корм с добавкой препарата давали рыбе один раз в сутки, преимущественно утром.

Показатели качества воды в аквариумах проверяли с помощью тестов ТМ «Ptero».

**Результаты исследования.** За период выращивания клариевого сома наблюдался высокий отход молоди.

В аквариумах был замечен повышенный каннибализм, особенно в группе контроля. Это проявлялось как в поедании трупов, так и в постоянных атаках лидеров на более слабых мальков. В группах, которых кормили с чиктоником, наблюдалась меньшая агрессивность.

Одной из причин повышенной гибели малька в первые дни выращивания, вероятно, послужил фактор, который в профессиональной литературе называют периодом «становления равновесия биофильтра» или «new tank syndrome» (англоязычный вариант) [3, с. 61–73; [4, с. 52]. Этот период важен, в первую очередь тем, что при установлении равновесия биофильтров наблюдаются сильные колебания, накопление и рост концентраций аммонийного азота, нитритов и нитратов, которые влияют на состояние рыбы.

На протяжении первой недели эксперимента гидрохимические показатели постоянно изменялись. Так, во всех аквариумах начальные показатели  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}_3$  были меньше 0,05 мг/л. К концу недели они достигли следующих величин:  $\text{NH}_4$  - 1 мг/л,  $\text{NO}_2$  – 0,3 мг/л и  $\text{NO}_3$  - 30 мг/л. Такие показатели не являются критическими, но могут причинять рыбам дискомфорт, повлиять на их поведение, что и наблюдалось в процессе эксперимента, особенно в аквариумах группы контроля. В них сом вел себя тревожно: постоянно пытался убежать из аквариума, выпрыгивая из воды. В результате такой фактор стал причиной гибели нескольких рыб в контроле: аквариум № 1 – 11 экз., аквариум № 4 – 9 экз. Что касается аквариумов опытных групп, где рыба получала корм с добавкой чиктоника, то там таких «побегов» почти не наблюдалось: в аквариумах №№ 2 и 5 рыба вела себя спокойно, не зафиксировано ни одного случая побега, а в аквариумах №№ 3 и 6 такие случаи не имели массового характера. Вероятно, последнее свидетельствует о неподходящей (завышенной) концентрации препарата в опытной группе 2. Так, из аквариумов этой группы «сбежали» по 4 экземпляра, но без летального исхода (были своевременно замечены, подобраны и возвращены в аквариум).

Впоследствии, когда биофильтры заработали на полную мощность, рыба оставила попытки «убегать».

Динамика изменения численности экспериментального материала клариевого сома за период эксперимента представлено в таблице

Таблица. – Изменения количества рыбы за период выращивания

| № группы | Доза препарата | Исходное кол-во, экз. | Остаток / отход по сост. На 04.10.2020 | Остаток / отход по сост. На 14.10.2020 | Остаток / отход по сост. На 29.10.2020 | Выживаемость молоди, % |
|----------|----------------|-----------------------|--|--|--|------------------------|
| 1        | Контроль       | 82                    | 72 (10)                                | 62 (10)                                | 50 (12)                                | 60,98                  |
| 2        | 3 мл/кг        | 82                    | 78 (4)                                 | 77 (1)                                 | 76 (1)                                 | 92,68                  |
| 3        | 5 мл/кг        | 82                    | 74 (8)                                 | 70 (4)                                 | 70 (0)                                 | 73,17                  |
| 4        | Контроль       | 82                    | 68 (14)                                | 63 (5)                                 | 50 (13)                                | 60,98                  |
| 5        | 3 мл/кг        | 82                    | 71 (11)                                | 70 (1)                                 | 70 (0)                                 | 85,37                  |
| 6        | 5 мл/кг        | 82                    | 65 (17)                                | 61 (4)                                 | 60 (1)                                 | 73,17                  |

**Выводы.** Чиктоник может использоваться в качестве кормовой добавки при выращивании молоди клариевого сома. Этот препарат не является токсичным и не вызывает гибели рыбы. Использование чиктоника повышает устойчивость молоди сома к повышенному содержанию в воде аммонийного азота, нитритов и нитратов, а также снижает внутривидовую агрессию и количество случаев каннибализма. Результат эксперимента послужил причиной для проведения дальнейших опытов, направленных на оценку влияния препарата на массонакопление рыбы и на поиск оптимальных концентраций добавки в кормах.

#### Список использованных источников

1. Горчакова О. И. Эффективности применения антистрессовых препаратов при обрезке клюва у кур / О.И. Горчакова // Сельскохозяйственный журнал. – 2013. – вып. № 6. – С. 695-699
2. Кузнецова Е. В. Оценка влияния витаминных премиксов на рост и состояние иммунной системы различных пород радужной форели. / Е.В. Кузнецова, М.В. Мосягина // Журнал «Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии» – 2015. – вып. № 4. – С. 190-193.
3. Шарило Д.Ю. Особливості використання біофільтрів з різними типами наповнювачів на етапі встановлення біологічної рівноваги в установках замкненого водозабезпечення / Д.Ю. Шарило, В.О. Коваленко, Б.Ю. Коваленко // Науковий журнал «Тваринництво та технології харчових продуктів» – 2019. – вип. 10 (2). – С. 61-73
4. Alderton D. Encyclopedia Of Aquarium & Pond Fish / D. Alderton. – New York : DK Publishing Special Markets, 2019. – 400 p.
5. Чиктоник инструкция по применению – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vidal.ru/veterinar/chicktonic-27962> – Дата доступа: 19.03.2021.

УДК 639.3.06

### САДКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ

**Козлова Тамара Васильевна, д.с.-х.н., доцент,  
Козлов Александр Иванович, д.с.-х.н., доцент,  
Гродненский государственный аграрный университет  
Дмитрович Наталья Павловна, м.н.с.,  
Полесский государственный университет  
Kazlova Tamara, Ph.D, kozlovaliv@yandex.ru  
Kazlou Aliaksandr, Ph.D  
Grodno State Agrarian University, kozlovaliv@yandex.ru  
Dzmitrovich Natallya, junior researcher,  
Polesky State University, natali-rigo@gmail.com**

*Разработанная конструкция садка позволяет выращивать товарную рыбу ценных видов в садковых хозяйствах, расположенных в неиспользуемых ранее для целей рыбоводства водоемах.*

**Ключевые слова:** садок, ценные виды рыб, садковое хозяйство, товарная рыба.

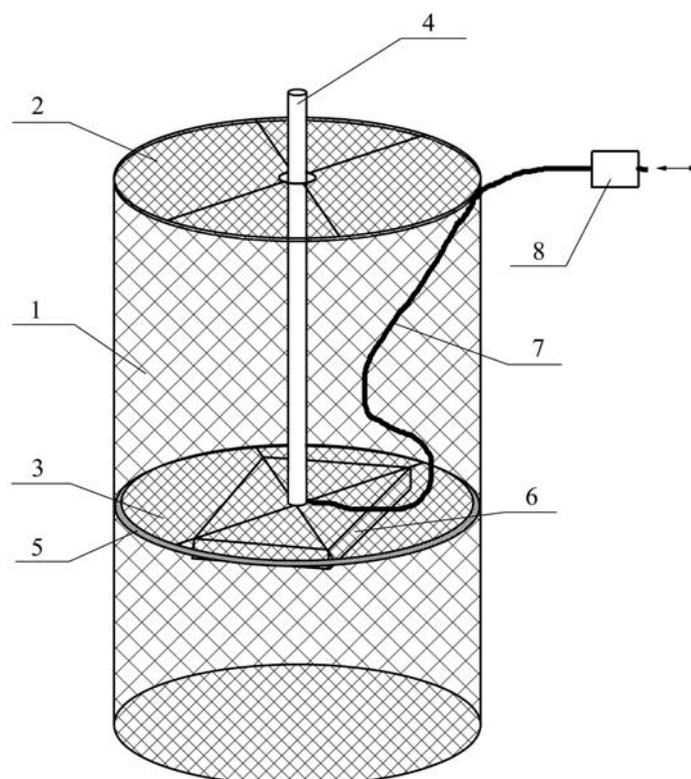
Республика Беларусь в силу своего географического положения не имеет выхода к морю, поэтому развитие рыбоводства должно быть направлено на совершенствование технологий аквакультуры во внутренних водоемах. В настоящее время основная масса товарной рыбы выращивается в прудовых хозяйствах по традиционной технологии [4]. Тем не менее, не только прудовое рыбоводство способно поставлять на рынок товарную рыбу ценных видов. Развитие садковой аквакультуры в естественных и искусственных водоемах имеет ряд преимуществ, как экологических, так и экономических, что позволяет говорить об этом направлении как наиболее перспективном. Объектами садкового выращивания могут быть многие ценные рыбы такие, как лососевые (сиги, радужная форель), осетровые (осетр, бестер, стерлядь), окуневые (судак).

Садковые хозяйства могут быть созданы без изъятия земли из сельскохозяйственного оборота и не требуют столь значительных капитальных вложений в сравнении с организацией прудового хозяйства. В настоящее время в распоряжении сельскохозяйственных предприятий имеется значительное количество сравнительно небольших водоемов, не используемых для рыбоводства, в которых возможно размещение садков. Садковые хозяйства могут быть расположены вблизи или даже на территории населенных пунктов, что позволяет использовать готовые коммуникации, подъездные пути и обеспечить наличие рабочей силы.

При выращивании рыбы в садках не требуется создания принудительного водообмена и расхода электроэнергии для перекачивания воды, т.к. происходит пассивный водообмен. За счет чего происходит постоянное обновление воды и ее качество находится в пределах рыбохозяйственных норм даже при высоких плотностях посадки рыбы. Также следует отметить, что садковые рыбоводные хозяйства, располагающиеся на крупных водоемах позволяют использовать часть их кормовых ресурсов (малоценную рыбу, беспозвоночных животных и растения).

Несмотря на преимущества применения садковой технологии при выращивании ценных видов рыб, следует тщательно выбирать водоемы, пригодные для размещения садков. Предпочтение следует отдавать прежде всего проточным, затем сточным, или ключевым, озерам. На бессточных, или устьевых, озерах возможно размещение лишь хозяйств небольшой мощности, так как продукты обмена и гниющие остатки корма удаляются в результате естественных процессов самоочищения. Необходимо предварительное изучение гидрохимического режима водоема. При этом в основном собирают сведения с мая по октябрь. Садковые хозяйства следует размещать в небольших по площади (30-80 га) и достаточно глубоких (5-6 м) водоемах с наличием больших резервов местных кормов в виде малоценной рыбы, моллюсков, зоопланктона. Общая площадь, занимаемая садками должна составлять примерно  $\frac{1}{1000}$  площади водоема. Следует отметить, что данный показатель не является универсальным, так как для выращивания рыбы применяют разнообразные по конструкции и размерам садки, а плотности посадки рыбы в них могут значительно различаться (от 20 до 100 кг/м<sup>2</sup>). Выход товарной продукции с 1 м<sup>3</sup> садка может достигать 10-20 кг [1, 2].

Однако, в настоящее время развитие садковых рыбоводных хозяйств, в большинстве своем, сдерживается несовершенством конструкций садков. Все известные садки необходимо периодически поднимать над поверхностью воды для осуществления рыбоводных процессов, что значительно усложняет процесс их эксплуатации. На сегодняшний день разработана отечественная модель рыбоводного садка. Разработанный садок для выращивания рыбы представляет собой надежную и простую в эксплуатации конструкцию [3]. Он состоит из вертикального сетчатого каркаса цилиндрической формы с сетчатым дном. Имеется сетчатая съемная крышка и горизонтальная эластичная емкость внутри каркаса, к которой прикреплен подвижный диск с вертикальной стойкой по центру и щеткой соприкасающейся с сетчатыми стенками каркаса, а эластичная емкость соединяется через кран с компрессором (рисунок 1).



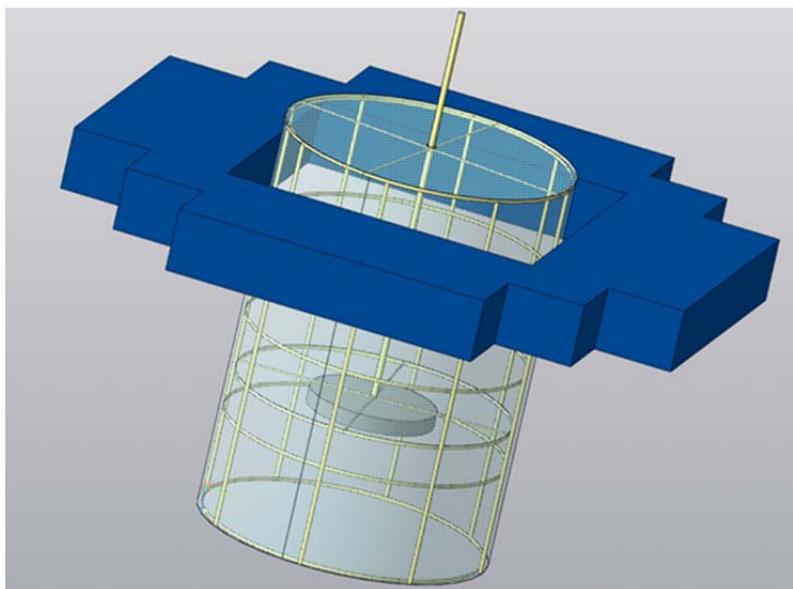
1 – вертикальный сетчатый каркас цилиндрической формы с сетчатым дном, 2 – сетчатая съемная крышка, 3 – подвижный диск, 4 – стойка, 5 – щетка, 6 – горизонтальная эластичная емкость, 7 – шланг, 8 – компрессор

**Рисунок 1. – Садок для выращивания рыбы**

Функционирование садка для выращивания товарной рыбы осуществляется следующим образом. Выращиваемую рыбу помещают в садок с опущенным вниз подвижным диском. Для этого открывают кран, который подключают к компрессору, и через шланг подают воздух в емкость, которая закреплена на диске. По мере наполнения емкости воздухом создается подъемная сила, которая выталкивает подвижный диск вверх. При достижении необходимой высоты подъема кран закрывают. Высоту подъема определяют по высоте выхода из воды вертикальной стойки. Вертикальное движение подвижного диска без проворачивания и перекоса в садке обеспечивается вертикальной стойкой, проходящей через ограничивающее кольцо в крышке, которое не дает стойке сместиться в сторону. Сетчатая съемная крышка может иметь открывающиеся окна для облегчения подачи корма или изъятия части рыбы. При необходимости опускания подвижного диска открывают кран и воздух постепенно выходит из емкости, а диск под собственным весом опускается.

По периметру подвижного диска устанавливается полимерная щетка с длинным ворсом, которая жестко закреплена на диске. При подъеме или погружении подвижного диска щетка постоянно контактирует с сетчатым полотном садка, осуществляя его очистку от загрязнений. Подъем подвижного диска также осуществляется для осмотра и отбора рыбы, содержащейся в садке, перемещения рыб в более теплые или холодные слои воды, а также для очистки вертикального сетчатого каркаса.

Садок может удерживаться на поверхности водоема с помощью понтона (рисунок 2), что также способствует его более комфортному обслуживанию.



**Рисунок 2. – Общий вид садка с частью понтона**

Благодаря применению подвижного диска с вертикальной стойкой, удерживающей его от перекосов, исключается возможность опрокидывания садка, что положительно скажется на увеличении надежности его работы.

Таким образом, садки разработанной конструкции позволяют выращивать товарную рыбу ценных видов (сибирский осетр, стерлядь, стальноголовый лосось, сига, радужная форель, тиляпия и др.) в водоемах, которые ранее не использовались для целей аквакультуры, а также для размещения садковых линий в уже эксплуатируемых прудах рыбоводных хозяйств для повышения их рыбопродуктивности и расширения ассортимента рыбоводной продукции.

#### Список использованных источников

1. Александров, С. Н. Садковое рыбоводство / С. Н. Александров. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2005. – 270 с.
2. Михеев, В. П. Садковое выращивание товарной рыбы / В. П. Михеев. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1982. – 216 с.
3. Садок для выращивания товарной рыбы : полезная модель 11569 Респ. Беларусь : МПК А01К61/00 / В. К. Пестис, А. И. Козлов, Т. В. Козлова, С. Н. Ладутько, Г. Н. Райлян, Н. М. Райлян, Н. П. Дмитриевич ; дата публ.: 30.12.2017.
4. Титарев, Е. Ф. Форелеводство / Е. Ф. Титарев. – М.: Пищевая промышленность, 1980.– 167 с.

УДК 639.3.043

### **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ**

**Кошак Жанна Викторовна, к.т.н., доцент**

**РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси**

Koshak Zhanna, PhD, [koshak.zn@gmail.com](mailto:koshak.zn@gmail.com), Fish Industry Institute

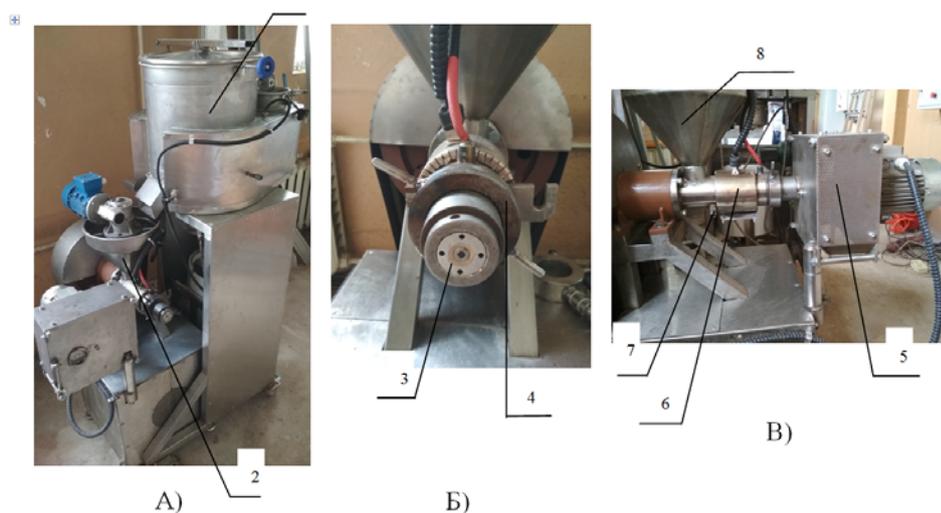
*В статье рассматривается влияние экструдирования на биологическую ценность и структурно-механические свойства комбикормов для осетровых рыб. Получено, что при повышении температуры выше 110 °С содержание большинства незаменимых аминокислот снижается, при этом насыпная плотность снижается, а коэффициент расширения гранул увеличивается, тем самым изменяя поведение гранул в воде.*

**Ключевые слова:** комбикорм, экструдирование, незаменимые аминокислоты, влаготепловая обработка, коэффициент расширения гранул, область допустимых значений потери аминокислот.

В настоящее время технология экструдирования комбикормов для рыб в нашей стране и в странах СНГ только развивается. Технология производства экструдированных комбикормов в Республике Беларусь не всегда учитывает состав комбикорма и влияние на него технологических параметров процесса, а также влияние состава комбикорма на структурно-механические свойства гранул, что приводит не только к неудовлетворительному качеству комбикормов (насыпная плотность, крошимость, разбухаемость), но и к потере основной части питательных и биологически активных веществ, которые определяют эффективность комбикорма. В связи с вышесказанным проведены исследования влияния технологических параметров процесса экструдирования комбикормов на их химический состав и структурно-механические свойства. В процессе производства комбикормов для рыб одним из основных свойств, характеризующих поведение гранул в воде, является коэффициент вспучивания или расширения гранул, который показывает отношение объема после экструдирования к объему до экструдирования [1]. Если коэффициент расширения равен единице, то вспучивания не происходит. Комбикорма для ценных видов рыб отличаются тем, что необходимо добиться такого коэффициента расширения гранул, а, следовательно, и плотности, чтобы гранулы вели себя в воде требуемым образом. Для осетровых видов рыб гранула должна быть тонущей, для лососевых видов рыб - медленно тонущей, а для сомовых видов – плавающей. Свойства гранулы определяют в первую очередь правильно подобранные режимы экструдирования.

Для определения оптимальных параметров процесса экструдирования при производстве производственного комбикорма для ценных видов рыб, при котором получаем гранулы с различным поведением в воде был реализован полный факторный эксперимент ПФЭ  $2^2$  со звездным плечом [2]. В качестве независимых факторов выступают частота вращения шнека экструдера, определяющая давление экструдирования и температура комбикорма перед экструдером. Влажность рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки (ВТО) перед экструдером постоянна и равна 28%. В качестве выходного фактора выступает коэффициент расширения, который определяет, как будет вести себя гранула в воде.

Экструдирование комбикорма выполняли на лабораторном экструдере, производительностью 10 кг/ч. Внешний вид экструдера представлен на рисунке 1.



А) установка для влаготепловой обработки и экструдирования комбикорма: 1- аппарат для влаготепловой обработки; 2 – экструдер; Б) прессующий узел экструдера: 3 – фильера диаметром 4 мм; 4 – фиксирующее фильеру кольцо; В) экструдер вид сбоку: 5 – корпус ножей для нарезки гранул комбикорма; 6 – подогрев ствола экструдера; 7 – подача пара в ствол экструдера; 8 – питатель экструдера

**Рисунок 1. – Лабораторный экструдер**

Результаты эксперимента представлены в таблице 1. Для анализа результатов эксперимента была построена параметрическая диаграмма, показывающая оптимальное значение коэффициента расширения гранул комбикорма. Параметрическая диаграмма представлена на рисунке 2. Анализируя параметрическую диаграмму, видим, что наибольшую тонучесть гранула комбикорма приобретает при коэффициенте расширения гранул в диапазоне 1–1,04 при следующих технологических параметрах: частота вращения шнека экструдера 140-200 об/мин, температура комбикорма после влаготепловой обработки 54-60 °С, влажность комбикорма перед экструдером 28%.

Получена аналитическая зависимость, описывающая изменение значения коэффициента расширения в зависимости от частоты вращения шнека экструдера и температуры комбикорма после влаготепловой обработки, которое имеет следующий вид:

$$K_p = 16,84 - 0,0226 \cdot \nu - 0,496 \cdot T + 0,0000607 \cdot \nu^2 + 0,0000432 \cdot \nu \cdot T + 0,00434 \cdot T^2 \quad (1)$$

где  $K_p$  – коэффициент расширения гранул;  $\nu$  – частота вращения вала экструдера, об/мин;  $T$  – температура рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки (ВТО), °С.

Таблица 1. – Результаты эксперимента по влиянию режимов работы экструдера на коэффициент расширения гранул комбикорма для ценных видов рыб

| № опыта | Действительные значения факторов          |   | Коэффициент расширения гранул, $K_p$ |
|---------|---|---|--------------------------------------|
|         | Частота вращения шнека экструдера, об/мин | Температура рассыпного комбикорма после ВТО, °С |                                      |
| 1       | 2   | 3   | 4                                    |
| 1       | 182,5                                     | 55,0  | 1,01                                 |
| 2       | 146,0                                     | 50,0  | 1,32                                 |
| 3       | 219,0                                     | 50,0  | 1,45                                 |
| 4       | 146,0                                     | 60,0  | 1,09                                 |
| 5       | 219,0                                     | 60,0  | 1,26                                 |
| 6       | 130,881                                   | 55,0  | 0,98                                 |
| 7       | 234,119                                   | 55,0  | 1,18                                 |
| 8       | 182,5                                     | 47,9289   | 1,15                                 |
| 9       | 182,5                                     | 62,0711   | 1,12                                 |
| 10      | 182,5                                     | 55,0  | 1,00                                 |

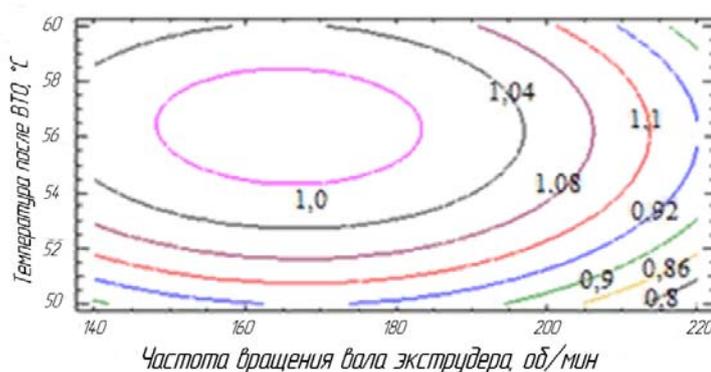


Рисунок 2. – Зависимость коэффициента расширения гранул от частоты вращения шнека экструдера и температуры продукта после влаготепловой обработки

Были определены оптимальные параметры процесса экструдирования для получения гранул по-разному ведущих себя в воде для различных видов рыб, данные представлены в таблице 2.

Анализируя данные таблицы 2, следует обратить внимание, что для изменения поведения гранул комбикорма для ценных видов рыб в воде изменяют температуру продукта, причем не только в процессе влаготепловой обработки, но и при экструдировании. Поэтому на следующем

этапе исследований было определено влияние температуры продукта в процессе экструдирования на сохранность аминокислот в составе комбикорма.

Таблица 2. – Оптимальные значения параметров работы экструдера для получения гранул комбикорма с заданными свойствами

| Свойства гранул комбикорма | Частота вращения шнека экструдера, об/мин | Температура продукта после ВТО, °С | Коэффициент расширения гранул | Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> |
|----------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Тонущий                    | 140-200                                   | 54-60                              | 1,0-1,04                      | 704-750                               |
| Медленно тонущий           | 180-240                                   | 75-85                              | 1,9-2,1                       | 540-590                               |
| Плавающий                  | 250-300                                   | 80-95                              | 3,5-3,8                       | 330-450                               |

На следующем этапе исследований был изготовлен комбикорм производственный для осетровых рыб, в соответствии с рецептурой приложения А ТУ ВУ 100035627.026-2020. Экструдирование комбикорма проводили при различных температурах, после чего определяли аминокислотный состав и содержание некоторых важных для рыбы витаминов. Температура продукта в процессе экструдирования была 90, 100 и 120 °С. Частота вращения шнека экструдера 200 об./мин., влажность продукта перед экструдером 28%. Зависимость изменения содержания аминокислот в составе производственного комбикорма для осетровых рыб представлена на рисунке 3.

На основании построенных графиков и на основании потребности рыб в аминокислотах можно заключить, что область допустимых значений потерь аминокислот находится в диапазоне 90-110 °С, которые не превышают потребность осетровых рыб в незаменимых аминокислотах.

Установлено, что содержание аминокислот в зависимости от температуры при экструдировании в диапазоне от 25 до 110°С подчиняется линейной зависимости, которая имеет следующий вид:

$$C_{AMK} = GT + D \quad (2)$$

где  $C_{AMK}$  – содержание аминокислоты, мг/100 г; G- эмпирически коэффициент, мг/(100 г·°С); T- температура продукта при экструдировании, °С; D – эмпирический коэффициент, мг/100г

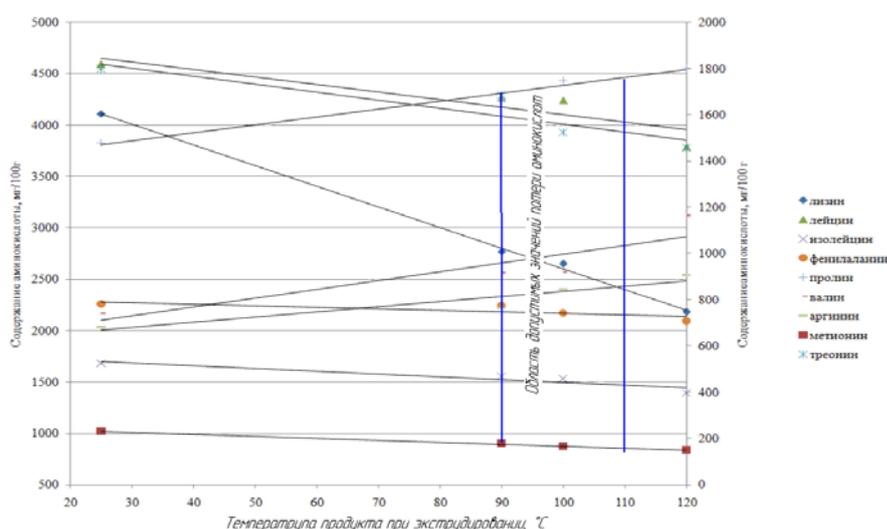


Рисунок 3. – Зависимость содержания аминокислот в составе комбикорма для осетровых рыб от температуры при экструдировании

Значения эмпирических коэффициентов G, D определены для следующих аминокислот: лейцин, лизин, пролин, треонин, аргинин, валин, фенилаланин, метионин, треонин. Используя данную зависимость можно прогнозировать потери аминокислот в данном интервале температур.

На основании проведенных исследований получено, что технологические параметры экструдирования зависят от требуемых свойств гранул, в первую очередь их поведения в воде для разных видов рыб. Определены насыпные плотности для плавающих, медленно тонущих и тонущих комбикормов для рыб. Установлено влияние температуры экструдирования на содержание незаменимых аминокислот в комбикормах для рыб. Получено, что область допустимых значений потерь аминокислот находится в диапазоне температур 90-110 °С. Определены аналитические зависимости, описывающие изменение значения коэффициента расширения в зависимости от частоты вращения шнека экструдера и температуры комбикорма после влаготепловой обработки и влияния температуры экструдирования на содержание аминокислот в комбикорме.

#### Список использованных источников

1. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевых технологиях / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.
2. Кошак, Ж.В. Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной отрасли / Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак – Минск : ИВЦ Минфина – 2015. – 152 с.

УДК 378.14

### **ДУАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ В ОБЛАСТИ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**Лихота Владислав Юрьевич, ассистент**

**Хмель Ольга Анатольевна, к.э.н.**

**Литвинчук Кирилл Геннадьевич, аспирант**

**Полесский государственный университет**

Likhota Uladzislau, assistant, lihotavladislav@gmail.com

Khmel Olga, PhD, khmel.o@polessu.by

Litvinchuk Kirill, Postgraduate, mi.kerzhik@gmail.com

Polesky State University

*В статье рассмотрены основные принципы дуальной системы образования; особенности реализации дуальной схемы получения образования на базе специальности «Промышленное рыбководство и переработка рыбной продукции»*

**Ключевые слова:** *дуальное обучение, Полесский государственный университет, практикоориентированность высшего образования.*

Конкуренция на рынке труда, повышение сложности задач, решаемых в сфере пищевой промышленности на сегодняшний день, формируют спрос на выпускников высших учебных заведений, не только получивших необходимые теоретические знания, а обладающих навыками реализации их в решении практических профессиональных вопросов [1].

Полесский государственный университет в 2020 году вошёл в состав команды по внедрению и реализации концепции дуального обучения. Основной принцип дуальной системы образования заключается в том, что обучающийся, с одной стороны, получает образование в образовательной организации (она дает теоретические знания), а с другой – на обучающем предприятии, где вырабатываются необходимые для данного производства компетенции. В данном контексте заслуживает внимания германский опыт подготовки по дуальной системе. Государство широко поддерживает подготовку специалистов на предприятии, финансируя «дуальную систему». Сочетание теории и практики гарантирует высокую квалификацию выпускников. Итоговый экзамен по профессии принимают представители работодателей [2].

Подготовку по дуальной схеме получения образования планируется осуществлять в рамках специальности «Промышленное рыбководство и переработка рыбной продукции» на базе Инженерного факультета Полесского государственного университета, особенностями которой являются следующие составляющие:

- глубокая практическая подготовка, основанная на реальной работе студентов в условиях, максимально приближенных к тем, с которыми им придется иметь дело в будущей профессиональной деятельности на заводах и фабриках;
- постоянная взаимовыгодная связь университета с производством и реальными научными достижениями.

На сегодняшний день студенты, обучающиеся по специальности «Промышленное рыбное хозяйство и переработка рыбной продукции», активно заняты в лаборатории переработки рыбных и нерыбных продуктов и лабораториях «Инжинирингового центра». Студенты параллельно с получением необходимых теоретических знаний получают практические навыки в сфере переработки продукции аквакультуры. Студенты проходят обучение по курсу «Переработка рыбной продукции», в рамках которого изучают различные методы и способы переработки рыбной продукции, принимают активное участие в создании новых рецептов, модернизации различных технологических процессов производства, ведут полный производственный контроль. Обучение проходит в учебной лаборатории на базе Центра общественного питания ПолесГУ и лабораториях «Инжинирингового центра». Основной идеей курса является ориентированность на практические знания, постоянный анализ выполненных работ и подробный их разбор, моделирование различных ситуаций, возможных на производстве, обучение принятию решений. Таким образом, в процессе обучения по дуальной системе студенты получают как необходимые теоретические знания, так и практические, к которым можно отнести рост студента от «обработчика продукции» до «заведующего производством». Реализация данного проекта также позволит студентам освоить дополнительную рабочую профессию по данному направлению.

#### Список использованных источников

1. Хмель, О. А. Дуальное обучение: практическая реализация в вузах Беларуси / О. А. Хмель, О. А. Золотарева // Банковская система: устойчивость и перспективы развития : сборник научных статей одиннадцатой международной научно-практической конференции по вопросам банковской экономики, Пинск, 30 октября 2020 г. : в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2020. – Ч. 2. – С. 170-172.
2. Золотарева, О.А. Дуальное образование как эффективная модель практикоориентированной подготовки / О. А. Золотарева, О. А. Хмель // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы : сборник трудов XIV международной научно-практической конференции, Пинск, 24 апреля 2020 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2020. – С. 29-31.

УДК 502:639.3

### **ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ**

**Трунова Инна Александровна, к.т.н., доцент**  
**Мальцев Александр Федорович, студент**  
**Сумский государственный университет**  
**Литвин Виталий Николаевич, инспектор**

**Государственная экологическая инспекция в Сумской области**

Trunova Inna, PhD, [inna.trunova@ecolog.sumdu.edu.ua](mailto:inna.trunova@ecolog.sumdu.edu.ua)

Maltcev Aleksandr, [malcevs810@gmail.com](mailto:malcevs810@gmail.com)

Sumy State University

Litvin Vitaly, Inspector, [vetal\\_eko@ukr.net](mailto:vetal_eko@ukr.net)

State Environmental Inspection in Sumy Region

*Аквакультура становится одной из наиболее перспективных отраслей сельского хозяйства. При рациональном использовании водных ресурсов можно обеспечить потребителей качественной, безопасной и полезной продукцией широкого ассортимента. Современное использование водных ресурсов для ведения аквакультуры базируется на принципе обязательного сохранения их естественного воспроизводства.*

**Ключевые слова:** *аквакультура, рыбное хозяйство, продукция аквакультуры, выращивание рыбы, рыбный бассейн, карповые, водоем, аренда акватории, ставок, рыбопродуктивность, корм.*

Сельское хозяйство является одним из стратегических секторов украинской экономики. Сектор составляет почти 14% ВВП, аквакультура, как составляющая сельского хозяйства, оценивается в 3 млн. долларов (0,3% от всего сельского хозяйства) [1, с.32].

Аквакультура принадлежит к видам экономической деятельности, что соответствует принципам устойчивого развития в традиционном виде, и является наиболее ресурсосберегающим видом деятельности по производству продуктов питания.

С целью отслеживания объемов производства продукции аквакультуры и его динамики по годам в статье 5 «Права и обязанности субъектов аквакультуры» Закона Украины «Об аквакультуре» предусмотрено, что субъекты аквакультуры обязаны подавать центральному органу исполнительной власти, реализующим государственную политику в сфере рыбного хозяйства, отчетную информацию по объемам производства продукции аквакультуры в определенные сроки по формам, утвержденным в установленном порядке» [2, с.3].

В последние годы в Украине наблюдалось достаточно устойчивое производство товарной пищевой продукции аквакультуры в размере около 20 тыс. тонн. Незначительные колебания объемов товарного выращивания оставались в пределах 1-1,5 тысячи тонн.

В 2019 году общий объем продукции аквакультуры составил 18,6 тыс. тонн, что на 1,5 тысячи тонн меньше, чем в предыдущем году. Тенденция к уменьшению выращивания рыб в условиях аквакультуры прослеживается уже на протяжении последних трех лет.

Стратегическими проблемами экологизации рыбного хозяйства является совершенствование существующих и создание новых технологических процессов выращивания и вылова водных живых ресурсов, направленных на недопущение нарушения экологического равновесия, обеспечения охраны, сохранения и воспроизводства природных ресурсов и окружающей среды, достижения целей производства экологически чистой продукции и обеспечения его экономико-экологического равновесия.

Привлечение для решения проблемы экологизации значительного количества принципов вызывает необходимость их группировки по трем направлениям:

- первая группа принципов охватывает процессы, связанные с обеспечением экологической чистоты рыбных ресурсов;
- вторая – ориентирована на достижение целей экологизации производства рыбной продукции;
- третья – связана с обеспечением эколого-ориентированного управления рыбохозяйственной деятельностью и в частности системного гомеостаза.

Стоит отметить, что на сегодня в Украине (в отличие от всех соседних стран, в частности всех государств-членов ЕС) не создано систему мониторинга использования рыбоводческих водоемов, и достоверно неизвестно, сколько сейчас их существует вообще, какое количество из них реально пригодно для товарного рыбоводства.

В течение последних четырех лет наблюдается сокращение площадей рыбохозяйственных водных объектов, особенно в сегментах прудовой и садковой аквакультуры. И наоборот площадь рыбоводческих бассейнов медленно, но неуклонно увеличивается. Причиной может быть следствие постепенной переориентации сферы аквакультуры с экстенсивных форм рыбоводства к интенсивным, поиска бизнеса эффективных хозяйственных условий и, соответственно, переходом от аренды прудов и их частей в связи с несовершенством этой сферы законодательства в сторону частной собственности на средства производства.

Нужно обратить внимание на катастрофическую ситуацию с водоснабжением в последние годы в южных регионах Украины. Дефицит воды наблюдается и в центральных районах, а также в зоне Полесья. Такая ситуация возникает вследствие планетарных изменений климата. Такие страны как Польша и Чехия, то есть ближайшие к Украине с точки зрения климатических условий и технологий рыбоводства страны, официально признали, что они относятся к странам с нехваткой пресной воды.

В сфере аренды частей водоемов для садков аквакультуры существует ряд вопросов, которые тормозятся но не решаются областными администрациями. Поэтому должны прийти к выводу

о том, что государственные областные администрации не считают аквакультуре одним из механизмов решения вопроса обеспечения населения питательными и полезными продуктами питания.

В сфере предоставления в аренду акватории (водного пространства) моря для марикультуры ситуация такая же.

В течение 2019 года, по информации территориальных органов Госрыбгентства, произошло значительное уменьшение производственных площадей водоемов – более чем на 10 тыс. гектаров. Происходит сокращение площадей нагульных, выростных, нерестовых и других прудов, что как результат приводит к уменьшению объемов производства продукции аквакультуры.

По анализу последних лет (см. рис. 1) можно увидеть, что в 2019 году выростных и нагульных прудов стало меньше, но стало больше других водных объектов, а именно: маточных (2018 год 525,3 га, 2019 год 1456,1 га), нерестовых, зимовальных и т.д.



**Рисунок 1. – Использование производственных мощностей водных объектов для аквакультуры по категориям прудов**

Выращивание личинок и малька является важным показателем статистических наблюдений. Ведь уменьшение объемов производства товарной рыбопродукции может иметь временный характер, связанный с экономической ситуацией, неблагоприятными условиями и другими факторами, а вот постепенное уменьшение производства рыбопосадочного материала свидетельствует о тенденции свертывания производства аквакультуры в будущем.

В 2019 году было выращено разновозрастного рыбопосадочного материала 126,7 млн. экз. (7740 т), что на 27,8 млн. экз. (862,6 т), или на 18% меньше, чем было произведено в 2018 году [2].

Анализируя затраты на корма и на рыбопосадочный материал в течение последних трех лет были почти одинаковы.

Рыбопродуктивность выростных прудов (речь идет, в основном, о традиционных для Украины объектах аквакультуры) в 2019 году составила 4,8 ц/га, против 3,9 ц/га в 2018 году. Вряд ли это можно назвать приемлемым результатом, учитывая, что зональная рыбопродуктивность выростных прудов при экстенсивной технологии выращивания по нормативам должна была бы составлять от 5 до 7 ц/га, а при интенсивной технологии – от 10 до 15 ц/га и больше.

Рыночные отношения требуют от бизнеса создания конкурентной продукции предполагая соблюдение двух параметров: уменьшение стоимости при условии надлежащего качества. Получение такого результата требует введения высокоэффективных биотехнологий. Переход от экстенсивных к интенсивным формам производства невозможен без научной поддержки.

Сегодня в Украине традиционными объектами аквакультуры неизменно остаются карповые: обычный карп и дальневосточные карповые (растительнойядные) виды, белый и пестрый толстолобики, их гибриды, белый амур. Кроме карповых украинские аквафермеры выращивают другие виды: радужную форель, европейского сома, щуку, судака, линя, клариевого сома, карася, стерлядь, русского и сибирского осетров, бестера, веслоноса и др. (рис. 2) Ассортимент продукции аквакультуры остается длительное время почти неизменным.

За 2019 год выращивание товарной рыбы уменьшилось на 8%. Основу товарного производства составляли различные породы карпа обыкновенного и растительноядные рыбы (пестрый толстолобик, белый толстолобик, их гибриды, белый амур). На фоне сокращения задействованных в аквакультуре площадей водоемов, уменьшение объемов выращивания рыбопосадочного материала и других факторов в 2019 году прогнозируемо уменьшилось производство практически всех видов прудовой аквакультуры. Исключение составили лишь сомовые виды, объемы выращивания которых постоянно растут уже не первый год подряд, но это за счет выращивания не у рыбохозяйственных водоемах, а в рециркуляционных аквакультурных системах.

Несмотря на то, что за последние годы наблюдается тенденция к незначительному уменьшению доли традиционных объектов аквакультуры, все же производство карповых видов является наиболее стабильным.

Таким образом, существует возможность отслеживания проблем экологизации экономического развития рыбного хозяйства и их решения в составе комплекса показателей. В то же время исследования позволяют сделать выводы о том, что экологизация экономического развития рыбного хозяйства Украины необходимо как для возрождения стратегически важной отрасли национального хозяйственного комплекса, так и для положительного влияния на решение проблем, связанных влиянием на окружающую среду.

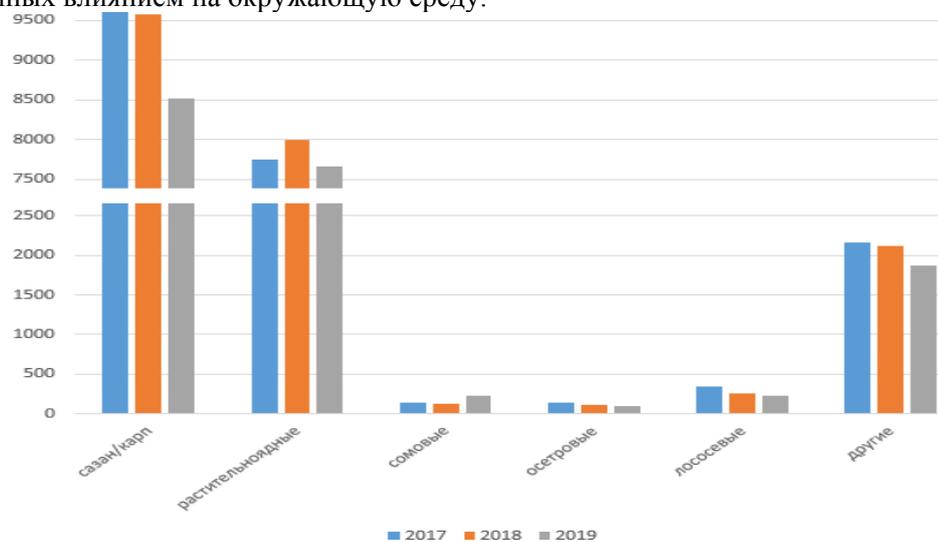


Рисунок 2. – Объемы выращивания товарной рыбы, т

#### Список использованных источников

1. М.С. Сташишен. Стратегічні проблеми екологізації рибного господарства України: «Ефективна економіка». ДАЕУ. – 2010. №6. – С.61.
2. Закон України «Про аквакультуру» (Відомості Верховної Ради, 2013, №43, ст.616). {З змінами, внесеними згідно із Законами № 2059-VIII від 23.05.2017, ВВР, 2017, № 29, ст.315 № 963-IX від 04.11.2020}.

УДК 616.–995.122(476.2)

### ПРИРОДНЫЕ ОЧАГИ ОПИСТОРХОЗА В БАССЕЙНЕ ДНЕПРА (ДНЕПРОВСКИЙ ОЧАГ С ПРИТОКАМИ ПРИПЯТЬ, БЕРЕЗИНА, СОЖ)

Цвирко Лидия Сергеевна, д.б.н., профессор

Полесский государственный университет

Tsvirko L., Doctor of Biological Sciences, Professor, tsvirko.l@polessu.by  
Polesky State University

*Рыба, нерыбные объекты промысла и продукты, вырабатываемые из них, занимают существенное место в питании населения Республики Беларусь и широко используются на корм животным. Однако рыба, являясь ценным пищевым продуктом, в то же время может служить*

источником ряда тяжелых паразитарных заболеваний для человека и животных. Особую группу заболеваний, которые могут передаваться человеку и животным через рыбу, представляют гельминтозы.

**Ключевые слова:** гельминтозы, инвазия, паразитарные заболевания, описторхоз, рыба.

Отлавливаемая в водоемах Беларуси пресноводная рыба и импортируемая в республику морская рыба, нерыбные объекты промысла могут служить источником таких заболеваний у человека и животных как описторхоз, дифиллоботриоз, клонорхоз, псевдамфистомоз, метагонимоз, нанофиедоз, парагонимоз, меторхоз, эхинохазмоз, гетерофиоз, диоктофимоз, гнатостомоз, кариносомоз, анизакидоз.

Переносчиками возбудителей этих заболеваний являются многочисленные виды пресноводных и морских рыб семейств карповые, щуковые, окуневые, лососевые, кефалевые, тресковые, хариусовые, скумбриевые, сельдевые, из беспозвоночных животных – ракообразные.

В настоящее время одной из значимых паразитарных болезней на территории страны является описторхоз. В структуре паразитарных болезней Республики Беларусь описторхоз входит в группу инвазий, регистрируемых десятками случаев ежегодно. Официально описторхоз у населения Республики Беларусь регистрируется с 1975 года. За исследуемый период (1975-2019 гг.) отмечено более 1000 случаев инвазии. Наибольшее количество случаев описторхоза выявлено у жителей Гомельской области, так, в 2014 году 78,9% зарегистрированных случаев описторхоза в Республике Беларусь приходилось на жителей Гомельской области, в 2015 году – 88,6%.

Описторхоз – природно-очаговое заболевание человека, диких и домашних животных, вызываемое паразитированием в желчных протоках печени, желчном пузыре и поджелудочной железе половозрелых особей кошачьей двуустки – *Opistorchis felineus*. Возбудитель относится к семейству *Opistorchiidae* класса *Trematoda* типа *Plathelminthes*. Семейство *Opistorchiidae* насчитывает более 100 видов трематод, из которых 3 имеют медицинское значение и встречаются в Беларуси: *Opistorchis felineus*, *Metorchis bilis*, *Pseudamphistomum truncatum* [10, 11].

На территории Беларуси описторхиды распространены очагово, в бассейнах Западной Двины (Западнодвинский очаг), Днепра (Днепровский очаг с крупными притоками Припять, Березина, Сож), Немана (Неманский очаг) и Западного Буга (Западнобугский или Бугский очаг). В этих очагах встречаются все 3 вида описторхид. В бассейне Днепра с притоками Сож и Березина распространены трематоды *O. felineus* и *P. truncatum*, в Припяти – трематода *O. felineus*.

В качестве первых промежуточных хозяев в жизненном цикле *O. felineus* принимают участие брюхоногие моллюски *Bithynia leachii*, в жизненном цикле *M. bilis* и *P. truncatum* – *B. tentaculata*, семейства *Bithyniidae*, рода *Bithynia*. В настоящее время их присутствие установлено в следующих объектах: бас-н р. Днепр, Березина, Сож, Припять, Вить, Западная Двина и Неман; зап-к ПГРЭЗ; оз. Любенское, Обкомовское, Осушное, Персток, Святое, Богинское, Б. Швакшты, Нарочь, Берштовское; кан. Погонянский и Слободской; р-н Житковичский, Петриковский и Жлобинский [2].

Рядом исследователей [1] приводятся данные о зараженности моллюсков *B. leachii* личинками *O. felineus* в водоемах ПГРЭЗ, которая составляет от 35,6% до 83,3%, а ИИ – от 14 экз. до 524 экз. партенит на особь хозяина и в бассейне р. Сож, где в 2012–2013 гг. собрано и исследовано 638 брюхоногих моллюсков *B. leachii*, зараженными среди которых оказались 240 (37, 6%) [5].

Метацеркарными хозяевами (вторыми промежуточными хозяевами) описторхид являются 19 видов рыб семейства карповые: елец, плотва обыкновенная, подуст обыкновенный, рыбец, сазан европейский, усач обыкновенный, красноперка, густера, линь, лещ, голянь обыкновенный, синоп, уклейка, язь, жерех обыкновенный, карась серебрянный, пескарь белоперый, пескарь обыкновенный, чехонь [2].

Ранее было установлено [3, 7], что в очагах описторхоза в бассейне Днепра – (среднее течение Днепра в Жлобинском районе Гомельской области и среднее течение Припяти в Столинском районе Брестской области) рыбы заражены метацеркариями трематоды *O. felineus* на 8,7-40,9%, а метацеркариями трематоды *P. truncatum* на 4,5-15,3%.

В 1995-1999 в районах расположения НП «Припятский» (р. Припять) нами исследовано 80 образцов речной рыбы (плотва, густера, язь), в 17 (21,3%) пробах плотвы обнаружены метацеркарии описторхид, в 2002 г. обследовано 28 образцов речной рыбы, преимущественно язь, из них в 2

(7,1%) пробах обнаружены метацеркарии. В 2004 г. в 3 из 97 (3,1%) проб речной рыбы выявлены возбудители описторхоза. Паразитологические исследования 154 образцов речной рыбы (1995-2002 гг.), выловленной в бассейнах рек Припяти и Днепра, в 23 особях подтвердили наличие метацеркарий описторхид, что составило 14,9%. Из 7 видов рыб личинки описторхид были обнаружены у 4 (густера, лещ, красноперка, плотва). Пораженность густеры метацеркариями кошачьей двуустки достигала от 75 до 100% экземпляров в пробе [9].

Наиболее высокая инвазированность метацеркариями описторхид была выявлена у язя в бассейне р. Припять – 13,80-56,10% и в бассейне р. Днепр – 25,50-38,10%, инвазированы были также линь, плотва, лещ и елец. В районе Гомеля в бассейне р. Сож инвазированность метацеркариями описторхид обнаружена на уровне 16,60% у язей, 11,10% у ельцов и 5,80% у плотвы [4]. Исследованиями (2012–2013 гг.) 47 экземпляров рыб семейства карповые выявлено, что 9 образцов (19,1%) были заражены паразитами (плотва, карась серебряный, чехонь, уклейка).

В последние годы при исследовании на зараженность метацеркариями 50 экземпляров речной рыбы (р. Днепр, г. Речица) из 5 видов рыб (язь, лещ, карась серебряный, плотва, густера) личинки паразитов обнаружены у 3 видов рыб (язь, густера, лещ), при этом ЭИ составила 8,0%, ИИ – 1,8 экз. [6]. На территории ПГРЭЗ паразитологические исследования 41 особи леща позволили выявить зараженность паразитами 34 рыб (82,9%), ЭИ – 83,0%, ИИ варьировала от 4 до 34 метацеркария на рыбу и в среднем составляла 17,6 экз. [3].

Дефинитивными хозяевами описторхид являются 9 видов диких млекопитающих и 2 вида домашних (собака, кошка) хищников. Все 3 вида описторхид обнаружены у домашних кошек и собак, лисицы обыкновенной, енотовидных собак, выдры, хорька лесного, норка европейской и американской. У диких млекопитающих *O. felineus* обнаружена у волка, рыси обыкновенной, горностая [2].

Инвазированность домашних кошек в Днепровском очаге описторхоза (среднее течение Днепра и Припяти) доходила до 88,9% и даже до 100% [Линник, Скрипова]. Показатели пораженности домашних собак (г. Речица, набережная р. Днепр): ЭИ – 21,67%, интенсивность выделения яиц –  $31,05 \pm 3,79$  в 1 гр. фекалий. Экстенсивность инвазии личинками описторхид диких плотоядных в ПГРЭЗ выявлена на уровне: у волка – 1,96%, лисицы обыкновенной – 0,98%, енотовидной собаки – 6,94%. Выделение более высокой интенсивности инвазии енотовидной собаки на общем фоне, в первую очередь, связана со спецификой ее рациона, где рыба занимает значительное место [3].

Полученные данные подтверждают заражение описторхидами хозяев всех типов (дефинитивных, первичных и вторичных промежуточных) в бассейне Днепра. Такое широкое распространение описторхид среди животных создает риск заражения населения от рыбы, выловленной из местных водоемов и водотоков.

В Гомельской области описторхоз на начальном периоде регистрации (1975-1984 гг.) выявлялся в виде единичных случаев, с периодом эпидемического благополучия в 1979-1982 гг. Заболевания регистрировались на территории 2 (из 21) административных районов (Жлобинский, Гомельский), при этом отмечено 3 случая (18,7%) инвазии местного происхождения в Гомельском районе.

С середины 80-х годов в области регистрируется рост заболевания в виде десятков случаев ежегодно. Число административных территорий, где отмечены заболевания людей, достигает 10. Основные очаги описторхоза выявлены в Жлобинском, Речицком и Гомельском районах, где зарегистрировано 81,1% случаев заболевания у людей [8].

В 79,4% случаев всех выявленных заболеваний имел место завозной характер инвазии. В 7 случаях люди заразились кошачьей двуусткой через пораженную метацеркариями рыбу, выловленную в местных водоемах – по 1 случаю в городах Гомель, Жлобин и д. Селище Светлогорского района и по 2 случая в городе Петриков и районе. На протяжении 1999-2002 гг. отмечено 2 случая у жителей д. Лясковичи и г. Петриков, которые употребляли в пищу рыбу из реки Припять, выловленную в районе населенного пункта Лясковичи (ранее заболевание в Петриковском районе не регистрировалось).

Всего за данный период регистрации выявлено 77 случаев заболеваний людей описторхозом употреблявших в пищу рыбу местных водоемов, содержащую инвазионную личиночную стадию кошачьей двуустки.

В 46,2% отмеченных случаев фактором передачи инвазионного агента служила рыба, завезенная из Тюменской области, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, Республики Коми, Архангельской области, являющихся основными очагами описторхоза на территории Российской Федерации. Единичные случаи завоза имели место из Казахстана и Украины.

В период с 1995 по 2005 годы более 60% случаев описторхоза зарегистрировано в Речицком районе и г. Гомеле, все случаи квалифицировались как завозные. В 2006-2008 гг. территориальное распределение гельминтоза изменилось: 83,7% заболевших – жители Жлобинского района, причем 34 заболевших (из 37) в 2007 году, что составляет 85%, употребляли рыбу семейства карповые, отловленной на территории области в бассейне рек Сож, Припять, Днепр.

С 2007 года в области регистрируется рост числа случаев описторхоза, показатель заболеваемости достигает 2,52 на 100 тыс. населения (в 2006 – 0,34 на 100 тыс. населения). В последующие годы количество заболевших описторхозом увеличивается и, начиная с 2015г., достигает своих максимальных значений. В 2015 году в Гомельской области регистрируется рост числа случаев заболеваний описторхоза у людей на 57,1% по сравнению с 2014 годом, показатель заболеваемости составляет 3,3 на 100 тыс. населения (в 2014 году – 2,1 на 100 тыс. населения) и превышает республиканский уровень (0,56 на 100 тыс. населения) в 5,9 раза. В 2016 году число заболевших увеличивается до своего максимального значения за весь период регистрации заболевания (55 человек), показатель заболеваемости составляет 3,87 на 100 тыс. населения. После незначительного снижения заболеваемости (3,16 на 100 тыс. населения) в 2018 году, в 2019 году вновь регистрируется рост числа заболевших до 50 человек. При этом среднеобластной показатель заболеваемости превышает республиканский уровень (0,4 на 100 тыс. населения) на 85,86%.

Таким образом, ежегодная регистрация случаев заболевания людей описторхозом и рост заболеваемости в населенных пунктах, прилегающих к бассейну Днепра и его притокам, свидетельствует, что населению продолжает поступать в питание не обезвреженная рыба и рыбная продукция, зараженная личинками опасного биогельминта – кошачьей двуустки. В настоящее время описторхоз регистрируется на территории 13 (из 21) административных районов Гомельской области. Наиболее неблагополучными по описторхозу являются Жлобинский, Речицкий, Гомельский, Рагачевский и Светлогорский районы, на территории которых отмечено 98,4 % всех случаев, выявленных в период регистрации с 2013 по 2018 гг. Высокая инвазированность рыбы бассейна Днепра, подтверждает эпидемиологическое значение местных источников заражения людей метацикляриями *O. felineus*. Главная роль в деле ликвидации заболевания принадлежит санитарно-гигиеническим мероприятиям в местах пребывания человека и санитарно-просветительной работе среди жителей, направленной на отказ от употребления в пищу недостаточно термически обработанной рыбы, особенно интенсивно пораженной описторхидами (язь, густера, лещ, плотва, красноперка).

#### Список использованных источников

1. Анисимова, Е.И. Описторхоз хищников и зараженность *Vithynia leachii* в водоемах ПГРЭЗ / Е.И. Анисимова, В. А. Пенькевич // Известия НАН Беларуси. Сер. биол. наук. – 2012. – № 4. – С.117–120.
2. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси: каталог / Е.И. Бычкова [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 316 с.
3. Гулаков, А.В. Заболеваемость описторхозом и активность основных дозообразующих радионуклидов в организме карповых рыб, обитающих на территории Полесского радиозоологического заповедника / А.В. Гулаков, В.А. Пенькевич, К.Ф. Саевич // Известия Гомельского государственного ун-та им. Ф.Скорины. – 2017. – № 3 (102). – С.31–35.
3. Линник, В.Я. Паразиты рыб, опасные для человека и животных / В.Я. Линник – Мн.: Урожай, 1977. – 95 с.
4. Паразитарные зоонозы (монография) / М.В. Якубовский [и др.]. – Минск: Наша Идея, 2012. – 384 с.
5. Протасовицкая, Р.Н. Описторхоз – опасный антропозооноз в Речицком районе Гомельской области / Р.Н. Протасовицкая, Я.В. Протасовицкая // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2020. – № 1 (12). – С.79–83.

6. Протасовицкая, Р.Н. Эпизоотолого-эпидемиологическая характеристика описторхоза на территории Речицкого района Гомельской области / Р.Н. Протасовицкая, Я.В. Протасовицкая // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. трудов. – Гродно: ГрГАУ, 2018. – С.175–182.

7. Скрипова Л.В. Эколого – эпидемиологическая характеристика описторхоза в Белорусском Полесье // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1990. – 22 с.

8. Цвирко, Л.С. Распространение описторхоза в юго-восточной части Беларуси // Здоровоохранение. – 2004.– № 6. С.

9. Цвирко, Л.С. Особо охраняемые природные территории Белорусского Полесья: проблемы эпидемической безопасности: монография / Л.С. Цвирко. – Мозырь: УО МГПУ, 2006. – 234 с.

10. Шималов В.В. Трематоды описторхииды (Trematoda, Opisthorchiidae) Беларуси, паразитирующие у человека // Современные аспекты патогенеза, клиники, диагностики, лечения и профилактики протозоозов, гельминтозов и арахноэнтомозов человека, животных и растений : тр. VII междуна. науч.-практ. конф. – Витебск: ВГМУ, 2010. – С. 44– 47.

11. Шималов В.В. Описторхоз, меторхоз и псевдамфистомоз в Беларуси: медицинский аспект / В.В. Шималов // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2018. – № 2. – С. 48–53.

УДК 639.311

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА НА ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЕ ПРУДА

**Шумак Виктор Викторович, д.с.-х.н., доцент**  
**Полесский государственный университет**  
Viktor V. Shumak, D.Sc., vshumak@yandex.ru  
Polessky State University

*В работе изучалась эффективность выращивания посадочного материала карпа, собраны и обработаны рыбоводные данные для оценки эффективности потребления естественных кормов пруда при моделировании роста сеголетков карпа с учетом их выживаемости.*

**Ключевые слова:** сеголеток, карп, модель, рост, пруд, естественные корма.

Разработка технологий выращивания рыбы на естественной кормовой базе водоема применяется с самых первых опытов перехода от рыболовства к рыбоводству. Но именно естественная кормовая база связывает рыболовство и рыбоводство в единую цепь технологического использования природных ресурсов самым рациональным способом при соблюдении ряда основополагающих принципов.

Целью данной работы явилась оценка эффективности использования естественных кормов на базе определения скорости роста посадочного материала карпа по итогам выращивания. Для чего, в 2020 году проводились исследования по выращиванию сеголетков карпа на базе участка Дубое, ОАО «Рыбхоз «Полесье», Брестская область, Республика Беларусь, которое расположено в климатических условиях среды соответствующей III зоне рыбоводства. Был задействован в опыте пруд В-2, площадью 8 га, средней глубиной 1,1 м, с расчетом выращивания посадочного материала карпа на естественной кормовой базе. Для проведения исследований была взята личинка карпа используемая в качестве посадочного материала.

Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств были использованы для оценки рыбоводных данных [1], а также, учтены сведения из научных трудов по выращиванию карпа на естественной кормовой базе прудов.

Автором разработана программа моделирования роста рыбы, которая может быть использована в качестве основы для разработки технологии выращивания сеголетков карпа как с использованием искусственных кормов, так и без их применения [2].

При работе с моделью выращивания сеголетков карпа изучались затраты естественного корма на рост рыбы. Программа позволяла разрабатывать варианты роста рыбы при разной выживаемости и полноты использования естественных кормов, с учетом соответствующих показателей контрольных обловов. Методологической основой изучения факторов повышения эффективности

рыбохозяйственной деятельности является эмпирическое исследование и теоретическое моделирование технологических процессов.

Уровень организации и реализации производственных процессов на рыбохозяйственном предприятии определяет получаемые результаты выращивания рыбы. Ныне реализуемые технологии выращивания карпа на естественной кормовой базе предоставляют возможности оценки уровня интенсификации производственного процесса в применении средств мелиорации рыбохозяйственных угодий. Современные технологии выращивания товарного карпа в прудах базируются на поддержании комфортных условий содержания в течение всего вегетационного периода с обязательным кормлением рыбы.

Широкое проведение мелиоративных приемов способствовало повышению уровня продуктивности рыбохозяйственных угодий. Применяемые технологии рыбоводства отражают уровень интенсификации производственного процесса на конкретном предприятии.

Количество пищи, проходящее через пищеварительный тракт, а следовательно, и интенсивность потребления корма определяются у карпа температурой окружающей среды [3].

Естественная пища, в частности зоопланктон и зообентос, как источник минерального питания карпов, содержит все необходимые элементы в физиологически сбалансированных соотношениях в соответствии с солевым составом воды и поэтому является важным дополнением к рационам, нивелирующим недостатки минеральной части корма [4].

Поступательное развитие технологических приемов подразумевает обеспечение максимально возможного роста посадочного материала, наличие в кормах необходимых количеств питательных веществ, витаминов и микроэлементов.

Выращивание сеголетка карпа было начато с зарыбления выростного пруда В-2 заводской личинкой в количестве 500 тыс. шт. с 03.06.2020 года, было закончено обловом 02.12.2020 года. Определение количества потребленного естественного корма проводилось в соответствии с рекомендациями [5].

Нарушений технологии прудового выращивания посадочного материала карпа в течение периода исследования не отмечалось, шло накопление живой массы к концу опыта. Рыбохозяйственные показатели опытного выращивания представлены в таблице 1.

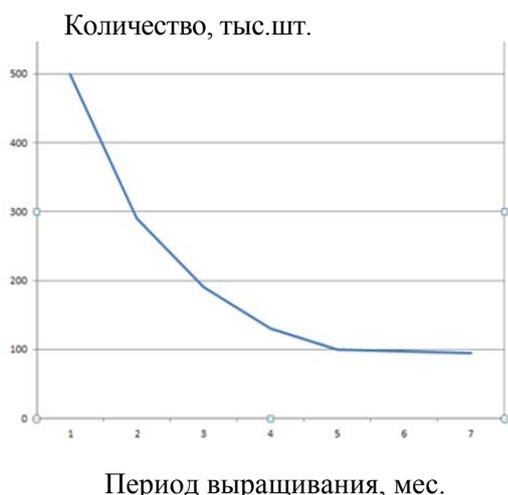
Таблица 1 – Рыбохозяйственные показатели выращивания рыбы на естественных кормах ОАО «Рыбхоз «Полесье», участок «Дубое», 2020 г.

| Среднештучная масса, г | Количество, шт/пруд | Общая масса, кг | Выход, % | Среднештучная масса, г | Общая масса рыбы, кг | Рыбопродуктивность, кг/га |
|------------------------|---------------------|-----------------|----------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| зарыбление             |                     |                 | облов    |                        |                      |                           |
| 0,004                  | 500000              | 2,0             | 18,8     | 15                     | 1410                 | 176                       |

Данные по контрольным обловам, по массе и количеству выловленной рыбы использовали для разработки модели ее роста, а также, расчетов эффективности затрат естественного корма и определения величины естественной продуктивности изучаемой площади. Температурный режим, кислородный режим, рН среды опытного пруда удовлетворяли рыбоводным требованиям, были сопоставимы с нормативами и значительно от них не отличались.

Если учитывать естественную продуктивность пруда в сумме 1200 кг, по 150 кг/га, отмечали ее превышение на 26 кг/га. По данным исследований представлены показатели, которые позволили детализировать процессы выживаемости (Рисунок 1), накопления живой массы рыбы (Рисунок 2), показатели среднештучного прироста (Рисунок 3), коэффициенты массонакопления (Рисунок 4).

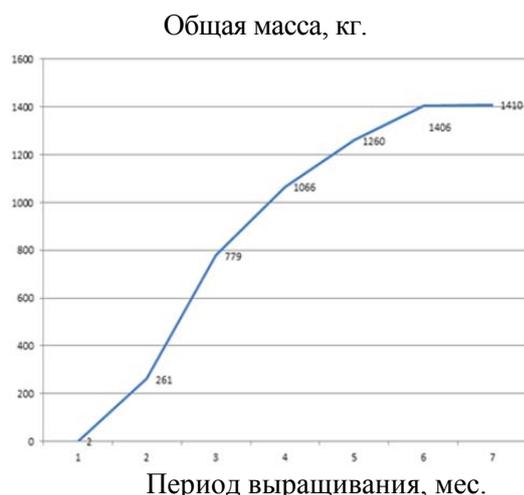
Грамотно применяемые математические методы, позволили детализировать процессы накопления живой массы рыбы, что дало возможность уточнить динамику роста общей массы рыбы (таблица 2).



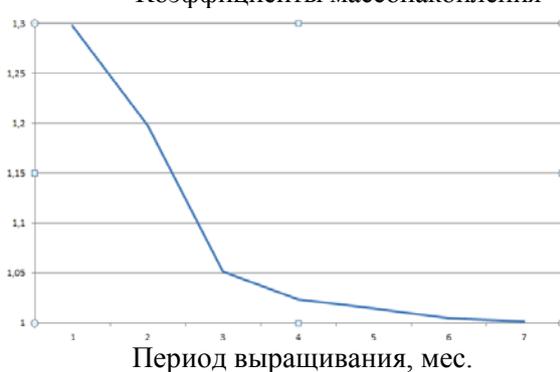
Период выращивания, мес.  
**Рисунок 1 – Показатели выживаемости**  
 Среднештучная масса, г.



Период выращивания, мес.  
**Рисунок 3 - Показатели роста рыбы**



Период выращивания, мес.  
**Рисунок 2 – Показатели накопления общей массы**  
 Коэффициенты массонакопления



Период выращивания, мес.  
**Рисунок 4 - Динамика коэффициентов массонакопления**

Таблица 2 – Показатели роста и моделируемые по датам контрольных обловов и моделируемые значения выживаемости

| Даты                   | 03.06.20 | 04.07.20 | 03.08.20 | 02.09.20 | 02.10.20 | 03.11.20 | 01.12.20 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Количество, шт         | 500000   | 290000   | 190000   | 130000   | 100000   | 97000    | 94000    |
| Среднештучная масса, г | 0,004    | 0,9      | 4,1      | 8,2      | 12,6     | 14,5     | 15,0     |
| Общая масса рыбы, кг   | 2,0      | 261,0    | 779,0    | 1066,0   | 1260,0   | 1406,5   | 1410     |

Индивидуальный рост рыбы одного и того же вида с возрастом постенно снижается, нормативными значениями для каждого технологического периода могут быть показатели соответствующие уровню интенсификации производственного процесса. Каждому отдельному виду рыбы свойственны эффективные соотношения затрат вещества на прирост, обмен и потери, которые отражают процессы обмена веществ в исследуемом организме.

По данным именитых ученых перспективы переноса работ по влиянию разных факторов на развитие и рост живых организмов на новые уровни настолько обширны, что требуют привлечения знаний и методов исследований из других областей знаний. Что подтверждает необходимость применения различных математических методов в изучении обмена веществ при товарном выращивании рыбы.

В итоге, отмечена высокая эффективность использования естественных кормов сеголетками

карпа. На основе моделирование массонакопления выращиваемой рыбы получены значения больших отходов в первые три месяца выращивания сеголетков карпа, около 80 % особей погибало. Выход за весь период выращивания составил 18,8 % от посаженной на выращивание личинки, что значительно ниже нормативных значений. А, среднестатистическая масса 1 экземпляра карпа составила 15 г, т.е. отмеченный выход обеспечил накопление достаточно высокой штучной массы.

Детализация роста карпа дает основания для расчетов технологических показателей выращивания и моделирования всего производственного процесса.

#### Список использованных источников

1. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств / Под общ. редакцией В. И. Федорченко. – М. : ВНИИПРХ, 1985. – 56 с.
2. Шумак, В. В. Методы повышения эффективности использования водоемов комплексного назначения : монография / В. В. Шумак. – Минск : Мисанта, 2014. – 366 с.
3. Стебеньев, И. В. Кормление карпа при выращивании в прудах общехозяйственного назначения / И. В. Стебеньев, А. В. Аристов // Актуальные вопросы ветеринарной медицины и технологии животноводства: матер. научной и учебно-методической конф. профессор.-препод. состава, науч. сотрудников и аспирантов факультера ветеринарной медицины и технологии животноводства. – Витебск. 2014. – С. 267-272.
4. Гришин, Б. О. Оценка развития естественной кормовой базы прудов рыбного хозяйства «Меркурий» при выращивании рыбопосадочного материала карпа / Б. О. Гришин, С. А. Кражан, Н. П. Чужма // Рыбогосподарська наука України. – Киев. 2015. – №3 (33) – С. 34-45.
5. Баранова, В. П., Максимова, Л. П., Сахаров, А. М. Определение количества потребленного рыбами естественного и искусственного корма по уравнению энергетического баланса // В кн.: Интенсификация разведения карповых рыб. - Л.: Изв. ГОСНИОРХ .1974. – Т.88. – С.47–64.

# ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ: ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

УДК 712.2:159.937.51

## ОБЗОР МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОЛОРИТА ЛАНДШАФТА

Алексейченко Надежда Александровна, д.с.-х.н., профессор

Гатальская Надежда Викторовна, к.с.-х.н., доцент

Мавко Марьяна Степановна, к.с.-х.н.

Харьковской национальной университет городского хозяйства

Oleksiiichenko Nadiia, D.Sc., Professor, nolexiichenko@gmail.com.

Gatalska Nadiia, PhD, [gatalska.nadiia@gmail.com](mailto:gatalska.nadiia@gmail.com)

Mavko Mariana, PhD, [marianna.kotsan@gmail.com](mailto:marianna.kotsan@gmail.com)

National University of Urban Economy in Kharkiv

*В статье представлено описание разработанной авторами методики оценки колорита ландшафта, которая позволяет определить основные цвета, что формируют колорит садово-паркового объекта и получить их процентные соотношения, с использованием фотоисследований и компьютерной обработкой данных.*

**Ключевые слова:** цвет, пейзажи, колористика, оценка, парк, сезонность, ландшафтная архитектура.

Цвет играет очень важную роль в восприятии и формировании любой предметно-пространственной среды, при созерцании он способен оказывать влияние на состояние человека. Влияние цвета на человека наблюдается в физиологических и психоэмоциональных процессах, он может иметь положительный или угнетающий эффект. Сейчас вопросы формирования комфортной среды для деятельности человека особенно актуален, оно обусловлено научно-техническим прогрессом, требует уплотнения режима работы и повышения эффективности, как труда, так и отдыха. Требование оптимизации среды для комфортного пребывания человека и соответствующей функции объекта восстала и перед ландшафтным дизайном. Одним из направлений ее решения является грамотное формирование колористической среды. Целенаправленное использование цвета хорошо изучено и широко используется в архитектуре и дизайне интерьеров, но в садово-парковом искусстве такие вопросы поднимаются редко и являются малоизученными. Использование влияния цвета в ландшафтном дизайне является перспективным направлением, которое позволит использовать колористику для формирования комфортной среды садово-паркового объекта.

Актуальность данной темы обусловлена возможностью целенаправленного использования тех или иных цветов для выражения идейной нагрузки парке или саду, подчеркивание его функционального назначения. Развитие темы колористики в ландшафтном дизайне имеет большое практическое значение - использование гармоничных сочетаний цвета при создании различных фитокомпозиций (цветников, древесных и кустарниковых групп, формирование парковых массивов и т.п.). Также тема важна и для теоретического изучения, в том числе выявление зависимости между влиянием цвета на психофизиологическое состояние человека и использованием цвета с целью создания среды, способствовать отдыху или повышению ее работоспособности на садово-парковых объектах различного функционального назначения.

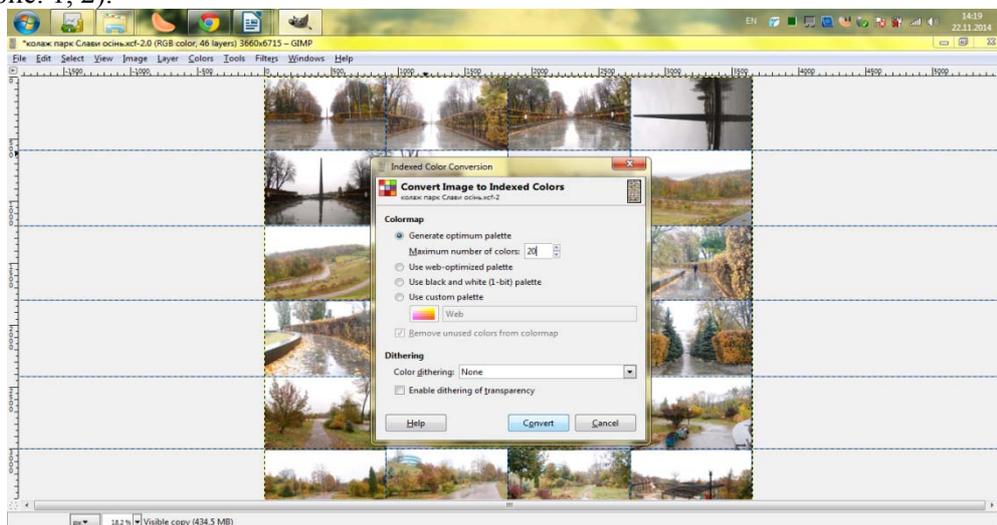
Методика оценки колорита ландшафта (Авторское свидетельство №67096, 10.08.2016) Разработана в рамках подхода целенаправленного формирования колорита ландшафтных объектов. Она позволяет оценить колорит без дополнительных приборов (например, колориметра), определить основные цвета, формируют колорит садово-паркового объекта и получить их процентные соотношения. Методика позволяет провести оценку колорита с использованием фотоаппарата и компьютерной обработкой полученных данных.

С целью определения соответствия существующего колорита ландшафтов функции ландшафтного объекта разработана методика оценки колорита ландшафта. Предложенная методика заключается в оценке колорита основных видовых точек (мест рекреации) садово-паркового объ-

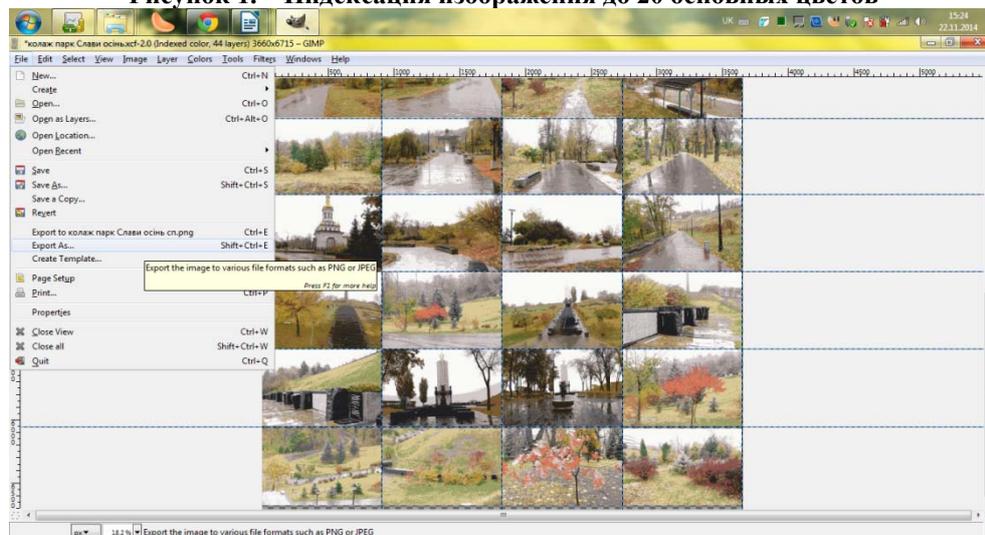
екта, на основе фотографических материалов и их компьютерной обработке с помощью графической программы "GIMP Image Manipulation Program" (операция индексация цветов) и, таким образом, определении превосходящих цветов, которые формируют колорит видовой точки. В результате разведения полученных данных по видовым точкам, получаем основные цвета и их оттенки, которые формируют колорит садово-паркового объекта в целом.

Выделение видовых точек проводится с учетом вида движения (по С. И. Абишевой): при поступательном движении (при переходе из одного пространства в другое) и панорамном (при осмотре только одного пространства) [1]. Для их определения необходимо проанализировать основные направления движения по территории парка, места отдыха, композиционные и сезонные акценты. Выделенные видовые точки наносятся на план парка и проводится их по-сезонная фотофиксация: зимой, осенью, весной и летом. Определять основные видовые точки, лучше в весенне-осенний период времени, именно таким образом можно определить сезонные цветовые акценты среди парковых насаждений. Одна видовая точка фиксируется одним фотоснимком, с учетом зрительного кадра человеческого глаза, угол которого усредненно составляет  $30^\circ$  по вертикали и столько же по горизонтали, при котором воспринимается четкое изображение с распознаванием всех хроматических цветов [4]. Указанный угол легко увлекается объективом фотоаппарата.

Для анализа колорита видовых точек фотоснимки обрабатывают с помощью стандартных операций программы "GIMP Image Manipulation Program", версия 2.8 (можно использовать любой другой графический редактор для работы с растровыми изображениями). Из всех оттенков, которые присутствуют на фотографии, выделялись 15-20 основных цветов (с помощью индексации изображения (рис. 1, 2).



**Рисунок 1. – Индексация изображения до 20 основных цветов**



**Рисунок 2. – Изображения после индексации**

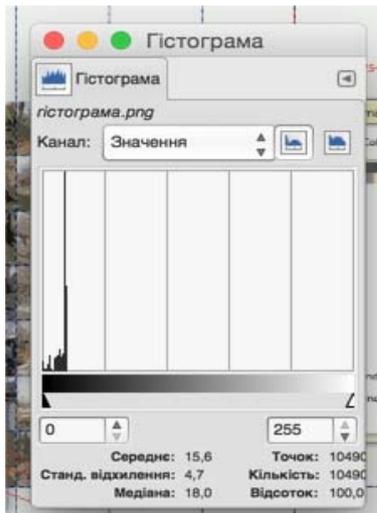


Рисунок 3. – Гистограмма цветов

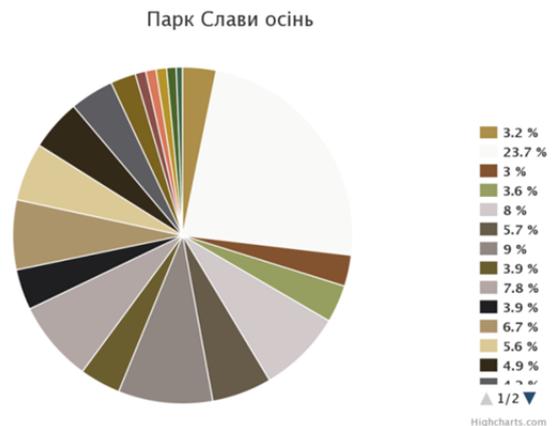


Рисунок 4. – Диаграмма с определенными цветами

Таким образом, суммируя полученные данные, в ходе анализа выделенных видовых точек, можно получить четкое соотношение цветов, которые формируют общий колорит территории садово-паркового объекта. Затем вычисляют доли, занимаемые каждый из цветов (по гистограмме цветов (рис. 3), по полученным соотношениям строят диаграммы (рис. 4).

Такие вычисления можно провести в графическом редакторе с гистограммой цветов (см. рис. 3). Одновременно с целью оптимизации процесса обработки данных в сотрудничестве с другими авторами было разработано веб-приложение, которое позволяет значительно ускорить этот процесс (разработчик М. П. Мавко). Приложение «Color Analysis» опубликовано и находится в свободном доступе (рис. 5) [3].



Рисунок 5. – Интерфейс веб-приложения «Color Analysis» [3].

Дополнительно (используя карту цветов в GIMP Image Manipulation Program) можно провести распределение носителей цвета по методике С. И. Абишевой, которая выделяет три группы носителей цвета в пространственной среде: постоянные, условно-переменные и меняющиеся [1].

Такой анализ фотоснимков дает возможность определить цвет, который преобладает в колорите видовой точки, проанализировать и процентное соотношение цветовых оттенков, которые играют важнейшую роль в формировании колористической среды видовой точки.

Разработанная методика была апробирована нами на киевских парках [5] и некоторыми авторами на других ландшафтных объектах [2].

Использование предложенной методики оценки колорита ландшафта позволяет проанализировать существующий спектр садово-паркового объекта, определить соответствие преобладающих цветов функции объекта и другим особенностям, а также на основе результатов оценки предложить меры по улучшению колорита ландшафта и формирование комфортной, для необходимой цели, среды.

#### Список использованных источников

1. Абишева С.И. Цветоведение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Павлодар : ПГУ, 2009. 116 с.
2. Крачковська М. В. Оцінювання колориту ландшафтів територій навчальних корпусів університетів Києва в осінній період року. Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. 2015. Вип. 25.8. С. 106–112.
3. Мавко М. П. Color Analysis. Режим доступа к ресурсу: <https://mmavko.github.io/color-analysis/> (дата обращения: 29.01.2021).
4. Сердюк И. И., Курт-Умеров В. О. Городская среда и оптимизация деятельности человека. Львов : Вища шк. Из-тво при Львов. у-те, 1987. 200 с.
5. Oleksiichenko N., Gatalaska N., Mavko M. The colour-forming components of park landscape and the factors that influence the human perception of the landscape colouring. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management. 2018. Vol. 13, Issue 2. P. 38–52. Mode of access: <http://um.ase.ro/no132/3.pdf>

УДК 712.2.025 (476.7)

### ЛАНДШАФТНАЯ РЕНОВАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКОВ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

**Блох Валентина Геннадьевна, ассистент**  
**Чигрин Наталия Александровна, к.б.н., доцент**  
**Полесский государственный университет**  
Blokch Valentina, assistant, [bloch.v@polessu.by](mailto:bloch.v@polessu.by)  
Tschigrin Nataliia, PhD, [chigrin.n@polessu.by](mailto:chigrin.n@polessu.by)  
Polessky State University

*Проведен анализ дендрофлоры пяти памятников природы Припятского Полесья. Определена средневзвешенная категория состояния по каждому объекту. Выявлены основные цели ландшафтной реновации исторических парков. Представлен вариант поэтапного восстановления ботанического памятника природы местного значения – парка "Дубое".*

**Ключевые слова:** Исторический парк, дендрофлора, ландшафтная реновация, восстановление, Припятское Полесье, памятник природы.

Сохранение исторической памяти является одним из приоритетных направлений любого государства, потому что без прошлого нет будущего. Объектами для изучения истории могут стать старинные парки, олицетворяющие дух конкретного времени и места. Растительность, как основной элемент данных объектов, подвергается процессу естественного старения и саморазрушения. В большей степени этому способствует изменение гидрологического режима парковых и прилегающих территорий, погодные аномалии, загущенность посадок, антропогенный фактор и хозяйственная деятельность. Все это снижает биологическую устойчивость сохранившихся старовозрастных насаждений, приводит к распространению возбудителей грибных болезней и вредителей на растительный компонент парковых ландшафтов. В связи с этим, возникает необходимость в периодическом мониторинге и разработке мероприятий по восстановлению и сохранению территорий исторических парков.

Объекты, представляющие большую историко-культурную ценность, нуждаются в охране и эффективном использовании в современных условиях. Для сохранения их, в первую очередь, необходимо провести инвентаризацию насаждений, которая позволит оценить категорию санитарного состояния и степень сохранности важного компонента парковых экосистем – дендрофлоры.

По физико-географическому районированию Белорусское Полесье делится на 4 округа: Брестское, Припятское, Мозырское и Гомельское Полесье. Припятское Полесье включает два района: Ясельда-Случская и Среднеприпятская низины.

На территории Припятского Полесья расположены исторические парки, которые являются ботаническими памятниками природы республиканского ("Поречье", "Маньковичский") и местного ("Дубое", "Ново-Бережновский", "Нижне-Теребежовский") значений.

За период 2017 – 2020 года проведены детальные обследования данных территорий, результаты которых представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1. – Характеристика обследованных объектов

| № п/п  | Район      | Название            | Площадь, га. | Количество обследованных растений, шт. | Количество (род/вид) | Средневзвешенная категория состояния парка |
|--------|------------|---------------------|--------------|--|----------------------|--|
| 1      | Пинский    | Дубое               | 19,69        | 54                                     | 5/10                 | 2,37                                       |
| 2      | Пинский    | Поречье             | 60           | 173                                    | 12/25                | 2,36                                       |
| 3      | Столинский | Ново-Бережновский   | 6            | 1554                                   | 27/36                | 1,75                                       |
| 4      | Столинский | Маньковичский       | 24           | 1133                                   | 21/32                | 1,93                                       |
| 5      | Столинский | Нижне-Теребежовский | 15           | 55                                     | 8/10                 | 2,4  |
| Итого: |            |                     | 124,69       | 2969                                   | -                    | 2,16                                       |

В результате проведенной инвентаризации было учтено 2969 объектов дендрофлоры. Средневзвешенная категория состояния растительного компонента парков составила 2,16, что указывает на ослабленное состояние изучаемых объектов.

Парк "Дубое" построен в стиле французского классицизма. Из построек сохранились каплица, въездная брама и флигель. Состояние неудовлетворительное, постепенно разрушается [2, с. 137-142; 3, с.17-19].

Парк "Поречье" сформирован на основе лесного массива в пойме реки Ясельда в пейзажном стиле. Имеет древостой в виде больших массивов с включением редких экзотов. На территории проведены мероприятия по благоустройству, расставлены информационные стенды и таблички [2, с. 495-500; 3, с. 108-111].

Парк "Ново-Бережновский" отражает пейзажный натуралистический стиль. Сохранился усадебный дом и погреб. В древостое парка встречаются экзоты. Состояние удовлетворительное [2, с. 507-509].

Парк "Маньковичский" был заложен в пейзажном стиле в духе традиций эпохи романтизма. В данное время здесь есть свой краеведческий музей и музыкальная школа. Парк размещается на террасе около канала "Копанец", расположенного в старом русле р. Горыни. Проведены мероприятия по благоустройству территории и ее ограждению [2, с. 538-544; 3, с. 97-98].

Парк "Нижне-Теребежовский" построен в стиле классицизма. Древостой подобен парку в Новом Бережном. Сооружения на территории не сохранились, парк находится в неудовлетворительном состоянии [2, с. 532-534].

На первоначальном этапе определяется культурно-историческая, эстетическая, дендрологическая ценность парка и расположенных на его территории объектов, а также степень их сохранности, возможность и перспективы их использования [4]. На основании полученных данных, выбирают метод восстановления паркового комплекса. Затем приступают к разработке проекта по восстановлению исторического парка, целями которого являются:

- определение места исторических парков в современной жизни;
- выявление и сохранение историко-культурных ценностей и главных элементов парка;
- повышение экологической устойчивости зеленых насаждений парков;
- получение посадочного материала ценных пород;
- информирование населения о значимости исторического парка;
- обеспечение визуально-эстетической организации парка;

- уменьшение уровня транспортной нагрузки на территорию парка;
- использование в качестве туристических центров;
- охрана объектов культурно-исторического наследия [5].

На основании представленных целей ландшафтной реновации предложен вариант поэтапного восстановления ботанического памятника природы местного значения парка "Дубое" (таблица 2).

Таблица 2. – Вариант поэтапного восстановления парка "Дубое"

| Цели  | Этапы  |  |   |
|---|--|--|---|
|   | I  | II   | III   |
| Выявление и сохранение историко-культурных ценностей          | -  | Укрепление существующих архитектурных сооружений (каплица и погреб)  | Реставрация существующих архитектурных объектов (каплица)                               |
| Выявление и сохранение элементов парка                        | 1) Расчистка дорожно-тропиночной сети;<br>2) реставрация старых и создание новых дорожек, аллей, площадок  | 1) Воссоздание малых архитектурных форм;<br>2) реставрация главного входа и мостов;<br>3) подготовка водоемов и каналов (сброс воды, чистка, укрепление береговой линии) | -   |
| Повышение экологической устойчивости зеленых насаждений парка | 1) Детальная инвентаризация;<br>2) реконструктивные рубки и посадка древесно-кустарниковых насаждений;<br>3) проведение мероприятий по защите древесно-кустарниковых растений от болезней и вредителей | 1) Улучшение травяного покрова;<br>2) Создание цветников   | Посадка экзотов, которые произрастали на территории парка                               |
| Информирование населения о значимости исторического парка     | Установка информационных таблиц у входа на территорию парка  | Установка информационных баннеров о историческом парке «Дубое» в г. Пинске   | Установка информационных баннеров о историческом парке «Дубое» в городах Брестской обл. |
| Обеспечение визуальной эстетической организации парка         | Детализация элементов ландшафтной композиции (групп, куртин, опушек, солитеров)  | Формирование пейзажей (открытых, полузакрытых, закрытых)   | Организация новых функциональных зон  |
| Уменьшение уровня транспортной нагрузки на территорию парка   | Организация парковочных мест вблизи входов в парк  | -  | -   |
| Использование в качестве туристических центров                | Проведение экскурсий на территории парка   | Развитие туристической инфраструктуры  | Организация школы экологического образования  |
| Охрана объектов культурно-исторического наследия              | Организация охранной зоны  | Установка ограждения по периметру парка  | -   |
| Получение посадочного материала ценных пород                  | 1) Обследование экзотов;<br>2) лечение и поддержка жизнеспособности ценных видов;<br>3) вегетативное размножение   | Выращивание посадочного материала  | -   |

После проведения восстановительных мероприятий, важным является разработка программы по мониторингу, контролю и уходу за объектам.

На территории Припятского Полесья встречаются разнообразные парковые ландшафты, но наибольшую ценность представляют те парки, которые включены в категорию особоохраняемых территорий. Такие объекты имеют историческое значение, отражая культуру народа, уклад жизни, идеи, эстетическое воззрение, а также представляют собой ценнейший рекреационный резерв. Поэтому сохраняя исторические парки, мы сохраняем историю для будущих поколений.

Необходимые мероприятия по сохранению сокращающихся видов растений является:

- экологическое образование (за счет проведения просветительской деятельности среди детей и молодежи);
- организация экологического кружка (для любителей ботаники);
- разработка познавательного прогулочного маршрута (установка информационного стенда схемы маршрута у главного входа и табличек возле ценных растений);
- проведение туристических экскурсий (для привлечения внимания не только к ценным объектам дендрофлоры, но и популяризации исторических парков и других объектов ООПТ);
- уменьшение уровня рекреационной нагрузки возле ценных экземпляров дендрофлоры (организация периметрального ограждения вокруг стволов деревьев или установка приствольных решеток).

При восстановлении старинных парков, воссоздавая исторический облик, необходимо их приспособить к современному функциональному использованию. Данные разработки и исследования помогут в сохранении историко-культурного значения старинных парков нашей страны, а также в использовании данной территории в качестве туристических центров при создании маршрутов по старинным паркам Белорусского Полесья.

#### Список использованных источников

1. Научное обоснование рационального использования дендрофлоры на объектах ландшафтной архитектуры Припятского Полесья : отчет о НИР (заключ.) / УО "Полесский государственный университет"; рук. Н.А. Чигрин. – Пинск, 2020. – 137 с. – № ГР 20180274.
2. Федорук, А.Т. Старинные усадьбы Берестейщины / А.Т. Федорук; ред. Т.Г. Мартыненко. – 2-е изд. – Минск: БелЭн, 2006. – 576 с.
3. Антипов, В.Г. Парки Белоруссии / В.Г. Антипов. – Мн.: Ураджай, 1975. – 200 с.
4. Инструкция по восстановлению старинных парков-памятников садово-паркового искусства в Белорусской ССР. – Минск 1979. – РСН 35 – 78 Госстрой БССР.
5. Блох, В.Г. Методы ландшафтной реновации исторических парков : дис. ... маг. ланд. проект. и строит-ва : 1-75 81 01 / В.Г. Блох. – Минск, 2019. – 132 л.

УДК 541.183:628.515

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ АММОНИЙНЫХ РАСТВОРОВ С ГОРОДСКИХ СТОКОВ

**Василинич Тамара Николаевна, к.т.н., доцент**  
**Винницкий государственный педагогический университет**  
Vasylynych Tamara, PhD, [t.vasylynych@gmail.com](mailto:t.vasylynych@gmail.com)  
Vinnytsia Mikhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University

*Проведенные исследования подтверждают возможность и целесообразность применения реагентного метода для удаления аммонийного азота с стоков в виде слаборастворимого ортофосфата магния-аммония  $MgNH_4PO_4 \cdot 5H_2O$ , который является качественным удобрением.*

**Ключевые слова:** регенерат, аммонийный азот, ортофосфат магния-аммония, удобрение.

За последние 20-30 лет в водоемы поступают стоки, содержащие много соединений азота и фосфора. Это связано со смывом с полей удобрений и сбросами отходов с предприятий. В результате происходит эвтрофикация таких водоемов, происходит усиленное развитие фитопланктона, водорослей и т.д. Когда содержание фосфора и азота в воде превышает критический уро-

вень, ускоряются жизненные процессы водных организмов. Как следствие, начинается массовое развитие планктонных водорослей («цветение» воды). Вода приобретает неприятный запах и вкус, ее прозрачность снижается, увеличивается цветность, повышается содержание растворенных и взвешенных органических веществ. В глубинной зоне усиливается анаэробный обмен, накапливается сероводород, аммиак и др. Нарушаются окислительно-восстановительные процессы и возникает дефицит кислорода. Это приводит к гибели ценных видов рыб и растений, вода становится непригодной не только для пищевых целей, но и для хозяйственных. Для водоемов избыточное поступление биогенных веществ, в составе которых имеются азот и фосфор, является не менее опасным, чем токсическое загрязнение воды. При избытке органического вещества в воде образуются устойчивые органоминеральные комплексы с тяжелыми металлами, в некоторых случаях более токсичны, чем сами металлы.

Наиболее часто возникает проблема удаления из воды аммонийного азота. Аммонийный азот находится в воде, главным образом, при pH 6-8. Органические и минеральные соединения азота присутствуют в сточных водах многих отраслей промышленности: химической, нефтехимической, медицинской, микробиологической, металлургической, пищевой, агрохимической, а также в подземных и хозяйственно-бытовых водах. Очистка воды от соединений азота хлорированием, озонированием, ультрафиолетовым облучением, ионным обменом, электролизом, деминерализацией требует дорогостоящих реагентов и оборудования, эти методы сложны в эксплуатации и малоэффективны. Сточные воды указанных отраслей промышленности очищаются от биогенных элементов обычными биологическими методами, но степень извлечения соединений азота очень низкая.

Разработка новых высокоэффективных технологических схем очистки воды, а также совершенствование существующих является одним из способов решения проблемы сброса недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты. Применение метода нитро- денитрофикации в сочетании с дефосфатизацией требует совершенствования реагентной очистки стоков с помощью детального изучения процесса образования слаборастворимого ортофосфата магния-аммония  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ , который является ценным удобрением.

Цель исследования - на основании экспериментальных данных разработать рекомендации относительно оптимальных условий осаждения аммонийного азота с регенерата ионного обмена.

Для исследований использовался сильнокислотный катионит КУ-2-8 который имеет структуру геля, содержит только один тип ионообменных групп - сульфогруппы. КУ-2-8 отличается высокой химической стойкостью в разбавленных растворах щелочей и кислот, органических растворителей и некоторых окислителей.

В этих исследованиях ионообменный материал КУ-2-8 насыщался ионами аммония из модельных стоков в колонном аппарате до достижения проскока, после чего ионообменный материал регенерировался путем прокачивания через него NaCl концентрацией 30 г/л [1,2]. Характеристика полученного концентрата представлена в таблице.

Таблица – Характеристика регенерата ионного обмена

| Ионообменный материал          | КУ-2-8        |
|--------------------------------|---------------|
| Раствор для регенерации ионита | NaCl – 30 г/л |
| $NH_4^+-N$ , мг/л              | 470           |
| $Ca^{2+}$ , мг/л               | 260           |
| $Mg^{2+}$ , мг/л               | 240           |
| pH                             | 6,5           |

Для проведения исследований готовился модельный раствор состав которого отвечал составу концентрата ионного обмена. Исследования проводились при комнатной температуре методом химического осаждения. Для этого были использованы растворы хлорида магния ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) с концентрацией  $Mg^{2+}$  – 10000 мг/л и гидрофосфата натрия ( $Na_2HPO_4$ ) с концентрацией  $PO_4^{3-}$  – 9500 мг / л. Для определения оптимальных условий осаждения аммонийного азота

эксперименты проводились при различных стехиометрических соотношениях  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-}$  (1:1:1; 1,5:1:1; 1:1:1,5; 1,5:1:1,5; 1:1,5:1) и pH 7-11.

К модельному раствору добавлялись осадительные агенты в необходимых объемах для достижения соответствующего соотношения  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-}$ . После чего проводилось корректировки pH до заданного значения [3]. Реакционную массу перемешивали на магнитной мешалке ТУРЕ: ОР-912/3 в течение 1 мин при 350 об/мин (быстрое перемешивание, время реакции), затем в течение 30 мин при 20 об/мин (медленное перемешивание, образование флоккул). Полученную суспензию отстаивали в течение 60 мин, фильтровали (использовали беззольный фильтр синяя лента с размером пор 3 мкм). Полученный фильтрат анализировали на содержание остаточных ионов аммония и фосфат-ионов. Анализ проводился на фотоэлектроколориметре ФЭК-56М по методиках фотометрического определения ионов аммония ионов с реактивом Несслера в сточных водах (КНД 211.1.4.030-95) и фотометрического определения фосфат-ионов в сточных водах (КНД 211.1.4.043-95). Полученные данные сравнивались с начальными концентрациями в модельном растворе соответствующих ионов для определения эффективности осаждения.

В связи с большим количеством переменных параметров при проведении экспериментов, было проведено исследование в пяти группах (А, В, С, D, Е) в зависимости от молярного соотношения ионов  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ :

Группа А – стехиометрическое соотношение  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1:1:1$ , pH 7; 8; 9; 10; 11.

Группа В – стехиометрическое соотношение  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1,5:1:1$ , pH 7; 8; 9; 10; 11.

Группа С - стехиометрическое соотношение  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1:1:1,5$ , pH 7; 8; 9; 10; 11.

Группа D - стехиометрическое соотношение  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1,5:1:1,5$ , pH 7; 8; 9; 10; 11.

Группа Е - стехиометрическое соотношение  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1:1,5:1$ , pH 7; 8; 9; 10; 11.

Корректировка соответствующих стехиометрических соотношений  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-}$  обеспечивалось за счет смешивания различных объемов рабочих растворов в соответствии с расчетами.

В качестве осадителя использовался фосфат натрия ( $Na_2HPO_4$ ), поэтому фильтрат исследовался на содержание остаточных фосфат-ионов. При анализе результатов исследований обращалось внимание не только на максимальную степень извлечения  $NH_4^+$ -N, но и степень извлечения  $PO_4^{3-}$ .

Анализируя результаты лабораторных исследований 5 групп было доказано, что максимальная эффективность удаления аммонийного азота достигается при pH около 8,5 и соотношении  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1,5:1:1,5$ . Изменение соотношения  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-}$ , а также при увеличении pH выше 8,5 приводит к снижению эффективности удаления  $NH_4^+$ -N. Максимальная степень извлечения  $PO_4^{3-}$  также достигается при аналогичных условиях [4].

Следовательно, наиболее оптимальными условиями процесса реагентного осаждения аммонийного азота при начальной концентрации  $NH_4^+$ -N – 470 мг/л является pH 9 и стехиометрическое соотношение  $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1,5:1:1,5$ . При этом содержание адсорбированных ионов  $NH_4^+$ -N составляет 93,91%,  $PO_4^{3-}$  - 95,26%.

Весовым методом проводилось определение влажности осадка и для оптимальных условий ( $Mg^{2+}: NH_4^+: PO_4^{3-} = 1,5:1:1,5$ , pH 9) она составляет - 40,7%. Расчет влажности осадка дал возможность установить формулу кристаллогидрата -  $MgNH_4PO_4 \cdot 5H_2O$ .

Магний-аммоний ортофосфат - концентрированное удобрение, которое содержит три питательных элемента: фосфор, азот и магний.  $MgNH_4PO_4 \cdot 5H_2O$

может использоваться как самостоятельное удобрение или для получения смешанных удобрений. Это соединение является одним из немногих удобрений содержащих азот в водонерастворимой форме. Поэтому это удобрение можно рассматривать как удобрение длительного действия. Ортофосфат магния-аммония может также использоваться как огнеупорный материал в пене огнетушителя, как керамический пигмент, для фосфатирования металлов.

После проведения комплекса экспериментальных исследований на модельных растворах установлено:

1. Реагентный метод позволяет извлекать одновременно ионы аммония и фосфат-ионы с достижением степени адсорбции 93,91% и 95,26% соответственно.

2. Наиболее оптимальными условия процесса реагентного осаждения аммонийного азота при начальной концентрации  $\text{NH}_4^+$  - N – 470 мг / л является рН 8,5 и стехиометрическое соотношение  $\text{Mg}^{2+} : \text{NH}_4^+ : \text{PO}_4^{3-} = 1,5 : 1 : 1,5$ .

3. Влажность минерального удобрения при оптимальных условиях составляет 40,7%, соответственно установленная формула кристаллогидрата –  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

#### Список использованных источников

1. Myroslav Malovanyu Water sorbtion perification from ammonium pollution/ Myroslav Malovanyu, Galina Sakalova, Natalia Chornomaz and Oleg Nahurskyu. Chemistri & Chemikal technology. 2013.-Vol.7.-№.3.- P.355-358.

2. М. Мальований, О.Захарів, М. Канда, А. Браташук, Г.Сакалова, З.Одноріг, Н. Чорномаз Синтез пролонгованих добрив шляхом адсорбції елементів живлення те мікроелементів природними сорбентами з промислових та сільськогосподарських відходів – Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування України. 2016.- 240.- С.168-175.

3. Yurii Tulaydan, Myroslav Malovanyu, Viktoria Kochubei, Halyna Sakalova. Treatment of high-strength wastewater from ammonium and phosphateions with the obtaining ofstruvite. Chemistri & Chemikal technology. 2017. -Vol.11, №.4. P.463-468.

4. G. Sakalova, T. Vasylynych, O. Shevchuk, O.Tkachuk. Perspectives of integration the technology of ion-exchanging ammonium extraction from the system of municipal drain water purification. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. - №8(1) .- P.568-571.

УДК 556.53 (282.247.32)

### **ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СТОК РЕКИ СТЫРЬ**

**Вишневикий Виктор Иванович, д.г.н.**

**Шевчук Сергей Анатоліевич, к.т.н.**

**Институт водных проблем и мелиорации**

Vyshnevskiy Viktor, doctor of science, [vishnev.v@gmail.com](mailto:vishnev.v@gmail.com)

Shevchuk Serhii A., PhD, [sergey\\_shevchuk\\_@ukr.net](mailto:sergey_shevchuk_@ukr.net)

Institute of Water Problems and Land Reclamation

*Представлены данные о стоке р. Стырь, а также влияющих на него факторов: зарегулирования стока, безвозвратного водопотребления, дополнительного испарения. Установлены параметры природного стока реки. Предложено уточнение метода компоновки внутригодового распределения стока, позволяющее исключить неестественные изменения расходов воды по длине реки.*

**Ключевые слова:** река Стырь, расход воды, антропогенное влияние.

Река Стырь – одна из наибольших приток р. Припять. По данным Гидрометслужбы, площадь водосбора реки равна 12900 км<sup>2</sup>, в том числе 12370 км<sup>2</sup> – его украинской части. Небольшая, а именно устьевая часть водосбора, расположена в Беларуси. Средний расход реки в устье – 45 м<sup>3</sup>/с, что составляет около 11 % стока Припяти.

Наблюдение за стоком р. Стырь выполняется на трех постах: Щуровичи, Луцк и Млынок. Средний многолетний расход на этих постах соответственно равен 11,0; 30,9 и 42,3 м<sup>3</sup>/с.

Последние, особенно 2015–2016 годы, оказались на реке аномально маловодными. В частности, в сентябре 2016 г. минимальный среднемесячный расход на посту Млынок составил всего 6,71 м<sup>3</sup>/с, минимальный наблюдавшийся – 6,15 м<sup>3</sup>/с. Такие условия оказались проблемными для водоснабжения Ривненской АЭС, которая использует воду непосредственно из реки, а не даже небольшого водохранилища. Это же касается многих других водопотребителей, что и обусловило актуальность исследований, в частности, выполнения водохозяйственных расчетов.

Основными факторами, влияющими на сток р. Стырь, является зарегулирование стока, безвозвратное водопотребление, а также дополнительное испарение с поверхности прудов и водохранилищ.

Всего на водосборе р. Стырь создано три водохранилища сумарным объемом 53,5 млн м<sup>3</sup>. Наибольшее из них – Хренниковское объемом 45,0 млн м<sup>3</sup>. Несколько большим (76 млн м<sup>3</sup>) является сумарный объем прудов.

Объем воды, пошедший на заполнение искусственных водоемов, не оказал влияния на средний многолетний расход р. Стырь, поскольку сумарный речной сток за период наблюдений в несколько сот раз больше сумарного объема прудов и водохранилищ.

Существенно большее влияние на сток р. Стырь оказывает безвозвратное водопотребление. В последние годы на территории украинской части водосбора оно равно 40–50 млн м<sup>3</sup>. Около 95 % этого объема приходится на Ривненскую АЭС, на которой эксплуатируются четыре энергоблока сумарной мощностью 2,84 млн кВт. Охлаждения воды второго контура РАЭС происходит с использованием градирен, что и является источником значительных потерь на испарение. Другие водопотребители – даже обласной центр г. Луцк, на сток существенно не влияют, т.к. для хозяйственно-питьевого водоснабжения преимущественно используется подземная вода, гидравлически не связанная с поверхностным стоком. Средний многолетний расход реки, в котором учтено безвозвратное водопотребление, равен: Щуровичи – 11,0, Луцк – 31,3, Млынок – 43,6 м<sup>3</sup>/с.

Еще одним фактором, влияющим на речной сток является дополнительное испарение с поверхности прудов и водохранилищ. С этой целью с использованием справочника [2] установлена сумарная площадь прудов и водохранилищ до каждого гидрологического поста: Щуровичи – 10,0 км<sup>2</sup>, Луцк – 74,0, Млынок – 84,8 км<sup>2</sup>. Дополнительное испарение с единицы площади определено по фактическим данным наблюдений на метеостанции Броды, расположенной в южной части водосбора. Объем испарения в годы, когда наблюдений не было, установлен по достаточно тесной зависимости между испарением и температурой воздуха на указанной метеостанции.

Учет антропогенной деятельности дал возможность определить природный сток реки, который наблюдался бы при отсутствии хозяйственной деятельности: Щуровичи – 11,1; Луцк – 31,4, Млынок – 43,8 м<sup>3</sup>/с.

Отличие наблюдаемого и природного стока сравнительно невелико. В то же время в хозяйственной сфере наибольший интерес представляет не средний многолетний сток, а сток в маловодные годы – особенно в летнюю межень. Именно в это время дополнительное испарение существенно влияет на величину среднемесячных расходов, достигая в отдельных случаях 10 % фактических значений.

По данным о природном стоке р. Стырь рассчитаны его значения различной обеспеченности. При этом использован метод наибольшего правдоподобия и трехпараметрические кривые распределения.

Расчет внутригодового распределения стока в соответствии с рекомендациями [3, 4], выполняют двумя методами: реального года и методом компоновки. В обоих случаях эти расчеты выполняют не для календарных, а водохозяйственных лет. Началом водохозяйственного года считают первый многоводный месяц, которым на р. Стырь является март. Соответственно водохозяйственным годом принято период с марта по февраль. Значительное внимание уделено стоку в лимитирующие период и сезон. Период и сезон, в течение которых естественный сток может лимитировать водопотребление, принимают лимитирующими. В лимитирующем периоде выделяют два смежных сезона, из которых один является наиболее проблемным по использованию речного стока.

Расчет по методу реального года начинается с установления обеспеченности расходов воды в течение водохозяйственных лет. Далее находится обеспеченность лимитирующего периода и сезона. За расчетный год принимается такой год, в котором его расчетная водность, а также лимитирующего периода и сезона близки. Недостатком указанного метода является значительная вероятность появления дефицитов воды по длине реки, поскольку выбранные годы в разных створах могут быть разными.

Расчет по методу компоновки заключается в подборе внутригодового распределения стока по наиболее частой повторяемости месяцев в течение периодов и сезонов, имеющих водность близкую к расчетной. Метод компоновки, хотя и является более трудоемким по сравнению методом реального года, одновременно дает более надежные результаты. Прежде всего он позволяет избегать случаев с заметными отклонениями стока в отдельные месяцы. Преимущества метода

особенно проявляются при расчетах с использованием данных нескольких гидрологических постов по длине реки.

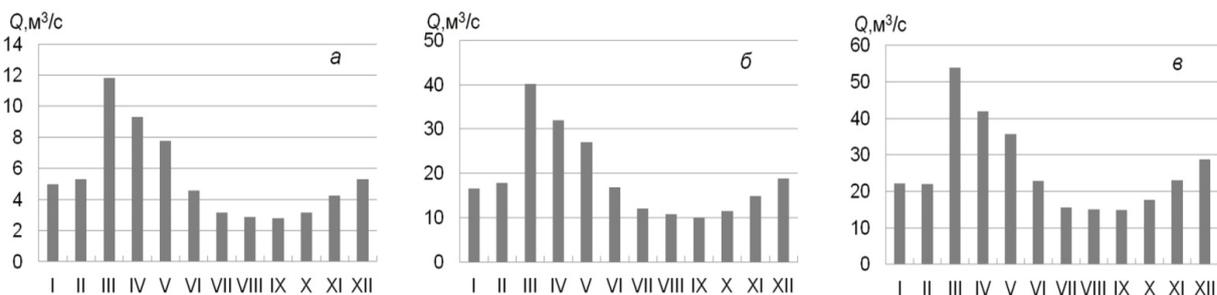
По имеющимся данным о внутригодовом стоке р. Стырь лимитирующим периодом принято лето, осень и зиму, сезоном – лето-осень. В среднем за многолетний период наименьшая водность наблюдается в июне-октябре, что практически совпадает с периодом лето-осень. Следующим этапом расчетов является установление сумм среднемесячных расходов за год, лимитирующий период и сезон. Далее эти величины ранжируются и определяется их обеспеченность. Сток за сезон, который не относится к лимитирующему периоду, находят по разности между суммой расходов воды за водохозяйственный год и этим периодом. Сток за нелимитирующий сезон (в нашем случае зиму), относящийся к лимитирующему периоду, – по разнице между суммой расходов воды этого периода и сезона.

В нормативном документе [4], принятом в 1984 г., расчет стока по месяцам рекомендовано выполнять путем разделения имеющихся рядов на три группы. К маловодной группы годам относятся те, что имеют обеспеченность расходов более 66 %. В более современном нормативном документе [3] при длительности периода наблюдений более 30 лет для расчета расхода воды по месяцам рекомендовано весь ряд разделять на пять частей. Маловодными годами считают те, что находятся в пределах обеспеченности 66,7–83,3 %, очень маловодными – обеспеченностью более 83,3 %. Отметим, что еще раньше подобные рекомендации сформулированы автором в работе [1], посвященной водохозяйственным расчетам при пуске четвертого энергоблока РАЭС. В указанной работе группу маловодных лет также рекомендовано разделить на две подгруппы. Это установлено путем анализа внутригодового стока в маловодные годы обеспеченностью более 66 %. Оказалось, что в этой группе внутригодовое распределение водности имеет существенные отличия.

Использование метода компоновки дало возможность выполнить расчеты внутригодового стока для всех трех гидрологических постов на р. Стырь. Установлено, что на каждом посту это распределение имеет особенности. В годы с расходом 75 % обеспеченности наименьшая водность на постах Щуровичи и Луцк наблюдается в августе, на посту Млынок – в сентябре. В годы с расходами 95 и 97 % обеспеченности наименьший расход на постах Щуровичи и Млынок наблюдается в сентябре, на посту Луцк – в июле.

Полученный результат нельзя считать таким, что наблюдается в природных условиях. Получение такого результата вызвано разной длиной рядов на гидрологических постах и соответственно разными данными, которые использованы для обработки.

В связи с этим для уменьшения неестественных изменений водности по длине реки предложено использовать не только расчетную величину стока на каждом отдельно взятом посту, а также на соседнем или соседними. Так, внутригодовое распределение стока на посту Щуровичи взято средним между этим постом и постом Луцк. На посту Луцк оно взято средним для всех трех постов на реке, на посту Млынок – средним между ним и на посту Луцк. Принятие такого распределения позволило получить более сглаженное, а главное более естественное распределение расчетных расходов воды по длине реки. Особенно это важно для маловодных месяцев. В этом случае наименьшая водность р. Стырь в маловодные годы 75 % обеспеченности наблюдается в августе, а в годы 95 % и 97 % обеспеченности – в сентябре (рисунок).



**Расчетное внутригодовое (календарный год) распределение стока 95 % обеспеченности р. Стырь на гидрологических постах Щуровичи, Луцк и Млынок**

**Выводы.** Сравнительно небольшое влияние хозяйственной деятельности на сток р. Стырь не означает то, что при водохозяйственных расчетах ее влиянием можно пренебречь. Это же касается дополнительного испарения с водной поверхности в летний период, которое в последние десятилетия возросло. Водохозяйственные расчеты целесообразно выполнять методом компоновки с учетом внутригодового распределения стока на смежных гидрологических постах.

#### Список использованных источников

1. Вишневецький В.І. Про вплив четвертого блоку Рівненської АЕС на стік р. Стирі // Меліорація і водне госп-во. 2002. Вип. 88. С. 143–153.
2. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки. Довідник / За ред. В.В. Гребеня і В.К. Хільчевського. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2014. 164 с.
3. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003 (режим доступа <http://aquagroup.ru/normdocs/4317>).
4. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 448 с.

УДК 712

### КОМПОЗИЦИОННО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРКОВ

**Волкова Виктория Владимировна, старший преподаватель**

**Полесский государственный университет**

Volkova Victoria, Senior Lecturer, [volkova.v@polessu.by](mailto:volkova.v@polessu.by)

Polesky State University

*В статье рассмотрены основные методы композиционно-пространственной организации территории экологических парков, обосновано расположение композиционных осей; на основе существующего исторического парка приведен пример модели композиционно-пространственной организации.*

**Ключевые слова:** *экологический парк, пространственное зонирование, композиционная организация, парковый пейзаж, эстетические зоны, исторический парк, рекреация.*

При композиционно-пространственной организации территории экологического парка определяется местоположение композиционных центров паркового пространства (ландшафтных доминант, парковых сооружений, главных видовых точек); основных трасс визуального восприятия паркового пространства; участков территории с разными пространственными характеристиками (закрытые, полуоткрытые и открытые пространства).

Основными методами композиционно-пространственной организации территории экологических парков являются: разработка сценария визуального восприятия паркового пространства, пространственное зонирование территории, формирование парковых пейзажей.

*Разработка сценария зрительного восприятия паркового пространства.* Сценарий зрительного восприятия паркового пространства включает определение последовательности смены парковых пространств, раскрывающихся при движении по дорожно-тропиночной сети. При разработке сценария учитывается местоположение композиционных центров, осей, видовых точек, трасс обзора, выявленных в процессе натурных обследований. Результатом является схема визуально-эстетической организации парка с указанием основных трасс и точек обзора, композиционных акцентов, особо эстетически ценных зон парка.

В этом смысле следует вновь и вновь обращаться к такому средству ландшафтно-архитектурного анализа, как визуальное восприятие. Психофизиология человеческого поведения во многом базируется на зрительных реакциях. Восприятие ландшафтно-архитектурной среды также основано на тактильности (т.е. физическом ощущении от касания) и визуальных (зрительных) реакциях. Возникают как бы оппозиция-реципиент (т.е. тот, кто воспринимает) и ландшафтно-архитектурная среда. Все основные тактильные и визуальные реакции должны быть последовательно рассчитаны и организованы. Прежде всего, имеет значение время нахождения в той или иной ландшафтно-архитектурной среде, либо внутри пространства ансамбля, либо вблизи его.

Следующее – пути движения, собственно коммуникационная система внутри ансамбля либо по его периметру или даже на отдалении. Сами характеристики движения, скорости, смены ритма движения и остановок, конфигурация маршрутов влияют на восприятие объектов с точки зрения продолжительности, удобства, наиболее выгодных зрительных осей, возможности смены впечатлений. Таким образом, в ансамблевом подходе обязательно должен быть заложен сценарий движения и сценарий восприятия ландшафтно-архитектурной среды. Именно так это и делалось в исторических парковых ансамблях, когда в их организацию специально могли закладываться глубокие перспективы, которые воспринимались длительное время, либо внезапно открывающиеся виды, до определенного времени скрытые специальными кулисами.

Расположение композиционных осей экологических парков во многом будут зависеть от ландшафта территории, на котором он расположен, наличием открытых и закрытых пространств, водных объектов, существующей дорожно-тропиночной сети и от многих других природных факторов. Часто основа для экологического парка закладывается уже на сформированном природном комплексе либо на историческом парке. Так, например, модель визуально-эстетической организации экологического парка на территории исторического парка «Маньковичи» будет выглядеть следующим образом (рисунок 1).

Композиционные оси расположились там же, где раньше были основные парковые аллеи – от входов в парк, соединяющихся в центре территории, и ведущие в глубь парка, где раньше был дворец. Композиционные центры выделены при входе в парк с 3-х сторон, в центре пересечения аллей, и в центре парка. Точки обзора располагаются на разных частях дорожно-тропиночной сети, в зависимости от наличия эстетически привлекательных пейзажей, таких как – проектируемые групповые посадки, клумбы кругового обзора, партерные композиции при входе в парк, солитерные посадки, места расположения видовых площадок и др. Трассы обзора расположены не только при движении по основным дорожкам парка, но и вдоль оврага, простирающегося вдоль реки. Здесь будет построена отдельная прогулочная тропа с видовыми площадками, вид которых открывается не только на открытые пространства за парковой территорией, но и на сам парк.

*Пространственное зонирование территории.* При пространственном зонировании территории определяются местоположение и соотношение площадей открытых, полуоткрытых и закрытых пространств. Закрытые пространства, формируемые плотными посадками зеленых насаждений. Полуоткрытые пространства, образуемые разреженными зелеными насаждениями, благоприятны для организации зон тихого отдыха и прогулок, создания перехода от закрытых к открытым пространствам. Открытые пространства – поляны, акватории, спортивные площадки – обеспечивают хорошие условия обзора паркового пространства, раскрытие пейзажных картин.



Рисунок 1. – Модель визуально-эстетической организации экологического парка на территории исторического парка «Маньковичи»



Рисунок 2. – Условные обозначения

Рекомендуемое соотношение закрытых, полуоткрытых и открытых пространств для экологических парков в условиях Белорусского Полесья — 2:2:1.

Экологические парки отличаются небольшим разнообразием выполняемых рекреационных функций и приемов организации пространства, потому как рекреация – это не основная задача экопарка. Оптимальное решение парка должно отвечать следующим критериям:

- минимизация расстояний от входов в парк до мест концентрации потенциальных посетителей – такое решение планировки будет достаточно просто реализовать, потому как зоны активного рекреационного использования должны располагаться вблизи от входов в экопарк;
- минимизация и рациональная организация транзитных потоков через парк – это должно способствовать уменьшению потока посетителей в части экологических парков с естественными природными комплексами, а также их сохранению;
- обеспечение пространственной изоляции зон с плохо совместимыми функциями (например, зоной активного отдыха и буферной зоной; части детской и хозяйственной и т. п.).

*Формирование парковых пейзажей* включает проработку, в соответствии с общим композиционным замыслом, фрагментов паркового пространства.

Средствами формирования парковых композиций являются поверхности (земли, воды), объемы (зеленые насаждения, рельеф, сооружения), колорит, свет и тень, линейная и воздушная перспектива [1].

Сценарий визуального восприятия паркового пространства включает определение последовательности смены парковых пейзажей, раскрывающихся при движении по аллеям парка.

Важно обеспечить разнообразие зрительных картин, раскрывающихся при движении по парковым аллеям. При этом используются такие приемы, как:

- изменение направления обзора за счет поворота аллеи, когда меняется объект, замыкающий перспективу, зрительная картина;
- раскрытие дальних перспектив при подъеме на высокие отметки рельефа;
- чередование одноплановых и многоплановых (включающих три и более пространственных плана) пейзажных композиций.

Учет зрительных иллюзий. Размеры пространства можно зрительно расширить за счет создания многоплановых перспектив. Наличие нескольких планов зрительно увеличивает глубину пространства.

Красивый вид можно обыграть с помощью обрамления — деревьев, кустарников, шпалер. Не менее выразительны виды с резкой разницей планов и с уходящей вдаль перспективой.

Воздушная перспектива отражает изменения цвета, контуров, фактуры поверхности предметов, обусловленные удалением от наблюдателя. Влажность воздуха влияет на видимый цвет, рельефность, очертания предметов. В наименьшей степени подвергаются воздействию явлений

воздушной перспективы белый, желтый, оранжевый цвета. Объекты, окрашенные в эти цвета, зрительно кажутся ближе, чем на самом деле. Так, ярко-желтые цветы, высаженные на дальнем плане, кажутся ближе к зрителю. Предметы с мягкими, плавными контурами и синеватым оттенком оптически удаляются от наблюдателя. Используя эффекты воздушной перспективы, можно иллюзорно увеличивать площадь участка.

*Приемы построения парковых композиций.* При формировании паркового пространства используются в основном пейзажные приемы построения парковых композиций. Регулярные парковые композиции могут применяться в местах массовых посещений – входы в парк и зоны активного рекреационного использования (детские площадки, маленькие зоны отдыха, прогулочные и др.).

Пейзажные парковые композиции создаются на всей остальной территории экологического парка с превалированием природных компонентов ландшафта.

#### Список использованных источников

1. Ландшафтная архитектура и дизайн: учебное пособие / Г.А. Потаев. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2015. – 400 с.

УДК 639.2.052:613.2.1: 613.28.1

### **ДОБЫЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ В УКРАИНЕ**

**Глебова Юлия Анатольевна, к.с.-х.н., доцент**

**Марценюк Наталия Александровна, к.с.-х.н., доцент**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Glebova Yulia, PhD, [ya\\_glebova@ukr.net](mailto:ya_glebova@ukr.net)

Martseniuk Nataliia, PhD, [nmarts@online.ua](mailto:nmarts@online.ua)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*Описанное значение водных биоресурсов для человечества. Произведена оценка вылову (добычи) водных биоресурсов из водных объектов Украины по 2018–2020 гг. Показаны показатели уровня потребления рыбы и рыбной продукции в Украине за последний период.*

**Ключевые слова:** водные биоресурсы, рыба, добыча, вылову, промысел пользователи, водные объекты, употребление рыбы на одного человека, статистика, рыбная продукция.

Водные ресурсы в значительной степени привлекают внимание человечества. В последние десятилетия значительно активизировались усилия по более эффективному и в то же время рациональному использованию биологических ресурсов океана и внутренних водоемов. Быстро растущая численность населения нашей планеты привела к снижению обеспеченности во многих странах пищевыми продуктами. В этих условиях биологические ресурсы гидросферы оказались крайне необходимыми.

Человечество уже сейчас получает за счет водных объектов 1/4 пищевых белков животного происхождения, и потребность в них неуклонно растет. Различные формы использования этих ресурсов. Наряду с непрерывно усовершенствованное рыболовством возрастает роль управляемых человеком подводных ферм и плантаций.

Широкий фронт исследовательских, поисковых и промысловых работ в океане и внутренних водоемах с применением новейших методов изучения ловли позволяет выявить дополнительные биологические ресурсы и существенно расширить список промышленных объектов.

Водные биоресурсы играют чрезвычайно важную роль не только в процессах функционирования водных экосистем, принимая участие в формировании качества воды, самоочищении водоемов и выступая в качестве естественной кормовой базы для рыб, но и для обеспечения значительной части жизненных потребностей человека в питательных веществах, которые содержатся в гидробионтах. Однако наибольшее значение в жизнедеятельности человека имеет рыба и рыбная продукция [1,2].

Добыча водных биоресурсов и дальнейшее развитие промысла возможен только в случае проведения его на рациональной основе с полным учетом объема и учетом особенностей сырьевой базы в пределах потенциальных биопродукционных возможностей соответствующего бассейна.

В водных объектах Украины насчитывается около 111 видов пресноводных рыб, 101 вид морских, 36 – солонуватоводных и 15 – проходных. Среди указанных рыб 71 вид отнесены в Красную книгу Украины, которые встречаются как в морских, так и пресноводных акваториях.

Водные биоресурсы - это совокупность водных организмов (гидробионтов), жизнь которых невозможно без пребывания (нахождения) в воде. К водным биоресурсам относятся пресноводные, морские, анадромные и катадромные рыбы на всех стадиях развития, морские млекопитающие, круглоротые, водные беспозвоночные, в том числе моллюски, ракообразные, черви, иглокожие, губки, кишечнорастворимые, наземные беспозвоночные в водной стадии развития, водоросли и другие водные растения.

В соответствии с Законом Украины «О рыбном хозяйстве, промышленном рыболовстве и охране водных биоресурсов» к водным биоресурсам Украины относятся: водные биоресурсы, находящиеся в условиях естественной свободы внутренних морских вод, территориального моря, континентального шельфа, исключительной (морской) экономической зоны, трансграничных вод и внутренних рыбохозяйственных водных объектов (их частей), расположенных на территории более чем одной области и в водах за пределами юрисдикции Украины; водные биоресурсы, которые находятся в водных объектах в пределах территорий природно-заповедного фонда общегосударственного значения, а также виды, занесенные в Красную книгу Украины [3].

Осуществляют добычу в Украине пользователи водных биоресурсов. Их деятельность связана с выловом водных биоресурсов в рыбохозяйственных водных объектах общегосударственного значения, на которых утверждены лимиты и прогнозы допустимого специального использования водных биоресурсов. Пользователи вылов осуществляют в рыбохозяйственных водных объектах и на континентальном шельфе Украины.

Основная доля промышленного вылова водных биоресурсов в Украине приходится на Азово-Черноморский бассейн. Так, в 2015 году было изъято 88,5 тыс. т биоресурсов, в 2017 году – 92,6 тыс.т, что 4,6% больше, чем в 2015 году [7,8].

Благодаря постепенному внедрению в жизнь реформ в рыбной отрасли, общий вылов рыбы и других водных биоресурсов в последнее время динамично растет и в 2019 году вылов на континентальном шельфе Украины составил 51,5 тыс.т, что на 2,2% больше, чем в 2018 году.

В 2019 году 428 пользователей водных биоресурсов осуществляли свою деятельность, связанную с выловом водных биоресурсов в рыбохозяйственных водных объектах общегосударственного значения, на которых утверждены лимиты и предоставлены прогнозы на осуществление промышленного вылова.

Украина является членом международной организации CCAMLR (Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики), где проводится отлов рыбы и других водных биоресурсов судами под государственным флагом Украины. В 2019 году здесь было добыто 22,4 тыс. т водных биоресурсов, что превысило показатель 2018 на 48,7% [7,8].

Объем добычи биоресурсов в 2020 году в Азово-Черноморском бассейне составил в общем 18,6 тыс. т, в том числе в Черном море – 9,8 тыс. т, в Азовском – 8,8 тыс. т. Во внутренних водоемах объем добычи составил 16,5 тыс. т.

В течение этого же года во внутренних водоемах наблюдался рост добычи таких водных биоресурсов: белья, синяка, тарани, красноперки, раков, чехони. Однако, произошло уменьшение вылова тюльки верховодки, карася серебристого, леща, растительноядных рыб, других мелкочастиковых, плотвы, судака обыкновенного, сома, щуки, густеры, карпа сазана, пузанка, окуня [6].

В Азово-Черноморском бассейне 90% промышленного добычи (вылова) водных биоресурсов приходится на такие виды рыб как бычок, тюлька, шпрот, хамса и рапан [6].

Фонд потребления рыбы, рыбной продукции и других водных биоресурсов в Украине состоит из океанического лова, морского вылова (Черное и Азовское моря), внутреннего вылова и аквакультуры, а также с импортируемой рыбы, рыбной продукции и других водных биоресурсов.

По данным Государственной службы статистики в 2019 году уровень потребления рыбы и рыбных продуктов в Украине достиг 12,5 кг на человека. Это на 6% больше, чем в 2018 году (11,8

кг на человека). Всего, в течение 2019 года фонд потребления рыбы и рыбных продуктов составил 523,9 тыс. т, что на 26,8 тыс. т больше, чем в предыдущем году [4,5].

Рынок рыбы, рыбной продукции и других водных биоресурсов в Украине достаточно импортированный, при этом фонд потребления импортированной рыбы в 2020 году составил 411 000 тонн, что существенно способствовало увеличению среднего потребления рыбы и рыбной продукции до 15 кг на одного человека в год.

Однако если сравнивать потребление в 2020 году пищевых водных биоресурсов в мире, то оно составило 21,2 кг на одного человека в год. В Европе этот показатель составляет в среднем около 22 кг [9,10].

Следовательно, для обеспечения устойчивого развития отрасли, укрепление продовольственной независимости Украины та повышения уровня рыбы та рыбной продукции, прежде всего нужно решить вопрос эколого-экономических проблем, а также необходимо осуществлять работы по воссозданию водных биоресурсов и сохранения потенциала природных популяций промысловых видов рыб.

#### Список использованных источников

1. Глебова Ю. А., Шкарупа О. В. Розвиток реформ у рибній галузі України // Рибогосподарська наука України. 2017. №4. С. 7-18. 15-16.
2. Євтушенко М.Ю. Глебова Ю.А. Біологічні ресурси гідросфери: Монографія / М.Ю.Євтушенко. – К.: Український фітосоціологічний центр, 2013. – 180 с.
3. Закон України «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів» № 3677-VI URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3677-17> (дата звернення: 14.03.19).
4. Марценюк Н.О. Аналіз сучасного стану рибної галузі в Україні. / Н.О. Марценюк, В.П. Марценюк А.В. Пекарський // Збірник наукових праць ШНАУ. – С., вип. 7 (30).-2016. – С. 158-163.
5. Огляд рибного ринку України за 2020 рік – UIFSA; URL: <https://uifsa.ua/news/news-of-ukraine/overview-of-the-fish-market-in-ukraine-for-2020>.
6. Публічний звіт голови Державного агентства рибного господарства України Ганник Шишман за 2020 р. [[https://darg.gov.ua/\\_publichnij\\_zvit\\_golovi\\_0\\_0\\_0\\_10694\\_1.html](https://darg.gov.ua/_publichnij_zvit_golovi_0_0_0_10694_1.html)].
7. Публічний звіт Державного агентства рибного господарства України за 2018 р. URL: [http://darg.gov.ua/\\_publichnij\\_zvit\\_derzhavnogo\\_0\\_0\\_0\\_8359\\_1.html](http://darg.gov.ua/_publichnij_zvit_derzhavnogo_0_0_0_8359_1.html) (дата звернення: 14.03.19).
8. Публічний звіт Державного агентства рибного господарства України за 2019 рік. С.4. [[https://darg.gov.ua/\\_zvit\\_pro\\_vikonannja\\_0\\_0\\_0\\_8367\\_1.html](https://darg.gov.ua/_zvit_pro_vikonannja_0_0_0_8367_1.html)].
9. ФАО. 2020. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим, ФАО. <https://doi.org/10.4060/ca9229ru>.
10. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 – FAO; URL: <http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf>.

УДК 54.058:553.611.6

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Кравець Наталья Михайловна, аспирант**

**Трач Ирина Анатольевна, к.т.н., доцент**

**Винницкий национальный технический университет**

Kravets Natalia, postgraduate, [kravets19950401@gmail.com](mailto:kravets19950401@gmail.com)

Trach Iryna, PhD, [trachiryna@vntu.edu.ua](mailto:trachiryna@vntu.edu.ua)

Vinnitsa National Technical University

*Проведен анализ способа очистки сточных вод от ионов хрома (III), который может быть использована в промышленных установках металлургической, металлообрабатывающей, легкой промышленности, а также для хозяйственно-питьевого назначения.*

**Ключевые слова:** природные сорбенты, очистки, ионы, бентонит, адсорбционные технологии, сточные воды.

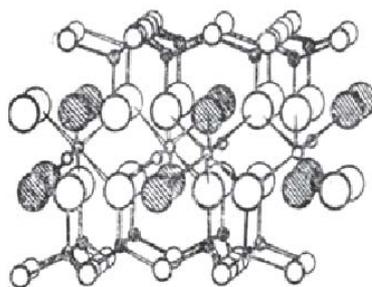
Объектом исследования избран сточные промышленные воды. Непосредственно для исследования использовали модельные водные растворы, содержащие сверхурочные количества ионов хрома (III) в концентрациях, соответствующих реальной содержания ионов хрома в сточных водах промышленности.

Для проведения исследования метода определения ионов хрома в объектах исследования готовили модельные растворы. Сначала отбирали навеску хрома нитрата  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  - 4,58 г, что вносилась в колбу объемом 1 л. К приготовленному раствор соли доливали дистиллированную воду и содержание тщательно перемешивалось до полного растворения. Приготовленный раствор довели дистиллированной водой до объема 1 л.

Из полученного раствора отбирали 8 проб объемом: 2 мл, 10 мл, 20 мл, 40 мл, 80 мл и 120 мл, 160 мл, 200 мл и вносили в мерные колбы объемом 200 мл. Содержание каждой из проб довели дистиллированной водой до метки. Данный процесс проводили по статических условиях при температуре  $20 \pm 1$  С. Количество параллельных опытов равна 3. Для исследования сорбционной способности бентониту по ионов хрома в статических условиях готовили раствор  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ , содержал 0,5, 1, 1,5, 2 г /  $\text{дм}^3$  ионов  $\text{Cr}^{3+}$ .

При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очищать от загрязняющих веществ в практически нулевых остаточных концентраций. Значительными преимуществами метода является то, что сорбенты могут извлекать вещества из воды при любых концентрациях, в том числе и достаточно малых, когда другие методы очистки оказываются неэффективными. Предметом исследования является процесс очистки сточных вод от ионов хрома (III) природными дисперсными сорбентами, в частности бентонитовых глин Черкасского (Украина) месторождения.

Бентониты – полезные ископаемые, есть тонкодисперсными высокопластичные горными породами смектинового состава (в основном монтмориллонит и байделит), которым в разной степени присущи вяжущие и сорбционные свойства [1]. Кристаллическая решетка всех состоит из слоев. В элементарную ячейку входят 3 слоя, которые образуют пакеты: крайние верхние и нижний слой пакета состоят из тетраэдров Al,  $\text{SiO}_4$  и называются тетраэдрическое. Между тетраэдрическое слоями расположен слой, состоящий из октаэдров Al и Fe, и называется октаэдрических [2]. Для бентонита характерна структура типа 2: 1, в которой кристаллы монтмориллонита состоят из слоев, что, в свою очередь, составлены из двух слоев кремнийкисневых тетраэдров, соединенных слоем алюмогидроксилкисневых тетраэдров. Тетраэдрические положения заполнены катионами кремния. В случае замещения части его катионами алюминия дефицит в положительных зарядах, который возникает, компенсируется обменными катионами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), размещенными между слоями (рис. 1.).



**Рисунок 1. – Структура бентонита**

Бентонитовые глины в естественном или активированном виде, то есть после химической обработки кислотами, имеют высокие адсорбционные свойства и широко используются как естественный адсорбент для очистки продуктов нефтеперерабатывающей, коксохимической, и пищевой промышленности. Так, по крупности фракции 0,5-1 мм, емкость поглощения катионов тяжелых металлов природного монтмориллонитового бентонита составляет 1821 мг экв / 100 г. Приме-

няют бентонит в горнодобывающей промышленности для приготовления буровых растворов, а также как природный адсорбент, наполнитель [3].

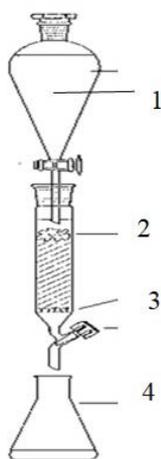
Процесс подготовки бентонита состоял из нескольких этапов.

Сначала материал поломали на небольшие кусочки, а затем раздробили в крошку. Сырье, вышла отправляли в сушильный шкаф на 45 минут. При этом соблюдались температурного режима. Для сушки бентонита установили температуру до 120 градусов.

После этого кусочки глины снова измельчили до состояния порошка. Для этого использовали ступку с пестиком, просеивали на ситах. Готовый сорбент загружали в колонну. Подготовленные поверхности бентонита в загрузки в колонну и после полного насыщения ионами хрома в 50-ти кратном увеличении соответственно.

Описание лабораторной установки: очистка воды проводилось на лабораторной адсорбционной колонне, которая имеет диаметр 35 мм и высоту 600 мм, при использовании бентонитовой глины.

После подготовки глины, ее засыпали в колонну. Общая масса сорбента в адсорбционной колонне составила 15 и 20 г. Высота слоя сорбента в колонке составляла 2,25 и 2,4 см (рис.2)



**Рисунок 2. - Адсорбционная колонна: 1 - делительная воронка с модельным раствором; 2 - сорбент; 3 стекловата; 4 - очищенный раствор**

Ряд производств сбрасывает сточные воды, содержащие соли хрома (III) или хромовой кислоты: гальванические цеха машиностроительных, приборостроительных автомобильных, авиационных заводов и т.п., цеха текстильных предприятий, кожевенные заводы, на которых проводят хромовое дубление, химические заводы, которые выпускают хромпик и хромовые квасцы и др [4].

Определить общее содержание хрома в таких водах можно относительно легко. В кислых неокрашенных сточных водах также легко можно определить содержание хрома (VI) [5].

Для установления диапазона режимных параметров, по которым необходимо проводить детальное исследование процессов адсорбции, была выполнена серия предыдущих экспериментов, что позволило сделать следующие предварительные выводы:

1) колебания температуры от +10 до + 30°C не оказывает заметного влияния на ступень адсорбции ионов  $Cr^{3+}$  бентонитом;

2) оптимальная средняя скорость прокачки модельного раствора через адсорбционную колонну заданной высоты является 0,3 ÷ 0,5мл / мин, при большей скорости снижается количество адсорбированного  $Cr^{3+}$ , а меньшая скорость увеличивает вероятность сильного загустения пульпы, вследствие чего усложняются процессы дальнейшей фильтрации;

3) интервал исследованных концентраций (0,5-2,0 г /  $дм^3$ ) ионов хрома был избран, исходя из практических соображений в соответствии с возможным содержанием катиона  $Cr^{3+}$  реальных стоках;

4) предварительно установлено, что полное насыщение бентонитовой глины ионами  $\text{Cr}^{3+}$  достигается при слое адсорбента  $15 \div 20$  г, за 1-3 суток, в зависимости от концентрации модельного раствора.

Обобщение результатов исследований изменения концентраций ионов хрома в воде на выходе из колонны представлены на рис.3 и 4.

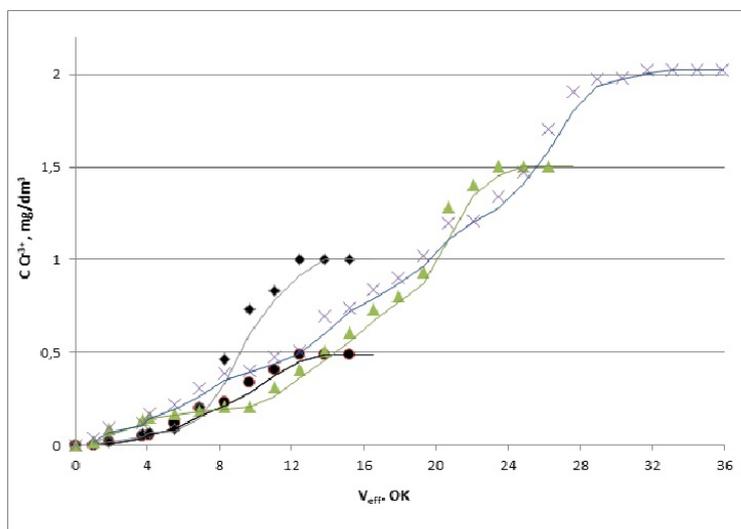


Рисунок 3. – Кривые насыщения бентонита массой 15г модельным раствором с исходной концентрацией  $\text{Cr}^{3+}$ , г/дм³: ●-0,5;◆-1; ▲-1,5; x-2,0

Наибольший эффективный объем при прокачке модельного раствора через слой сорбента в 15 г составляет 30,34, а при пропускании раствора через 20 г сорбента - 41,4.. Исключениями являются зависимости при концентрации ионов хрома 0,5 г / л - в этом случае увеличение концентрации на выходе из колонны имеет линейный характер.

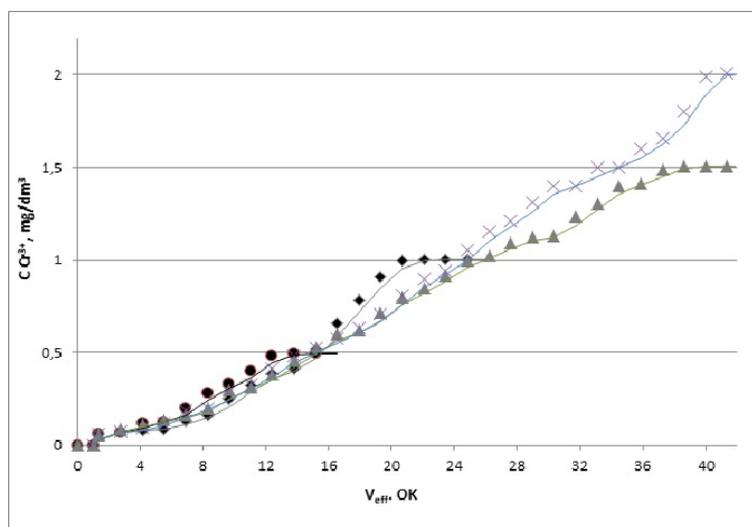


Рисунок 4. – Кривые насыщения бентонита массой 20г модельным раствором с исходной концентрацией  $\text{Cr}^{3+}$ , г / дм³: ● 0,5; ◆ 1; ▲ 1,5; x-2,0

Как свидетельствуют результаты эксперимента, максимальное поглощение ионов хрома (III) составляет  $70,2 \div 83,2\%$  за расходов сорбента массой 20 г и  $63,5 \div 82,2\%$  в случае массы сорбента 15г (таблицы 1, 2). Эффективность адсорбции возрастает при увеличении слоя адсорбента, что можно объяснить развитием активной сорбционной поверхности.

Таблица 1. – Показатели эффективности сорбции при различных начальных концентрации ионов хрома в растворе. Масса бентонита 15 г

| № | Время загрузки (t), мин. | $C_0(\text{Cr}^{3+})$<br>г/дм <sup>3</sup> | Первые следы ( $\text{Cr}^{3+}$ ) в очищенном растворе, ОК | Эффективный объем ( $V_{\text{eff}}$ ), ОК | Динамическая обменная емкость (Т) | $\alpha$ , %          |                |
|---|--------------------------|--|--|--|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
|   |                          |  |  |  |                                   | $\alpha_{\text{max}}$ | $\bar{\alpha}$ |
| 1 | 1080                     | 0,5  | 1,39   | 11,03                                      | 0,001                             | 95,6                  | 82,2           |
| 2 | 1230                     | 1,0  | 1,39   | 12,41                                      | 0,002                             | 97,5                  | 81,0           |
| 3 | 2480                     | 1,5  | 0,92   | 23,45                                      | 0,002                             | 98,6                  | 74,0           |
| 4 | 3205                     | 2,0  | 0,92   | 31,72                                      | 0,003                             | 98,9                  | 63,5           |

Небольшое значение динамической обменной емкости обусловлено тем, что первые следы поллютантами определены уже за 1-2 ОК, а это значение гораздо ниже, чем в случае прокачки модельных растворов с ионами других поллютантов [5], хотя при этом степень очистки первых объемов высокий - 95,6 ÷ 99% для растворов с различными концентрациями  $\text{Cr}^{3+}$ . Первые следы ионов хрома появляются раньше при использовании 20г бентонита, также значение динамической обменной емкости несколько ниже при использовании большего количества адсорбента.

Таблица 2. – Показатели эффективности сорбции при различных начальных концентрации ионов хрома в растворе. Масса бентонита 20 г

| № | Время загрузки (t), мин. | $C_0(\text{Cr}^{3+})$<br>г/дм <sup>3</sup> | Первые следы ( $\text{Cr}^{3+}$ ) в очищенном растворе, ОК | Эффективный объем ( $V_{\text{eff}}$ ), ОК | Динамическая обменная емкость (Т) | $\alpha$ , %          |                |
|---|--------------------------|--|--|--|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
|   |                          |  |  |  |                                   | $\alpha_{\text{max}}$ | $\bar{\alpha}$ |
| 1 | 1380                     | 0,5  | 1,03   | 13,79                                      | 0,0008                            | 95,9                  | 83,2           |
| 2 | 2520                     | 1,0  | 0,69   | 22,07                                      | 0,0010                            | 97,8                  | 80,2           |
| 3 | 3720                     | 1,5  | 0,69   | 38,06                                      | 0,0015                            | 98,7                  | 78,3           |
| 4 | 4100                     | 2,0  | 0,69   | 41,38                                      | 0,0020                            | 98,9                  | 70,2           |

При увеличении массы бентонита в колонне, эффективность адсорбции увеличивается для всех вариантов концентрации, также наблюдается увеличение показателя эффективного объема. Такие результаты исследований указывают на выбор слоя сорбента 20г как более удачного варианта. При таких расходах сорбента степень очистки модельного раствора составляет 83,2% ( $C_0(\text{Cr}^{3+}) = 0,5 \text{ г / дм}^3$ ) при малейшей концентрации поллютантов и 70,2% по самой начальной концентрации ионов хрома в растворе ( $C_0(\text{Cr}^{3+}) = 2,0 \text{ г / дм}^3$ ).

Итак, проведенные исследования подтвердили эффективность применения бентонитовых глин в технологических схемах очистки сточных

#### Список использованных источников

1. Запольский А.К., М.А. Мешочная-Клименко и др. Физико-химические основы технологии очистки сточных вод. К.: Либра, 2000 552с.
2. A. Malovanyu, E. Płaza, Y. Yatchyshyn, J. Trela, M. Malovanyu. Removal of nitrogen from the mainstream of municipal wastewater treatment plant with combination of ion exchange and canon process (IE-canon) -effect of NaCl concentration. Future urban sanitation to meet new requirements for water quality in the Baltic Sea region, Joint Polish-Swedish Reports. 2011. vol. 2. P. 17-19.
3. Сакалова Г. В. Научно - теоретические основы комбинированных процессов очистки водных сред с использованием природных сорбентов: дис ... докт. техн. наук: 21.06.01. Львов, 2016. - 329 с.

4. В. Сакалова Очистка сточных от от ионов хрома природными дисперсными сорбентами. Технологические аспекты. Вестник ХНУ, 2018, №6 (267), Ч.2. С.109-115.

5. Филипчук В.Л. Очистка современных металлосодержащих сточных вод от ионов тяжелых металлов. Вестник Житомирского инженерно-технологического института. Технические науки. Житомир, 2002. Выпуск 1, (20). С 37 – 44.

УДК 631.4

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА  
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ ЗЕМЕЛЬ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Пасичник Наталия Анатольевна, к.с.-х.н., доцент**

**Шворов Сергей Андреевич, д.т.н., профессор**

**Опрышко Алексей Александрович, к.т.н., доцент**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Pasichnyk Natalia, PhD, [n.pasichnyk@nubip.edu.ua](mailto:n.pasichnyk@nubip.edu.ua)

Shvorov Sergey, PhD, [sosdok@nubip.edu.ua](mailto:sosdok@nubip.edu.ua)

Opryshko Oleksiy, PhD, [ozon.kiev@nubip.edu.ua](mailto:ozon.kiev@nubip.edu.ua)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*Рассматриваются вопросы применения спутниковых технологий для выбора характерных участков поля для проведения почвоведческих исследований. Показано предпочтительность использования архивных данных спутниковых снимков в сравнении с снимками от БПЛА для оценки рельефа местности.*

**Ключевые слова:** почвоведение, спутниковый мониторинг.

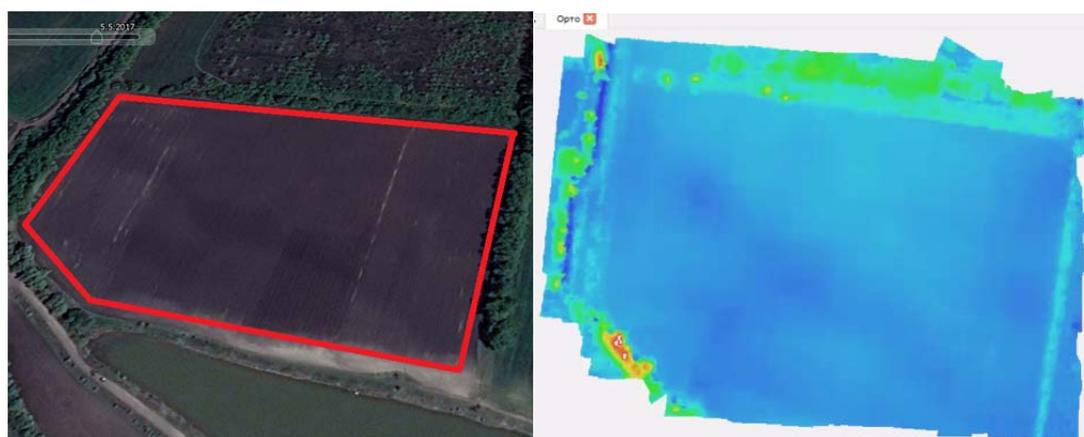
**Введение.** При создании рынка земель сельскохозяйственного назначения, происходящего в Украине, вопросы экологического проектирования среды становятся крайне актуальными. Традиционный экологический мониторинг почв был ориентирован на изучение эрозии, трансформации основных физических свойств и органического вещества [1, с.37]. При организации рынка аренды земель кроме этих показателей необходимо контролировать и количества основных элементов – азота, фосфора и калия. Согласно действующих нормативных документов такой анализ является обязательным при оценке и проводится в лабораторных условиях. Содержание элементов питания на поле не равномерно и для получения максимально достоверных данных количество образцов нужно увеличивать что организационно усложняет процесс. К тому же такие химические анализы являются методически сложными и не дешевым по этому их количество стараются минимизировать. Для достижения баланса между точностью и стоимостью исследований желательно брать анализы в характерных участках поля выбор которых является актуальной задачей. Современные спутниковые технологии могут стать источником информации про рельеф и растительность на поле. Такие исследования можно легко масштабировать и поэтому, вопрос разработки методики использования спутниковых снимков для организации мониторинга состояния почвы стал целью данной работы.

**Состояние вопроса.** Спутниковые технологии мониторинга активно продвигаются для управления прежде всего азотным питанием растений. Доступные данные от спутникового сервиса Landsat использовались [2, с.93] в режиме off-line для дифференцированного внесения азотных удобрений для повышения рентабельности производства. Использование беспилотных летательных аппаратов для тех же целей также ориентировалось именно на организацию азотной подкормки [3, с.47]. Азотные удобрения водорастворимы и ориентация на них при мониторинге для управления урожаем понятна, но такие элементы как фосфор и калий так же критично важны для урожайности. Для выделения характерных участков для отбора проб могут использоваться архивные данные спутникового зондирования земли. В свободном доступе находятся архивные данные зондирования в видимом диапазоне такие как сервис Google map (<https://www.google.com.ua/maps/>) с разрешением 0,5 м/пиксел. Данный сервис представляет доступ к многолетнему архиву изображений и может быть использован для оценки рельефа местности и частично для оценки плотности

растительности. Для оценки распределения стрессовых состояний растений могут использоваться спутники Landsat (<https://landlook.usgs.gov/viewer.html>), которые так же предоставляют доступ к архивным данным, но разрешающая способность снимков в 15 -30 м/пиксел невысокая. Более высокую детализацию в 10 м/пиксел обеспечивают европейские спутники Sentinel-2. Европейское космическое агентство создало группировку спутников, которая проводит мониторинг и территории Украины, но данные на европейских хабах ранее хранились 3 недели. С 2020 года на базе Национального центра управления и испытаний космических средств (<https://spacecenter.gov.ua/>) создан специализированный электронный архив данных спутникового мониторинга (<http://sentinel.spacecenter.gov.ua>) с помощью которого эти архивные данные стали доступны. При анализе распределения вегетационных индексов таких как NDVI на исследуемом поле можно выявить характерные участки для отбора образцов почвы.

**Методика и результаты экспериментальных исследований.** Полевые исследования проводились 09.04.2020 года на производственных посевах рапса озимого в Агрономической исследовательской станции НУБиП Украины (с. Пшеничное, координаты 50°06'05"N, 30°12'30"E). Для исследований использовались архивные данные спутникового мониторинга и результаты спектрального зондирования с помощью БПЛА оснащенного спектральным комплексом Slantrange 3p. Высота полета БПЛА 100 м. Обработка данных спектрального мониторинга от БПЛА проводилась с помощью программного обеспечения Agisoft PhotoScan и Slantview.

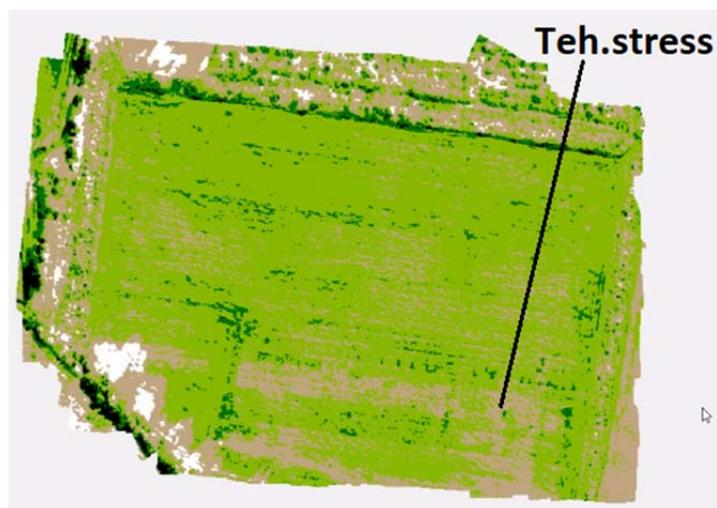
**Оценка рельефа.** При наличии доступа к архивным данным спутникового мониторинга неоднородность рельефа легко выявить по неравномерности увлажнения почвы весной при таянии снега. Принципиальным недостатком спутникового мониторинга в видимом диапазоне спектра является его зависимость от облачности, но при наличии информации за несколько лет вероятность получения пригодных данных высокая. На рис.1 приведены спутниковый снимок исследуемого поля (обведено красной линией) и результаты вычислений рельефа поля по данным мониторинга с использованием БПЛА.



**Рисунок 1. – Спутниковый снимок поля (слева) расчетные значения рельефа, полученные с помощью БПЛА (справа)**

При сравнении данных полученных с помощью спутника и БПЛА видно, что результаты выявления впадин в целом совпадают. Для данных от БПЛА осуществить позиционирование проще исходя из данных GPS, но время, потраченное на расчет карты, составило более 3 часов. Для спутниковых данных возможна сложность в позиционировании поскольку поле было в стороне от орбиты космического аппарата, и съёмка проводилась не под прямым углом как у БПЛА. Координаты точек отбора проб можно рассчитать, как по наземным ориентирам с известными координатами, так и исходя из служебных данных съёмки. Повышения точности можно достичь если комбинировать данные спутникового мониторинга от разных аппаратов как показано в [2, с.93] где объединили данные от AZERSKY и WORDVIEW2.

**Оценка распределения стрессовых индексов.** На рис. 2 показано карту распределения вегетационного индекса для исследуемого поля.



**Рисунок 2. – Карта распределения вегетационного индекса по красному каналу**

Исходя из сопоставления данных на рис.1 и рис. 2 часть стрессовых участков посевов соответствует низине где произошло уплотнение почвы в следствии особенностей водного режима.

Кроме участков с более развитыми растениями, где целесообразно отобрать образцы почвы были выявлены участки с нехарактерным для обычных стрессов геометрией (на рис. 2 обозначены **Teh.stress**). Прямые линии характерны для перемещения технологического оборудования и соответственно стрессов технологического характера – разрежённости посевов или пролонгированного действия гербицидов. Разрежённость посевов легко выявить визуально, оценив количество растений. При соответствии норм высева имеет смысл брать анализ почвы на определение количества гербицидов и их продуктов разложения.

Проведенные лабораторные анализы подтвердили наличие существенной разницы в содержании элементов в образцах почвы взятых в характерных участках поля.

**Выводы.** Спутниковые технологии являются инновационным инструментарием для организации наземных исследований в почвоведении и могут эффективно использоваться для оценки рельефа местности.

Архивные данные спутникового мониторинга Земли способствуют выявлению стойких особенностей рельефа на полях дают возможность интерпретировать причины стрессовых состояний посевов.

Анализ карт распределения вегетационных индексов посевов позволяет выявлять как характерные участки с различным содержанием элементов питания, так и участки с возможным химическим отравлением посевов в следствии пролонгированного воздействия гербицидов.

#### Список использованных источников

1. Русанов А.М., Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Организация экологического мониторинга почв как составная часть государственного мониторинга земель и его первые результаты (на примере Ориенбургской области) // Вестн. Московского университета, Сер.17. Почвоведение. 2011. №3, С.32-37;

2. Шерстобитов С.В., Абрамов Н.В. Влияние почвенной неоднородности и внесение усредненной нормы азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. Агронмия. 2020. № 5, С.93-99, DOI:10.36718/1819-4036-2020-5-93-99;

3. Lysenko V., Opryshko O., Komarchuk D., Pasichnyk N., Zaets N., Dudnyk A. Information support of the remote nitrogen monitoring system in agricultural crops. Int. J. Comput. 2018, №17, p.47–54;

1. Исмагова Х.Р., Бадалова А.Н., Талыбова С.С., Исмаилов А.И. Особенности применения аэрокосмических методов в почвоведении // Современные тенденции в науке, технике, образовании. Из-во Наукосфера, 2020, С.10-21;

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА КОЖИ И МЕХА**

**Сакалова Галина Владимировна, д.т.н., профессор**

**Винницкий государственный педагогический университет**  
Sakalova Halyna, doctor of technical sciences, sakalovag@gmail.com  
Vinnytsia Mikhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University

*Работа посвящена решению актуальной проблемы очистки промышленных сточных вод кожевенного производства от ионов хрома (III) за счет использования природного и модифицированного бентонита. Были проведены исследования по использованию отработанного бентонита в процессах дубления и наполнения.*

**Ключевые слова:** адсорбция, бентонит, ионы хрома(III), модификация, хромовый полуфабрикат.

Загрязнение сточных и поверхностных вод ионами хрома остается серьезной экологической проблемой, которая не имеет на сегодняшний день достаточно эффективного решения. Несмотря на большое количество научных исследований, разработанные на их основе технологии не нашли широкого применения, как недостаточно эффективные, и которые не дают возможности достичь необходимой глубины очистки. Остается актуальной и проблема очистки сточных вод кожевенного производства, поскольку соли хрома (III) используются для дубления кожи, при этом максимальная степень отработки дубителя составляет только 90%.

С целью предупреждения загрязнения окружающей среды сточными водами промышленных предприятий перспективными являются сорбционные технологии. На сегодняшний день накоплен значительный опыт по использованию природных глин и их модифицированных форм для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Анализ последних публикаций показал, что важным направлением научных исследований также является определение эффективных способов регенерации и путей утилизации сорбентов, которые предварительно были использованы в качестве сорбентов при очистке сточных вод. Ведь утилизация сорбционных материалов помогает не только уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду, но и усовершенствовать технологии создания альтернативных материалов в результате применения высококачественного глинистого материала.

Сегодня отработанные высокодисперсные минералы широко используются во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и для производства различных товаров широкого потребления. Но исследования по использованию отработанных глинистых сорбентов в процессах производства кожи достаточно ограничены. В основе их применения лежат специфические коллоидно-химические свойства, обусловленные кристаллическим строением минералов.

Химический состав и особенности кристаллической структуры высокодисперсных минералов по отношению алюмо - и кремнекислотных слоев подразумевает комплекс их сорбционных, обменных, коагуляционных свойств и способность к диспергированию. Актуальность исследований для кожевенного производства можно объяснить также необходимостью утилизации сорбентов, использованных для очистки сточных вод, в частности для отработанных вод дубильного и отделочного цехов со значительным содержанием ионов хрома (III) .

**Цель работы:** исследование эффективности очистки сточных вод от ионов хрома(III) сорбентом бентонитом. Определена возможность применения дисперсий отработанного бентонита для обработки кожевенного полуфабриката для повышения ресурсосбережения и экологичность производства.

В кожевенном производстве наиболее концентрированными считают сточные воды после дубления, они составляют 1% общих расходов воды, имеют кислую реакцию, рН от 3 до 6,5. Такие сточные воды содержат максимально, г/дм<sup>3</sup>: плотного осадка 170, хлоридов 15, сульфатов 22, оксида хрома 5.

К сильно загрязненных сточных вод также относят отработанные растворы после додубливания, которые также содержат значительное количество солей хрома (в пересчете на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  максимумно  $3\text{г/дм}^3$ ). Объем таких стоков примерно такой же, что и после дублирования.

Предыдущие исследования позволяют утверждать [1], что использование сорбционных методов наиболее эффективно при исходном содержании ионов хрома  $1-1,5\text{ г/дм}^3$ . Рекомендуется предварительная очистка сточных вод, включая стадию отстаивания, фильтрования и реагентного осаждения известью с последующим удалением образовавшегося осадка [2].

Образующийся фильтрат содержит около  $1\text{ г/дм}^3$  ионов хрома и  $5\text{ г/дм}^3$  хлорид - ионов.

Проводили исследования по эффективности очистки модельных растворов, содержащих ионы хрома  $1\text{ г/дм}^3$  (вариант 1) и  $1\text{ г/дм}^3$  ионов хрома и дополнительно  $3\text{ г/дм}^3$  хлорид-ионов (вариант 2) методом идеального вытеснения. Выбранный метод проведения очистки с неподвижным слоем сорбента дает большее насыщения глинистого адсорбента ионами тяжелого металла, а также возможность простого регулирования степени насыщения путем дозирования точных объемов загрязненных вод через определенное количество сорбента.

Можно утверждать, что природный бентонит быстрее насыщается ионами хрома по варианту 1. Так, при расходе природного бентонита  $20\text{г}$  его полного насыщения мы достигаем при объемных расходах воды по варианту 1 более  $1000\text{ мл}$ , в случае варианта 2 объемы очищенных сточных вод будет в  $1,5$  раза больше.

Исследование эффективности очищения модельных растворов указывают, что в целом наблюдаем одинаковый характер зависимостей при поглощении адсорбентом ионов хрома; адсорбция с неподвижным слоем сорбента при двух вариантах происходит постепенно и имеет равномерно накопительный характер (Таблица 1).

Таблица – Показатели эффективности адсорбции при разных составах модельных растворов

| Вариант | Время загрузки (t), мин. | Эффективный объем (V), мл | Общий объем ( $V_3$ ), мл | Динамическая обменная ёмкость (T) | Степень очистки $\alpha$ , % |                |
|---------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------|
|         |                          |                           |                           |                                   | $\alpha_{\text{эф}}$         | $\bar{\alpha}$ |
| 1       | 630                      | 500                       | 1000                      | 0,025                             | 95,95                        | 53,94          |
| 2       | 930                      | 500                       | 1500                      | 0,024                             | 83,14                        | 42,04          |

Разница в степени поглощения ионов хрома нивелируется разными объемами сточных вод при одинаковом расходе бентонита. Значение динамической обменной ёмкости сорбента будет почти одинакова по двум вариантам.

Результаты определения содержания ионов хрома в отработанном сухом сорбенте проводили по известной методике [3]. Практически содержание ионов металла в образце глины составляет  $95-97\%$  от рассчитанного значением  $\text{Cr}^{3+}$ .

Учитывая структурные особенности и коллоидно-химические свойства высокодисперсных минералов, в частности бентонита, возможно использовать их в качестве наполнителей хромового полуфабриката и регулировать формирование структуры дермы при производстве кож в зависимости от их целевого назначения [4]. В работе [5] было исследовано возможность эффективного использования бентонита, специально модифицированного солями хрома в процессах наполнения, дублирования и додубливания кожевенного полуфабриката. Учитывая структурные особенности и коллоидно-химические свойства высокодисперсных минералов, исследована возможность использования бентонита, насыщенного ионами хрома на стадии очистки сточных вод, в составе наполнителя хромового полуфабриката или для регулирования формирования структуры дермы при дублировании.

На диспергирование бентонита влияют следующие факторы: природа соли, выбранная для диспергирования и ее концентрация ( $C_s, \%$ ). Определяли степень набухания ( $D_s, \%$ ) водных дисперсий отработанного бентонита (a) и чистого бентонита (b) под влиянием солей: карбоната натрия  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , формиата натрия  $\text{HCOONa}$  и гексаметафосфата натрия  $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Результаты исследований представлены на рисунке 1, и они указывают, что лучший уровень диспергирования достигается при использовании карбоната натрия, однако при использова-

нии гексаметафосфата натрия также возможно достичь достаточной степени набухания. Характер зависимостей для модифицированного и отработанного бентонита очень похож.

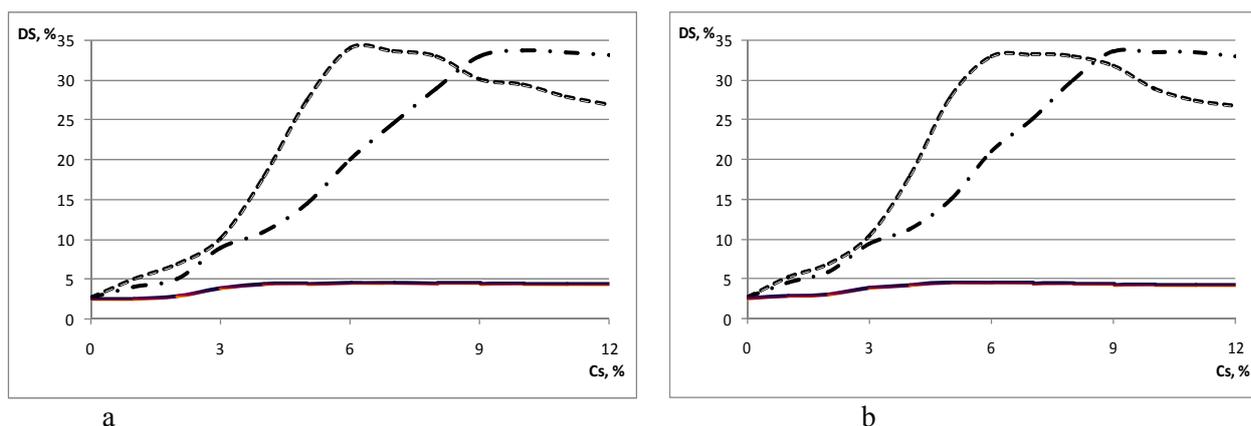


Рисунок 1. – Степень набухания водных дисперсий бентонита под влиянием солей  
 ----  $H_2CO_3$ ; - · -  $Na_6P_6O_{18} \cdot 6H_2O$ ; —  $HCOONa$

Поскольку влияние карбоната натрия на структурообразование дисперсии и диспергирование наиболее эффективно, его было выбрано для использования в дальнейших исследованиях. Для определения оптимальных расходов карбоната натрия определяли вязкость дисперсий при разных расходах соли. Результаты реологических исследований указывают, что самую высокую вязкость дисперсий достигают при расходе карбоната натрия 5,5-7% и при этом определяют максимальную степень диспергирования системы как с отработанным бентонитом, так и в случае его предварительного модифицирования.

Также определяли вязкость дисперсий с разной степенью насыщения ионами хрома. Результаты исследований представлены на Рисунке 2.

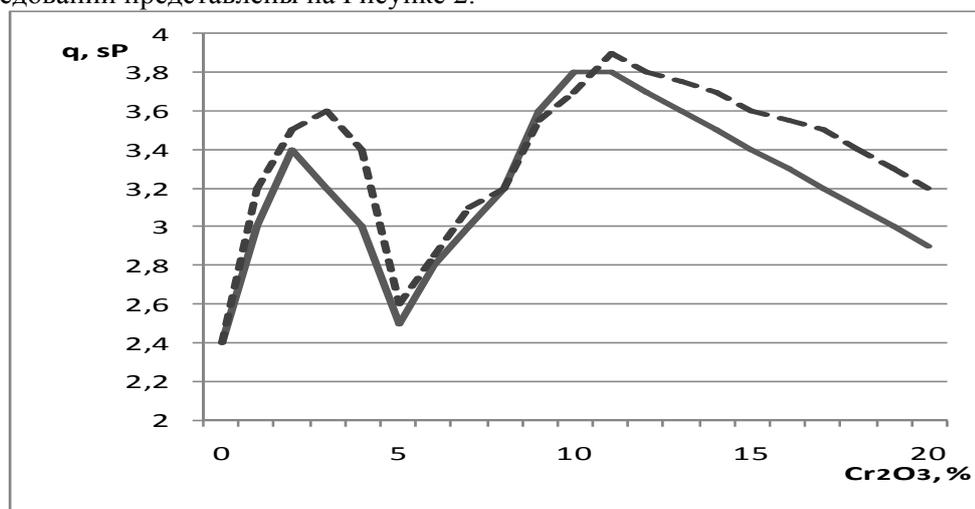


Рисунок 2. – Зависимость кинематической вязкости от содержания ионов хрома в бентоните:  
 — a ---- b

В целом, анализ зависимостей вязкости от расходов хрома свидетельствует о получении максимально разреженных дисперсий отработанного и природного бентонита при содержании в них соединений хрома 5-6%  $Cr_2O_3$  от массы монтмориллонита. При этом дисперсии характеризуются стабильным уровнем рН в пределах 3-4 при соответствующих затратах соединений хрома. Эффект разжижения можно объяснить адсорбцией ионов натрия и взаимным отталкиванием между частицами монтмориллонита.

Устойчивость адсорбции дисперсий оценивали путем их отстаивания в течение 30 минут при различных значениях рН, которые корректировали путем смешивания соответствующих ко-

личеств растворов HCl 0,02M, NaCl 0,02M и NaOH 0,02M. Полученные результаты свидетельствуют, что дисперсии на основе отработанного бентонита проявляют высокую устойчивость в широких пределах pH. Наблюдается определенный уровень расслоения при pH 2,5 и при pH 12. В последнем случае, вероятно, происходит гидролиз хромовых соединений, что подтверждено изменением окраски дисперсии. Таким образом, возможно рекомендовать использование дисперсий на основе отработанного бентонита в жидкостных процессах, происходящих в кислой (pH=3) и слабощелочной (pH = 4,5 ÷ 5,6) средах.

Таким образом, представленные исследования подтвердили эффективность применения бентонитовых глин в технологических схемах очистки сточных вод после дубления кожевенного полуфабриката.

Определена возможность использования дисперсий отработанного бентонита с содержанием ионов хрома для дубления, додубливания и наполнения кожевенного полуфабриката при частичной замене соединений хрома. Применение дисперсий на основе отработанного бентонита с остаточным содержанием ионов хрома, диспергированных карбонатом натрия, способствуют эффективному формированию структуры кож хромового дубления.

#### Список использованных источников

1. Сакалова Г.В., Свергузова С.В., Мальованый М.С. Эффективность очистки сточных вод гальванического производства адсорбционным методом. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. –2014. – №4. – С.153-156.
2. Myroslav Malovanyu, Olga Palamarchuk, Iryna Trach, Halyna Petruk, Halyna Sakalova, Khrystyna Soloviy, Tamara Vasylynych, Ivan Tymchuk, Nataliya Vronska, Adsorption Extraction of Chromium Ions (III) with the Help of Bentonite Clays. Journal of Ecological Engineering. – 2020. – №21(7). – P. 178–185.
3. G.V. Sakalova, T.M.Vasylynych, N.O. Koval, V.A. Kashchei, Investigation of the method of chemical desorption for extraction of nickel ions (II) from bentonite clays. Environmental problems. – 2017. – №2(4). – P. 187-190.
4. M.O. Maruhlenko, V.A. Palamar, O.R. Mokrousova, Structuration of derma collagen by modified dispersions of montmorillonite, Programme and abstracts of Baltic Polymer Symposium. – 2015. – P. 63-64.
5. O. Mokrousova, A. Danylkovich, V. Palamar, Resources-saving Chromium Tanning of Leather with the Use of Modified Montmorillonite. Revista de chemie. – 2015. – №66(3). – P. 353-357.

УДК 628:4.03

### **БИЗНЕС-ПРОЕКТ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

**Скрипчук Петр Михайлович, д.э.н., профессор**

**Шпак Галина Николаевна, к.э.н., с.н.с.**

**Национальный университет водного хозяйства и природопользования**

Skripchuk Peter Mikhailovich, Professor, Doctor, Petroskrypchuk@gmail.com

Shpak Halyna Nykolayvna, Researcher, Shpak.galochka@gmail.com

National University of Water Care and Environmental Management

*В статье предложен проект переработки органических отходов в биогаз. Рассмотрены сильные стороны и преимущества для коммунальных служб и бизнеса. Проект окупается за 3-4 года при переработке на биогаз и позже на почвосмеси около 4 – 7 тыс. тон органических отходов.*

**Ключевые слова:** органические отходы, технология, биогаз, окупаемость проекта.

Циркулярная экономика, как экономическая и эколого-ориентированная концепция, направлена на обеспечение гармонизации между экономическим ростом и экологической устойчивостью. Европейским Союзом принято ряд ключевых документов по переходу государств на принципы циркулярной экономики [1].

В наше время управления отходами играет важную роль в экономике замкнутого цикла. Иерархия управления отходами устанавливает приоритетный порядок в предотвращении, сортировке, подготовке к повторному использованию, переработке и захоронению только до 10% отходов из общего количества. По данным ученых ожидается, что в 2050 году в связи с повышением уровня жизни и доходов населения будет генерировать более 13100000000 тонн отходов. Это на 20% больше, чем в 2009 году, при том, что только 25% всех отходов на сегодня утилизируются или регенерируются. В Украине действующими являются 242 полигоны бытовых отходов, 248 полигонов имеют истекший срок действия, а 1100 полигонов не соответствуют нормам экологической безопасности. Поэтому проблема циркулярной экономики по переработке отходов актуальна всем населенным пунктам.

Органические отходы городов Украины классифицируются за фракциями: 18% - растительные отходы, 25% - пищевые отходы, до 20% бумага, 3% - древесина. Также возникает проблема с утилизацией восстановительной биомассы (опавшие листья, газонная трава, отходы от окультуривания садов, твердые сортированные пищевые отходы и т.д.). Все вышеперечисленные отходы по запатентованной технологии могут быть использованы в качестве компонентов смеси для переработки в биогумус [2, 3]. Наши решения соответствуют положениям стратегии «Индустрия 4.0», а полученные компост, биогумус, или сделанные из него почвосмеси или жидкий биогумат пригодны для выращивания рассады, удобрения газонов, цветоводства в городах, традиционного сельскохозяйственного производства и других вариантов.

Нами в городе Ровно внедрен проект по переработке восстановительной биомассы и органических отходов на биогумус в промышленных масштабах. Актуальность проекта состоит в том, что переработка органических отходов аналогична для городов разного масштаба (всего 960) и объединенных территориальных общин (980) и сельских населенных пунктов Украины. Проект нужен всем населенным пунктам потому что: увеличивает емкость полигонов бытовых отходов ежегодно, решает проблему с сжиганием опавших листьев, является требованием выполнения Закона Украины «Об отходах».

Перспектива внедрения проекта в: качестве полученного биогумуса; гибкости, соответствии мировым стандартам и директивам ЕС (соответствие лучшим мировым практикам, положениям «зеленой» экономики, стандартам ИСО 14000 «Управление окружающей средой», Рамочной Директивы №2008/98/ЕС об отходах); это технология 3-го поколения - «зеленая» экономика под заказчика. Биогумус заменяет природный материал торф в почвосмесях (экологическая и агрономическая эффективность которого меньше в 1.8 раза). Цена полученного нами биогумуса меньше до 30%. Социальная функция проекта это сортировка отходов, чистые города и санитария. При переработке отходов на биогумус, а потом использование для производства почвосмеси – эффективность проекта увеличится до 1.4 раза, а при переработке на жидкие биогуматы – эффективность проекта увеличится до 1.7 раза. Технология заменяет сжигание листьев, что приводит к вторичному загрязнению атмосферы и запрещено в Украине.

На заказ под особые условия каждого города (бизнеса) будет уточняться технология и варианты переработки отходов. Стратегия проекта может увеличивать существующую долю переработки отходов от 2% до 3% за год на определенной территории при условии привлечения сортированных твердых пищевых отходов.

Проект имеет коммерческий успех потому, что: изготавливаются высококачественные удобрения под заказ по определенной технологии и наявной сырьевой базе; организован экономически выгодный вариант сотрудничества с профильными организациями по вывозу отходов и переработкой на полигоне бытовых отходов; в наличии 2 собственные патенты и эффективные машины и механизмы; опыт и лабораторные и полевые исследования качества биогумуса и жидких удобрений; сеть сбыта биогумуса как компонента почвосмеси.

Проект направлен на решение следующих задач:

1. Создание онлайн платформы и автоматизированной системы определения объема, сбора и логистики биомассы (например, использование ИТ, разработанные скрин-шоты и обеспечения для смс сообщений и т.д.). ИТ сопровождение и контроль расхода топлива транспортом.
2. Внедрение лучших практик и более чистых технологий в различные бизнес-планы (продукты: компост, биогумус, гранулированное или жидкое удобрение).
3. Сортировка и безопасное обращение с отходами и увеличение емкости полигонов.

4. Отсутствие сжигания листьев и сбор скошенной газонной травы.

5. Замкнутый цикл производства в коммунальном хозяйстве (переработка органических отходов в востребованные продукты для коммунального хозяйства - компосты и почвосмеси) и др. При его переработке на такое количество может быть увеличено емкость полигона бытовых отходов ежегодно, а как известно, все фактически полигоны бытовых отходов в Украине исчерпали свой проектный период работы.

6. Формирование экологической культуры общества. Привлечение местных общин и общественных организаций к контролю деятельности коммунального хозяйства. Уменьшение выбросов парниковых газов.

7. Масштабирование на всю территорию государства.

8. Проект соответствует положениям «Зеленой столицы Европы», статуса экологических городов, внедрение положений устойчивого развития и «зеленой» экономики.

Результаты проекта масштабируются в Украине посредством проведения переговоров.

#### Список использованных источников

1. Are European policymakers ready for a global circular economy? URL: <https://www.sitra.fi/en/articles/european-policymakersready-global-circular-economy/>

2. Скрипчук П.М., Судук О.Ю., Щербакова А.С., Черемісін М.О. Патент на корисну модель №129820 «Спосіб утилізації відновної біомаси вермикультивуванням» від 12. 11 2018 р. Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні" (uipv.org).

3. Скрипчук П.М., Серілко Л.С. Патент на корисну модель №144973 «Пристрій для подрібнення рослинних залишків» Бюлетень №21 від 10.11.2020 р. Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні" (uipv.org).

УДК 629.114.2.004:621.43-55

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС-922» С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАПСОВОГО МАСЛА**

**Товстыка Виктор Станиславович, к.т.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Taustyka Viktor, PhD, tovstyka.v@polessu.by

Palessky State University

В статье приводятся результаты эксплуатационных испытаний трактора «Беларус 922» с установленным устройством регулирования состава смесового топлива на основе рапсового масла. Установка устройства привела к уменьшению расхода дизельного топлива за счёт замещения его рапсовым маслом и снижению дымности, выбросов оксида углерода и увеличению количества оксидов азота в отработавших газах.

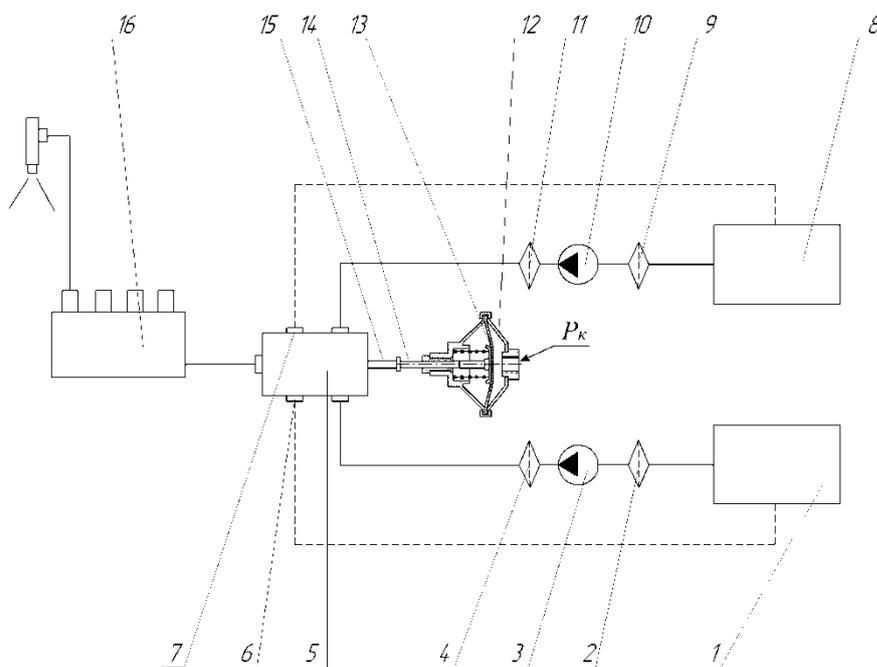
**Ключевые слова:** экология, рапсовое масло, дизельное топливо.

С каждым годом парк автотракторной и комбайновой техники растёт, увеличивается единичная мощность и расширяется сфера применения техники. Всё это приводит к увеличению загрязнения атмосферы токсичными веществами отработавших газов и увеличению их вредного воздействия. Поэтому улучшение экологических показателей автотракторной и комбайновой техники имеет важное значение.

Улучшить экологические показатели дизеля и снижение потребления минерального топлива возможно используя альтернативные возобновляемые топлива с добавлением рапсового масла. Экологическую, экономическую и энергетическую эффективность использования этих топлив доказывают исследования, проведенные как в нашей стране так и за рубежом. Наряду с этим рост потребности в растительном сырье для изготовления топлива повышает доходность сельского хозяйства [1, с. 102, 2]. Кратковременное использование растительных масел в качестве моторного топлива улучшает экологические показатели дизелей, мощность остаётся практически на уровне дизельного процесса, однако происходит снижение удельного расхода топлива в связи с понижен-

ной теплотой сгорания растительного масла [3, с. 54]. Длительное использование растительных масел в дизелях без снижения их ресурса возможно при условии подбора оптимальной камеры сгорания, глубокой очистки растительного масла, подбора сорта масла с необходимым жирнокислотным составом, использования не чистого растительного масла а его смеси с нефтяным ДТ, добавление в растительное масло присадок снижающих нагарообразование и добавление антиокислительных присадок в моторное масло.

Нами была разработана и исследована на моторном стенде системы регулирования состава смесевое топлива для дизельного двигателя с наддувом [4]. С целью исследования работоспособности системы в реальных условиях были проведены эксплуатационные испытания трактора БЕЛАРУС-922, с дизельным двигателем Д-245.5. Топливная система трактора была дополнительно доукомплектована согласно схеме [5] приведённой на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Система регулирования состава смесевое топлива для дизельного двигателя с наддувом: 1, 8 – бак для ДТ и биотоплива; 2, 9 – фильтры грубой очистки ДТ и биотоплива; 3, 10 – топливоподкачивающие насосы ДТ и биотоплива; 4, 11 – фильтры тонкой очистки ДТ и биотоплива; 5 – смеситель-дозатор; 6, 7 – перепускные клапаны ДТ и биотоплива; 12 – пневмокорректор; 13 – подпружиненная мембрана; 14 – шток; 15 – плунжер; 16 – топливный насос высокого давления**

Работа трактора с устройством регулирования исследовалась на двух операциях: вспашка (трёхкорпусный плуг ПЛН-3-3,5), предпосевная обработка почвы (АКШ-3,6-01).

Во время проведения испытаний тракторный дизель работал на повышенных частотах вращения и с высокими нагрузками. На этих режимах работы давление наддувочного воздуха имеет значения, при которых устройство регулирования состава смесевое топлива подаёт к топливному насосу высокого давления смесь, состоящую из 60 % ДТ и 40 % РМ. В таблице 1 представлены результаты сравнительных испытаний трактора при работе на чистом ДТ и при работе с установленным устройством регулирования.

Таблица 1 – Результаты сравнительных испытаний трактора «Беларус 922» при работе на чистом ДТ и с установленным устройством регулирования

| Сельскохозяйственная машина | Состав топлива  | n, мин <sup>-1</sup> | G <sub>m</sub> , кг/ч | E <sub>c</sub> , г/ч | E <sub>NOx</sub> , г/ч | E <sub>CO</sub> , г/ч | P <sub>кр</sub> , кН | V <sub>т</sub> , км/ч | V <sub>р</sub> , км/ч | N <sub>кр</sub> , кВт |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ПЛН-3-35                    | ДТ              | 1800                 | 11,15                 | 10,53                | 323,8                  | 128,7                 | 12,69                | 9,33                  | 8,781                 | 30,95                 |
|                             | 60% ДТ + 40% РМ | 1800                 | 11,79                 | 6,59                 | 350,8                  | 128,9                 | 12,81                | 9,33                  | 8,776                 | 31,23                 |
| АКШ-3,6-01                  | ДТ              | 1700                 | 12,02                 | 17,01                | 360,12                 | 158,43                | 10,53                | 10,2                  | 9,614                 | 28,12                 |
|                             | 60% ДТ + 40% РМ | 1700                 | 12,69                 | 10,56                | 394,2                  | 119,02                | 10,62                | 10,2                  | 9,609                 | 28,35                 |

Как видно по результатам исследований, представленных в таблице 1 часовой расход топлива при работе трактора на вспашке с устройством регулирования состава СТ увеличился на 5,74 % по сравнению с чистым ДТ, а при предпосевной обработке почвы увеличение составило 5,57 %. Выбросы ТЧ снижаются при работе трактора на СТ. Так для трактора «Беларус 922» с устройством регулирования, работающего с ПЛН-3-35 снижение, составляет 59,8 % по сравнению с работой на ДТ, а при работе с АКШ-3,6-01 – 61%. Также при работе с АКШ наблюдается снижение выбросов СО на 33,1 %. Однако на обеих операциях при применении устройства регулирования возрастают выбросы оксидов азота. На вспашке увеличение составляет 8,3 %, а при предпосевной обработке почвы – 9,5 %. Изменения нагрузки на крюке и реальной скорости движения составляют менее 1%. Эти изменения связаны с возможными различиями физических свойств почвы и считаем необходимым их не учитывать.

Согласно техническим характеристикам часовая производительность ПЛН-3-35 составляет 0,94 га/ч, а АКШ-3,6-01 – 2,61 га/ч. Методикой проведения эксперимента не предусматривалось проведение замеров на холостых поворотах и во время остановок с работающим двигателем, поэтому расчёт погектарного расхода топлива проведём по упрощённой формуле:

$$G'_{\tau} = \frac{G_{\tau}}{W_{\tau}}, \quad (1)$$

где  $G'_{\tau}$  – погектарный расход топлива, кг/га;  $G_{\tau}$  – часовой расход топлива, кг/ч;  $W_{\tau}$  – часовая производительность трактора, кг/га.

Для расчёта погектарных выбросов токсичных компонентов используем аналогичные формулы:

$$E'_{c} = \frac{E_c}{W_{\tau}} \quad (2)$$

$$E'_{NOx} = \frac{E_{NOx}}{W_{\tau}} \quad (3)$$

$$E'_{CO} = \frac{E_{CO}}{W_{\tau}} \quad (4)$$

где  $E'_{c}$ ,  $E'_{NOx}$ ,  $E'_{CO}$  – погектарный выброс твёрдых частиц, окислов азота, оксида углерода, кг/га,  $E_c$ ,  $E_{NOx}$ ,  $E_{CO}$  – часовые выбросы твёрдых частиц, окислов азота, оксида углерода, г/ч.

Результаты расчётов по формулам 1 – 4 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Удельные показатели работы трактора «Беларус 922» на чистом ДТ и с установленным устройством регулирования

| Сельскохозяйственная машина | Состав топлива  | $G'_T$ , кг/га | $E'_C$ , г/га | $E'_{NOx}$ , г/га | $E'_{CO}$ , г/га |
|-----------------------------|-----------------|----------------|---------------|-------------------|------------------|
| ПЛН-3-35                    | ДТ              | 11,86          | 11,2          | 344,4             | 136,9            |
|                             | 60% ДТ + 40% РМ | 12,54          | 8,04          | 373,2             | 137,1            |
| АКШ-3,6-01                  | ДТ              | 4,61           | 6,52          | 137,9             | 60,7             |
|                             | 60% ДТ + 40% РМ | 4,86           | 4,04          | 151               | 45,6             |

Погектарный расход топлива с установкой устройства регулирования увеличился как при работе с плугом (12,54 кг/га против 11,86 кг/га), так и при работе с АКШ (4,86 кг/га против 4,61 кг/га). Выбросы ТЧ снизились с 11,2 г/га до 8,04 г/га на вспашке и с 6,52 г/га до 4,04 г/га при предпосевной обработке почвы. Так же наблюдалось снижение выбросов СО при работе трактора с АКШ-3,6-01 с 60,7 г/га до 45,6 г/га. На вспашке выбросы оксида углерода не изменились. Однако при применении устройства регулирования наблюдалось увеличение выбросов окислов азота при работе с плугом на 28,8 г с 344,4 г/га до 373,2 г/га, а при работе с АКШ на 13,1 г с 137,9 г/га до 151 г/га.

Эксплуатационные испытания системы регулирования на тракторе «Беларус 922» показали работоспособность системы в реальных условиях. При этом погектарный расход топлива с установкой устройства регулирования увеличился, как при работе с плугом (12,54 кг/га против 11,86 кг/га), при работе с АКШ (4,86 кг/га против 4,61 кг/га). Выбросы твердых частиц снизились с 11,2 г/га до 8,04 г/га на вспашке и с 6,52 г/га до 4,04 г/га при предпосевной обработке почвы. Наблюдалось снижение выбросов СО при работе трактора с АКШ-3,6-01 с 60,7 г/га до 45,6 г/га. Однако при применении устройства регулирования произошло увеличение выбросов окислов азота при работе с плугом на 28,8 г/га, а при работе с АКШ на 13,1 г/га.

#### Список использованных источников

1. Карташевич, А.Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. Горки: БГСХ, 2007. 264 с.
2. Разработать технологии возделывания сорта рапса с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот и его комплексной переработки с получением различных видов дизельного топлива и сопутствующих продуктов: комплексный государственный научно-технический проект «Дизельное биотопливо» / НИИ ФХП БГУ Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем». Минск, 2002.
3. Ефанов, А.А. Улучшение экологических характеристик дизеля регулированием состава смесового биотоплива: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02. / А.А. Ефанов. Москва, 2008. 127 с.
4. Карташевич, А.Н. Результаты работы устройства регулирования на основе рапсового масла в условиях эксплуатации / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2010. – № 4. – С. 151–156.
5. Патент на полезную модель №6626. Система регулирования состава смесового топлива для дизельного двигателя с наддувом / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка; заявитель и патентообладатель Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Зарегистрирована в государственном реестре полезных моделей 29.06.2010; опубликован: 30.10.2010. // Афіцыйны бюлетэнь: Вынаходніцтвы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя узоры. – Мн.: Дзяржаўны патэнтны камітэт Рэспублікі Беларусь, 2010. – №5.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Трохименко Анна Григорьевна, д.т.н., профессор**

**Грушина Ольга Григорьевна, ст. преподаватель**

**Маринец Александр Николаевич, к.т.н., доцент**

**Admiral Makarov National University of Shipbuilding**

Trokhymenko Anna, Doctor of Technical Sciences, Professor, antr@ukr.net

Grushyna Olga, Senior Lecturer, olga.bidnichenko@nuos.edu.ua

Marynets Oleksandr, PhD, marinets.aleks@gmail.com

*В работе определена необходимость использования способов компьютерного моделирования процесса орошения для выращивания сельскохозяйственных культур с целью получения лучшего урожая. Рассмотрена работа программы AquaCrop на примере моделирования периода вегетации и расчета урожайности картофеля.*

**Ключевые слова:** экологическое земледелие, система поддержки принятия решений; орошение; урожайность; период вегетации; влагообеспечение.

Согласно оценкам ученых, на сегодняшний день используется лишь третья часть агроресурсного потенциала Украины. Причиной этого являются неоптимальные природные условия влагообеспечения как следствие глобального изменения климата. Использование орошения позволяет независимо от погодных условий в 2-3 раза увеличить урожайность сельскохозяйственных культур [1, с. 17-24].

В связи с этим в Украине принято Стратегию орошения и дренажа на период до 2030 года [2], согласно которой определяются направления государственной политики в сфере модернизации и экологизации сельскохозяйственного производства.

Целью является использование и внедрение инновационных технологий экологического земледелия на основе анализа расчета орошения и определения периода вегетации сельскохозяйственных культур; определение особенностей строения и принципов работы современных автоматизированных систем принятия решений, предназначенных для решения проблем разноплановых сельскохозяйственных задач; получение прогнозируемой величины урожая для определенных климатических условий.

Основной задачей является проведение расчетов параметров воды, качества почвы, характеристики водно-солевого баланса, а также индекса урожайности и прогнозируемую величину урожая при выращивании сельскохозяйственных культур на примере выращивания картофеля.

Сегодня для управления орошением все чаще используются автоматизированные системы поддержки принятия решений (СППР), которые являются инструментами для управления технологическими процессами полива. Они учитывают дефицит влагообеспечения в соответствии с основными фазами развития сельскохозяйственных культур для определения сроков и норм полива [2].

Рассмотрим некоторые из известных современных систем поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве, которые повышают уровень автоматизации и экологизации сельскохозяйственного производства.

1. Программа CROPWAT - позволяет проводить стандартные вычисления для эвапотранспирации и изучения использования поливных систем, а также для создания оросительных схем и управления ими [3];

2. Система «Полив онлайн» - вводит инновационные технологии в процесс орошения и реализует автоматические системы полива от проекта до сбора урожая;

3. The Agricultural Production Systems Simulator (APSIM) - симулятор систем сельскохозяйственного производства. Позволяет моделировать биофизические процессы в сельскохозяйственных системах, особенно касающихся экономических и экологических результатов практики управления в условиях климатического риска [4];

4. Программа AquaСтор - является моделью производительности системы «сельхозкультура - увлажнение», разработанная для оценки влияния условий окружающей среды и управления на продуктивность сельскохозяйственных культур [5].

В нашем исследовании применялась программа AquaСтор с целью анализа возможности выращивания картофеля и других культур, которые не являются традиционными для юга Украины и, при обоснованном научном подходе, этот процесс становится реальным и экологически выгодным сельскохозяйственным производством.

Рассмотрим работу программы AquaСтор на примере моделирования периода вегетации и расчета урожайности картофеля.

AquaСтор моделирует конечный урожай в четыре этапа:

1. *Развитие зеленого покровного покрова.* В AquaСтор развитие листьев выражается через зеленый покров (*canopy cover CC*), а не через индекс площади листьев, как в других программах. Ежедневно отслеживая содержание воды в почвенном профиле, программа отслеживает нагрузки, возникающие в корневой зоне. Давление грунта и воды может повлиять на рост листьев и расширение кроны; что может вызвать преждевременное старение растения.

2. *Транспирация сельскохозяйственных культур.* В условиях хорошего полива транспирация сельскохозяйственных культур (*Tr*) рассчитывается путем умножения эталонного суммарного испарения (*ET<sub>0</sub>*) на коэффициент культуры (*K<sub>c</sub>Tr*). Коэффициент культуры пропорционален зеленому покрову (*CC*) и, следовательно, изменяется в течение жизненного цикла культуры в соответствии с моделированным на основе проектированного растительного покрова. Водный стресс может не только повлиять на развитие растительного покрова, он также может вызвать закрытие устьиц и тем самым непосредственно повлиять на транспирацию сельскохозяйственных культур.

3. *Надземная биомасса.* Количество произведенной надземной биомассы (*B*) пропорционально совокупному количеству транспирации сельскохозяйственных культур ( $\sum Tr$ ) и коэффициенту полезности воды биомассы (*WP*):

$$B = WP \times \sum Tr$$

где *B* - биомасса урожая; *WP* - пропорциональный коэффициент полезности воды биомассы;  $\sum Tr$  - транспирация сельскохозяйственных культур.

В AquaСтор коэффициент *WP* нормализованный с учетом климатических условий, создает нормированную производительность воды биомассы (*WP\**) действительной для различных мест, сезонов и концентраций углекислого газа.

4. *Урожайность сельскохозяйственных культур.* Смоделированная надземная биомасса объединяет все продукты фотосинтеза, усвоенные культурой в течение сезона. Урожайность (*Y*) выходит из количества биомассы (*B*) с использованием индекса урожайности (*HI*), который представляет собой долю количества продуктивной биомассы (*B*). Фактический индекс *HI* рассчитывается при моделировании путем итерационной корректировки контрольного индекса сбора урожая (*HI<sub>0</sub>*) с учетом поправочных коэффициентов для воздействия давления.

$$\left(\frac{Y_x - Y_a}{Y_x}\right) = K_y \left(\frac{ET_x - ET}{ET_x}\right)$$

*Y<sub>x</sub>* – урожайность картофеля; *Y<sub>a</sub>* – посадочный материал; *ET<sub>x</sub>* – суммарное испарение в период вегетации.

Теоретические основы, изложенные выше, заложены в алгоритм работы программы, исходные данные для которой вводятся в графическое окно системы.

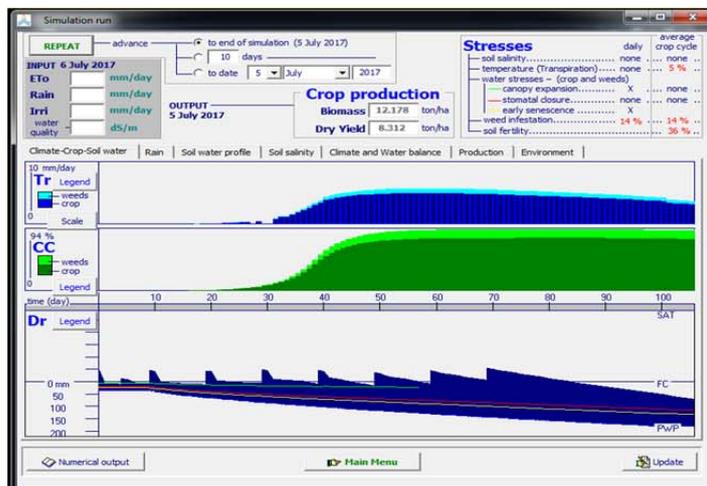
В результате расчетов, проведенных с помощью этой программы, получены значения достаточного количества показателей, которые позволили сделать рекомендации по оптимальному пути выращивания картофеля в соответствии с исходными данными.

В результате использования программы AquaСтор на практике были просчитаны такие величины, как количество испаренной влаги, возможное количество сорняков, засоленность почвы, поступление дождевой влаги, количество влаги на каждом периоде вегетации, соленость почвы в разрезе, баланс влаги и испарения, а также возможное количество получения урожая. Именно эти

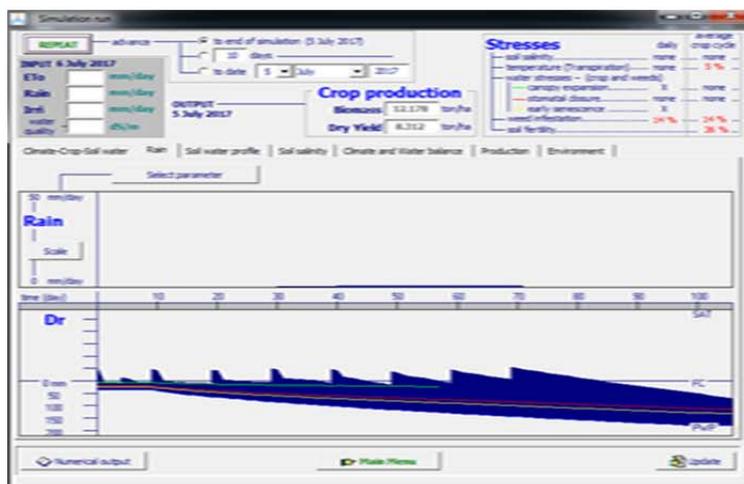
параметры являются крайне необходимыми для фермеров при определении технологии выращивания сельскохозяйственных культур, в частности картофеля.

Полученные результаты расчетов приведены в виде графиков-диаграмм, изображенных на рис. 1 – рис.6.

Итак, после выполнения представленных расчетов можно определить оптимальную схему производственного цикла выращивания культуры для каждого района в соответствии с его исходными данными.



**Рис. 1.** Количество ростков сорняков относительно урожая (CC), их транспирация (Tr) и глубина зоны корней (Dr)



**Рис. 2.** Количество осадков за период вегетации (Rain)

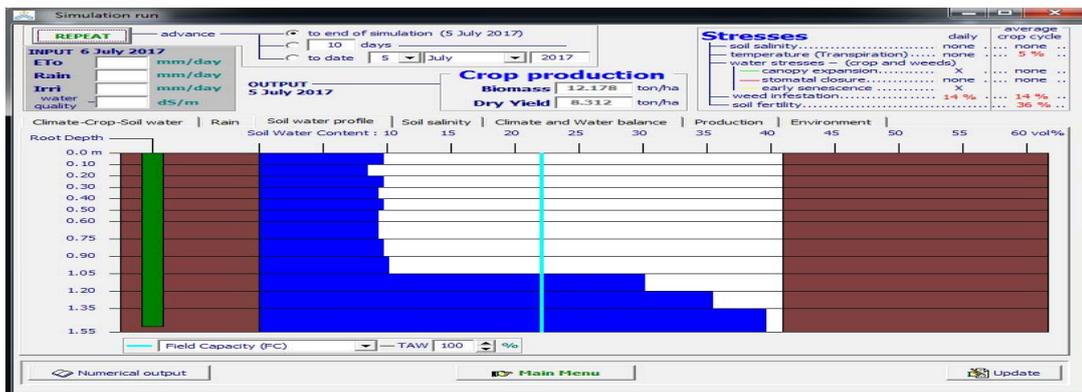


Рисунок 3. – Процент влажности почвы (*Soil water Content*) на певній глибині(*Root Depth*)

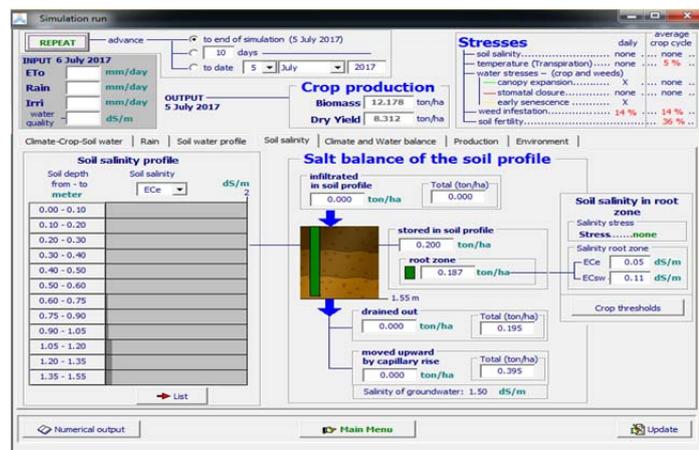


Рис. 4. Уровень засоленности почвы (*Soil salinity profile*)

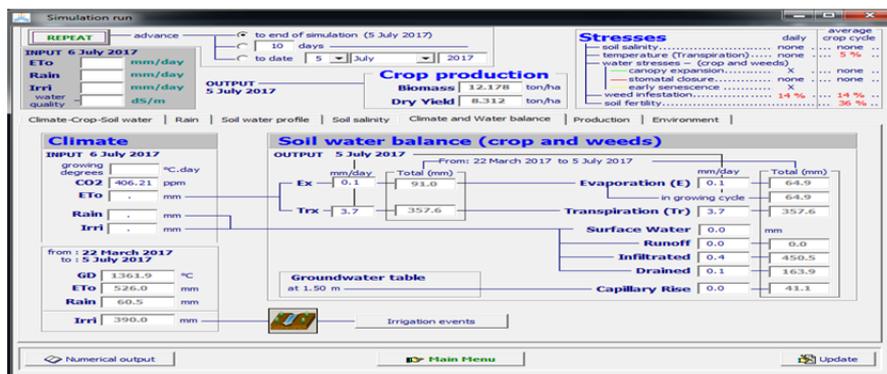


Рис. 5. Процент эвапорации (*E*), транспирации (*Tr*), водного баланса (*Soil water balance*) и уровень подземных вод (*Groundwater*), орошение и его тип (*irrigation events*)

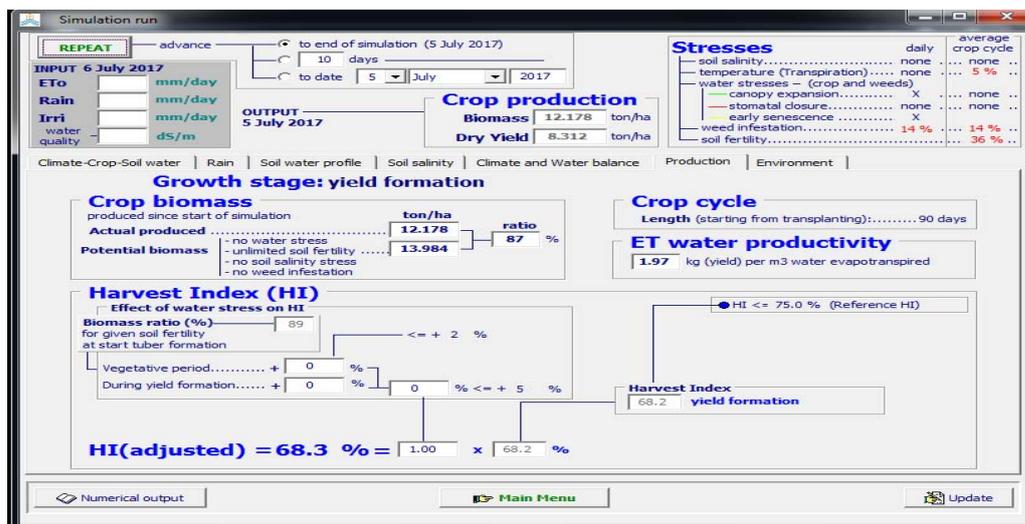


Рисунок 6. – Смоделированный индекс урожайности (HI) и количество возможного урожая (Potential biomass)

Проводя расчеты в программе AquaCrop, были получены значения достаточного количества показателей, которые позволили сделать выводы относительно оптимального пути выращивания картофеля в соответствии с исходными данными, что делает процесс выращивания автоматизированным и экологическим. Применение программы AquaCrop позволило оценить потенциальный урожай при различных природно-климатических и технологических условиях с учетом потенциальных рисков.

Применение систем поддержки принятия решений дают возможность пользователям использовать инновационные научные подходы к выращиванию сельскохозяйственных культур и организовать процесс выращивания на современном технологическом уровне. Такие системы являются инструментами, цель которых содействие получению высоких урожаев.

#### Список использованных источников

1. Лозовіцький П. С. Наукові основи управління екологічною безпекою зрошуваних земель півдня України: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. / Лозовіцький Павло Станіславович. - Київ, 2015. – 380 арк. – Библиогр.: с. 17-24.
2. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019р. №688-р.
3. CropWat. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.linguee.com/englishrussian/translation/crop+calendar.html>. – Загл. С екрана
4. Apsim. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/263238329\\_The\\_APSIM\\_Model\\_-\\_An\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/263238329_The_APSIM_Model_-_An_Overview) – Загл. с екрана
5. АкваКроп (AquaCrop). [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.fao.org/aquacrop/ru/> – Загл. с екрана

**КОРРОЗИОННЫЙ СИНТЕЗ СУЛЬФИДОВ НИКЕЛЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Ущаповский Дмитрий Юрьевич, к.т.н.**

**Линючева Ольга Владимировна, д.т.н., профессор**

**Редько Раиса Макаровна, н.с.**

**Подвашецкий Глеб Юрьевич, аспирант**

**Куроченко Тарас Алексеевич, студент**

**КПИ им. Игоря Сикорского**

Uschapovskiy Dmitry Yurievich, PhD, soltdim@gmail.com

Linyucheva Olga Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences

Redko Raisa Makarovna, research assistant

Podvashetskiy Glib Yurievich, postgraduate student

Kurochenko Taras Alekseevich, student

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

*На основе анализа литературных данных установлено, что сульфиды никеля являются эффективными электрокатализаторами и могут быть использованы в качестве электродных материалов первичных, а также возобновляемых источников тока – топливных элементов. В ходе экспериментальных исследований установлено, что синтезированный, путем коррозионного растворения, никель-сульфидный слой обладает повышенной каталитической активностью по отношению к процессу электровосстановления кислорода.*

**Ключевые слова:** топливный элемент, электродный материал, сульфиды никеля, электровосстановление кислорода.

В связи с ухудшением экологической ситуации, а также неблагоприятными климатическими изменениями, одной из причин, которых является парниковый эффект, вызванный выбросами диоксида углерода, актуальным научно-практическим заданием является разработка альтернативных «зеленых» возобновляемых источников электрической энергии (ВИЭ). В частности, таковыми являются топливные элементы. В общем виде топливный элемент представляет собой электрохимическую систему, состоящую из двух каталитически активных электродов, погруженных в раствор электролита. Между электродами может находиться ионообменная мембрана. На катоде топливного элемента, как правило, протекает реакция электровосстановления кислорода (РЭК). На аноде – окисляется водород или органические вещества такие как, метанол, этанол, муравьиная кислота или ее соли формиаты [1]. Большинство литературных данных свидетельствуют о том, что в качестве электродных материалов используют металлы платиновой группы. С целью получения высококоразвитой поверхности используют, в частности, дисперсный графит, а также наноструктурированные углеродные материалы активированные платиной [2, 3]. Использование металлов платиновой группы, в качестве электродных материалов обусловлено их высокой каталитической активностью, а также наименьшим перенапряжением электродных процессов. Однако металлы платиновой группы являются достаточно дорогим сырьем, поэтому, актуальным является их замена на более дешевые, но не менее эффективные материалы.

В последнее время, в достаточно большом объеме работы авторы уделяют внимание изучению каталитических свойств и синтезу халькогенидных материалов, в частности сульфидов металлов группы железа [4 – 6]. Показано использование данных материалов в качестве катализаторов электровосстановления кислорода и водорода, анодного выделения кислорода, и их применение для электродных материалов первичных источников тока и топливных элементов [7,8]. Особый интерес представляют сульфиды никеля типа NiS и Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>. Данные материалы обладают достаточно высокой электрической проводимостью соизмеримой с проводимостью чистого никеля [9,10]. Причиной высокой каталитической активности данных соединений особенно по отношению к РЭК, согласно [11], объясняются влиянием серы на десорбцию продукта процесса электровосстановления кислорода – ОН- ионов. Энергия связи между никелем и серой является большей,

чем у никеля с кислородом, по этому, процесс десорбции гидроксильных ионов облегчается, что и приводит к ускорению РЭК в нейтральной и щелочной среде.

С целью получения каталитических материалов на основе  $Ni_3S_2$  применяется как правило химический синтез [4]. Однако в работах посвященных изучению коррозионного поведения никеля допированного серой, указывается о формировании на его поверхности слоя из  $Ni_3S_2$  при анодной обработке в разбавленной серной кислоте [12]. В ходе ранее проведенных исследований, авторами данной работы, было установлено формирование слоя из  $Ni_3S_2$  при экспонировании гальванических никелевых осадков с повышенным содержанием серы в парах уксусной кислоты. Целью данной работы является изучение каталитических свойств гальванических никелевых осадков и их продуктов коррозии по отношению к РЭК в щелочной среде.

Гальванические никелевые осадки получали из электролита типа Уотса при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  и плотности катодного тока  $2\text{ А/дм}^2$ . С целью допирования осадков серой в электролит вводили соответствующие ПАВ в концентрации  $0,1\text{...}10\text{ г/дм}^3$ . Содержание серы в осадках составляло около  $0,25\text{ мас.}\%$ . Сульфидные слои на поверхности допированных серой никелевых осадков получали путем анодной обработки в растворах и экспонировании в парах уксусной кислоты. Каталитическую активность полученных осадков оценивали на основе катодных потенциодинамических кривых, получаемых в  $0,1\text{ М}$  растворе КОН, скорость сканирования потенциала  $1\text{ мВ/с}$  (рис.1).

Как видно из рис.1 кривая 2, введение в структуру никелевого осадка серы способствует некоторому уменьшению перенапряжения выделения водорода. Кроме того на никеле допированного серой наблюдается две волны. Вторая отвечает процессу выделения водорода. Первая волна с предельным током, согласно диаграмме Пурбе для системы Ni-S [12], может отвечать процессам электровосстановления сульфида или кислорода. На сформированном сульфидном слое (рис. кривая 3) наблюдается три волны. Первая - с предельным током порядка  $60\text{ мкА/см}^2$  в области потенциалов  $-0,15\text{...}-0,3\text{ В}$ , отвечает процессу электровосстановления кислорода; вторая – восстановлению сульфидного слоя; третья – выделению водорода.

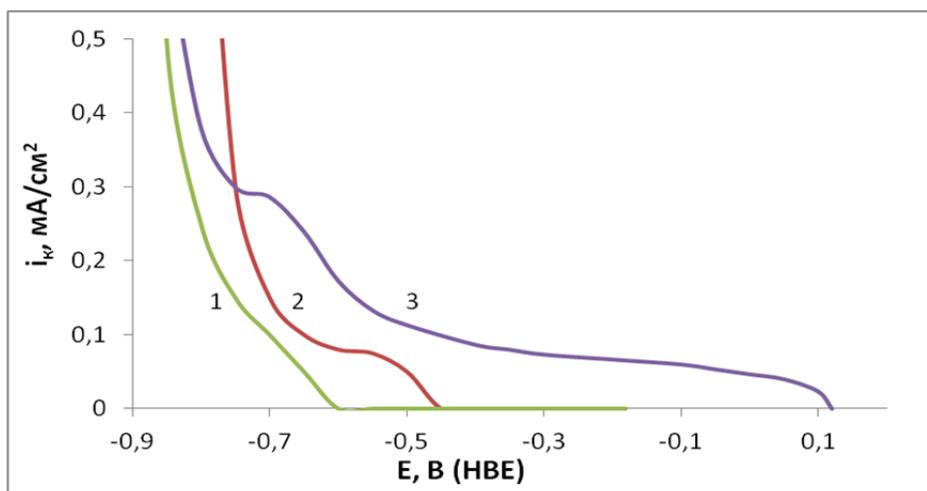


Рисунок – Катодные потенциодинамические зависимости в  $0,1\text{ М}$  КОН: 1 – матовый никель; 2 – никель допированный серой  $0,25\text{ мас.}\%$ ; 3 – никель со сформированным слоем из сульфидов

Таким образом, сформированный коррозионным растворением сульфидный никелевый обладает повышенной каталитической активностью по отношению к РЭК и может быть использован при создании ВИЕ.

#### Список использованных источников

1. Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Водородная энергетика возобновляемых источников тока, Российский технологический журнал. –2017. – Т. 5№ 3. –с. 58.
2. Enhancing Pt/C Catalysts for the Oxygen Reduction Reaction with Protic Ionic Liquids: The Effect of Anion Structure/ K. Huang, T. Song, O. Morales-Collazo, H. Jia, and J. F. Brennecke / Journal of The Electrochemical Society. – 2017. – 164 (13) . – P. F1448-F1459.

3. Enhanced Electrocatalytic Stability of Platinum Nanoparticles Supported on Sulfur-Doped Carbon using *in-situ* Solution Plasma / Li, O.L., Shi, Z., Lee, H. *et al.*/ *Sci Rep.* – 2019. – 9. – P. 12704.
4. Nickel sulfide thin films and nanocrystals synthesized from nickel xanthate precursors C. Buchmaier, M. Glanzer, A. Torvisco, et al./ *J Mater Sci.* – 2017. – 52. – P. 10898–10914.
5. Surface Restructuring of Nickel Sulfide Generates Optimally Coordinated Active Sites for Oxygen Reduction Catalysis / B. Yan, D. Krishnamurthy, C. H. Hendon, S. Deshpande, Y. Surendranath, V. Viswanathan // *Joule* 1. – 2017. – P. 600–612.
6. Investigation on the Catalytic Performance of Reduced-Graphene-Oxide-Interpolated FeS<sub>2</sub> and FeS for Oxygen Reduction Reaction/ H. Fang, T. Huang, J. Mao, et al./ *ChemistrySelect.* – 2018. – 3. – P. 10418 – 10427.
7. A Review of Precious-Metal-Free Bifunctional Oxygen Electrocatalysts: Rational Design and Applications in Zn–Air Batteries / H.-F. Wang, C. Tang, and Q.Zhang/ *Adv. Funct. Mater.* – 2018. – P. 1803329 – 1803329.
8. A Membrane-Free Neutral pH Formate Fuel Cell Enabled by a Selective Nickel Sulfide Oxygen Reduction Catalyst / B. Yan, N. M. Concannon, J. D. Milshtein, F. R. Brushett, and Y. Surendranath // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2017. – 56. – P. 7496.
9. Effect of temperature on the properties of nickel sulfide films performed by spray pyrolysis technique/ A. Gahtar, S. Benramache, C. Zaouche/ *Advances in materials science.* – 2020. – 20, 3(65) . – P. 36 – 51.
10. Electron density distributions calculated for the nickel sulfides millerite, vaesite, and heazlewoodite and nickel metal: a case for the importance of ni ni bond paths for electron transport / G. V. Gibbs, R. T. Downs, C. T. Prewitt et al/ *J. Phys. Chem. B.* – 2005. – 109. – P. 21788 21795.
11. Surface Restructuring of Nickel Sulfide Generates Optimally Coordinated Active Sites for Oxygen Reduction Catalysis / B. Yan, D. Krishnamurthy, C. H. Hendon, S. Deshpande, Y. Surendranath, V. Viswanathan // *Joule* 1. – 2017. – P. 600–612.
12. Marcus Ph. *Corrosion Mechanisms in Theory and Practice*, Third Edition. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012. – P. 395 – 416.

УДК 631.67: 621.647.2: 621.643: 621.67

### КОМБИНИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И АОПС ПРИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Черныш Елизавета Юрьевна, д.т.н., доцент**

**Сумской государственной университет,**

**Штепа Владимир Николаевич, д.т.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Chernysh Yelyzaveta Yuriiivna, Dr., e.chernish@ssu.edu.ua, Sumy State University

Shtepa Vladimir Nikolayevich, Dr., tppoles@gmail.com, Polessky State University

*Проанализированы типовые недостатки базовых методов очистки сточных вод. Выявлены перспективность и представлено направление использования комбинированных подходов водообработки. Обоснована структурная схема очистных установок с применением биологических процессов и АОПС.*

**Ключевые слова:** *комбинированная водоочистка, аэробные и анаэробные процессы, передовые окислительные технологии.*

В последние десятилетия технологии очистки сточных и питьевых вод претерпевают стремительное развитие. При этом методы очистки воды делятся на четыре базовые группы [1, 2]:

1. **Механические методы в основной своей массе** наиболее дешевые и применяются для выделения взвесей. Они, как правило, являются предварительными этапами очистки воды.

2. **Химические методы классически** используются для удаления из сточных вод неорганических примесей. При обработке реагентами проходят нейтрализацию растворенные соединения, имеет место обесцвечивание и обеззараживание.

3. **Физико-химические методы в основном** используются для удаления грубо- и мелко- дисперсионных частиц и для нейтрализации коллоидных примесей и растворенных соединений.

4. **Биологические методы очистки воды** применяются для устранения из сточных вод органических соединений. Они используют способности микроорганизмов разлагать органические соединения.

**Вместе с тем для получения необходимого эффекта на реальных объектах внедряются (необходимо использовать) комбинированные установки, которые включают несколько из известных способов воздействия на водные растворы [3].** С технологической точки зрения разработка новых методов использования технологий водоподготовки и водоочистки вызвана их известными эксплуатационными недостатками. Для систем, которые применяют физические (механические) методы такими недостатками являются:

- возможность создания, в результате частичного засорения фильтрующих элементов, колоний бактерий на работающих средствах водоочистки (фильтры);
- накопление вредной для человека и окружающей среды отфильтрованной массы (фильтры, центрифуги, отстойники, гидроциклоны);
- исключительно проточный непрерывный режим работы (фильтры, центрифуги, гидроциклоны);
- уничтожение только самих вирусов, микробов и бактерий, а не более вредных продуктов их жизнедеятельности (ультразвук, облучение, озонирование);
- уничтожение полезной микрофлоры (ультразвук, озонирование, облучение);
- ограниченность эффекта последствия и проникающей способности при высокой концентрации загрязнителя (озонирование, облучение, ультразвук).

Недостатки химических методов:

- высокая вероятность образования в результате химических реакций новых соединений, которые больше вредны для человека и окружающей среды, чем первоначальные загрязнители (все средства);
- накопление большого объема вредных комплексов "отработанный реагент + загрязнитель" (коагуляция, флокуляция);
- уничтожение полезной микрофлоры (хлорирование);
- наличие реагентного хозяйства, которое само и является загрязнителем окружающей среды (все средства).

Недостатки биологических методов:

- высокие требования по соблюдению технологических и режимных параметров проведения биопроцессов (температура, давление, ОВП, входящий состав воды, периодичность подачи дополнительных биогенных веществ, гидравлическое время удержания активного ила); соответственно, значительные затраты энергоресурсов или возможное ухудшение эффективности очистки (все средства);
- низкий уровень адаптации к существующим «залповым» выбросам химически активных вредных веществ (все средства);
- большая сложность и затратность интенсификации (ускорение) процессов очистки (вермиккультура, биологические пруды).

Общим недостатком методов является то, что необходимо контролировать в режиме реального времени десятки параметров качества воды и технологических процессов, а существуют и надёжно работают на промышленных объектах только единицы автоматизированных измерительных приборов. При этом, например, необходимо учитывать качественные и количественные параметры работы биосистемы активного ила для формирования динамического равновесия в его видовом разнообразии для максимально эффективной деструкции органических загрязнителей.

Именно потому перспективным направлением является использование методических подходов агрегирования разных базовых подходов водоочистки. Например, анализ работы промышленных систем, в случае комбинации базовых способов (обязательно для обработке производственных стоков), показал наложения действия различного оборудования на одни и те же загрязнители: перекрестное влияние различных средств на один вид загрязнителей колеблется в пределах 5-40% [3]. На основе полученных результатов обоснованно последовательность создания

систем водоочистки с расширением функциональных возможностей и их способности эффективно противодействовать чрезвычайных ситуаций – метод перекрестных влияний способов удаления загрязнителей из стоков [3].

Для примера комбинации разных базовых решений, рассмотрим использование биологических процессов, как технологического ядра, при уменьшении их недостатков с помощью передовых окислительных процессов (Advanced Oxidation Processes – AOPs).

В качестве окислителей чаще всего используют озон, хлор, гипохлорит натрия, пероксид водорода, реактив Фентона. Каждый из перечисленных реагентов имеет свои «плюсы» и «минусы», поэтому внедрение передовых окислительных процессов в практику водоочистки совместно с другими методами также представляется весьма актуальным.

Базовым достоинством биологических методов очистки является их экологичность и безопасность для природных компонентов окружающей среды. Сложности проявляются в стабилизации и формировании равновесной системы между процессами разложения сложных органических примесей и сохранением постоянства биомассы нужных эколого-трофических групп микроорганизмов [4]. Важным является стимулирование развития нужного доминантного видового состава активного ила, увеличения их метаболической активности, что возможно с применением методов физико-химической активации биологических процессов.

К ингибиторам биологических процессов, используемых на очистных сооружениях, которые могут быть устранены с использованием AOPs, можно отнести поступление со стоками СПАВ и антибиотиков. Так, СПАВ ухудшает процесс отстаивания сточных вод и ингибирует транспорт кислорода в клетки микроорганизмов активного ила в аэротенках. Увеличение концентраций антибиотиков в стоках, подающихся на очистку, угнетает рост микроорганизмов активного ила, в анаэробных условиях падает производительность биосистемы, снижается выход биогаза и происходит неполная денитрификация с повышением уровня остаточного загрязнения. Это влияет также на композиционный состав иловых осадков очистных сооружений, которые складываются в дальнейшем на иловых картах и в следствии повышенного загрязнения поллютантами не утилизируются [5].

Недостатками AOPs нейтрализуемые биохимическими решениями:

- блокировка органическими загрязнителями синтеза окислителей, их транспортировки в необходимые реакционные зоны;
- уменьшение эффективности окисления в следствии буферных свойств растворов;
- использования активных окислителей на удаление загрязнителей, которые устраняются и более дешёвыми и простыми решениями.

Исходя из указанным целей комбинированного использования предложена схема водоочистки (рис. 1).



**Рисунок – Системное комбинирование биологических процессов и AOPs при очистке сточных вод (усреднители, песколовушки и другие элементы предочистки не указаны)**

*Блок предварительной биологической очистки (аэробная фильтрация):* удаление (частичное) загрязнителей, которые пассивируют процессы AOPs окисление (уменьшают эффективность); биохимический «запуск» окислительно-восстановительных процессов.

*Модуль предварительного окисления (электролиз под давление, генерация анолита, хлорпроизводные окислители):* прямое окисление загрязнителей, формирование комплексов загрязни-

телей для более эффективного их биологического удаления, устранение СПАВ и частично антибиотиков.

*Блок основной биологической очистки (стадия анаэробной денитрификации):* восстановление  $\text{NO}_x$  до газообразного азота в процессе деятельности гетеротрофных денитрифицирующих бактерий при формировании в флокулах активного ила аноксигенных зон на фоне анаэробно-биосистемы в целом.

*Модуль активации биологических процессов (электролизные блоки активации, гидро- и УЗ-кавитаторы, электромагнитные облучатели):* интенсификация биологических процессов водочистки на стадии дефосфотации в условиях биохимической сульфатредукции с осаждением тяжелых металлов.

*Модуль АОРs доокисления (стерилизация) и удаления специфических загрязнителей (фотоозонализ, реакция Фентона, электролиз под давлением, электрокинетическое окисление):* конечное устранение загрязнителей водных растворов подающихся окислению (восстановлению), включая СПАВ и антибиотики.

*Модуль управления процессами в режиме реального времени:* управления и координация системой минимум-реагентного комбинирования биологических процессов и АОРs при очистке сточных вод в режиме реального времени (по показателям: рН, ХПК, мутность, ОВП, иловый индекс, электропроводность, температура).

После такой системы (см. рис. 1) возможно применение элементов удаления неорганических загрязнителей, рН-коррекции и других необходимых решений.

Предложенную схему потенциально можно использовать для обработки сточных вод разнотраслевых объектов с многокомпонентными загрязнителями органической и неорганической природы:

- пищевые предприятия (молокозаводы, мясокомбинаты, рыбопереработка, виноделие, сыроварение);
- агропромышленный комплекс (птицефабрики, животноводческие фермы, свинокомплексы);
- лёгкая промышленность (деревопереработка, кожевенные заводы, косметология);
- коммунальные объекты.

**Выводы.** Комбинирование биологических процессов и АОРs при очистке сточных вод является перспективным направлением с точки зрения комплексного устранения недостатков отдельных технологических решений водообработки и повышения их синергетической эффективности.

#### Список использованных источников

1. Штепа В. М. Обґрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки / В. М. Штепа, Ф. І. Гончаров, М. А. Сироватка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць. – Київ: НУБіПУ, 2011. – Вип. 161. – С. 187–193.

2. Штепа В. М. Обґрунтування робочої міри ефективності електротехнологічної водочистки / В. М. Штепа // Енергетика і автоматика. – 2018. – № 4. – С. 99–111. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/11558>, – Дата звернення: 16.10.2019.

3. Вертай С. П. Обоснование структуры и заданий системы поддержки принятия решений обобщённой оценки перспективности инновационных технологий / С. П. Вертай, В. Н. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. – Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2016. – Вип. 240. – С. 86–93

4. Chernysh Y. The Influence of Phosphogypsum Addition on Phosphorus Release in Biochemical Treatment of Sewage Sludge / Y. Chernysh, M. Balintova, L. Plyatsuk, M. Holub, S. Demcak // International journal of environmental research and public health. – 2018. – 15(6). – С. 1269. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061269>

5. Пляцук Л.Д. Эколого-синергетический подход к процессу накопления и утилизации иловых осадков / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черныш // Екологічні науки. – 2015. – № 2. – С. 54–68.

# УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 378.1

## ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА СОВРЕМЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Аксенчик Наталья Владимировна, аспирант  
Полесский государственный университет

Aksenchik Natalya Vladimirovna, post-graduate student, [nataliknovij1986@tut.by](mailto:nataliknovij1986@tut.by)  
Polessky State University

*Работа посвящена актуальной проблеме развития информационно-образовательной среды учреждения высшего образования. Автором уточнено понимание информационно-образовательной среды через рассмотрение научных подходов, а также выделены ее основные характеристики.*

**Ключевые слова:** учреждение высшего образования; информационно-образовательная среда; дидактический потенциал; технологический потенциал; информационно-коммуникационные технологии, образовательный процесс.

Процесс формирования человеческого капитала в условиях становления экономики знаний является одним из приоритетных стратегических направлений социально-экономического развития Республики Беларусь и тесно связан с общемировыми и национальными тенденциями в сфере образования. Последние отображают качественные изменения, происходящие в современном информационном обществе, а их глобальность, революционная динамика и темпы интеграции новейших технологических решений в повседневную жизнь человека не могут не затрагивать процессы модернизации высшего образования. Их целевая направленность актуализирует широкую интеграцию информационно-коммуникационных технологий и инновационного дидактического инструментария в целостный педагогический процесс в высшей школе, а также развитие на этой основе уже существующих и формирование качественно новых подходов и моделей обучения.

В Республике Беларусь вопросам информатизации образования и развития человеческого капитала в рамках реализации государственных программ, направленных на решение задач развития информационного общества, уделяется особое внимание [1, с. 9]. Подтверждением тому служит функционирование утвержденных Концептуальных подходов к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 года и на перспективу до 2030 года, Стратегия развития информатизации в Республике Беларусь, Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества, проект «Модернизация системы образования Республики Беларусь», Концепция Республиканской информационно-образовательной среды и др. В целях систематизации работы в этом сегменте Министерством образования была подготовлена и принята в марте 2019 г. Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019-2025 гг. [2, с. 67].

Представляется, что в высшем профессиональном образовании данная задача может быть решена в рамках использования технологического и дидактического потенциала специфической среды информационного и педагогического взаимодействия участвующих субъектов — информационно-образовательной среды (ИОС) учреждения высшего образования (УВО).

Целесообразно уточнить понимание феномена ИОС через рассмотрение своеобразия обозначенных в существующих исследованиях научных подходов. Для технологического подхода в понимании сущности информационно-образовательной среды УВО характерно акцентирование внимания на инструментально-технологических и процессуальных аспектах реализации потенциала системно организуемой среды и ее структурных компонентов. В рамках дидактического подхода в авторских исследованиях описывается модель педагогического процесса, в которой реализуется дидактический потенциал высокотехнологичных средств ИКТ, позволяющих эффективно

организовать индивидуальную и коллективную работу преподавателя и студентов как субъектов профессиональной и учебной деятельности.

Таким образом, информационно-образовательная среда учреждения высшего образования должна предполагать интеграцию технологического и дидактического подходов с учетом ее специфики системного формирования и проектирования, а также представлять собой действующую в условиях эффективного информационно-технического и учебно-методического обеспечения систему структурных компонентов, неразрывно связанную с субъектами образовательного пространства, которые с помощью интеграции информационных ресурсов и ИКТ, а также технологических элементов (виртуальные библиотеки, распределительные базы данных, учебно-методические комплексы, инструментарий совокупности подсистем и т.д.) и инновационных технических решений целенаправленно обеспечивают целостный педагогический процесс.

Анализ существующих публикаций, посвященных проблематике исследования ИОС УВО [3-6] позволяет выделить следующие характеристики информационно-образовательной среды современного университета:

- инновационность (отображение качественного результата реализации высокотехнологичного интеллектуального решения при его разработанности и соответствующем формировании нового знания, фиксации ранее не применявшейся идеи по обновлению информационно-образовательной среды УВО);

- системность (степень упорядоченного и иерархично выстроенного объединения в целостную систему взаимодействий компонентов, позволяющих реализовывать технологический и дидактический потенциал ИОС);

- открытость и доступность (характеристики, позволяющие пользователю осуществлять санкционированный доступ к образовательным услугам и имеющейся в информационных ресурсах среды учебной информации);

- многокомпонентность (характеристика совокупной множественности компонентов ИОС, объединенных в систему);

- целостность (характеристика ИОС, определяемая единством и взаимосвязями формулируемых педагогических целей и решаемых педагогических задач, которые осуществляют участники образовательного процесса в их взаимодействии);

- полифункциональность (реализуется через выполнение ИОС всей полноты функций, своего технологического и дидактического потенциала);

- интегративность (свойство ИОС взаимодействовать с информационно-образовательными средами иных учреждений образования, интегрировать в себя качественно новые создаваемые компоненты среды);

- универсальность (характеристика ИОС, реализуемая технологично через применение её компонентов во всех составляющих целостного педагогического процесса: обучение, воспитание, саморазвитие);

- адаптивность (свойство ИОС изменять структуру и содержание в условиях возможного изменения содержания образования и соответствующего обновления нормативно-правовой документации в сфере образования, а также появления новых субъектов взаимодействия и новых функций).

С учетом выделенных нами характеристик информационно-образовательную среду современного УВО целесообразно определять в качестве:

- среды, отображающей функционально и содержательно специфику реализации действующей институциональной модели (например, модель университета 3.0 в условиях кластеризации);

- среды, предоставляющей условия дидактического обеспечения формирования и развития комплекса компетенций субъектов педагогического взаимодействия;

- организационно-методической основы многообразной учебной деятельности студентов;

- педагогической системы совокупного взаимодействия всех составляющих целостного педагогического процесса;

- фактора, обуславливающего повышение качества образовательных услуг, предоставляемых УВО;

- качественной совокупности потенциалов высокотехнологичных средств профессионального обучения, позволяющих в будущем специалисту – выпускнику учреждения высшего образо-

вания успешно осуществлять свою профессиональную трудовую деятельность на информационно-коммуникационной основе.

Сущность вышеизложенного сводится к целесообразному акцентированию внимания на применимости в образовательном процессе всей совокупности свойств и характеристик ИОС УВО, способствующих достижению требуемого качества подготовки будущих специалистов, способных успешно конкурировать на рынке труда, на высоком профессиональном уровне выполнять свои производственные задачи, а также эффективно интегрироваться в социум нарождающейся эпохи цифровизации.

#### Список использованных источников

1. Богуш, А.А. Информационные технологии в образовании / В.А. Богуш // Наука и инновации. – 2015. – № 11. – С. 9–12.
2. Карпенко, И.В. Формирование новой образовательной среды / И.В. Карпенко // Наука и инновации. – 2020. – № 7(209). – С. 66–68
3. Воротницкий, Ю. И. Информационно-образовательная среда университета: опыт создания и сопровождения / Ю. И. Воротницкий, П. А. Мандрик // Информационные системы и технологии : материалы междунар. науч. конгр., Минск, 31 окт. –3 нояб. 2011 г. : в 2 ч., Ч.1 / БГУ ; редкол. : С. В. Абламейко [и др.]. – Минск, 2011. – С. 329–335.
4. Жук, А. И. Современный электронный учебно-методический комплекс – основа информационно-образовательной среды вуза / А. И. Жук, Ю. И. Воротницкий, П. А. Мандрик // Информатизация образования – 2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды : материалы междунар. науч. конф., Минск, 27–30 октября 2010 г. / БГУ ; редкол. : С. В. Абламейко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 197–201.
5. Жук, А. И. Информатизация образовательного процесса учреждения высшего образования: от дистанционных технологий к электронному обучению (опыт белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка) / А. И. Жук // Выш. шк. – 2016. – № 6. – С. 3–8.
6. Лозицкий, В. Л. Информационно-образовательная среда вуза в аспекте ее полифункциональности / В. Л. Лозицкий // Выш. шк. – 2013. – № 5. – С. 51–56.

УДК 504.54

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СИНЕРГЕТИКИ ДЛЯ АДАПТАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ ПОЛЕСЬЯ**

#### **К ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА**

**Коломиец Сергей Степанович, к.с.-х.н., в.н.с.**

**Диденко Наталия Александровна, к.с.-х.н., зав. отдела**

**Даниленко Юлия Юрьевна, к.т.н., зав. лаборатории**

**Белобровая Анастасия Сергеевна, аспирант**

**Институт водных проблем и мелиорации**

**Национальной академии аграрных наук Украины**

**Kolomiets Serhii, PhD, kss2006@ukr.net**

**Didenko Nataliia, PhD, 9449308nd@gmail.com**

**Danylenko Iuliia, PhD, julia\_danilenko@ukr.net**

**Bilobrova Anastasiia, postgraduate, anastasiabilobrova1993@gmail.com**

**Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National**

**Academy of Agrarian Sciences of Ukraine**

*Для адаптации агроландшафтов Полесья к аридизации климата предложено создать характерную для зоны Лесостепи гетерогенность путем обустройства сети энергетических рубежей, обеспечивающих повышенное использование биотой агроклиматического потенциала в сети экотонов.*

**Ключевые слова:** гетерогенность, синергетика, экотон, биоразнообразие, биопродуктивность, агроландшафты Полесья.

Глобальные изменения климата, направленные на его аридизацию [1], приводят к эволюционным изменениям почв и переформатированию зональных Полесских ландшафтов, в т.ч. агроландшафтов. И именно в Полесье Украины и Беларуси фиксируются наиболее существенные трансформации среды, вызванные изменениями климата. Это касается почв, водных объектов и ландшафтной организации территории. Для устранения негативных последствий и быстрейшей экологобезопасной адаптации зоны Полесья к изменениям климата необходимо уяснить суть и направленность таких трансформаций среды, используя инструментарий синергетики. И только после создания прогнозной функциональной модели современных процессов трансформации среды обитания Полесской зоны под влиянием изменений климата, планировать конкретные адапционные инженерные мероприятия.

Глобальные достаточно быстрые изменения климата приводят к снижению гидротермических коэффициентов за счет существенного возрастания тепловых ресурсов и ростом испаряемости при несущественных изменениях атмосферных осадков. Фактически зона Полесья, с ее гумидным климатом, смещается на север, а на ее месте формируется почвенно-климатическая зона Лесостепи. Согласно общегеографических исследований [2] среди широтных природно-климатических зон наивысшую биопродуктивность имеет зона Лесостепи. Это обусловлено сбалансированностью гидротермических условий и оптимальной гетерогенностью ландшафтов этой зоны. Гетерогенность ландшафта рассматривается как сеть ландшафтно-геохимических барьеров (ЛГБ), которые обеспечивают диссипацию (рассеяние) внешних потоков энергомассообмена (ветра, солнца, поверхностного стока и т.д.) т.е. в первую очередь являются энергетическими барьерами. За счет повышения энергообеспеченности контактов угодий различной морфологии повышается биопродуктивность в так называемых экотонах, обусловленная закономерной изменчивостью экологических условий, реализующих краевой эффект. В экотонах фиксируется всплеск биопродуктивности и биоразнообразия за счет расширения видового состава и численности биоты [3]. Хорошо также известен мелиоративный эффект лесомелиорации, осуществляющий комплексное воздействие на экологические условия почв и атмосферы, обеспечивающие повышение биопродуктивности, воспроизводство плодородия почв поля на эффективном расстоянии до 25-30 высоты деревьев лесополос. Яркий пример повышения биопродуктивности сельхозкультур на 20-30 % без дополнительного ресурсного обеспечения, а только за счет повышения эффективности использования агроклиматического потенциала, демонстрирует технология полосного выращивания двух и более культур различной морфологии [4]. Рост продуктивности по этой технологии обеспечивает повышение структурно-функциональной организации поля за счет создания его гетерогенности. При этом можно рассматривать большое количество показателей влияния на продуктивность – влажность воздуха и почвы, освещенность, температура почвы и воздуха, турбулентный обмен, испарение, транспирация, концентрация  $\text{CO}_2$  и т.д., однако наиболее системно эти процессы описывает синергетика. В частности, создание циклической термодинамической неравновесности в системе сети барьеров агроландшафта создает в определенные периоды повышенную термодинамическую доступность питания для биоты, облегчая утилизацию внешней энергии в продукционном процессе. Наиболее детально такие процессы исследованы и описаны нами для почвенной толщи, ибо почва также является радиальным экотонем [5]. Взаимодействие с циклическими внешними воздействиями – температурой, атмосферным давлением и влагой превращает почвенную среду в микроградиентную диссипативную систему, где особую роль играют макропоры в которых жидкостными мембранами заземляется воздух, превращая эти макропоры в микромембранные насосы, реагирующие на внешние воздействия термодинамического характера, преимущественно в суточном цикле. Именно создание градиентной структуры энергомассообмена обеспечивает функционирование в почве множества термодинамических энергозатратных процессов, которые в конечном итоге используют часть потока внешней энергии солнца. Интенсивность таких субординационных процессов определяет уровень использования внешнего потока энергии в почвенных процессах, поддерживающих гомеостаз почвы. В данном случае именно субординационные (внутренние) процессы, возникающие при взаимодействии с внешней средой, обеспечивают воспроизводство структурной организации и основных свойств: агрофизических, прочностных и др.

Фактически гомеостаз почвы определяет уровень использования в ней внешнего потока энергии, преимущественно солнца. И именно синергетика позволяет характеризовать термодина-

мически неравновесные гомеостатические почвенные процессы с использованием ключевого понятия активной кинетической среды [5]. Именно гетерогенность почв обеспечивает энергоэффективность их взаимодействия с факторами внешней среды, т.е. климатом.

Ландшафтная организация территории Полесья в условиях возрастания энергетики климата также представляет собой термодинамически неравновесную градиентную систему, в которой «рабочим телом» выступает кроме влаги еще атмосфера, а также тепловое излучение в длинноволновой части спектра. И именно воздушная конвекция, вертикальная и горизонтальная, обеспечивает повышение диссипации энергии на контактах угодий различной степени взаимодействия с циклическими факторами внешней среды. Если для гомеостаза почв первостепенное значение имеет суточный цикл изменчивости внешних параметров, который совпадает с суточной циклическостью продукционного процесса биоты, то и для ландшафтной организации суточная циклическость диссипации потоков энергии также наиболее значима. Ярким примером таких субординационных циклических процессов являются бризовые явления на побережьях морей: днем бризового ветер направлен на сушу из-за ее более высокой температуры поверхности по отношению к морю, а ночью – с суши на море из-за обратного градиента температуры. Аналогичные явления возникают и в ландшафтах на контакте водных объектов и суши, леса и поля, луга и поля и т.д. Многие авторы склонны определять экологическую сбалансированность ландшафтов и агроландшафтов соотношением площадей поля, луга, водных объектов и т.д. Однако это в корне неприемлемо, потому что сбалансированность зональных ландшафтов определяется протяженностью контактов этих угодий, т.е. уровнем их гетерогенности. И для каждой природной зоны диапазон гетерогенности ландшафтов строго индивидуален, как и уровень их энергетики.

Биопродуктивность и биоразнообразие является критерием использования агроклиматического потенциала на территории ландшафтов. Среди почвенно-климатических зон наивысшая биопродуктивность фиксируется в зоне Лесостепи, для которой в самом названии присутствует контакт леса и степи, то есть смещение гидротермических условий этой зоны на территорию Полесья требует соответствующей адаптации гетерогенности ландшафтов, обеспечивающих повышение использования агроклиматического потенциала.

Известна практика оценки экологического состояния мелиоративного ландшафта в Эстонии именно через протяженность контактов различных угодий (Ю.К. Мандер, 1978). Доказано на примере более трехсот мелиоративных систем, что при мелиоративном освоении территории происходит упрощение ландшафта и, используя норматив контактов в м/га, даются рекомендации оптимальной величины экологического разнообразия ландшафтов. Причем, чем выше уровень упрощения ландшафта при мелиоративном освоении, тем выше эксплуатационные затраты на поддержание его функциональной стабильности, в силу необходимости противодействия так называемым циклично-возвратным зональным процессам, которые направлены на восстановление домелиоративного состояния почв и ландшафтов (дифференциация почв и пестроты почвенного покрова, вторичное заболачивание, зарастание кустарниково-древесной растительностью и т.п.)

В современных условиях наиболее доступным способом контроля и мониторинга гетерогенности ландшафтов являются дистанционные методы зондирования Земли (ДЗЗ). Комбинирование различных спектральных диапазонов, в том числе и термального, при создании тематических карт ландшафтов на основе анализа космических снимков существенно расширяют набор показателей для оценки состояния территорий, повышают оперативность мониторинга и обеспечивают отслеживание происходящих изменений. Кроме различных вегетационных индексов, которые характеризуют состояние различных составляющих ландшафтов (состояние биомассы, влажность почвы, изменения в водных объектах) чрезвычайно интересным является расчет радиационного баланса территории, который позволяет отслеживать изменения, происходящие в энергетических потоках.

**Выводы.** Для экологической адаптации агроландшафтов Полесья к современной аридизации климата предлагаем создавать в этой зоне характерную для зон Лесостепи гетерогенность ландшафта.

Обычно при проведении мелиоративных работ происходит упрощение зонального ландшафта со снижением его гетерогенности. В новых климатических условиях перспективным является обустройство сети дополнительных энергетических рубежей, обеспечивающих повышение биопродуктивности в экотонах с повышением общей гетерогенности.

Гетерогенность ландшафта, сопровождаемая формированием экотонов, является мерой организации ландшафта и мерой использования в нем агроклиматического потенциала (факторов климата). Биопродуктивность и биоразнообразие при этом выступают индикатором экологической сбалансированности агроландшафта в условиях глобальных изменений климата.

С позиции синергетики ландшафт может быть характеризован как диссипативная структура в пространственной организации земной поверхности с зональным характером уровня использования внешних потоков энергомассообмена и накоплением в ней информации (негентропии), от количества которой зависит его устойчивость.

Наиболее перспективными методами изучения и оптимизации гетерогенности ландшафтов в условиях изменений климата являются комплексные методы дополненные данными дистанционного зондирования.

#### Список использованных источников

1. Ромашенко М.І. Рівень забезпечення території України гідротермічними ресурсами в умовах сучасних кліматичних змін / М.І. Ромашенко, Ю.О. Тараріко, Р.В. Сайдак, Ю.В. Сорока // Посібник українського хлібороба. Науково-практичний збірник. – Том 1, 2016. – С. 285-286.
2. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды: Географический аспект / А.Г. Исаченко. Москва : Мисль, 1980. – 264 с.
3. Ботаническая география с основами экологии растений /В.Г. Хржановский, [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 255 с.
4. Халимов Ш.А., Никишанов А.Н. Полосовая технология возделывания кукурузы и сои на зерно – новый этап в развитии соеосаждения на орошаемых землях Поволжья / А.Ш. Халимов, А.Н. Никишанов // Аграрный научный журнал (Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова). 2019. – №2. – С.13-18.
5. Коломієць С.С., Білоброва А.С. Грунт як термодинамічна система та обґрунтування поняття його гомеостазу / С.С. Коломієць, А.С. Білоброва // "SWorldJournal" : Міжнародний науковий періодичний журнал. Болгарія, 2020. – №6. – Част.2. – С.124-134

УДК 551.515

### ВОЛНЫ ТЕПЛА И КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ГОРОДОВ

Корнус Анатолий Александрович, к.г.н., доцент

Сумский государственный педагогический университет

Anatolii Kornus, PhD, a\_kornus@ukr.net

Anatolii Kornus, PhD, Sumy State Pedagogical University

*За последние десятилетия на территории Украины наблюдается существенное изменение (потепление) климата. Его особенностью являются волны тепла, имеющие свои особенности при прохождении над городскими территориями и требующие внимания со стороны городских властей.*

**Ключевые слова:** волны тепла, изменения климата, адаптация, климатический менеджмент.

Волна тепла (по определению WMO) – это период времени, в течение которого максимальная суточная температура воздуха более 5 дней подряд на 5°C и более превышает среднюю максимальную температуру воздуха в этот день, зафиксированную за период 1961-1990 гг. Этот метеорологический феномен все чаще (табл. 1) проявляется на территории Украины в виде аномально жаркой и сухой погоды, сохраняющейся в течение определенного периода, охватывая значительные территории.

Жители городов являются более уязвимым к проявлениям волн тепла и длительных жарких периодов вообще, поскольку процент искусственных поверхностей, имеющих намного меньшее альbedo, в городе намного выше по сравнению с окружающими сельскими территориями. Низкое альbedo, приводит к поглощению большего количества солнечной радиации, более быстрому нагреванию и медленному охлаждению.

Таблица 1 – Повторяемость случаев волн тепла в течение летних месяцев за разные периоды наблюдений на некоторых метеостанциях Украины

| Станция    | Количество волн тепла |           |
|------------|-----------------------|-----------|
|            | 1961-1990             | 1991-2015 |
| Винница    | 7                     | 13        |
| Кривой Рог | 4                     | 20        |
| Черкассы   | 6                     | 18        |
| Полтава    | 7                     | 15        |
| Днепр      | 14                    | 22        |

В связи с этим выше становится вероятность дополнительного повышения температуры в пределах города, и, соответственно, возникновения у населения теплового стресса также становится выше.

Риск возникновения теплового стресса в городах повышается не только ввиду повторяемости волн тепла, но и с общим ростом температуры воздуха и усилением так называемого «острова тепла». Произошедший рост количества дней с максимальными температурами воздуха в летний период выше определенных пороговых значений (например, выше 30°C) и дальнейшее прогнозируемое повышение температуры свидетельствуют о высокой вероятности возникновения теплового стресса у населения города, и снижает комфортность городской среды для проживания.

С учетом сказанного, ключевую роль играет управление зелеными насаждениями города. Последние снижают локальную температуру воздуха и способствуют снижению риска наступления теплового стресса у городского населения. Согласно действующих в Украине «Правил...», уровень озеленения жилых районов должен составлять не менее 25%. Причем собственно сами городские парки и скверы в свою очередь должны иметь уровень озеленения 65–80% и 75–80% соответственно. Согласно [3] для городов с населением от 50 до 100 тыс. жителей площадь зелёных насаждений должен быть в пределах 7-11 м<sup>2</sup>/1 жителя, для городов с населением от 100 тыс. и более – 10-15 м<sup>2</sup>/1 жителя. В городах, где площади зеленых насаждений не соответствуют нормативам, уязвимость городского населения к тепловому стрессу возрастет.

Растения, из которых состоят зеленые насаждения городов Украины, преимущественно являются растениями умеренного климата. Они приспособлены к определенным зимним и летним температурам, которые ранее наблюдались в этих широтах. Рост летних экстремальных температур (дополнительно усиливающийся в городах островом тепла) несет угрозу исчезновения отдельных видов, что может повлиять на сокращение площадей городских зеленых зон. Согласно прогнозным моделям, рост температур будет происходить и в будущем, что повлечет за собой изменение характеристик вегетационного периода и может спровоцировать нарушение циклов развития растений и создание благоприятных условий для появления новых инвазивных видов, негативно влияющих на сложившиеся растительные группировки.

Не меньшее внимание в климатическом менеджменте должно уделяться городским водным объектам. Вода характеризуется низким значением альбедо (3-5%) и самой большой удельной теплоемкостью среди всех имеющихся в природе жидкостей, поэтому она прогревается очень медленно и в одно и то же время днем ее температура будет меньше, чем сухопутная поверхность города. Когда город расположен на берегу большого водоема (озера или моря), бризовая циркуляция, возникающая между водоемом и берегом, днем способствует вынесению на сушу прохладного воздуха, что вызывает некоторое снижение температуры. Большие реки осуществляют мощное влияние на городской остров тепла. В этом случае дневной остров тепла, сформировавшийся в пределах города, может распадаться на несколько частей, в зависимости от конфигурации водного потока [2].

Важнейшей проблемой климатического менеджмента городов, в контексте складывающихся климатических изменений, является обеспечение населения качественной питьевой водой, дефицит которой кое-где и так уже ощущается. Сбросы сточных вод, в совокупности с изменениями термического режима, уменьшением количества осадков, а, соответственно, и речного стока, существенно ухудшают качество поверхностных вод. Нехватка воды или ненадлежащее её качество вызывает необходимость использования привозной воды для нужд населения. По данным [4]

в Украине 1228 городов и поселков использовали привозную питьевую воду. Ограниченность собственных источников водоснабжения и уменьшение количества питьевой воды делают город более уязвимым к волнам тепла и климатическим изменениям вообще, в особенности, если в городе преобладает водоснабжение из поверхностных источников. Кроме того, во время таких волн водопотребление в городе возрастает, что усиливает дефицит воды.

В этой связи важно отметить, что питьевое водоснабжение в Украине на 80% обеспечивается из незащищенных от техногенного загрязнения поверхностных источников, а в отдельных регионах это показатель достигает практически 100% [1]. Использование воды из таких поверхностных источников повышает риск использования воды худшего качества, что может способствовать распространению инфекционных заболеваний. Ослабление иммунитета большинства городских жителей, вызванное загрязнением атмосферного воздуха, ежедневными стрессами на работе и т.п., вызывает повышенную склонность населения к аллергии, и доля аллергиков в городской среде, по сравнению с сельской местностью значительно возрастает [5]. С другой стороны, повышение зимних температур воздуха приведет к улучшению условий перезимовки инфекционных возбудителей и паразитов, и, соответственно, к расширению их ареалов обитания. Кроме того, повышение температуры может привести к более активному распространению возбудителей из природных очагов. Городской остров тепла еще больше повышает температуру, создавая еще более благоприятные условия для перезимовки возбудителей заболеваний.

Вместе с тем, волны тепла сопровождаются и изменениями количества осадков и/или характера их выпадения. Возрастает повторяемость сильных дождей (когда, например, в течение суток выпадает несколько месячных норм осадков), провоцирующих неблагоприятные гидрологические явления. Рост частоты выпадения ливневых осадков, в сочетании с ненадлежащим функционированием городской инфраструктуры (отсутствие ливневой канализации или ее ненадлежащее состояние) и физико-географическими особенностями города (высота над уровнем моря, гидрография, приморское положение), повышают риск подтопления территории. Этот риск усиливается благодаря преобладанию здесь водонепроницаемых искусственных поверхностей, по которым вода стекает очень быстро.

Высокие температуры влияют не только на жителей города, но и на городскую инфраструктуру. Считается [5], что они могут способствовать разрушению дорожного покрытия, вызывать частые ремонты дорог, нарушая, таким образом, нормальную работу транспорта. Кроме того, в условиях роста температур воздуха и преобладания в городах поверхностей, обладающих способностью аккумулировать тепло, население крупных городов использует значительное большее количество электроэнергии для кондиционирования помещений, создавая тем самым существенную дополнительную нагрузку на городские энергосистемы.

Рост температуры воздуха, перераспределение осадков, увеличение испарения с поверхности водных объектов может привести к снижению объемов стока рек и сокращению производства электроэнергии гидроэлектростанциями. Рост температуры воздуха может негативно повлиять на работу ТЭС и АЭС (например, путем повышения температуры носителя в системах водного охлаждения), что может привести к аварийной остановке станций, как это уже происходило во время прохождения волн тепла.

Изменение климата повлияет на широкий спектр видов городской экономической деятельности – торговлю, производство отдельных товаров, туризм и др. Это повысит уязвимость городских экономических активов и стоимость ведения бизнеса, что отразится на материальном положении широких масс населения города. Хорошо известно, что население с низким уровнем доходов является более уязвимым к изменению климата (не имеет жилья надлежащего качества, имеет меньшие возможности к адаптации, может рассчитывать только на невысокий уровень медицинского обслуживания и т.д.). Кроме того, эта категория населения в крупных городах, как правило, является более многочисленной.

Подытоживая можно сказать, что большинство рисков в городе, связанных с прохождением волн тепла, с усилением температурной составляющей климатической системы будут обостряться. Это требует детального анализа происходящих изменений, равно как и прогноза тех, которые ожидаются в будущем, на основании чего следует разработать мероприятия по адаптации города (с учетом его особенностей) к волнам тепла и другим климатическим изменениям. Их реализация позволит смягчить ожидаемые негативные последствия или даже минимизировать их.

#### Список использованных источников

1. Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України». Аналітична записка [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1037/> (дата звернення: 19.03.2021).
2. Ландсберг Г. Е. Климат города / пер. с англ. [А. Я. Фредмана]; под. ред. А. С. Дубова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 248 с.
3. Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10.04.2006 № 105 «Про затвердження правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України» [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06/page> (дата звернення: 19.03.2021).
4. Нападівська Л. А. Вода та ліси – це основа стійкого розвитку України / Л. А. Нападівська, А. П. Пашков, І. Ю. Любич // Науковий вісник НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19. – С. 93-98.
5. Шевченко О. Оценка уязвимости к изменению климата: Украина / О. Шевченко, О. Власюк, И. Ставчук, М. Ваколюк, О. Илляш, А. Рожкова. – К.: Климатический форум восточного партнерства, 2014. – 77 с.

УДК 631.62:631.432:633.2

### **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА СОСТОЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО ФОНДА УКРАИНСКОГО ПОЛЕССЯ НА ПРИМЕРЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «МАРЬЯНОВКА»**

**Кузьмич Людмила Владимировна, д.т.н., доцент**

**Воропай Галина Васильевна, к.т.н.**

**Шевчук Сергей Анатольевич, к.т.н.**

**Усатый Сергей Владимирович**

**Козицкий Олег Николаевич**

**Мозоль Назар Владимирович**

**Институт водных проблем и мелиорации**

**Национальной академии аграрных наук Украины**

Lюдmyla Kuzmych, DSc, [kuzmychlyudmyla@gmail.com](mailto:kuzmychlyudmyla@gmail.com)

Galyna Voropay, PhD, [voropaig@ukr.net](mailto:voropaig@ukr.net)

Serhii Shevchuk, PhD, [sergey\\_shevchuk\\_@ukr.net](mailto:sergey_shevchuk_@ukr.net)

Serhii Usatyi, [s\\_usatyi@ukr.net](mailto:s_usatyi@ukr.net)

Oleg Kozytsky, [olegkoz@ukr.net](mailto:olegkoz@ukr.net)

Nazar Mozol, [moznaz@ukr.net](mailto:moznaz@ukr.net)

Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS

*Приведены результаты исследований по вопросам оценки современного состояния осушаемых земель Полесья Украины, в том числе технического состояния мелиоративных систем и анализа водообеспеченности почв в условиях изменений климата.*

**Ключевые слова:** осушение, климат, водообеспеченность, почва, регулирование, сток.

Важной составляющей аграрного потенциала Украины есть сельскохозяйственные угодья с возможным регулированием водного режима, то есть мелиоративные мероприятия являются определяющим фактором для устойчивого сельскохозяйственного производства.

Осушаемые земли на территории Полесья являются базой аграрного производства в северных и северо-западных регионах Украины, от эффективности использования которой, в значительной степени, зависит экономическая, экологическая и социальная стабильность всего региона.

Поскольку в зоне Полесья имеет место постоянное или периодическое переувлажнение земель, то создание необходимого водно-воздушного режима почв достигается, в первую очередь, активным водорегулированием, улучшением водно-физических и агрохимических свойств почв. Мелиоративный фонд региона составляет 5,4 млн. га и представлен постоянно или временно переувлажненными минеральными почвами, заболоченными торфяными с мощностью торфа менее 0,5

м и болотами, где торфяной слой превышает 0,5 м. Во второй половине прошлого столетия мелиоративные мероприятия в северо-западных областях Украины были проведены на большей части (60,5%) земель мелиоративного фонда.

На сегодняшний день площадь осушаемых земель в Украине составляет около 3,2 млн. га, в том числе 2,3 млн. га – с помощью закрытого дренажа, на площади 1,3 млн. га осуществляется двустороннее регулирование водного режима почв.

Осушаемые земли являются главным фактором ведения устойчивого сельскохозяйственного производства в Украине и выступают гарантом его стабильности.

Агропромышленный комплекс Полесья в современных условиях становится центром повышенной экономической активности, с каждым годом растет его инвестиционная привлекательность. В то же время в устойчивом развитии аграрного производства возникает ряд крайне сложных проблем, которые возникли не только вследствие деятельности старой административной системы, но и стали результатом отдельных ошибок ее реформирования и недостаточный последовательности его реализации. Среди основных проблем – современное техническое состояние фонда мелиоративных систем [3,5].

В соответствии с утвержденной Кабинетом Министров Украины «Стратегии орошения и дренажа в Украине на период до 2030 года» (Распоряжение КМУ от 14 августа 2019 № 688-р), состояние мелиоративного земледелия по уровню использования имеющихся мощностей инженерной инфраструктуры водохозяйственно-мелиоративного комплекса характеризуется как кризисное с угрозой ухудшения. Первоочередными мероприятиями по реализации данной Стратегии являются: аудит мелиорируемых земель, инвентаризация инженерной инфраструктуры межхозяйственных и внутрихозяйственных сетей гидромелиоративных систем с целью установления эффективности их функционирования, что предусматривает необходимость проведения оценки их технического состояния [1].

В то же время, современные изменения климата сопровождаются ухудшением условий естественной влагообеспеченности, в том числе и мелиорируемых земель и, как следствие, формируют новые условия выращивания сельскохозяйственных культур, что, соответственно, трансформирует и роль мелиоративных систем.

По расчетам, проведенным учеными ИВПиМ НААН Украины, сегодня территория Украины с чрезмерным и достаточным атмосферным увлажнением за последние 25 лет уменьшилась на 10% и занимает лишь 22,5% или 7,6 млн. га пашни [1, 2].

Современные изменения климата, которые проявляются в повышении температуры воздуха и существенных изменениях в годовой динамике осадков, оказывают влияние на водообеспеченность мелиорированных территорий. Особенностью климатических изменений является то, что скорость повышения температуры воздуха в Украине значительно выше глобальных и европейских: на юге и северо-востоке страны в период 1991-2019 гг. среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,0-1,1°C по сравнению с периодом 1961-1990 гг., на западе - на 1,2-1,3°C, а на севере и центре - на 1,4-1,5°C [3].

К концу столетия прогнозируются существенные изменения в годовой динамике осадков, которая во всех регионах Украины становится волнообразной, а классическое распределение с максимумом летом, как в период 1961-1990 гг., будет сохраняться только на западе, хотя и там в отдельные сезоны будут заметны «волны». Изменения количества осадков будут способствовать тому, что холодный период года станет влажным, а теплый – засушливым, северо-западные территории будут лучше обеспечены влагой, а юго-восточные станут более засушливыми, что повлияет, прежде всего, на аграрное производство. Рост количества осадков зимой в западных регионах может вызвать усиление весенних паводков [4].

Учитывая тенденцию к дальнейшему росту засушливости климата в Украине и, соответственно, ухудшение условий естественной влагообеспеченности на все большей части ее территории и формирование не только переувлажнения почв, но и дефицита в них влаги, возрастает потребность и роль мелиоративных мероприятий в устойчивом ведении земледелия.

Украина имеет один из самых низких среди европейских стран показателей обеспеченности собственными водными ресурсами - всего 1 тыс. м<sup>3</sup> местного стока на одного жителя. К тому же современные изменения климата негативно влияют на состояние обеспечения водными ресурсами, приводит к уменьшению естественного атмосферного питания поверхностных и подземных

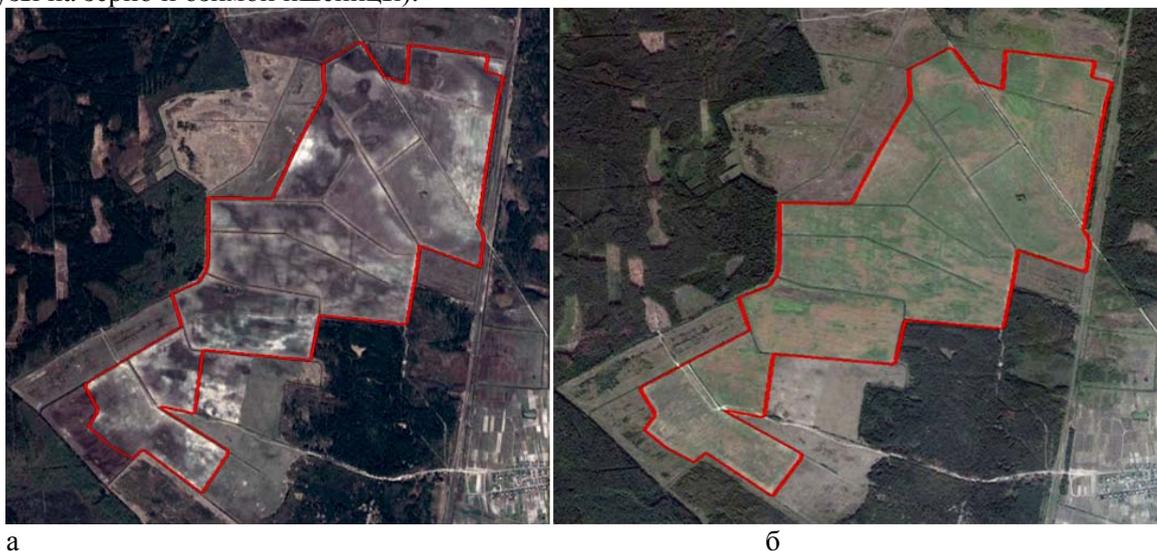
вод. Установлено, что дефицит климатического водного баланса во всех природно-климатических зонах существенно увеличился, в том числе в зоне Полесья - на 40-50 мм. На современном этапе фиксируется также уменьшение стока малых и средних рек Украины в среднем на 15-20%. А из-за уменьшения инфильтрационного питания грунтовых вод в зоне Полесья отмечается значительное снижение их уровня [2].

Как свидетельствуют прогнозы, изменения климата и обусловленное ими уменьшение доступных к использованию водных ресурсов будут иметь негативное влияние на влагообеспеченность почв. В среднесрочной (до 2050 г.) и долгосрочной перспективе (до 2100 г.) прогнозируется высокая вероятность уменьшения площадей пахотных земель с достаточным увлажнением до 5,5-1,8 млн. га. А рост суммарного испарения приведет к дальнейшему обезвоживанию территории Украины и уменьшению доступных для использования запасов поверхностных и подземных вод [3].

Изменение климата также влияет на пространственное распределение водных ресурсов. Так, в зоне Полесья усиливаются процессы подтопления и затопления территорий. Нестабильность снежного покрова приводит к ухудшению обеспечения рек талыми водами, что является причиной обмеления малых рек. На некоторых реках Полесья прогнозируется повышение (до 10%) водного стока. Прогнозируются также существенные изменения внутригодового распределения стока рек: повышение стока зимней межени, смещение начала весеннего половодья на более ранние сроки [4].

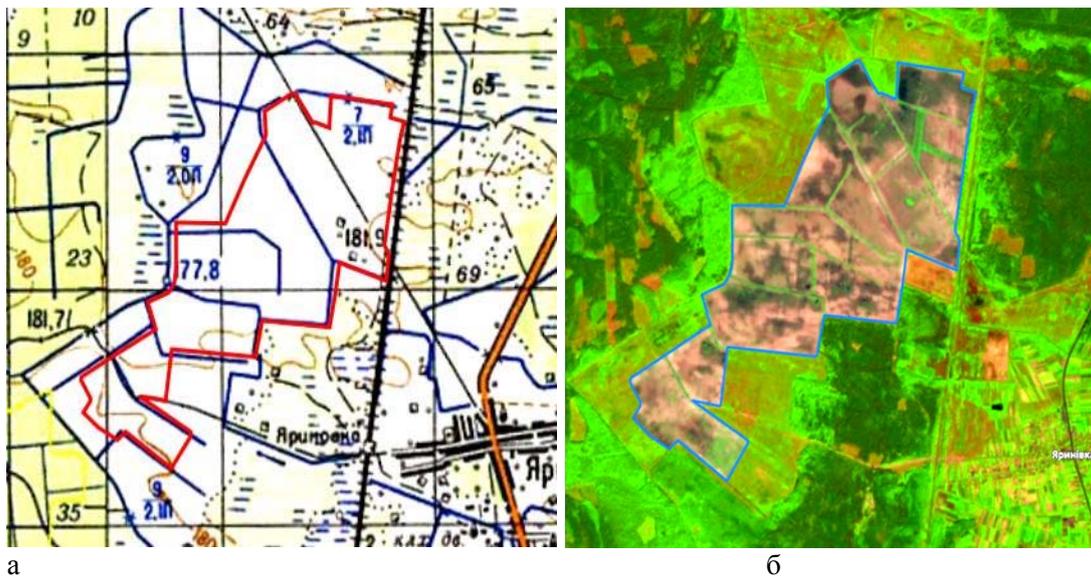
С другой стороны, благодаря изменениям климатических условий во влажной зоне Полесья растет ценность и значение земель сельскохозяйственного назначения, поскольку благодаря потеплению ареал выращивания теплолюбивых культур (подсолнечник, кукуруза на зерно, соя) смещается с традиционных зон выращивания в северные и западные. Однако ухудшение условий естественного влагообеспеченности вызывает необходимость в его искусственном улучшении [5].

За результатами агромониторинга мелиорированных земель на осушительной системе (ОС) «Марьяновка» (Ровенская обл., площадь брутто системы 644 га), анализа данных и применения геоинформационных технологий обработки спутниковых снимков в течение года, в том числе вегетационного периода, выявлены локальные понижения рельефа с периодическим затоплением в периоды наводнения и паводка, а также участки раскрытия песчаных почв, которые способствуют снижению плодородия почв (рис. 1а). Кроме того, как видно из рис. 1б, наблюдается значительная неравномерность всходов и существенное снижение урожайности выращиваемых культур (кукурузы на зерно и озимой пшеницы).



**Рисунок 1. – Изображения деградированных мелиорированных земель осушительной системы «Марьяновка» (а) и участков с неравномерными всходами сельскохозяйственных культур (2020)**

По состоянию на 12.06.2020 г. наблюдается неравномерность растительного покрова после засушливой весны и затопленные участки после дождей (рис. 2б).



**Рисунок 2. – Изображения схемы расположения мелиоративных каналов осушительной системы «Марьяновка» (а) и участков с чрезмерным переувлажнением (б) (по состоянию на 12.06.2020)**

Результаты натурных полевых исследований и расчетов показали, что величина среднего годового стока в междуречье р. Горынь и р. Случь изменяется в зависимости от водности года и характеризуется значительным варьированием показателей внутригодового стока. Таким образом, среднегодовой сток, поступающий на территорию осушительной системы «Марьяновка» для средних по водности лет (обеспеченность года осадками 50%) составляет 1430 тыс. м<sup>3</sup>, маловодных лет (75%) – 1014 тыс. м<sup>3</sup> и очень маловодных лет (95%) – 598 тыс. м<sup>3</sup>.

С учетом величины среднегодового стока осушительной системы «Марьяновка» и нормы водопотребления выращивание кукурузы на зерно в средние по водности годы (50%) является возможным на всей площади системы, в маловодные годы (75%) – на 596 га, в очень маловодные годы (95%) - на 281 га. Выращивание озимой пшеницы в средние по водности годы (50%) и маловодные годы (75%) возможно на всей площади системы, а в очень маловодные годы (95%) – только на площади 370 га.

Необходимость двустороннего регулирования обусловлена недостаточной водообеспеченностью сельскохозяйственных угодий в маловодные и очень маловодные годы вследствие значительной неравномерности внутригодового распределения стока, в частности незначительными объемами стока в вегетационный период.

Активное водорегулирование на осушаемых землях на протяжении вегетационного периода выращиваемых культур возможно за счет аккумуляции стока в весенний период и частичного накопления паводкового стока в аккумулялирующих емкостях, количество и месторасположение которых определяется соответствующими водобалансовыми расчетами, а также результатами геодезических и геологических изысканий. Выбор способов регулирования водно-воздушного режима почв для выращивания конкретной сельскохозяйственной продукции определяется технико-экономическими расчетами.

#### Список использованных источников

1. Влияние современных климатических изменений на водные ресурсы и сельскохозяйственное производство / Ромащенко М.И. и др. // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 1. С. 5-22.
2. Заключительный отчет по результатам НИР «Проведение пространственного анализа изменений водного режима бассейнов поверхностных водных объектов на территории Украины вследствие изменения климата». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uhmi.org.ua/project/rvndr/avr.pdf>.
3. Воропай Г.В., Яцык М.В., Мозоль Н.В. Современное состояние и перспективы развития

осушительных мелиораций в условиях изменений климата // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 2. С. 31-39.

4. Korobiichuk, I., Kuzmych L, Kvasnikov, V., Nowak, P. The use of remote ground sensing data for assessment of environmental and crop condition of the reclaimed land // Advances in intelligent systems and computing (AISC), volume 550, ICA 2017: Automation 2017, pp 418-424 DOI: 10.1007/978-3-319-54042-9\_39.

5. Шевчук С.А. Изменения увлажненности Украинского Полесья и их последствия / С.А. Шевчук, В.И. Вишневыский // Экологические науки. 2019. Вып. 26. С. 35-39.

УДК 592:556.54

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ ВОДОЕМОВ УКРАИНЫ**

**Марценюк Наталия Александрова, к.с.-х.н., доцент**

**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины**

Martseniuk Nataliia, PhD, nmarts@online.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*Дано характеристику влияния изменений климата на состояние ихтиофауны, в частности на видовой состав и численность ихтиофауны днепровских водохранилищ, отмечено сокращение численности рыб-хищников в экосистемах в результате климатического и антропогенного воздействия.*

**Ключевые слова:** климатические условия, угрозы уменьшения биоресурсов, запасы рыб, саморасселение, чужеродный вид, новые ареалы, изменение ихтиоценозов.

Изменение климата – одна из наиболее острых экологических проблем, поэтому этот вопрос актуальный для всего мира. Климат на нашей планете меняется достаточно быстро, ведь к естественным изменениям климата добавляется потепление, вызванное деятельностью человека [1].

Важность вопроса воздействия климата на состояние ихтиофауны в Украине приобретает особое значение в контексте соглашения об ассоциации между Украиной и ЕС, поскольку в соглашении, указано об сотрудничестве сторон по вопросам развития и имплементации политики в отношении изменений климата.

Построение платформы для международного сотрудничества в сфере адаптации агропромышленного производства к изменению климата, а также разработка стратегии смягчения угроз изменения климата на рыбное хозяйство, обмен опытом, методологиями для решения проблем изменения климата, управления живыми ресурсами являются ключевыми вопросами сегодняшнего дня [2].

Согласно прогнозам ведущих международных научных центров по исследованию климата, в течение следующего столетия температура повысится на 2-5<sup>0</sup> С (для Украины этот показатель будет составлять 3,2-4,5<sup>0</sup> С). Это означает, что произойдут изменения во всех звеньях геосистемы: повышение уровня Мирового океана, таяние ледников и вечной мерзлоты, усиление неравномерности выпадения осадков, изменение режима стока рек и прочее. Постоянный мониторинг энергетического баланса Земли является чрезвычайно важным для понимания эволюции изменения климата и имеет многолетние последствия. В последнем докладе ООН, посвященном борьбе с глобальным изменением климата, ученые спрогнозировали, что из-за катастрофического быстрого таяния ледников на планете уровень мирового океана к 2050 году может подняться в среднем на 90 сантиметров [3].

Земля сохранит энергетический дисбаланс еще долго после уменьшения выбросов парниковых газов и стабилизации повышения температуры поверхности. Одним из важных климатических последствий является то, что глобальный уровень моря будет продолжать расти в течение многих веков после того, как прекратится повышение температуры поверхности, из-за постоянного роста содержания тепла в океане и длительного таяния гигантских ледников. Мировой океан обладает высокой теплоемкостью по отношению к суши и атмосферы, около 90% избыточного тепла глобального потепления идет на нагрев океанов, и лишь около 3% глобального потепления идет в нагрев атмосферы.

CO<sub>2</sub>, который выделяется в результате промышленной деятельности, остается в атмосфере, от 25% до 50% этих выбросов за индустриальный период были поглощены океанами. По мере того, как воды океана поглощают CO<sub>2</sub>, они становятся более кислыми и океанские формы жизни оказываются под угрозой, так как чувствительны к малейшим изменениям в уровнях pH. При окислении воды в морских гидробионтов, кораллов и моллюсков, сложнее проходит формирование жестких оболочек, необходимых для выживания, кроме того что рифы предоставляют убежище для существования более 25% всех океанических видам.

Поэтому существует вероятность повышенного риска вымирания примерно 20-30% видов растений и животных, в случае если повышение температуры составит более 1,5 – 2,5<sup>0</sup>C. Мы уже сейчас испытываем глобальные изменения климата, происходят процессы усиления аридизации – более сухой климат и более горячий. Это приводит к увеличению испарения и уменьшения количества воды, происходит переход к рискованной сельскохозяйственной деятельности. Без орошения будет очень рискованно вести сельское хозяйство в будущем.

Украина в этом случае, ощутит значительные негативные последствия, прежде всего в сельском хозяйстве и в экосистемах в целом. По прогнозам украинских ученых, в ближайшие 50 лет в связи с климатическими изменениями произойдет смещение береговой линии Азовского моря, кроме того, появятся животные, которые до сих пор не существовали на нашей территории, часть территории превратится в степную зону, а юго-украинский степь – в полупустыню [4, 5].

Такие темпы глобального потепления повлекут серьезные климатические изменения, и, таким образом, различные экосистемы окажутся под действием кардинальных модификаций.

Изменение количества осадков, вариация водного баланса рек (наводнения, чрезмерная засуха), дефицит пресной воды в некоторых регионах, уже сегодня сказываются на состоянии водных ресурсов: изменение солености воды, видоизменение состава водной флоры и ихтиофауны.

В нашем государстве функционируют различные международные проекты по изучению проблем изменения климата, к сожалению, эти проекты и программы еще не стали частью национальных и субнациональных стратегий, особенно для аграрного сектора производства.

Украина относится к государствам с недостаточным обеспечением водными ресурсами – одна из самых наименее водообеспеченных стран Европы (83,5 км<sup>3</sup> в многоводный год и 48,8 км<sup>3</sup> в маловодный). Естественные условия существования ихтиофауны в водоемах Украины связаны, в первую очередь, состоянием и воздействием на рыб преимущественно гидрологического и термического режимов, которые формируются климатическими условиями.

Одними из ведущих факторов влияния на ихтиофауну водохранилищ является величина годового водного стока и температурный режимы, которые вместе определяют наличие фонда нерестовых площадей и необходимое развитие достаточного количества кормовых организмов.

В водохранилищах днепровского каскада в результате гидротехнического строительства изменились термический и гидрологический режимы, уменьшились скорости течений и водообмен. Полностью изменились гидрология и морфометрия Днепра, в водоемах появились большие пелагические и бентические зоны, что способствовало значительному увеличению и разнообразию биотопов и экологических ниш.

Создание большого количества водохранилищ привело к тому, что в них начали формироваться климатические условия, подобные существующим в больших причерноморских лиманах. Это способствовало экспансии значительного числа видов понто-каспийского фаунистического комплекса вверх по каскаду водохранилищ, в том числе и саморасселение понто-каспийских видов рыб.

Средний многолетний объем стока в устье Днепра в многоводные, средневодные и маловодные года составляет: 53 км<sup>3</sup>, 43,5 км<sup>3</sup> и менее 30 км<sup>3</sup>. В последние годы отмечается снижение уровня водности реки.

В результате деструктивных процессов уменьшаются площади нерестилищ и ухудшается их качество. Фонд нерестилищ в низовье Днепра уменьшается в среднем на 52,3%, а в маловодные годы – на 78,4% в сравнении с многоводными, таким образом, смертность икры литофильных рыб на нерестилищах зависит от количества мелководий в водохранилище и в среднем составляла в Киевском водохранилище – 5,0%, Кременчугском – 15,5% и Каховском – 25,4%.

Температурные условия водоемов определяются, в первую очередь, зональностью их расположения, что вызывает различные сукцессионные процессы у рыб. В днепровских водохрани-

лищах повышение температуры воды до 10<sup>0</sup>С происходит в конце апреля, а снижение до 10<sup>0</sup>С – в конце октября или начале ноября. Для эффективности воспроизводства рыб и их нагула важна сумма тепла в нерестовый и нагульный периоды, особенно во время первого года их жизни.

Повышение температуры воды ускоряет химическую реакцию, уменьшает растворимость газов, повышает метаболическую активность организмов, влияет на активность рыбы во время кормления, размножения, приводит к цветению воды.

Изменения экологических и биологических факторов, происходящих естественным путем, могут быть предсказуемы или прогнозируемые – насколько возможно контролировать динамику природных процессов в водоемах. В больших водоемах – водохранилищах (согласно условиям их создания) наиболее сильное влияние на эффективность естественного воспроизводства рыб приходится на группу таких глобальных факторов как гидрограф, уровневый и температурный режимы, которые вместе определяют наличие фонда нерестовых площадей и необходимое развитие достаточного количества кормовых организмов.

Изменение климата и хозяйственная деятельность человека приводит к существенным изменениям в условиях существования ихтиофауны. Это в свою очередь способствует перестройке структуры биоразнообразия ихтиокомплексов как в негативном, так и в положительном аспекте.

Несмотря на негативные процессы, которые происходят, в то же время наблюдается увеличение многообразия рыб. Так, за счет природных инвазионных процессов (саморасселение, или аутаклиматизация) многие виды рыб расширили свое биологическое разнообразие в водоемах Украины.

За последние 10 – 15 лет в Днепре и его водохранилищах появились виды рыб, которые ранее не регистрировались, и их число, к сожалению, постоянно растет.

Учитывая такие изменения в продуктивности основных групп кормовых организмов рыб, можно заметить, что доля рыб-хищников в экосистемах в результате антропогенного воздействия в среднем сократилась с 30 до 20%, бентофагов – с 9 до 4%, а планктофагов, наоборот, выросла с 61 до 76%.

В результате саморасселения быстро растет удельный вес понто-каспийских видов рыб в экосистемах Днепровских водохранилищ, в частности тюльки, бычков, ротана-головешки, карликового сомика и др. Некоторые из них (сельдь) значительно сократили миграционные пути, и переместились к постоянному пребыванию в Каховском водохранилище в пресноводных условиях.

Переход к обитанию в пресной воде в течение всего жизненного цикла, а не только в нерестовый период, представляет собой качественно новую экологическую ситуацию для многих видов, что подтверждается состоянием кормовых ресурсов водоемов.

В общем, в каскаде днепровских водохранилищ на сегодняшний день насчитывается 57 видов рыб и это часть всего рыбного разнообразия Украины, которое состоит из 214 видов рыб. Следует отметить, что в днепровских водохранилищах чаще встречаются редкие представители ихтиофауны, которые занесены в Красную книгу Украины, а также экзотические виды рыб.

В водоемах Украины было зафиксировано 18 новых видов рыб, среди них гамбузия восточная, угай тихоокеанский, также красноперка-угай тихоокеанская или мелкочешуйчатая красноперка-угай, китайская медака и другие виды. Некоторые из них живут только на теплых водах.

Уменьшения биоресурсов водоемов из-за изменения климата может привести к исчезновению аборигенных рыб и появлением нетипичных для акваторий Украины видов.

Таким образом, следует отметить, что в результате изменения климата, а также антропогенных факторов в наших водоемах появятся новые виды рыб, которые приведут к изменению ихтиоценозов. Чаще будут фиксироваться новые виды рыб, которые расширят свои ареалы, и как следствие, произойдет изменение видового состава и численности популяций рыб, как в днепровских водохранилищах, так и в целом в водоемах Украины.

Список использованных источников

1. FAO. 2016. Global strategies and knowledge on climate change and fisheries and aquaculture. Rome. <http://www.fao.org/3/a-at500e.pdf>.
2. Адаптація до зміни клімату // Карпатський Інститут Розвитку (Словаччина). Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону (Україна), «ФОРЗА», 2015.– 88 с.
3. Офіційний веб-сайт Міжурядової групи експертів по зміні клімату (МГЕЗК) – <http://www.ipcc.ch/>

4. Пропозиції до формування офіційної позиції України на переговорах з питань зміни клімату у Варшаві (2013). Робоча Група неурядових екологічних організацій України з питань зміни клімату. – 2010. – 6 ст. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2007/02/propoz2013.pdf>.

5. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки / відповідальний редактор В. І. Лялько. – Київ, 2015. – 14 с.

6. Звіти Державного агентства рибного господарства України за 2016-2019 рр.

УДК 631.563.2.003

## АЛГОРИТМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ СВИНОКОМПЛЕКСОВ

Олейник Юлия Александровна, аспирант

Чмиль Анатолий Иванович, д.т.н., профессор

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Y. Oliinyk, PhD student, oliinik1202@ukr.net

A. Chmil, Doctor of Technical Sciences, Professor, a.chmil@ukr.net

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

*В условиях функционирования крупных животноводческих комплексов, с устаревшими технологиями обработки, или нарушениями технологических процессов возникает проблема экологической угрозы окружающей среде вместе с тем негативно влияет на работу самого комплекса. Поэтому вопрос разработки эффективной обработки отходов является весьма актуальным. Анализ существующих исследований широкого применения электротехнологии в сельском хозяйстве, а именно высоковольтной импульсной техники является предпосылкой использования электроимпульсной установки для жидких отходов.*

**Ключевые слова:** свинокомплексы, навозные стоки, электроимпульсная обработка.

Отрасль животноводства играет большое значение для земледелия и выращивания продуктов питания растительного происхождения. Крупные животноводческие комплексы долгое время считались экономически выгодными, поскольку за короткое время решалась проблема обеспечения населения мясо-молочными продуктами. Вместе с тем отрасль животноводства является не только источником получения продуктов питания, а также накопления большого количества отходов. Много отечественных и зарубежных научных трудов посвящены вопросу использования навоза в качестве удобрений. Однако не всегда учитывались экологическое влияние и потери, связанные с увеличением концентрации поголовья. Плотные застройки территории комплексов резко увеличивают негативное влияние на экологию по сравнению с действием мелких животноводческих предприятий. Известно, что побочные продукты жизнедеятельности животных могут содержать в себе значительное количество яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов, попадая в природные водоемы могут изменить гидрохимический состав воды [1].

В условиях промышленного производства животноводческой продукции защита окружающей среды от отходов жизнедеятельности животных должна быть неотъемлемой частью технологического процесса.

Особое внимание следует обратить на эксплуатацию крупных свинооткормочных комплексов, поскольку в большинстве содержание животных бесподстилочное, устаревшие технологии очистки с использованием гидросмывных систем, которые сейчас при проектировании новых комплексов по санитарно-гигиеническим нормам заменяют на самотечные. Остро стоит задача поиска и разработки новых эффективных технологий обработки отходов.

В настоящее время применяют несколько способов очистки и утилизации отходов на животноводческих комплексах. Наиболее современной является технология разделения отходов на жидкую и твердую фракцию с последующей переработкой на удобрения, топливо для пиролизных генераторов. На территории комплексов делают лагуны для накопления навоза, а также отдельно для карантина и обеззараживания. Существует несколько способов обеззараживания жидкого навоза: природный, физический, химический, и биологический. Значительно сложнее обеззаражи-

вать жидкий навоз, поскольку в нем отсутствует термофильная микрофлора, а для естественного обеззараживания навоза происходит при наличии больших площадей земель.

Как уже отмечалось навозные стоки является источником опасного загрязнения грунтовых вод и растениеводческой продукции из-за недостаточной очистки или на малых свинооткормочных фермах вообще без какой-либо обработки сразу вывозятся на поля. Такие процессы должны происходить с наблюдением ветеринарно-санитарных служб в регионах расположения животноводческих предприятий и с соблюдением регламентов технологических требований к процессам утилизации отходов.

Важно отметить, что выбор способа обработки навоза должно осуществляться с учетом экологической безопасности окружающей природной среды, специализации, типоразмера предприятия, способа содержания животных, наличия достаточных площадей полей для внесения органических удобрений, климатических, почвенных и гидро-геологических условий рельефа местности. Существуют следующие основные способы обработки и утилизации отходов: механический, физический, химический и биологический метод [4].

Из существующих методов обработки особое внимание следует уделить физическому методу, к которому относится электроимпульсные технологии. На основе анализа влияния электро-взрывной, электрогидравлической технологий на металлы, и жидкие вещества, применение электроимпульсной техники в пищевой промышленности, стало основанием для применения данной технологии для разработки электроимпульсной установки обработки навозных стоков.

Предпосылки применения электроимпульсной пробоя в жидкости, для эффективной обработки и обеззараживания стоков, связанные не только с затратами на химические методы и устаревшими технологиями, а также с увеличением устойчивости патогенной микрофлоры к хлорированию, ультрафиолетового облучения и т.д.

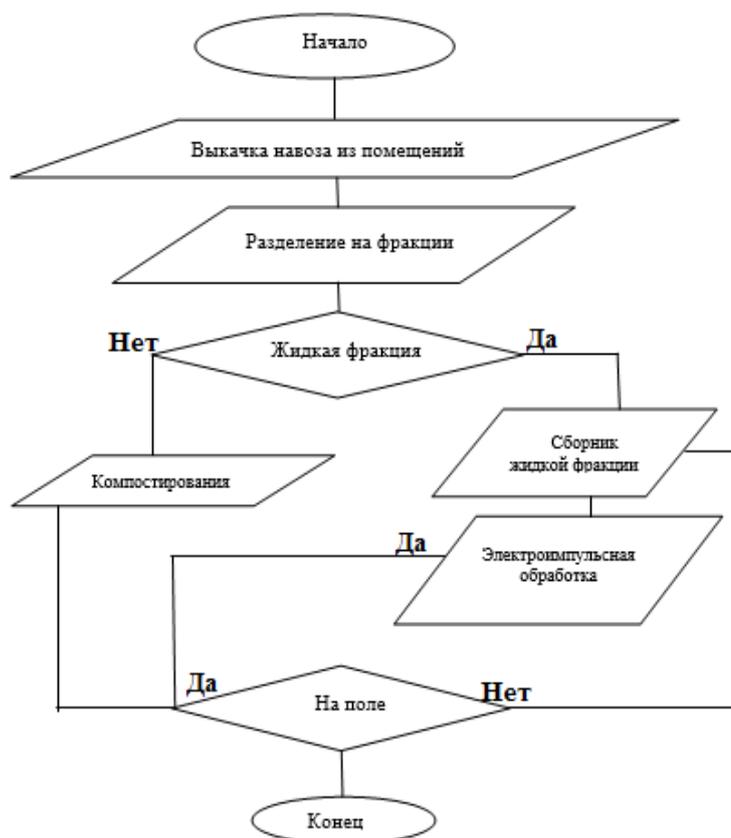


Рисунок – Алгоритм технологической схемы обработки отходов с электроимпульсным оборудованием

Алгоритм работает следующим образом: стоки свинооткормочного комплекса с помощью гидротранспорта подают в резервуар для разделения на фракции. Разделение на фракции осу-

ществляется гравитационным способом в вертикальных отстойниках. Твердая фракция отправляется на компостирование, а жидкая накапливается в сборнике, где и происходит в электроимпульсная обработка жидкой фракции. Особенность предлагаемой технологии заключается в том, что при существующих технологических схемах, жидкий навоз нужно отправлять в карантинные емкости, затем проводить дезинфекцию, термическим или химическим способом. При электроимпульсной обработке не нужно применять дополнительные емкости для карантина, что упрощает процесс обеззараживания отходов.

**Выводы.** Проблемы связанные с превышением безопасной концентрации поголовья на свинокомплексах, и соответственно накопления навозных стоков является до сих пор актуальной. Развитие электротехнологии, использование электроимпульсной техники как одного из перспективных методов обработки стоков, позволит повысить эффективность работы комплекса в целом, и сократить негативное влияние отходов на окружающую среду.

#### Список использованных источников

1. Ляшенко М.В. Экологическая парадигма локализации производства продукции животноводства. Экономическая наука. Инвестиции практика и опыт №11 2018. с.70-75.
2. Демчук Н.В. Проблемы утилизации навоза в современном животноводстве. Научный вестник ЛНУВМБТ имени С.З. Гжицкого Том 12 № 3 (45) Часть 4 2010.
3. Чмиль А.И. Электротехнологические методы утилизации отходов животноводства [Текст] / Чмиль А.И., Олейник Ю.А. Материалы V международной научно-практической конференции «ПРЕАП-2019».
4. Чмиль А.И. Олейник Ю.А. Исследование процесса электроимпульсной обработки стоков свинокомплексов комплексов // Энергетика и автоматика – 2019. – №3. С.94–101.
5. Максишко Л.М. Экобезопасные технологии переработки и утилизации отходов свиноводства и птицеводства. дис. канд. с-х. наук. / Максишко Л.М. Львов 2017-200 с.

УДК 330.1

### ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Штепа Алена Григорьевна, ассистент кафедры  
Полесский государственный университет

Shtepa Alyona, Assistant of the Department of Banking and Financial Markets  
Polesky State University, shtepa.a@polessu.by

*Статья посвящена вопросам формирования институциональной среды климатического менеджмента в контексте целей устойчивого развития Республики Беларусь. Представлены структура и целевые группы центра управления климатом.*

**Ключевые слова:** климатический менеджмент, экологическое предпринимательство, центр управления климатом.

Изменение климата влияет на все аспекты жизни человека и жизни на планете. Экологические риски, связанные с глобальным изменением климата и ухудшением окружающей среды являются основными угрозами устойчивого развития. Климатические зоны смещаются в северном направлении, меняется режим выпадения осадков.

Глобальные климатические модели указывают на увеличение максимальных и минимальных значений температур, а также увеличение количества жарких дней, изменение в количестве, интенсивности, частоте и виде осадков [1]. Данные климатические изменения влияют на развитие сельского хозяйства, состояние водных объектов, животноводство, рыбное хозяйство и др.

Ученые связывают глобальное потепление с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, тем самым, значительно увеличивается парниковый эффект. Глобальное изменение климата из-за парникового эффекта стало серьезной международной и политической проблемой.

С одной стороны, сельское хозяйство является важным источником выбросов парниковых газов, поскольку животноводство и растениеводство связано с выбросами углекислого газа, метана и оксида азота. Согласно статистическим данным Республики Беларусь, на сельское хозяйство приходится около 24% выбросов парниковых газов [2].

С другой стороны, парниковые газы меняют климат, и таким образом влияют на сельскохозяйственное производство.

20 сентября 2016 года Республика Беларусь стала 30 стороной Парижского соглашения, принятого на 21-й сессии Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата [3]. Согласно соглашению, Республика Беларусь обязуется сократить выбросы парниковых газов на 28 % к 2030 году по сравнению с 1990 годом, то есть, требуется не превысить уровень 96,1 млн. т CO<sub>2</sub> экв.

Своевременная политика государства в отношении снижения риска и адаптации к неблагоприятным погодным явлениям играет важную роль в борьбе с последствиями изменения климата.

Возможностью решения данной проблемы становится переход к циркулярной экономике. Это позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду и при этом обеспечит стойкий экономический рост [4]. Целью циркулярной экономики является создание жизненной среды основанной на разумном и устойчивом использовании ресурсов. Основой для эффективного функционирования циркулярной экономики выступает развитие экологического предпринимательства.

Важным элементом современного экологического предпринимательства является учет требований климатического менеджмента, которые сформированы на принципах Парижского соглашения и трансграничного сотрудничества.

Платформой для создания и апробации эффективных технологий для бизнес-моделей экологического предпринимательства выступает центр управления климатом на базе организации кластерного развития ООО «Технопарк Полесье».

Целью создания центра управления климатом является разработка бизнес-моделей инновационной экологической предпринимательской деятельности, обеспечивающей экономически эффективную реализацию принципов циркулярной экономики в сфере сельскохозяйственного производства.

В контексте устойчивого развития, управление климатом – диагностика, оценка, анализ и устранение проблем или барьеров на пути решения локальных и глобальных целей, с применением инструментов климатического менеджмента (рисунок 1).

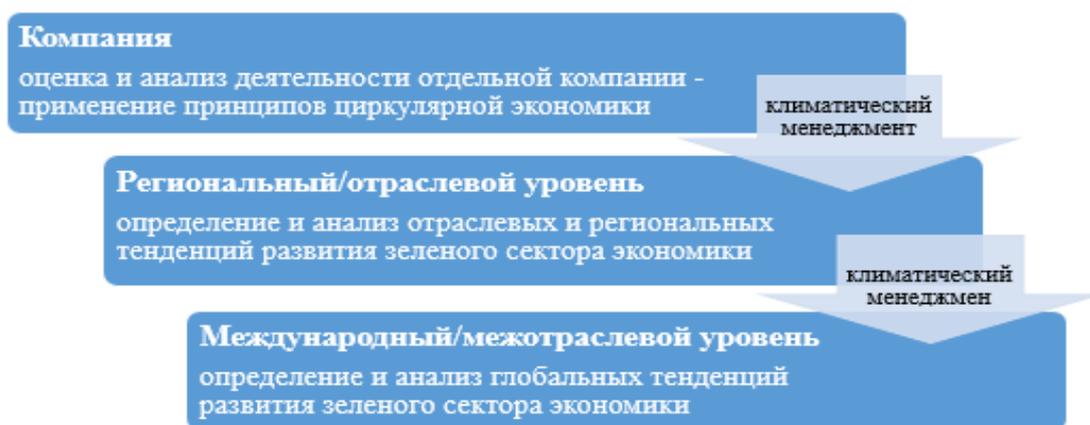


Рисунок 1. – Концептуальный подход к управлению климатом

Используя инструменты климатического менеджмента, решаются глобальные задачи по управлению климатом, путем создания эффективных бизнес-моделей циркулярной экономики на базе центра управления климатом (рисунок 2).



Рисунок 2. – Направления деятельности центра управления климатом

Задачи центра управления климатом:

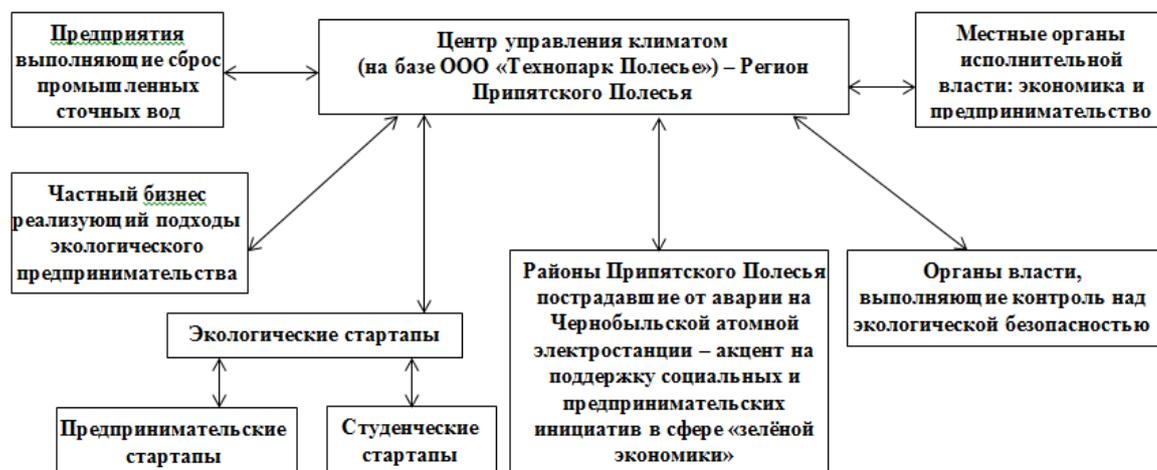
- научные исследования, консалтинг и инжиниринг в области экологической и климатической политики, регионального и городского развития, реализации целей устойчивого развития;
- разработки планов и стратегий устойчивого и «зеленого» развития, экологического образования;
- разработка и преподавание образовательных программ и материалов в области реализации целей устойчивого развития, изменения климата, сотрудничества заинтересованных сторон;
- разработка и адаптация научно-технических решений, способствующих развитию экологического предпринимательства, экологический мониторинг.

Кроме этого, центр управления климатом будет вести научно-образовательную деятельность, выступать координационным центром международных и национальных инициатив по финансированию программ предотвращения изменения климата, оказывать услуги консалтинга и инжиниринга, разрабатывать и адаптировать научно-технические решения, способствующие развитию экологического предпринимательства (рисунок 3).



Рисунок 3. – Структура Центра управления климатом на базе организации кластерного развития ООО «Технопарк Полесье»

Основными целевыми группами, на которые направлено деятельность центра являются: предприятия, бизнес-сообщества, экологические стартапы, органы власти, районы Припятского Полесья пострадавшие от аварии на ЧАЭС (рисунок 4)



**Рисунок 4. – Целевые группы Центра управления климатом на базе организации кластерного развития ООО «Технопарк Полесье» в регионе Припятского Полесья**

Создание новых экономически успешных субъектов экологического предпринимательства на базе центра управления климатом предполагает решение инновационных, научно-технологических, инжиниринговых, экономических и организационно-методических задач, которые предполагается включить в программу исследовательской работы технопарка.

Таким образом, расширение масштабов экологического предпринимательства, требует сочетания бизнес-моделей, технологических достижений и инноваций, а также совместных усилий заинтересованных сторон, включая представителей бизнеса и государства. Мониторинг бизнес-процессов и измерение результатов их реализации будет способствовать совершенствованию деятельности центра управления климатом. В конечном итоге это обеспечит устойчивые темпы развития предприятия, повышение его деловой репутации и конкурентоспособности.

#### Список использованных источников

1. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата. [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь // – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>/ – Дата доступа: 25.03.2021
2. Выбросы парниковых газов. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь // – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/> – Дата доступа: 25.03.2021
3. Штепа, А. Циркулярная экономика как направление климатического менеджмента / А. Г. Штепа // VI Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих учених «Галузеві проблеми екологічної безпеки», Харків: ХНАДУ, 2020 – С. 285-288
4. Штепа, А. Экологическое предпринимательство в системе устойчивого развития Беларуси /А.Г. Штепа, А. В. Радцевич// Экономика и банки. – Пинск: ПолесГУ, – 2019. – № 2. С. 91-99.

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

|   |    |
|---|----|
| <b>Антипов Е.А.</b> Оценка влияния сопротивления ограждающих конструкций на эффективность работы системы «REFLOW».....  | 3  |
| <b>Бусько М.М.</b> Модель нарушителя информационной безопасности на основе нечетких множеств.....   | 7  |
| <b>Володько Л.П., Володько О.В.</b> Цифровизация банковского бизнеса.....   | 11 |
| <b>Грищенко В.А.</b> Энергоэффективная система автоматизации управления холодильной установкой с использованием нечеткого регулятора.....   | 15 |
| <b>Коваленко Н.С., Павлов П.А.</b> Модель сосредоточенной обработки неоднородных процессов в системах макроконвейерного типа.....   | 18 |
| <b>Котов Б.И., Грищенко В.А.</b> Функционирование трубчатых электрофильтров для очистки воздушных потоков вентиляционных выбросов от пыли.....  | 23 |
| <b>Митянок В.В.</b> О генерировании искусственных слов речи человека.....   | 26 |
| <b>Мусафиров Э.В.</b> О допустимых возмущениях обобщенной системы Лэнгфорда в одном случае.....   | 28 |
| <b>Павлов П.А., Штепа В.Н.</b> Модель непрерывного обеспечения электрической энергией конечных потребителей.....  | 31 |
| <b>Трач И.А.</b> Моделирование динамики численности охотничьих млекопитающих с использованием логистических рекуррентных уравнений.....   | 40 |
| <b>Шворов С.А., Пасичник Н.А., Цигулев И.Т., Давыденко Т.С., Юхименко А.С.</b> Интеллектуальная система управления процессами мониторинга, сбора и переработки растительной биомассы в биогазовых установках..... | 44 |
| <b>Yakymenko I., Lysenko V.</b> Intelligent energy-efficient automatic control system of microclimate in greenhouses.....   | 47 |

### ИНЖИНИРИНГ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

|   |    |
|---|----|
| <b>Говорко А.В., Карпук А.А.</b> Новые задачи управления использованием радиочастотного спектра.....  | 50 |
| <b>Карпук А.А., Говорко А.В.</b> Пути решения новых задач управления использованием радиочастотного спектра.....  | 53 |
| <b>Киктев Н.А.</b> Концептуальные основы создания информационно-управляющей системы оценки качества электрической энергии на агропромышленных предприятиях..... | 56 |
| <b>Кисель Т.В.</b> Оптимизация работы приемной комиссии вуза.....   | 60 |
| <b>Клаченков В.А., Минюк О.Н.</b> Анализ атак на локально-вычислительную сеть.....  | 63 |
| <b>Chochowski A., Ладанюк А.П., Лысенко В.Ф., Решетюк В.М., Болбот И.М.</b> Smart системы автоматизации сложных биотехнических объектов.....                    | 66 |
| <b>Пигаль А.С., Пигаль П.Б.</b> Современные подходы использования ИКТ в системе образования на примере Полесского государственного университета.....            | 69 |
| <b>Сидская О.В.</b> Банковская сфера как цифровая экосистема.....   | 73 |

### ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРЕРАБОТКИ ЕЕ ПРОДУКЦИИ

|  |    |
|--|----|
| <b>Астренков А.В., Литвинчук К.Г., Лихота В. Ю.</b> Подращивание личинок европейской щуки ( <i>Esox Lucius L., 1758</i> ) в заводских условиях.....  | 76 |
| <b>Барулин Н.В., Жарикова А.О., Воробьев А.О.</b> Влияние фульвовой кислоты на выживаемость, жизнестойкость и поведение личинок модельного объекта данио рерио в эксперименте <i>in vivo</i> ..... | 78 |
| <b>Барулин Н.В., Воробьев А.О., Жарикова А.О.</b> Влияние кормовой добавки «Купрум-Актив» на выживаемость и поведение личинок модельного объекта данио рерио в эксперименте <i>in vivo</i> .....   | 81 |
| <b>Барулин Н.В., Шумский К.Л.</b> Разработка оптимальных технологических параметров краткосрочного хранения спермы осетровых рыб.....  | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Бех В.В., Марценюк В.П.</b> Апробация Антонино-зозулинецких внутривидовых типов украинских пород карпа.....   | 86  |
| <b>Бубырь И.В., Лихота В.Ю.</b> Коптильный дым – как фактор, формирующий качество копченой рыбопродукции.....  | 89  |
| <b>Дмитрович Н.П., Козлова Т.В., Козлов А.И., Кузнецов Н.А., Нестерук Е.В.</b> Новые компоненты комбикормов для молоди осетровых и сомовых рыб.....  | 93  |
| <b>Коваленко Б.Ю., Коваленко В.А., Шарило Д.Ю.</b> Выживаемость клариевого сома ( <i>Clarias gariepinus</i> ) на ранних стадиях при кормлении с добавлением препарата Чиктоник.....                            | 97  |
| <b>Козлова Т.В., Козлов А.И., Дмитрович Н.П.</b> Садки усовершенствованной конструкции для выращивания ценных видов рыб.....   | 99  |
| <b>Кошак Ж.В.</b> Влияние режимов экструдирования на биологическую ценность и структурно-механические свойства комбикормов для осетровых рыб.....  | 102 |
| <b>Лихота В.Ю., Хмель О.А., Литвинчук К.Г.</b> Дуальная подготовка студентов в области переработки рыбной продукции в Полесском государственном университете.....  | 106 |
| <b>Трунова И.А., Мальцев А.Ф., Литвин В.Н.</b> Влияние экологических факторов на развитие рыбного хозяйства Украины.....   | 107 |
| <b>Цвирко Л.С.</b> Природные очаги описторхоза в бассейне Днепра (Днепровский очаг с притоками Припять, Березина, Сож).....  | 110 |
| <b>Шумак В.В.</b> Моделирование выращивания сеголетков карпа на естественной кормовой базе пруда.....  | 114 |
| <b>ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ:<br/>ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ</b>  |     |
| <b>Алексейченко Н.А., Гатальская Н.В., Мавко М.С.</b> Обзор методики оценки колорита ландшафта.....  | 118 |
| <b>Блох В.Г., Чигрин Н.А.</b> Ландшафтная реновация исторических парков Припятского Полесья.....   | 121 |
| <b>Василинич Т.Н.</b> Исследование регенерации концентрированных аммонийных растворов с городских стоков.....  | 124 |
| <b>Вишневский В.И., Шевчук С.А.</b> Влияние хозяйственной деятельности на сток реки Стырь..  | 127 |
| <b>Волкова В.В.</b> Композиционно-пространственная организация территорий экологических парков.....  | 130 |
| <b>Глебова Ю.А., Марценюк Н.А.</b> Добыча и потребление водных биоресурсов в Украине.....  | 133 |
| <b>Кравець Н.М., Трач И.А.</b> Применение природных сорбентов в технологии очистки сточных вод.....  | 135 |
| <b>Пасичник Н.А., Шворов С.А., Опрышко А.А.</b> Перспективные технологии спутникового мониторинга для организации мониторинга состояния почвы земель сельскохозяйственного назначения.....                     | 140 |
| <b>Сакалова Г.В.</b> Использование глинистых сорбционных материалов в технологиях производства кожи и меха.....  | 143 |
| <b>Скрипчук П.М., Шпак Г.Н.</b> Бизнес-проект полного жизненного цикла переработки органических отходов.....   | 146 |
| <b>Товстыка В.С.</b> Модернизация трактора «Беларус-922» с целью улучшения его топливной экономичности и экологических показателей при работе на дизельном топливе с добавлением рапсового масла.....          | 148 |
| <b>Трохименко А.Г., Грушина О.Г., Маринец А. Н.</b> Повышение экологической культуры сельскохозяйственного производства за счет внедрения инновационных технологий.....  | 152 |
| <b>Ущатовский Д.Ю., Линючева О.В., Редько Р.М., Подвашецкий Г.Ю., Куроченко Т.А.</b> Коррозионный синтез сульфидов никеля – перспективных электродных материалов возобновляемых источников электроэнергии..... | 157 |
| <b>Черныш Е.Ю., Штепа В.Н.</b> Комбинирование биологических процессов и АОПс при очистке сточных вод.....  | 159 |
| <b>УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ</b>  |     |
| <b>Аксенчик Н.В.</b> Информационно-образовательная среда современного университета.....  | 163 |
| <b>Коломиец С.С., Диденко Н.А., Даниленко Ю. Ю., Белобровая А.С.</b> Применение  | 165 |

|   |     |
|---|-----|
| принципов синергетики для адаптации агроландшафтов Полесья к глобальным изменениям климата.....   |     |
| <b>Корнус А.А.</b> Волны тепла и климатический менеджмент городов.....  | 168 |
| <b>Кузьмич Л.В., Воропай Г.В., Шевчук С.А., Усатый С.В., Козицкий О.Н., Мозоль Н.В.</b> Влияние изменений климата на состояние мелиоративного фонда украинского Полесья на примере осушительной системы «Марьяновка»..... | 171 |
| <b>Марценюк Н.А.</b> Влияние климата на состояние ихтиофауны водоемов Украины.....  | 175 |
| <b>Олейник Ю.А., Чмиль А.И.</b> Алгоритм технологического процесса электроимпульсной обработки отходов свинокомплексов.....   | 178 |
| <b>Штепа А.Г.</b> Деятельность центра управления климатом по обеспечению экологической безопасности.....  | 180 |

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

I международной заочной научно–практической конференции  
**“Инжиниринг: теория и практика”**

Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь,  
26 марта 2021 г.

За содержание и достоверность информации  
в материалах сборника отвечают авторы

Формат 60×84/8 Гарнитура Times  
Усл. печ. л. 21,6. Уч.–изд.л. 13,73.