



МАТЕРИАЛЫ XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

# ИННОВАЦИИ В НАУКЕ

Часть I

Новосибирск, 2012 г.

УДК 08  
ББК 94  
И66

**И66 «Инновации в науке»:** материалы XIV международной заочной научно-практической конференции. Часть I. (19 ноября 2012 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. — 154 с.

ISBN 978-5-4379-0166-3

Сборник трудов XIV международной заочной научно-практической конференции «Инновации в науке» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, специалистам в области инноваций и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

ISBN 978-5-4379-0166-3

ББК 94

Рецензенты:

- канд. юрид. наук Андреева Любовь Александровна;
- канд. филол. наук Бердникова Анна Геннадьевна;
- канд. мед. наук Волков Владимир Петрович;
- канд. психол. наук Красовская Наталия Рудольфовна;
- канд. пед. наук Ле-ван Татьяна Николаевна;
- канд. экон. наук Леонидова Галина Валентиновна;
- д-р искусствоведения Мышьякова Наталия Михайловна;
- бизнес-консультант Наконечный Дмитрий Иванович;
- канд. техн. наук Полонский Яков Аркадьевич;
- канд. ист. наук Прошин Денис Владимирович;
- д-р мед. наук, профессор Стратулат Петр Михайлович;
- д-р филол. наук Труфанова Ирина Владимировна;
- канд. биол. наук Харченко Виктория Евгеньевна;
- канд. пед. наук Якушева Светлана Дмитриевна.

## **Оглавление**

### **Секция 1. Физико-математические науки 7**

- МЕТОД ФИКТИВНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ЗАДАЧЕ  
О ВИБРАЦИЯХ ДВУХСЛОЙНОГО ПАКЕТА  
С ВКЛЮЧЕНИЕМ 7  
Телятников Илья Сергеевич  
Калайдина Александра Владимировна

### **Секция 2. Биологические науки 14**

- АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИПЕПТИДЫ 14  
КУНИТЦ-ТИПА АКТИНИИ HETERACTIS CRISPA  
Гладких Ирина Николаевна  
Чаусова Виктория Евгеньевна  
Табакмахер Валентин Михайлович  
Зелепуга Елена Александровна  
Ткачева Екатерина Сергеевна  
Синцова Оксана Владимировна  
Монастырная Маргарита Михайловна  
Козловская Эмма Павловна

- ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Свёртывания крови 27  
при действии зоотоксинов в условиях  
гипертермии и в постгипертермический  
период  
Лушникова Ольга Викторовна  
Малиновский Дмитрий Сергеевич

- ОЦЕНКА ВХОЖДЕНИЯ В ПОКОЙ ЯБЛОНИ 35  
в условиях Краснодарского края  
по физиолого-биохимическим и анатомо-  
морфологическим параметрам  
Ненько Наталия Ивановна  
Киселева Галина Константиновна

- ВЛИЯНИЕ ГЕПАРИНА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ 44  
наркотического сна и гиподинамию крыс  
Хомутов Александр Евгеньевич  
Пурсанов Кузьма Анастасович  
Лушникова Ольга Викторовна  
Слободянюк Владимир Сергеевич  
Перепелюк Зоя Владимировна  
Романова Юлия Анатольевна

|   |    |
|---|----|
| ФЕРМЕНТЕМИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ<br>ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНО-<br>БОЛЕВОГО СТРЕССА НА ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ<br>Павлова Вера Ивановна<br>Мамылина Наталья Владимировна<br>Янов Александр Юрьевич | 56 |
|---|----|

**Секция 3. Технические науки** **61**

|   |    |
|---|----|
| ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ<br>БЕЗАВТОКЛАВНЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ<br>НА ОСНОВЕ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД<br>Володченко Александр Анатольевич  | 61 |
| К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА<br>СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ ГОРНЫХ МАШИН<br>Звонарёв Иван Евгеньевич<br>Иванов Сергей Леонидович<br>Фокин Андрей Сергеевич<br>Семёнов Михаил Алексеевич   | 67 |
| МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОЗДАНИЯ<br>НЕКОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ<br>АВТОМОБИЛЯ ПО ВИБРОПОЛОСЕ<br>Кычкин Владимир Иванович<br>Юшков Владимир Сергеевич  | 73 |
| РЕЗУЛЬТАТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ<br>СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ<br>ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ<br>МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ<br>Лисицын Константин Алексеевич<br>Патанин Андрей Владимирович<br>Петрова Валентина Александровна<br>Петров Валерий Иванович<br>Меденков Александр Анатольевич | 81 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕКАНИЯ<br>КЕРАМОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ<br>Лымарь Елена Анатольевна   | 88 |

|   |            |
|---|------------|
| МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПУЛЕСТОЙКОСТИ<br>СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ<br>Муляр Сергей Геннадьевич<br>Галиновский Андрей Леонидович<br>Колпаков Владимир Иванович<br>Сайфутдинов Рустем Равильевич  | 94         |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН<br>НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НАРУШЕНИИ СПЛОШНОСТИ<br>УПРУГОЙ СРЕДЫ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ<br>Патанин Андрей Владимирович<br>Петрова Валентина Александровна<br>Петров Валерий Иванович<br>Меденков Александр Анатольевич<br>Меденков Алексей Анатольевич                  | 107        |
| ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ<br>(АЭ) ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ<br>МЕТАЛЛА ПАРОПРОВОДОВ ТЭС В ЛАБОРАТОРНЫХ<br>УСЛОВИЯХ<br>Петрова Валентина Александровна<br>Патанин Андрей Владимирович<br>Петров Валерий Иванович<br>Меденков Александр Анатольевич<br>Нефедов Владилен Михайлович | 114        |
| ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ<br>ДОБАВОК В МАТЕРИАЛАХ<br>ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ<br>Христофорова Александра Афанасьевна<br>Филиппов Семен Эдуардович<br>Соколова Марина Дмитриевна   | 122        |
| <b>Секция 4. Сельскохозяйственные науки</b>   | <b>128</b> |
| ОСОБЕННОСТЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ<br>ФАУНИСТИЧЕСКОГО БИОРЕСУРСА АГРОЦЕНОЗОВ<br>ЦЧР В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССИНГА<br>Высоцкая Елена Анатольевна   | 128        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Секция 5. Гуманитарные науки</b>  | <b>132</b> |
| ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ С УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТЬЮ И ШИЗОФРЕНИЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ПСИХОНЕВРОЛОГИЧЕСКОМ ИНТЕРНАТЕ, МЕТОДАМИ АРТ-ТЕРАПИИ<br>Бобченко Татьяна Григорьевна<br>Писненко Александр Георгиевич<br>Пронина Елена Викторовна<br>Шефов Сергей Александрович | 132        |
| ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА (НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ И. АДIZESA)<br>Борисов Виктор Викторович   | 139        |
| ПРОЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ ПСИХИЧЕСКОГО ВЫГОРАНИЯ<br>Буянкина Марина Александровна<br>Онуфриева Вера Васильевна  | 145        |

## **СЕКЦИЯ 1.**

### **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

#### **МЕТОД ФИКТИВНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ЗАДАЧЕ О ВИБРАЦИЯХ ДВУХСЛОЙНОГО ПАКЕТА С ВКЛЮЧЕНИЕМ**

*Телятников Илья Сергеевич*

*аспирант кафедры математического моделирования Кубанского  
государственного университета, г. Краснодар*

*Калайдина Александра Владимировна*

*магистрант кафедры математического моделирования Кубанского  
государственного университета, г. Краснодар*

*E-mail: [kmm@fpm.kubsu.ru](mailto:kmm@fpm.kubsu.ru)*

#### **METHOD OF FICTIVE ABSORPTION IN THE PROBLEMS OF VIBRATION OF TWO-LAYER PACKAGE WITH INCLUSION**

*Ilya Telyatnikov*

*postgraduate of mathematical modelling faculty of Kuban state university,  
Krasnodar*

*Aleksandra Kalaidina*

*magistracy student of mathematical modelling faculty of Kuban state  
university, Krasnodar*

#### **АННОТАЦИЯ**

Рассматриваются установившиеся колебания двухслойного пакета, вызванные вибрацией внутреннего включения. На примере интегрального уравнения антиплоской задачи представлено применение метода фиктивного поглощения к решению интегральных

уравнений динамических задач. В качестве базисной выбрана система производных  $\delta$ -функции Дирака.

### ABSTRACT

The steady vibrations of two-layer packet caused by vibration of internal inclusions are considered. Method of fictitious absorption to the solution of integral equations of dynamic problems is presented on the example of the integral equation of antiflat problem. System of derivatives Dirac's  $\delta$ -function is chosen as a basic system.

**Ключевые слова:** установившиеся колебания; жесткое включение; метод фиктивного поглощения; скачек напряжений.

**Keywords:** steady vibration; rigid inclusion; method of fictive absorption; stress jump.

Слоистые системы со скачкообразно меняющимися свойствами вдоль одной из координат широко используются для создания композиционных материалов. Особый интерес вызывают исследования напряженно-деформированного состояния неоднородных структур, упрочненных армирующими элементами.

В работе исследуется задача о вибрации пакета из двух упругих слоев, содержащих жесткое включение на границе раздела слоев. С целью упрощения представления решения интегральных уравнений на примере антиплоской задачи рассматривается модификация метода фиктивного поглощения в части подбора базисных функций.

В прямоугольной декартовой системе координат, где плоскость  $x_1 O x_2$  параллельна поверхности среды ( $x_3 = h_3 \geq 0$ ,  $-\infty < x_1, x_2 < +\infty$ ), рассматривается установившийся процесс колебаний, т. е. зависимость всех неизвестных и заданных функций от времени определяется множителем  $e^{-i\omega t}$ . Механические свойства каждого из слоев описываются плотностью  $\rho_k$  и упругими параметрами Ляме  $\lambda_k, \mu_k$  соответственно,  $k = 1, 2$ . Смещения составляющих пакета описываются векторами  $\mathbf{u}_k(x, y, z)e^{-i\omega t}$  ( $h_k \leq x_3 \leq h_{k+1}$ ), удовлетворяющими уравнениям Ляме, напряжения на граничных поверхностях обозначены через  $\boldsymbol{\tau}_k(x, y, z)e^{-i\omega t}$ .

Для построения интегрального уравнения задачи используется дифференциальный метод факторизации [4, 5]. На стыках слоев-блоков в области, занятой включением, смещение считается заданным, ставится условие равенства перемещений на берегах включения, на остальной части границы раздела ставится условие идеального контакта, то есть равенства смещений и контактных напряжений. Верхняя граница пакета свободна от напряжений, нижняя — жестко закреплена на недеформируемом основании. Сформулированные условия можно записать в виде:

$$\begin{aligned}
 x_3 = h_1: \mathbf{u}_1 &= 0, \quad -\infty < x_1, x_2 < +\infty. \\
 x_3 = h_3: \boldsymbol{\tau}_3 &= 0, \quad -\infty < x_1, x_2 < +\infty; \\
 x_3 = h_n: \begin{cases} \mathbf{u}_2 = \mathbf{u}_2^+ = \mathbf{u}_2^-, & (x_1, x_2) \in \Omega, \\ \boldsymbol{\tau}_2 = \boldsymbol{\tau}_2^+ - \boldsymbol{\tau}_2^- = 0, & (x_1, x_2) \notin \Omega; \end{cases}
 \end{aligned}$$

Дифференциальный метод факторизации позволяют построить интегральные уравнения динамических задач для слоисто-структурированных сред с дефектами типа включений [6]. Для решения последних может быть применен метод фиктивного поглощения [2, 3]. В рассматриваемом случае, когда блоки вырождаются в слои с плоскопараллельными границами, изложенный в [4] алгоритм приводит к решениям, совпадающим с получаемыми путем применения интегральных преобразований по координатам, лежащим в граничной плоскости [7].

Интегральное уравнение антиплоской задачи о вибрации жесткого включения в двухслойном пакете при одной отличной от нуля составляющей скачка напряжений, имеющей носитель  $\Omega: |x| \leq a$ , запишется:

$$\mathcal{K} q = \int_{-a}^a k(x-\xi) \boldsymbol{\tau}^*(\xi) d\xi = f(x), \quad |x| \leq a, \quad (1)$$

$$k(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma} K(\alpha) e^{-i\alpha x} d\alpha. \quad (2)$$

Здесь функция  $K(\alpha)$  имеет следующий вид:

$$K(\alpha) = \frac{\cos(\sigma_{2,1}H_{23})\sin(\sigma_{2,2}H_{12})}{\sigma_{2,1}\sin(\sigma_{2,1}H_{23})\sin(\sigma_{2,2}H_{12}) - \sigma_{2,2}\cos(\sigma_{2,1}H_{23})\cos(\sigma_{2,2}H_{12})},$$

где  $\sigma_{2,k}^2 = \gamma_{2k}^2 - \alpha^2$ ,  $\sigma_{1,k}^2 = \frac{\gamma_{2k}^2(1-2\nu_k)}{2-2\nu_k} - \alpha^2$ ,  $\gamma_{2k} = \sqrt{\frac{\omega^2 \rho_k}{\mu_k}}$ ,  $\nu_k$  — коэффициент Пуассона  $k$ -го слоя,  $k = 1, 2$ .

Согласно схеме метода фиктивного поглощения функция  $K(\alpha)$  может быть представлена как  $K(\alpha) = K_0(\alpha)\Pi(\alpha)$ . Выбор функции  $K_0(\alpha)$  определяется асимптотическим представлением символа ядра и возможностью ее непосредственной факторизации. Далее выбирается

$$K_0(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + B^2}}, \quad B \ll 1. \quad \text{Функция } \Pi(\alpha)$$

приближается рациональной функцией вида

$$\Pi(\alpha, N) = E_N(\alpha^2)Q_N^{-1}(\alpha^2) = \prod_{k=1}^N (\alpha^2 - z_k^2)(\alpha^2 - p_k^2)^{-1}, \quad \text{где } \pm z_k \text{ —}$$

нули,  $\pm p_k$  — полюса функции  $K(\alpha)$ .

Согласно схеме метода фиктивного поглощения вводится новая неизвестная функция  $p$  соотношением  $\tau^* = p + \varphi$ , где  $\varphi$  — некоторая функция, содержащая неизвестные на размерность меньше, чем размерность  $\tau^*$ . При этом требуется разложить функцию  $\varphi(x)$  по любой полной линейно независимой системе [2, 3]. Вводимая функция  $\varphi(x)$  в окончательной формуле присутствует лишь под знаком операторов. Поэтому в качестве такой системы можно взять производные от  $\delta$ -функций Дирака с носителем в точках  $-a$  и  $a$  [1, 3]. В результате функцию  $\tau^*(x)$  можно представить в виде:

$$\tau^*(x) = p(x) + \sum_{k=1}^N G_k \left( -\frac{d^2}{dx^2} \right) [C_k \delta(x-a) + D_k \delta(x+a)],$$

где  $G_k(\alpha^2) = (\alpha^2 - p_1^2) \dots (\alpha^2 - p_{k-1}^2)(\alpha^2 - p_{k+1}^2) \dots (\alpha^2 - p_N^2)$ ,

$C_k, D_k$  — неизвестные константы, подлежащие определению.

Окончательное решение уравнения (1) с правой частью  $e^{-i\eta x}$  с точностью до множителя  $C^{-1}$  ( $C$  — константа, характеризующая поведение функции  $K(\alpha)$  при  $|\alpha| \rightarrow \infty$ ) запишется в виде:

$$\begin{aligned} \tau^*(x, \eta) = & K^{-1}(\eta) e^{-i\eta x} \left[ \operatorname{erf} \sqrt{(B+i\eta)(a-x)} + \operatorname{erf} \sqrt{(B-i\eta)(a+x)} - 1 \right] + \\ & + \sqrt{\frac{B+i\eta}{\pi(a+x)}} e^{-B(a+x)+i\eta x} + \sqrt{\frac{B-i\eta}{\pi(a-x)}} e^{-B(a-x)-i\eta x} + \\ & + \sum_{l=1}^N \frac{\beta_l}{2z_l} \left[ e^{-i\eta x} \sqrt{B-i\eta} \Phi_l(\eta, x) + e^{i\eta x} \sqrt{B+i\eta} \Phi_l(-\eta, -x) \right] + \\ & + \sum_{k=1}^N \left\{ Y_k^+ \left[ \frac{e^{-B(a-x)}}{\sqrt{\pi(a-x)}} + \sum_{l=1}^N \frac{\beta_l}{2z_l} \Phi_l(-p_k, x) \right] - Y_k^- \left[ \frac{e^{-B(a+x)}}{\sqrt{\pi(a+x)}} + \sum_{l=1}^N \frac{\beta_l}{2z_l} \Phi_l(-p_k, -x) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь приняты обозначения:

$$\begin{aligned} \Phi_l(\eta, x) = & e^{iz_l(a-x)} \frac{\sqrt{B+iz_l}}{z_l-\eta} \operatorname{erf} \sqrt{(B+iz_l)(a-x)} - \\ & - e^{-iz_l(a-x)} \frac{\sqrt{B-iz_l}}{z_l+\eta} \left( 1 - \operatorname{erf} \sqrt{(B-iz_l)(a-x)} \right), \\ \beta_j = & \prod_{k=1}^N (z_j^2 - p_k^2) \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^N (z_j^2 - z_k^2). \end{aligned}$$

Введенные  $Y_k^\pm$  содержат в себе неизвестные константы:

$$Y_k^\pm = \mp \frac{ie^{iap_k} E_N(p_k^2)}{2p_k \sqrt{B-ip_k}} (C_k e^{\mp iap_k} + D_k e^{\pm iap_k}).$$

Благодаря выбранному виду функции  $\varphi(x)$  алгебраическая система для определения неизвестных может быть выписана относительно  $Y_k^\pm$

$$i \sum_{k=1}^N \left[ \frac{e^{i\alpha} \sqrt{B+i\alpha}}{p_k + \alpha} Y_k^+ - \frac{e^{-i\alpha} \sqrt{B-i\alpha}}{p_k - \alpha} Y_k^- \right] = g(\alpha, \eta) + g(-\alpha, -\eta),$$

$$g(\alpha, \eta) = \frac{e^{i\alpha(\alpha-\eta)}}{i(\alpha-\eta)} \left[ K_0^{-1} \left( \operatorname{erf} \sqrt{2a(B-i\eta)} - 1 \right) + \right.$$

$$\left. + \sqrt{(B+i\alpha)(B-i\eta)} \operatorname{erf} \sqrt{2a(B+i\alpha)} \right], \quad \alpha = \pm z_l, \quad l = \overline{1, N}.$$

Решение интегрального уравнения (1) для произвольной правой части  $f(x)$  находится с помощью (4) в форме:

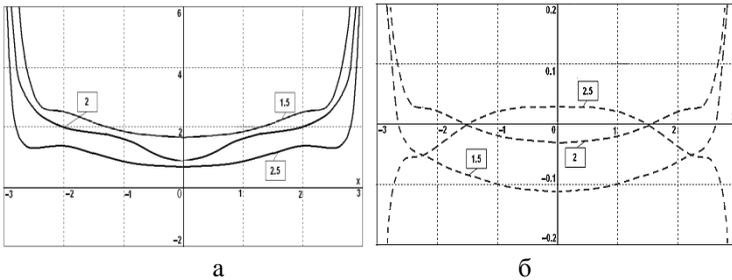
$$\tau^*(x) = \int_{\Gamma_*} \tau^*(x, \eta) F(\eta) d\eta, \quad f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma_*} F(\eta) e^{-i\eta x},$$

где  $F(\alpha)$  — Фурье-образ функции  $f(x)$ . Контур  $\Gamma_*$  не пересекает особенностей  $K^{-1}(\eta)$ .

Метод фиктивного поглощения позволяет использовать весь арсенал методов решения статических смешанных задач, но область применения полученных формул определяется областью применения решений задач для сред с сильным затуханием, использованных при их построении [2, 3].

На рисунке в качестве примера представлены значения вещественной (а) и мнимой (б) частей амплитуды скачка напряжений на включении для случая  $\eta = 0$ ,  $H_{12} = H_{23} = 0,75$ ,  $\rho_1/\rho_2 = 1,14$ ,

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = 1,3 \quad \text{в зависимости от приведенной частоты } \bar{\omega} = \omega a \sqrt{\rho_2 \mu_2^{-1}}.$$



**Рисунок 1. Вещественные и мнимые части амплитуды скачка напряжения**

### Список литературы:

1. Бабешко В.А. Некоторые соотношения для решений двумерных интегральных уравнений типа свертки смешанных задач / В.А. Бабешко, А.В. Павлова. — М., 1987. — 18 с. Деп. В ВИНТИ 18.08.87, № 6022-B87.
2. Бабешко В.А. Обобщенный метод факторизации в пространственных динамических смешанных задачах теории упругости. М.: Наука, — 1984. — 265 с.
3. Ворович И.И. Динамика массивных тел и резонансные явления в деформируемых средах / И.И. Ворович, В.А. Бабешко, О.Д. Пряхина. М.: Научный мир, — 1999. — 248 с.
4. Дифференциальный метод факторизации для блочной структуры / В.А. Бабешко [и др.] // ДАН. — 2009. — Т. 424, № 1. — С. 36—39.
5. Евдокимова О.В. Дифференциальный метод факторизации в неоднородных и нестационарных задачах // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. — 2007. — № 2. — С. 51—55.
6. Павлова А.В. К решению динамических задач для слоистого полупространства с дефектами / А.В. Павлова, С.Е. Рубцов // Наука технологии: труды XXIV Росс. Школы. М.: Изд. РАН, — 2004. — С. 283—290.
7. Пряхина О.Д. К исследованию динамики пакета упругих слоев с совокупностью жестких включений / О.Д. Пряхина, А.В. Смирнова // ДАН. — 2006. — Т. 411, № 3. — С. 330—333.

## СЕКЦИЯ 2.

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИПЕПТИДЫ КУНИТЦ-ТИПА АКТИНИИ HETERACTIS CRISPA

**Гладких Ирина Николаевна**

канд. хим. наук, науч. сотр., ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток  
E-mail: [irinagladkikh@gmail.com](mailto:irinagladkikh@gmail.com)

**Чаусова Виктория Евгеньевна**

мл. науч. сотр., ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток  
E-mail: [y.chausova@gmail.com](mailto:y.chausova@gmail.com)

**Табакмахер Валентин Михайлович**

аспирант, ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток  
E-mail: [tabval@yandex.ru](mailto:tabval@yandex.ru)

**Зеленуга Елена Александровна**

канд. физ.-мат. наук, науч. сотр., ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток  
E-mail: [zel@piboc.dvo.ru](mailto:zel@piboc.dvo.ru)

**Ткачева Екатерина Сергеевна**

мл. науч. сотр., ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток  
E-mail: [estkacheva@gmail.com](mailto:estkacheva@gmail.com)

**Синцова Оксана Владимировна**

студент Дальневосточного Федерального Университета,  
г. Владивосток  
E-mail: [sintsova0@mail.ru](mailto:sintsova0@mail.ru)

**Монастырская Маргарита Михайловна**

д-р хим. наук, вед. науч. сотр., ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток  
E-mail: [rita1950@mail.ru](mailto:rita1950@mail.ru)

**Козловская Эмма Павловна**  
*д-р хим. наук, профессор, ТИБОХ ДВО РАН, г. Владивосток*  
*E-mail: [kozempa@mail.ru](mailto:kozempa@mail.ru)*

**ANALGESIC KUNITZ-TYPE POLYPEPTIDES  
FROM THE SEA ANEMONE HETERACTIS CRISPA**

**Irina Gladkikh**  
*PhD, researcher PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

**Victoria Chausova**  
*Junior researcher PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

**Valentin Tabakmakher**  
*PhD-student PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

**Elena Zelepuga**  
*PhD, researcher PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

**Ekaterina Tkacheva**  
*Junior researcher PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

**Oksana Sintsova**  
*Student of Far Eastern Federal University, Vladivostok*

**Margarita Monastyrnaya**  
*Doctor of Chemistry, Leading Researcher PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

**Emma Kozlovskaya**  
*Doctor of Chemistry, Professor PIBOC FEB RAS, Vladivostok*

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 12-08-31567 мол\_а.*

## АННОТАЦИЯ

Для получения новых анальгетических полипептидов с помощью методов компьютерного моделирования из комбинаторной библиотеки полипептидов Кунитц-типа актинии *Heteractis crispa* выбраны две последовательности, HCGS 1.10 и 1.36. Показано, что единичные аминокислотные замены в полипептидах не препятствуют взаимодействию с TRPV1-рецептором. Методами молекулярного клонирования на основе вектора pET32b(+) созданы две генно-инженерные конструкции, несущие гены анальгетических полипептидов. Проведена аналитическая экспрессия гибридных белков. Показано, что полипептиды экспрессируются в растворимом виде.

## ABSTRACT

To obtain new analgesic polypeptides using computer modeling methods two sequences HCGS 1.10 and 1.36 from a combinatorial library of Kunitz-type polypeptides of the sea anemone *Heteractis crispa* were selected. It was shown that point amino acid substitutions in the polypeptides do not prevent to the interaction with TRPV1-receptor. Using molecular cloning techniques based on vector pET32b (+) two constructs with the analgesic polypeptides genes were created. The analytical expression of the fusion proteins was performed. It was shown that the polypeptides are expressed in a soluble form.

**Ключевые слова:** комбинаторная библиотека; анальгетические полипептиды; компьютерное моделирование; молекулярное клонирование, экспрессия.

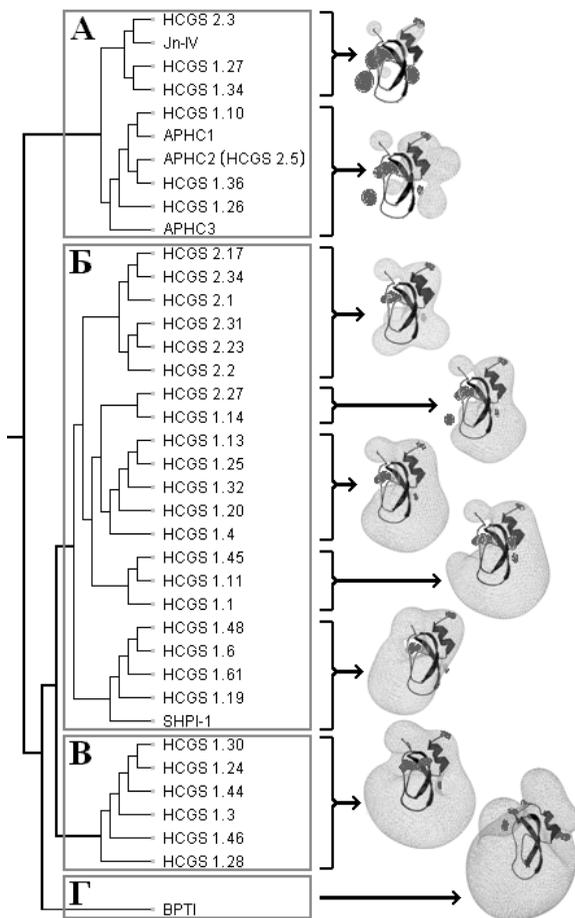
**Keywords:** combinatorial library; analgesic polypeptides; computer modeling; molecular cloning; expression.

Полипептиды Кунитц-типа широко представлены как в наземных, так и морских ядовитых организмах и являются компонентами не только ядов, но и секрета кожи. Они проявляют разнообразные виды биологической активности, действуют на различные биологические мишени (ферменты, ионные каналы и ионотропные рецепторы), могут играть важную роль в выживании животных, защите от деградации полипептидных токсинов и других белковых компонентов яда и/или в формировании синергетического эффекта действия компонентов яда. Согласно литературным данным ряд полипептидных молекул с разнообразными функциями, продуцируемых ядовитыми организмами, имеет Кунитц-фолд. Природа, вероятно, «отбирала» этот мотив как общий каркас для проявления различных видов биологической активности [10, 11, 15]. Установлено,

что в ядах змей, скорпионов, пауков, конусов и актиний полипептиды Кунитц-типа продуцируются в виде многочисленных изоформ и образуют природные комбинаторные библиотеки. В настоящее время полипептиды Кунитц-типа представляют фундаментальный интерес, заключающийся в получении на их основе высокоспецифичных инструментов для исследования различных биологических мишеней и создания лекарственных препаратов нового поколения. Однако близкие значения физико-химических характеристик нативных полипептидов создают серьезную проблему при выделении данных соединений в индивидуальном состоянии. Кроме того, поиск и установление первичной структуры минорных изоформ полипептидов сложно осуществить методами белковой химии, которые требуют значительного количества исходного сырья.

В то же время анализ аминокислотных последовательностей и пространственных структур полипептидов комбинаторных библиотек с помощью методов молекулярной биологии и компьютерного моделирования позволяет быстро получить полную информацию о многообразии существующих изоформ и специфичности действия на биологические мишени. Эти современные методологические подходы дают возможность получения отдельных полипептидов, потенциальных кандидатов для создания фармакологических препаратов с заданными свойствами в рекомбинантной форме, что способствует сохранению численности популяций морских гидробионтов.

Ранее установлено, что 33 представителя HCGS-полипептидов образуют комбинаторную библиотеку полипептидов Кунитц-типа актинии *Heteractis crispa* [12]. С целью структурно-функционального анализа полученных структур для каждого GS-полипептида комбинаторной библиотеки с помощью программы SPDBV [16] был рассчитан молекулярный электростатический потенциал (МЭП) и построены эквипотенциальные поверхности, представляющие собой трехмерную визуализацию МЭП (рис. 1). МЭП является важной характеристикой белковой молекулы и определяет ее специфичность и кинетику молекулярного связывания [17].



**Рисунок 1.** Дендрограмма полипептидов Кунитц-типа актинии *H. crispa*, SHPI-1 актинии *Stichodactyla helianthus* [7] и BPTI — полученная с применением программы PIPSA и сервера webPIPSA [17, 9]. Структуры макромолекул полипептидов представлены в виде ленточной диаграммы (обозначены черным цветом). Справа от дендрограммы представлены эквипотенциальные поверхности, характерные для данной группы полипептидов в кластерах А — Г. Расчеты МЭП выполнены в программе SPDBV (цветовое обозначение: темно-серый — отрицательный потенциал, светло-серый — положительный потенциал)

Как правило, полипептиды с близкими электростатическими свойствами имеют сходный механизм связывания с мишенями и, возможно, одинаковую биологическую активность. Было отмечено, что для HCGS-полипептидов характерно несколько типов МЭП. В результате проведенного анализа подобия МЭП представителей комбинаторной библиотеки, ингибитора протеиназ SHPI-1 из актинии *Stichodactyla helianthus* и ВРП — как наиболее изученного представителя структурного семейства Кунитца, полипептиды были разделены на четыре кластера (рис. 1).

Особый интерес представляют представители комбинаторной библиотеки, которые характеризуются точечным распределением МЭП и формируют кластер А. Идентичность последовательностей внутри данной группы составляет 84—98 %. В отличие от других представителей комбинаторной библиотеки HCGS, эти полипептиды имеют остатки Thr (положение 14) в центре реактивного сайта и Glu (положение 38) в сайте слабых взаимодействий с сериновыми протеиназами. В этом кластере можно выделить две подгруппы соединений: одна из них образована полипептидами, гомологичными ингибитору трипсина Jn-IV [3] со степенью идентичности аминокислотной последовательности внутри подгруппы 88—98 %, и другая — гомологичными анальгетическим полипептидам APHC1-APHC3 [5, 4] со степенью идентичности 91—98 %.

Принимая во внимание столь высокую степень идентичности аминокислотных последовательностей и общий характер распределения МЭП, мы можем предположить, что новые HCGS-полипептиды (1.10, 1.26, и 1.36), которые группируются с APHC1-APHC3 (рис. 1), должны, помимо трипсинингибирующей активности ( $K_i \sim 10^{-6}$ — $10^{-7}$  М), обладать способностью модулировать *in vitro* болевой ваниллоидный рецептор TRPV1 и оказывать анальгетическое действие *in vivo*. Поэтому для создания генно-инженерных конструкций были выбраны две последовательности GS-полипептидов, а именно HCGS 1.10 и HCGS 1.36, которые содержат положительно заряженные остатки Arg18 и Arg48 (рис. 2), вносящие, согласно литературным данным [5], существенный вклад в модулирование функциональной активности TRPV1-рецептора.

```

Jn-IV ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTPFIYGG3EGNSYVDEFLHACRAICRA4----
HCGS 2.3 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFPGFYFDSETGKCTPFIYGR3CEGNGN4NFETLHACRAICRA5----
HCGS 1.27 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTPFIYGG3CEGNGN4NFETLHACRAICRA5----
HCPG 1.34 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTPFIYGG3CEGSGN4NFETLHACRAICRA5----

HCGS 1.10 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYLRRFYFDSETGKCTPFIYGG3CEGNGN4NFETLRA5CRAICRA6----
APHC1 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTVFIYGG3CEGNGN4NFETLRA5CRAICRA6----

HCGS 1.36 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYDSETGKCTPFIHGG3CEGNGN4NFETLRA5CRAICRA6----
APHC2 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTPFIYGG3CEGNGN4NFETLRA5CRAICRA6----

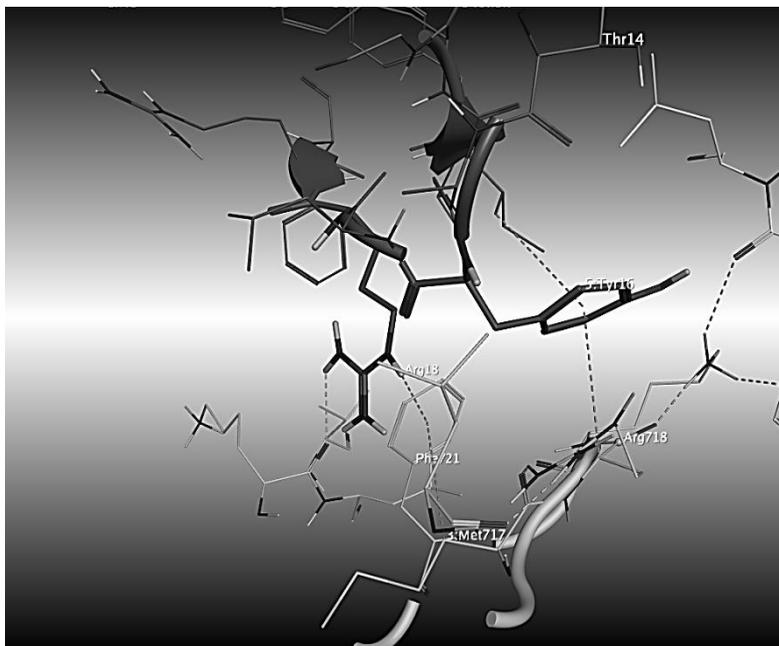
APHC3 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFNSETGKCTPFIYGG3CEGNGN4NFETLRA5CRGICRA6----
HCGS 1.26 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTPFIYGG3CEGNGN4NFETLHACRAICRA5----
HCGS 2.5 ----GSI1LEPKVVGPC2TAYFRRFYFDSETGKCTPFIYGG3CEGNGN4NFETLRA5CRAICRA6----

```

**Рисунок 2. Множественное выравнивание аминокислотных последовательностей GS-полипептидов кластера А. Подчеркнуты полипептиды, входящие с нативными анальгетиками APHC1 и APHC2 [5, 4] в состав двух «анальгетических» подгрупп**

Механизм взаимодействия полипептидов HCGS 1.10 и HCGS 1.36 с TRPV1 рецептором был установлен на основании построенной ранее с помощью метода молекулярного докинга структурной модели комплекса APHC1-TRPV1 [1], а также проведенного *in silico*-мутагеза APHC1 в комплексе с болевым рецептором. Согласно результатам молекулярного моделирования и молекулярной динамики, проведенным с использованием программы MOE, единичные негомологичные аминокислотные замены не должны оказывать существенного влияния на прочность связывания полипептидов данной группы с болевым рецептором.

Так полипептид HCGS 1.10 отличается от APHC1 несколькими заменами. Замена Phe17 на Leu локализована в участке ароматического кластера, который отличает группу полипептидов, обладающих анальгетической активностью, от других представителей комбинаторной библиотеки *H. crispa* полипептидов Кунитц-типа. В то время как замена Val31 на Pro также присутствует в полипептиде APHC3 и не приводит к утрате анальгетического действия полипептида. Молекулярно-динамические расчеты комплекса HCGS 1.10-TRPV1 в водном окружении при pH 6,0 показали, что замена Phe17Leu не привела к заметному изменению количественных характеристик взаимодействия с рецептором по сравнению с комплексом APHC1-TRPV1. При этом замена ароматического аминокислотного остатка Phe на алифатический Leu не препятствовала образованию кластера  $\pi$ -катионных взаимодействий между полипептидом и рецептором: Arg18-B:Phe721-B:Met717 и Ile 33-Tyr16-B:Arg718 (рис. 3).



***Рисунок 3. Межмолекулярные взаимодействия полипептида НCGS 1.10 с TRPV1. Аминокислотные остатки в комплексе представлены в виде стержневой диаграммы. Водородные связи и  $\pi$ -катионные взаимодействия показаны пунктирными линиями***

Ранее нами было показано, что Val31 анальгетического полипептида АРНС1 образует водородную связь с Lys719 субъединицы D рецептора TRPV1 [1]. Однако присутствие остатка Pro в этом положении у всех полипептидов «анальгетической группы», за исключением АРНС1, не создает пространственных или иных препятствий для взаимодействия с болевым рецептором. Это хорошо согласуется с экспериментальными данными об анальгетическом действии АРНС3 [4].

Полипептид НCGS 1.36, помимо выше упомянутой замены в положении 31, содержит еще две замены: Phe22Tyr и Tyr34His. Несмотря на то, что эти замены отличают данный полипептид от всех остальных представителей группы, нами не выявлено сколь-нибудь важных изменений во взаимодействиях TRPV1 рецептора с полипептидом по сравнению с другими представителями группы. Phe22 полипептида НCGS 1.36 в составе комплекса с TRPV1 локализован

на периферийной части области контактов, и его боковая часть не экспонирована в интерфейс межмолекулярных взаимодействий. По-видимому, влияние этого остатка может быть существенным лишь с точки зрения стабильности самого полипептида, но не его комплекса с TRPV1 рецептором. His34, так же как и Trp34 в комплексе APHC1-TRPV1, не вовлечен во взаимодействие с рецептором, хотя его боковая цепь экспонирована в интерфейс в области Lys719 и Ala720 субъединицы В рецептора.

Таким образом, показано, что единичные аминокислотные замены в полипептидах HCGS 1.36 и HCGS 1.10 не представляют стерических или электростатических препятствий для взаимодействия с болевым рецептором TRPV1 и, следовательно, для проявления ими анальгетического действия *in vivo*. Поэтому данные полипептиды были отобраны для дальнейшего молекулярного клонирования с целью получения рекомбинантных форм и дальнейших исследований.

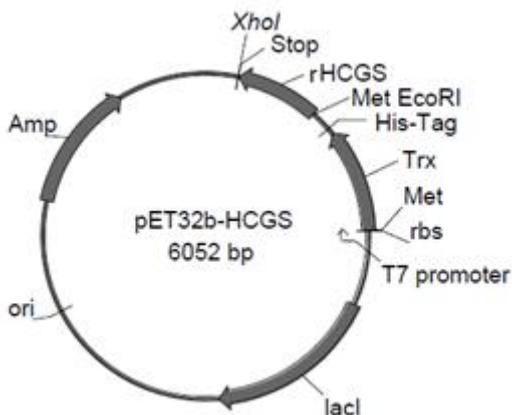
Широко распространенным способом получения белковых молекул является их функциональная экспрессия в клетках прокариот, например в *Escherichia coli* [18]. В условиях бактериальной системы высокий уровень продукции рекомбинантных полипептидов может достигаться за счет правильного выбора экспрессионной системы, оптимизации условий биосинтеза и очистки целевого белка. Наличие в рекомбинантных белках дисульфидных связей значительно осложняет продукцию функционально-активных белков, т.к. у *E. coli* отсутствуют ферментативные системы, отвечающие за образование дисульфидных связей и поэтому молекула такого полипептида, синтезированного в бактериальной клетке, не стабилизированная дисульфидными связями, становится очень чувствительной к протеолитической деградации [8]. Поэтому функциональную экспрессию дисульфид-содержащих белков, как правило, проводят в составе слитных конструкций в паре с геном белка-носителя тиоредоксина (Trx), который способен не только катализировать замыкание дисульфидных связей в целевом белке, но и удерживать его в растворимом состоянии, так как Trx накапливается в цитоплазме *E. coli* (до 40 % от общей массы клеточных белков), оставаясь при этом в растворимой форме. Кроме того, благодаря своим небольшим размерам (11675 Да) Trx, включенный в гибридный белок, не увеличивает чрезмерно его массу. Расположение на поверхности белковой молекулы Trx N- и C-концов удобно для присоединения к нему других белков [19, 13].

В линкере, соединяющем последовательности белка-носителя и целевого белка, как правило, предусмотрен сайт для последующего

химического или ферментативного гидролиза гибридного белка. Гидролиз с помощью химического расщепления гибридного белка бромцианом (BrCN) позволяет получить целевой продукт с N-концевой последовательностью нативного полипептида [6]. Однако использование BrCN подходит только для белков, не содержащих собственных остатков метионина.

При выборе системы экспрессии было отдано предпочтение вектору pET32b(+), который используется для экспрессии в *E. coli* гибридных белков с Trx. Преимущество данной экспрессионной конструкции заключается в том, что вектор обеспечивает высокий выход целевого белка, а Trx — правильность замыкания дисульфидных связей, необходимых для формирования биологически активной структуры дисульфид-содержащих белков, к которым относятся полипептиды Кунитц-типа.

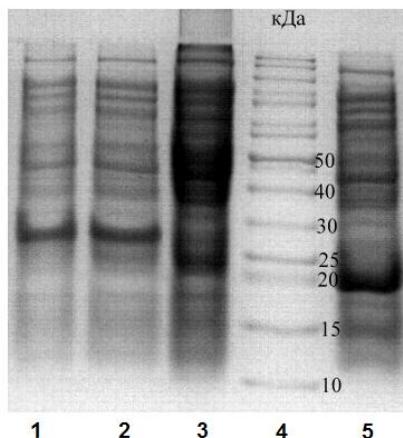
Нуклеотидные последовательности, кодирующие HCGS 1.10 и HCGS 1.36 были проверены на присутствие редких кодонов в клетке хозяина *E. coli*. Выбранные последовательности HCGS-полипептидов, уже содержащие на 5'-конце сайт для *EcoRI* рестриктазы, кодон метионина (Met), а на 3'-конце — стоп кодон (TAA) и сайт для *XhoI* рестриктазы, были субклонированы из вектора pTZ57R/T по сайтам рестрикции *EcoRI* и *XhoI* в вектор pET32b(+) в составе T7-контролируемого оперона (рис. 4).



**Рисунок 4. Физическая карта плазмиды pET-32b-HCGS полипептид**

Остаток Met был введен перед последовательностью целевого продукта, чтобы в дальнейшем эффективно провести гидролиз BrCN гибридного белка и отщепить зрелый полипептид с нативной N-концевой последовательностью от конечного слитного белка-носителя. Собственного остатка метионина аминокислотные последовательности HCGS-полипептидов не имеют, поэтому выбранный метод химического расщепления пептидной связи можно использовать без каких-либо ограничений. Фрагменты HCGS-полипептидов встраивали после фрагмента Trx и His6-Tag, аффинно-хелатирующего Ni<sup>2+</sup>-содержащую смолу, что позволяет на стадии металлоаффинной хроматографии избавиться от большинства балластных белковых компонентов клеточного лизата [3].

Далее полученными конструкциями, обозначенными как pET32-HCGS 1.10 и pET32-HCGS 1.36, трансформировали штамм *E. coli* Top 10 с помощью метода электропорации, который затем высевали на чашки с твердой питательной средой, содержащей селективный антибиотик ампициллин (100 мкг/мл). Положительные клоны, содержащие рекомбинантные плазмиды, были отобраны с помощью метода ПЦР «на колониях» и проверены на отсутствие мутаций прямым секвенированием с использованием стандартных праймеров. Затем результирующими генетическими конструкциями трансформировали штамм *E. coli* BL21(DE3) методом электропорации для проведения аналитической экспрессии. Аналитическую экспрессию рекомбинантных полипептидов проводили в 25 мл питательной культуры при интенсивной аэрации (180 об/мин) и температуре 37°C. Нарботку целевого слитного белка индуцировали добавлением 1 mM ИПТГ. Электрофоретическое разделение компонентов клеточных лизатов в ДСН-ПААГ показало, что молекулярные массы рекомбинантных гибридных полипептидов соответствовали расчетным данным (больше 26 кДа, рис. 5). Анализ растворимых и нерастворимых фракций бактериальных лизатов показал, что рекомбинантные гибридные HCGS-полипептиды содержатся только в растворимых фракциях.



**Рисунок 5. Электрофореграмма гибридных белков. Клеточные лизаты BL21(DE3) штаммов-продуцентов *E. coli*: 1 — *rET32b-rHCGS1.10*; 2 — *rET32b-rHCGS1.36*; 3 — контроль (*rET32b-Trx* без добавления ИПТГ); 4 — белки-стандарты молекулярной массы; 5 — контроль *rET32b-Trx***

Таким образом, в результате проделанной работы созданы две генно-инженерные конструкции, несущие гены анальгетических HCGS-полипептидов, на основе вектора *rET32b(+)* и проведена аналитическая экспрессия гибридных рекомбинантных белков Кунитц-типа актинии *H. crispata*. Показано, что два гибридных рекомбинантных HCGS-полипептида экспрессируются в растворимом виде.

### Список литературы:

1. Зелепуга Е.А., Табакмахер В.М., Чаусова В.Е., Монастырская М.М., Исаева М.П., Козловская Э.П. Взаимодействие полипептидов кунитц-типа актинии *Heteractis crispata* с болевым ваниллоидным рецептором TRPV1: *in silico* исследование // Биоорг. химия. — 2012. — Т. 38, С. 185—198.
2. Зыкова Т.А., Винокуров Л.М., Маркова Л.Ф., Козловская Э.П., Еляков Г.Б. Аминокислотная последовательность ингибитора трипсина IV из *Radianthus macrodactylus* // Биоорг. химия. — 1985. — Т. 11, С. 293—301.
3. Иванов А.С., Згода А.И., Арчаков В.Г. Технологии белковой интерактомики // Биоорг. химия. — 2011. — Т. 37, № 1. С. 8—21.

4. Козлов С.А., Андреев Я.А., Мурашев А.Н., Скобцов Д.И., Дьяченко И.А., Гришин Е.В. Новые полипептидные компоненты с анальгетической активностью из морской анемоны *Heteractis crispa* // Биоорг. химия. — 2009. — Т. 35. С. 789—798.
5. Andreev Y.A., Kozlov S.A., Koshelev S.G., Ivanova E.A., Monastyrnaya M.M., Kozlovskaya E.P., Grishin E.V. Analgesic compound from sea anemone *Heteractis crispa* is the first polypeptide inhibitor of vanilloid receptor 1 (TRPV1) // J. Biol. Chem.— 2008. — V. 283. P. 23914—23921.
6. Andreev Y.A., Kozlov S.A., Vassilevski A.A., Grishin E.V. Cyanogen bromide cleavage of proteins in salt and buffer solutions // Anal Biochem. — 2010. — V. 407, № 1. P. 144—146.
7. Antuch W., Berndt K.D., Chavez M.A., Delfin J., Wüthrich K. The NMR solution structure of a Kunitz-type proteinase inhibitor from the sea anemone *Stichodactyla helianthus* // Eur. J. Biochem. — 1993. — V. 212, P. 675—684.
8. Berndt C., Lillig C.H., Holmgren A. Thioredoxins and glutaredoxins as facilitators of protein folding // Biochim. Biophys. Acta. — 2008. — V. 1783, № 4. P. 641—650.
9. De Rienzo F., Gabdoulline R.R., Menziani M.C., De Benedetti P.G., Wade R.C. Electrostatic Analysis and Brownian Dynamics Simulation of the Association of Plastocyanin and Cytochrome F // Biophys. J. — 2001. — V. 81, P. 3090—3104.
10. Escoubas P. Molecular diversification in spider venoms: a web of combinatorial peptide libraries // Mol. Divers. — 2006. — V. 10. P. 545—554.
11. Fry B.G. From genome to «venom»: molecular origin and evolution of the snake venom proteome inferred from phylogenetic analysis of toxin sequences and related body proteins // Genome Res. — 2005. — V. 15, № 3. P. 403—420.
12. Isaeva M.P., Chausova V.E., Zelepuga E.A., Guzev K.V., Tabakmakher V.M., Monastyrnaya M.M., Kozlovskaya E.P. A new multigene superfamily of Kunitz-type protease inhibitors from sea anemone *Heteractis crispa* // Peptides. — 2012. — V. 34. P. 88 — 97.
13. McCoy J., Lavallie E. Expression and purification of thioredoxin fusion proteins // Curr. Protoc. Mol. Biol. — 2001. — Chapter 16:Unit16.8.
14. Novagen. pET System Manual. 2008. 11th edition.
15. Olivera B.M., Hillyard D.R., Marsh M., Yoshikami D. Combinatorial peptide libraries in drug design: lessons from venomous cone snails // Trends Biotechnol. — 1995. — V. 13, № 10. P. 422—426.
16. Peitsch M.C. Protein modeling by E-mail // Nat. Biotechnol. 1995. V. 13. P. 658—660.
17. Richter S., Wenzel A., Stein M., Gabdoulline R.R., Wade R.C. webPIPSA: a web server for the comparison of protein interaction properties // Nucleic Acid Res. — 2008. — V. 36, P. 276—280.

18. Rudolph R. Successful protein folding on an industrial scale // Protein engineering: principles and practice. New York: Wiley-Liss. — 1996. P. 283—298.
19. Yasukawa T., Kanei-Ishii C., Maekawa T., Fujimoto J., Yamamoto T., Ishii S. Increase of solubility of foreign proteins in Escherichia coli by coproduction of the bacterial thioredoxin // J. Biol. Chem. — 1995. — V. 270, № 43. P. 25328—25331.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЁРТЫВАНИЯ  
КРОВИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЗООТОКСИНОВ  
В УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕРМИИ  
И В ПОСТГИПЕРТЕРМИЧЕСКИЙ ПЕРИОД**

*Лушникова Ольга Викторовна*

*канд. биол. наук, ассистент, НГМА,  
г. Н. Новгород*

*Малиновский Дмитрий Сергеевич*

*Аспирант, ННГУ,  
г. Н. Новгород*

*E-mail: [labmouse@pochta.ru](mailto:labmouse@pochta.ru)*

**CHANGE OF BLOOD COAGULATION INDICES  
UNDER ZOOTOXINS INFLUENCE IN THE  
CONDITIONS OF HYPERTHERMIA AND DURING  
POST HYPERTHERMIC PERIOD**

*Lushnikova Olga Viktorovna*

*Candidate of Biological Sciences, assistant of State Medical Academy of  
Nizhni Novgorod*

*Malinovski Dmitry Sergeevich*

*Graduate student of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*

## АННОТАЦИЯ

Цель: изучение влияния зоотоксинов и гипертермии на показатели свёртывающей системы крови крыс. Метод: тромбоэластография. Результат: пчелиный яд в условиях нормотермии влияет на все фазы свёртывания крови, вызывая гипокоагуляцию, яд щитомордника вызывает гиперкоагуляцию, а жабий яд не влияет на свёртывание крови. Тепловая экспозиция сопровождается гиперкоагуляцией, как при введении физиологического раствора (контроль), так и при введении пчелиного яда и яда щитомордника. Во всех экспериментальных группах в постгипертермический период наступает нормализация показателей тромбоэластограммы. Выводы: гипертермия вызывает гиперкоагуляцию в контроле и при введении зоотоксинов.

## ABSTRACT

Objective: to study influence of zootoxins and hyperthermia on rats' blood coagulation system indices. Approach: thromboelastography. Result: inducing hypocoagulation, apitoxin under the conditions of normothermia influences all the blood coagulation periods; copperhead snake's venom causes hypercoagulation; while anuran's venom does not affect blood coagulation. Thermal exposure is accompanied by hypercoagulation while saline infusion as well as while apitoxin and copperhead snake's venom's infusion. During post hyperthermic period there comes normalization of thromboelastogram indices in all experimental groups. Conclusion: hyperthermia causes hypercoagulation under control and while zootoxins infusion.

**Ключевые слова:** гипертермия; зоотоксины; свёртывание крови.

**Key words:** hyperthermia; zootoxins; blood coagulation.

Известно, что пчелиный яд обладает хорошо выраженной антикоагулянтной активностью [4]. Исследования автора, проведенные *in vitro*, позволяют утверждать, что пчелиный яд замедляет свертывание крови, удлиняет протромбиновое время и угнетает тромбопластическую активность крови. Замедление свертывания крови происходит за счет инактивации тканевого тромбопластина и торможения образования плазменного тромбопластина, вследствие угнетения факторов V, VII, VIII, XI, XII. Причем, чем больше концентрация яда, тем сильнее нарушается процесс свертывания крови. Данные тромбоэластографии указывают на изменение функциональной активности тромбоцитов и угнетение образования тромбопластина. На фибриноген пчелиный яд не действует и, следовательно, не влияет на третью фазу свертывания крови.

По мнению английских авторов, противосвертывающая активность пчелиного яда обусловлена формированием гидролитического комплекса между антикоагулянтными фосфолипазами и фосфатидилсеринем мембраны тромбоцитов.

Ряд исследований, проведенных в разных странах, позволил выяснить механизмы действия ряда гемокоагулирующих змеиных ядов, к которым, в частности, относится и яд щитомордника восточного. Характер гемокоагулирующего действия змеиных ядов в большей степени зависит от способа исследования *in vivo* или *in vitro*, возраста отравленного животного и человека. При введении в организм яд большинства гадюковых и гремух змей оказывает двухфазное действие на свертываемость крови — вначале вызывает внутрисосудистое свертывание, а затем кровь теряет на длительной время способность к свертыванию. Большинство коагулирующих протеаз змеиных ядов отщепляют от фибриногена 2 фибринопептида (вместо 4), что приводит к агрегации фибриномера с образованием непрочного сгустка. Кроме того, большинство змеиных протеаз не активируют фактор XIII, вследствие чего образующийся сгусток не подвергается ретракции и легко лизируется плазмином [5].

Исследование гемостатических свойств яда жабы *in vitro* показало, что добавление жабьего яда в разведении  $1:10^3$  не вызывает изменений показателей тромбоэластограммы по сравнению с контролем [3].

Выбор зоотоксинов для проведения исследований по изучению тромбоэластографических показателей в условиях гипертермии и в постгипертермический период был обусловлен тем, что пчелиный яд, является антикоагулянтом, яд щитомордника — коагулянтом, а жабий яд — не влияет на процесс свертывания крови.

Исследование влияния зоотоксинов и высокой внешней температуры на систему свертывания крови проводилось на анализаторе гемокоагуляции механическом АГКМ 1-01, тромбоэластографическим способом. Процесс свертывания крови регистрируется в аналоговой форме на ленте самописца в виде тромбоэластограммы (ТЭГ), в цифровой форме измеряются время реакции и площадь ТЭГ в течение 15 мин после окончания времени реакции. Исследование проводилось на цитратной крови в микрообъеме ( $0,10 \pm 0,0025$  мл). Кровь, взятая из хвостовой вены животных, исследовалась в динамике: до гипертермии, во время гипертермии и через 1, 6 и 24 часа после тепловой экспозиции [2].

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программы «Биостат». Для сравнения

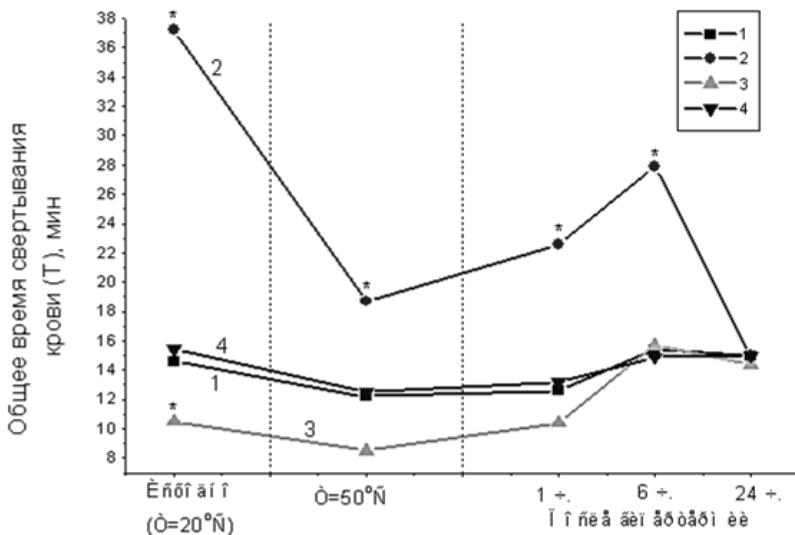
нескольких групп использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений [1].

В контрольных экспериментах при внутривенном введении физиологического раствора в условиях гипертермии общее время свёртывания крови снижается с  $14,6 \pm 0,7$  мин до  $12,2 \pm 1,0$  мин, однако эти различия недостоверны. В постгипертермический период наблюдается тенденция восстановления параметров общего времени свёртывания крови (рис. 1).

Введение пчелиного яда в дозе 2 мг/кг в условиях нормотермии ( $20^\circ\text{C}$ ) увеличивает время свёртывания крови с  $14,6 \pm 0,7$  мин в контроле до  $37,2 \pm 2,9$  мин. В условиях высокой внешней температуры ( $50^\circ\text{C}$ ) показатель общего времени свёртывания крови снижается относительно нормотермии до  $18,7 \pm 2,1$  мин, но остаётся повышенным относительно контрольных величин. В постгипертермический период наблюдается тенденция к нормализации гемостаза, а через 24 часа после тепловой экспозиции в течение 25 мин время свёртывания крови не отличается от контрольных величин (рис. 1).

Иная картина наблюдается при введении яда щитомордника в дозе 4 мг/кг. В условиях нормотермии инъекция яда сопровождается снижением общего времени свёртывания крови с  $14,6 \pm 0,7$  мин в контроле до  $10,5 \pm 0,9$  мин. При тепловой экспозиции происходит дальнейшее снижение показателя общего времени свёртывания крови до  $8,5 \pm 1,0$  мин. В течение последующих суток время свёртывания крови возвращается к норме (рис. 1).

Введение жабьего яда в дозе 2 мг/кг сопровождается изменениями, характерными для контрольной серии экспериментов (рис. 1).



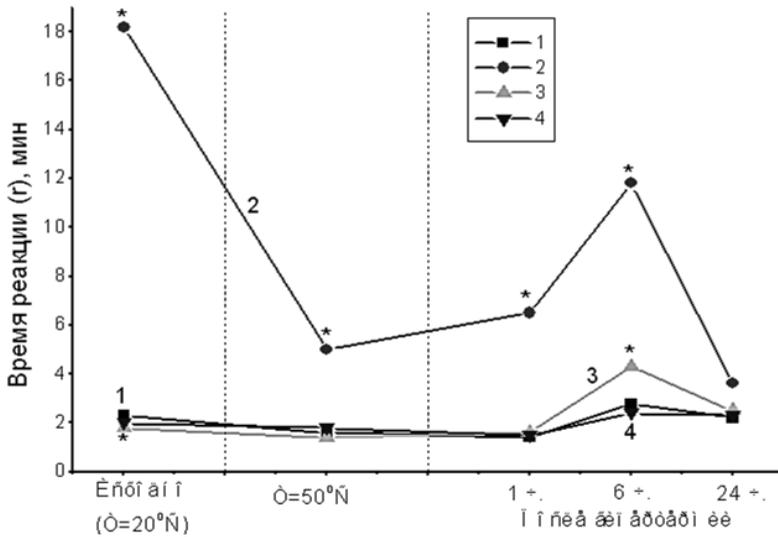
**Рисунок 1. Изменение показателей общего времени свертывания крови Т (мин) в условиях гипертермии и в постгипертермический период**

1 — контроль (физиологический раствор); 2 — пчелиный яд (2 мг/кг); 3 — яд цитомордника (4 мг/кг); 4 — жабий яд (2 мг/кг);

\* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ )

Пусковым механизмом свёртывания крови является образование тромбопластина, которое оценивается временем реакции и характеризует первую невидимую фазу свёртывания крови.

Введение пчелиного яда в дозе 2 мг/кг в условиях нормотермии сопровождается увеличением времени реакции с  $2,3 \pm 0,1$  мин в контроле до  $18,2 \pm 3,5$  мин. При температурной экспозиции в течение 25 мин показатель времени реакции снижается до  $5,0 \pm 0,6$  мин, оставаясь, тем не менее, выше контрольных величин. Через 6 часов после тепловой экспозиции показатель времени реакции вновь увеличивается до  $11,8 \pm 2,7$  мин, а через 24 часа он возвращается к исходным величинам (рис. 2).



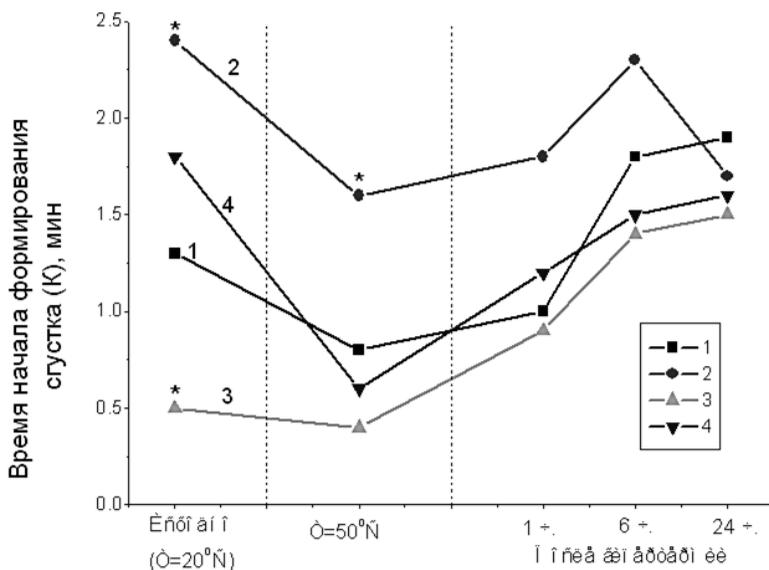
**Рисунок 2. Изменение показателей времени реакции (r) в условиях гипертермии и в постгипертермический период (мин); 1 — контроль (физиологический раствор); 2 — пчелиный яд (2 мг/кг); 3 — яд щитомордника (4 мг/кг); 4 — жабий яд (2 мг/кг); \* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ )**

В условиях нормотермии яд щитомордника в дозе 4 мг/кг достоверно снижает показатель времени реакции, что показывает увеличение скорости образования тромбопластина. В условиях гипертермии контрольный показатель и показатель времени реакции практически соответствуют друг другу. Через 6 часов после тепловой экспозиции показатель времени реакции достоверно увеличивается, достигая  $4,3 \pm 0,9$  мин. Через 24 часа этот показатель не отличается от контрольных величин (рис. 2).

Кривая изменений показателя времени реакции при введении жабьего яда как в условиях гипертермии, так и в постгипертермический период практически совпадает с изменениями, происходящими в контрольной серии экспериментов (рис. 2).

О начале формирования сгустка можно судить по величине «К». Изменение этого параметра зависит от концентрации тромбина и фибриногена. В отрезок времени «К», образовавшийся тромбин переводит фибриноген в фибрин, поэтому параметр «К» ещё называют

тромбоэластографической константой тромбина. Таким образом, увеличение времени формирования сгустка говорит о гипокоагуляции (рис. 3).



**Рисунок 3. Изменение времени начала формирования сгустка (К) в условиях гипертермии и в постгипертермический период (мин)**  
**1 — контроль (физиологический раствор); 2 — пчелиный яд (2 мг/кг); 3 — яд щитомордника (4 мг/кг); 4 — жабий яд (2 мг/кг);**  
**\* —  $p < 0.05$  по сравнению с контролем**

При введении пчелиного яда в дозе 2 мг/кг в условиях нормотермии величина «К» увеличивается с  $1,3 \pm 0,4$  мин в контроле до  $2,4 \pm 0,1$  мин. В условиях высокой внешней температуры происходит снижение времени формирования сгустка, как в контрольной серии, так и в условиях эксперимента. В течение 24 ч. параметры «К» возвращаются к исходным величинам (рис. 3).

Введение яда щитомордника при нормотермии более чем в два раза снижает показатели времени формирования сгустка, а инъекция жабьего яда сопровождается при всех условиях эксперимента стабильными показателями «К», достоверно не отличающимися от контрольных величин (рис. 3).

Таким образом, исходя из полученных экспериментальных данных, можно сказать, что пчелиный яд в условиях нормотермии влияет на все фазы свёртывания крови, вызывая гипокоагуляцию, яд щитомордника вызывает гиперкоагуляцию, а жабий яд не влияет на свёртывание крови. Тепловая экспозиция сопровождается гиперкоагуляцией, как при введении физиологического раствора, так и при введении пчелиного яда и яда щитомордника. Во всех экспериментальных группах в постгипертермический период наступает нормализация показателей тромбэластограммы.

### **Список литературы:**

1. Гланц Стентон. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. — М.: Практика, 1999. — 459 с.
2. Звонкова М.Б., Хомутов А.Е., Бутылин А.Г., Пурсанов К.А., Слободянюк В.С., Перепелюк З.В. Влияние высоких доз гепарина на процессы гемостаза // Вестник Нижегородского госуниверситета. — 2010. — № 2(2). — С. 636—641.
3. Омаров Ш.М. Патофизиологические аспекты антикоагулирующего действия зоотоксинов и их ингредиентов: автореф. дисс... докт. мед. наук: 14.00.16 / Омаров Шамиль Магомедович. — М., 1980. — 32 с.
4. Омаров Ш.М. Патофизиологические аспекты антикоагуляционного действия пчелиного яда и его ингредиентов // Механизмы действия зоотоксинов. — Горький: ГГУ, 1986. С. 54—61.
5. Орлов Б.Н., Гелашвили Д.Б. Зоотоксикология. М.: Высшая школа, 1985. — 280 с.

**ОЦЕНКА ВХОЖДЕНИЯ В ПОКОЙ ЯБЛОНИ  
В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ  
ПО ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИМ И АНАТОМО-  
МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ**

***Ненько Наталья Ивановна***

*д-р с.-х. наук, зав. лабораторией физиологии и биохимии растений  
Государственного научного учреждения Северо-Кавказский  
зональный научно-исследовательский институт садоводства  
и виноградарства Россельхозакадемии, г. Краснодар  
E-mail: [nenko.nataliya@yandex.ru](mailto:nenko.nataliya@yandex.ru)*

***Киселева Галина Константиновна***

*канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории  
физиологии и биохимии растений Государственного научного  
учреждения Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский  
институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии,  
г. Краснодар  
E-mail: [galina-kiseleva-1960@mail.ru](mailto:galina-kiseleva-1960@mail.ru)*

**SCORE FROM ENTERING THE REST OF APPLE TREES IN  
THE CONDITIONS OF KRASNODAR REGION ON  
PHYSIOLOGIC-BIOCHEMICAL AND ANATOMICAL-  
MORPHOLOGICAL PARAMETERS**

***Natalia Nenko***

*Doctor of Sciences, the head of the laboratory of plant physiology  
and biochemistry, State scientific organization North Caucasian Regional  
Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy  
of agricultural sciences, Krasnodar*

***Galina Kiseleva***

*Candidate of Science, assistant professor, Senior scientific worker  
of the laboratory of physiology and biochemistry of the plants of State  
scientific organization North Caucasian Regional Research Institute  
of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of agricultural  
sciences, Krasnodar*

## АННОТАЦИЯ

Для оценки вхождения в глубокий покой растений яблони в 2010—2011 гг. использован комплекс физиолого-биохимических и анатомо-морфологических показателей. Установлено, что более позднее вхождение в состояние глубокого покоя яблони при потеплении климата обусловлено активными обменными процессами, что характеризуется большим содержанием свободной воды, хлорофилла (а+б), метионина в листьях. Рост содержания запасного крахмала в побегах, способствует формированию повышенной зимостойкости яблони.

## ABSTRACT

To evaluate the occurrence in profound peace plants apple trees in the 2010—2011 years. used complex physiologic-biochemical and anatomical-morphological indicators. Found that a later entry into the State of deep rest of Apple trees in the warming climate is due to the active Exchange processes, that is characterized by high content of free water, chlorophyll (a + b), methionine in the leaves. The growth of reserve starch in shoots, contributes to increased hardiness of Apple trees.

**Ключевые слова:** яблоня; состояние покоя; хлорофилл; метионин; свободная вода; крахмал; сахароза; микроскопия побегов.

**Keywords:** apple tree; idle state; chlorophyll; methionine; free water; starch; sucrose; microscopy of shoots.

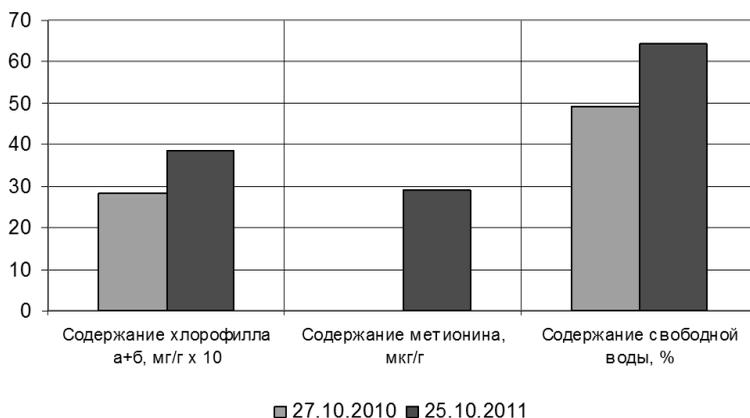
Воздействие природных стрессоров приводит к резкому снижению продуктивности и качества плодов, а нередко к гибели деревьев плодовых культур. Устойчивость к ранним морозам обусловлена преимущественно более ранним вступлением плодовых растений в период органического покоя. При снижении сопротивляемости к ранним морозам происходит подмерзание древесины

Цель настоящих исследований — по физиолого-биохимическим параметрам оценить вхождение растений яблони в состояние глубокого покоя в условиях Краснодарского края в связи с потеплением климата.

Исследования проводились на базе ОПХ «Центральное» ГНУ СКЗНИИСиВ Россельхозакадемии на яблоне сортов Айдаред, Зарница, Дин Арт, Симиренковец на подвое СК 3. Для оценки вхождения растений яблони в состояние глубокого покоя определяли общее содержание воды, свободной, связанной, хлорофилла (а+б), метионина, сухих веществ, крахмала [2, с. 189] Анатомо-морфоло-

гические исследования проводили на световом микроскопе «Olympus BX 41» и стереоскопическом микроскопе МБС-10 [1, с. 158; 3, с. 155].

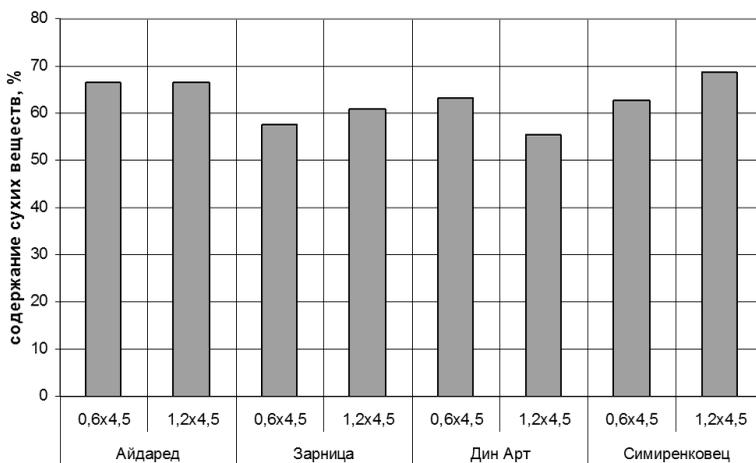
Метеоусловия на территории г. Краснодара за осенний период 2010—2011 гг. были относительно мягкими. Ноябрь 2010 г. был более теплым, чем в 2009 г., средняя температура воздуха составила 12°C и 8,5°C, соответственно, а количество выпавших осадков не превышало 24 мм (в 2009 г. — 86 мм). В декабре 2010 г. максимальная температура воздуха достигала 22 С, а минимальная — минус 2°C. Средняя температура воздуха в ноябре — декабре (12°C и 7,2°C) превышала среднемноголетнюю на 6,7—6,9°C а перепад температур составил 24°C. Это вызвало позднее осыпание листьев и увеличение продолжительности их жизни, что может быть связано с меньшей интенсивностью метаболизации метионина — предшественника этилена (рис. 1).



**Рисунок 1. Интенсивность обменных процессов в листьях яблони сорта Айдаред в октябре 2010—2011 гг.**

В 2011 г. в сравнении с 2010 г. наблюдалось увеличение содержания метионина в листьях, хлорофилла (а+б) и свободной формы воды, характеризующей интенсивность обменных процессов.

Позднее осыпание листьев в ноябре 2010 года позволило изучаемым сортам яблони накопить в побегах большой запас пластических веществ (55,45—68,77 %), по сравнению с предыдущим 2009 г. (50—60 %) (рис. 2).

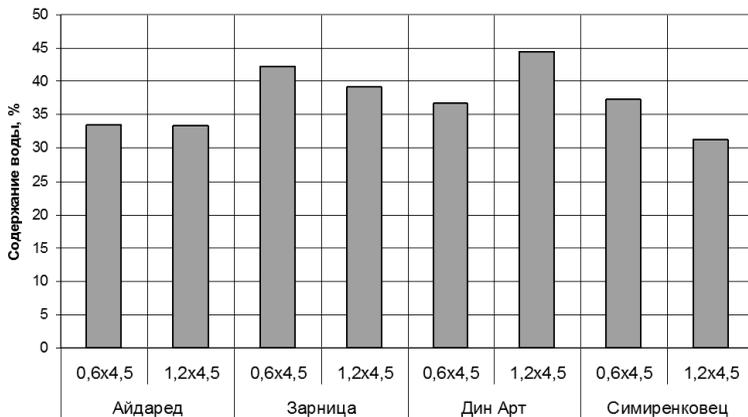


**Рисунок 2. Содержание сухих веществ в побегах яблони в ноябре 2010 г.**

В насаждениях интенсивного типа уплотнение посадки вдвое не оказывало существенного влияния ( $НСР_{05}=3,82\%$ ) на содержание сухих веществ в побегах яблони сортов Айдаред (66,42—66,59 %) и Зарница (57,69 — 60,88 %), у сорта Симиренковец оно снижалось на 6,04 % (62,73 % против 68,77 %), а у сорта Дин Арт — увеличивалось — на 7,8 % (63,25 % против 55,45 %).

Следовательно, сорта по-разному отзываются на увеличение плотности посадки, что может быть связано с особенностями адаптации, соотношением между вегетативными и генеративными процессами и распределением пластических веществ.

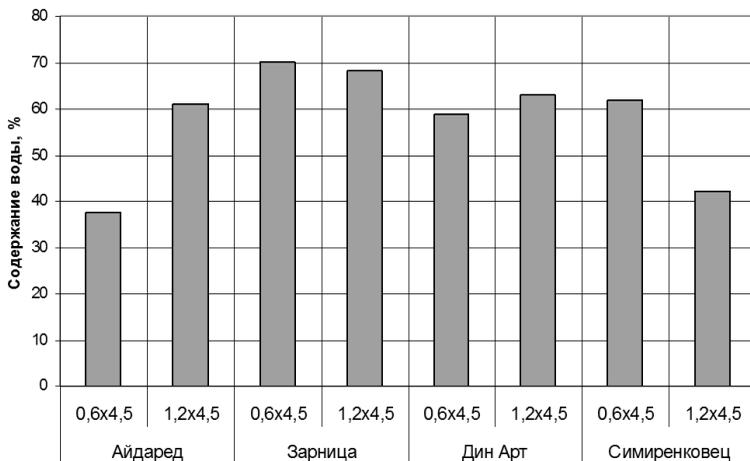
Меньшая оводненность побегов изучаемых сортов яблони в осенний период 2010 г. (31,1—40,5 %), по сравнению с 2009 г. (40—50 %), может быть связана с меньшим количеством выпавших осадков (24 мм) в этот период (в 2009 г. — 86 мм), хотя можно было предположить более раннее вхождение деревьев яблони в состояние зимнего покоя. Меньшая оводненность побегов отмечалась у сортов Айдаред, Зарница, Дин Арт при меньшей, а у сорта Симиренковец — большей площади питания. (рис. 3).



***Рисунок 3. Оводненность побегов яблони в ноябре 2010 г.***

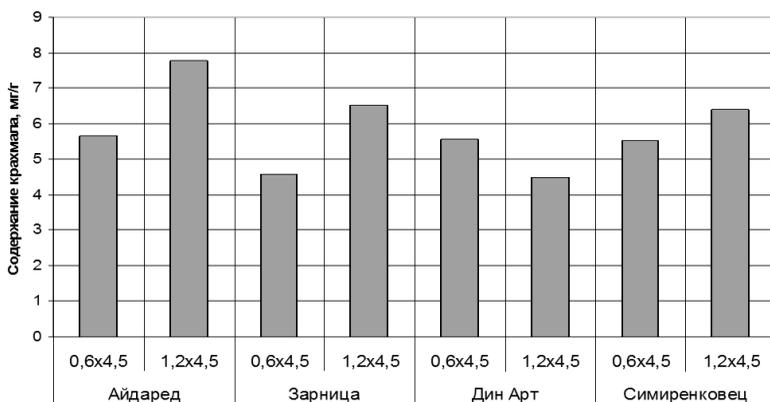
Большая оводненность побегов у исследуемых сортов яблони в уплотненной посадке согласуется с большим содержанием свободной формы воды, характеризующим большую интенсивность обменных процессов

Высокое содержание свободной воды свидетельствует об активном протекании обменных процессов и позволяет предположить не раннее, а более позднее вхождение растений яблони в состояние глубокого покоя (рис. 4).

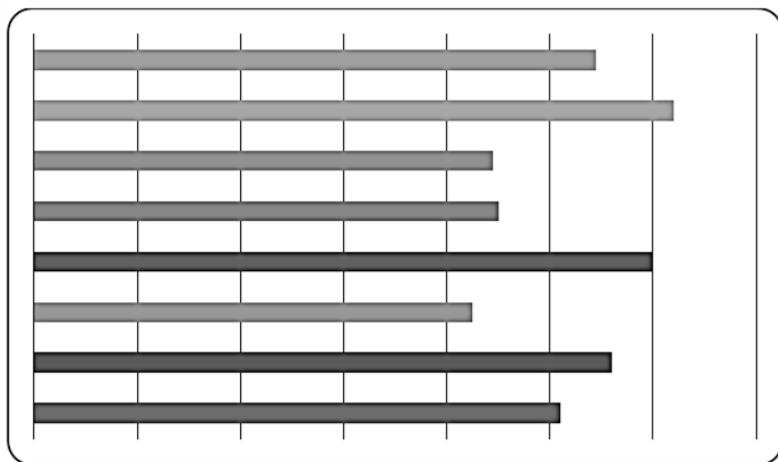


**Рисунок 4. Вододерживающая способность побегов яблони в ноябре**

Позднее опадание листьев способствовало накоплению крахмала в побегах яблони, а активные обменные процессы — его гидролизу с образованием сахарозы (рис. 5 и 6).



**Рисунок 5. Содержание крахмала в коре побегов яблони в ноябре**



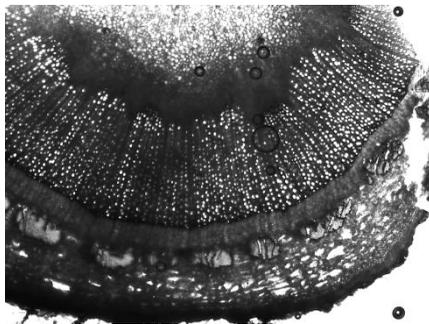
**Рисунок 6. Отношение содержания крахмала к содержанию сахарозы в побегах яблони в ноябре 2010 г.**

Содержание крахмала в побегах яблони у сортов Айдаред, Зарница, Симиренковец с увеличением площади питания увеличивается, а у сорта Дин Арт — снижается. Аналогичная тенденция наблюдается с гидролизом крахмала у сортов Айдаред, Дин Арт и Зарница. У сорта Симиренковец с увеличением площади питания содержание сахарозы больше, что способствует снижению соотношения крахмала и сахарозы. Накопление крахмала, являющегося основным запасным веществом в зимний период, способствует формированию повышенной зимостойкости яблони. В отдельных частях и тканях плодового растения (коре, сердцевинных лучах, сердцевине) крахмал накапливается в различных количествах. Больше всего его в клетках древесной паренхимы, несколько меньше в клетках сердцевинных лучей. В паренхиме коры и сердцевине крахмала содержится значительно меньше.

Анатомо-морфологические исследования однолетних побегов и почек различных сортов яблони показали, что к концу октября 2011 года они находятся в фазе вызревания тканей. В это время происходит накопление в дереве запасных питательных веществ, обеспечивающих вызревание и закалку древесины, повышение ее морозостойкости, прекращается деление клеток верхушечных и боковых меристем.

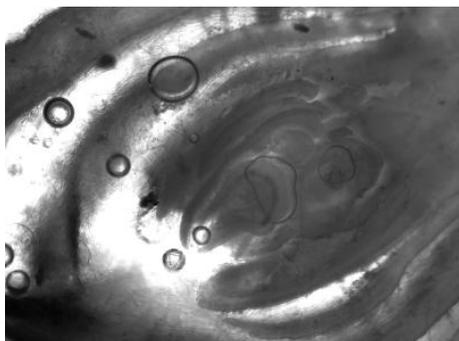
Признак вызревания тканей — появление на поперечном срезе возле верхушечной почки отчетливой границы между древесиной

и камбием. Анатомо-морфологические исследования однолетних побегов показали, что у всех исследуемых сортов при различной площади питания на поперечном срезе возле верхушечной почки видна отчетливая граница между древесиной и камбием (рис. 7). Следовательно, у всех анализируемых сортов произошло вызревание тканей.



*Рисунок 7. Поперечный срез побега*

Анатомо-морфологические исследования плодовых почек показали, что они перешли к генеративному развитию, заложили зачатки цветков, находятся на V-м этапе органогенеза — образование археспориальной ткани в пыльниках и готовы к перезимовке (рис. 8).



*Рисунок 8. Продольный срез плодовой почки*

Таким образом, в ноябре 2010—2011 гг. (1 компонент зимостойкости) растения яблони не вошли в состояние вынужденного покоя и характеризовались активными обменными процессами

и большей продолжительностью жизни листьев. Большим накоплением крахмала и устойчивостью клеток к обезвоживанию характеризовались сорт Айдаред при меньшей и сорта Зарница, Дин Арт, Смирненковец — при большей площади питания. Гистохимические и анатомо-морфологические исследования однолетних побегов и почек показывают, что они находятся в фенофазе вызревания тканей.

### **Список литературы:**

1. Ненько Н.И., Киселева Г.К. Оценка зимостойкости плодовых культур микроскопическими методами. — Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. — Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2010. С. 157—161.
2. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. — 569 с.
3. Соловьева М.А. Оценка зимостойкости плодовых культур. — Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство). Л.: ВИР, 1988. С. 154—165.

**ВЛИЯНИЕ ГЕПАРИНА  
НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ  
НАРКОТИЧЕСКОГО СНА  
И ГИПОДИНАМИЮ КРЫС**

***Хомутов Александр Евгеньевич***  
*д-р биол. наук, профессор ННГУ,  
г. Н. Новгород*

***Пурсанов Кузьма Анастасович***  
*канд. мед. наук, доцент, НГМА,  
г. Н. Новгород*

***Лушникова Ольга Викторовна***  
*канд. биол. наук, ассистент, НГМА,  
г. Н. Новгород*

***Слободянюк Владимир Сергеевич***  
*аспирант, ННГУ,  
г. Н. Новгород*

***Перепелюк Зоя Владимировна***  
*аспирантка, ННГУ,  
г. Н. Новгород*

***Романова Юлия Анатольевна***  
*аспирантка, ННГУ,  
г. Н. Новгород*  
*E-mail: [labmouse@pochta.ru](mailto:labmouse@pochta.ru)*

# HEPARIN'S INFLUENCE ON NARCOTIC SLEEP DURATION AND ON HYPODYNAMIA OF RATS

**Aleksander Homutov**

*Doctor of Biological Sciences, professor of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*

**Kuzima Pursanov**

*Candidate of Medical Sciences, assistant professor of State Medical Academy of Nizhni Novgorod*

**Olga Lushnikova**

*Candidate of Biological Sciences, assistant of State Medical Academy of Nizhni Novgorod*

**Vladimir Slobodyanyuk**

*Graduate student of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*

**Zoya Perepelyuk**

*Graduate student of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*

**Yuliya Romanova**

*Graduate student of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*

## АННОТАЦИЯ

Цель: изучение влияния гепарина на гиподинамические и гипнотические свойства наркотических средств. Метод: регистрация продолжительности наркотического сна и оценка гиподинамии на тредбане. Результат: гепарин снижает продолжительность сна, индуцированного этанолом, аминазином, оксибутиратом натрия (ГОМК), а также снижает гиподинамическую реакцию, вызванную этанолом и дроперидолом. Выводы: экзогенный и эндогенный гепарин снижает гипнотическое и гиподинамическое действие медикаментозных средств, используемых для наркоза.

## ABSTRACT

Aim: to study heparin's influence on hypodynamic and somnifacient features of narcotics. Approach: recording of narcotic sleep duration and evaluation of hypodynamia on treadbahn. Result: heparin reduces the sleep duration induced by ethanol, aminazin and sodium; it also reduces

hypodynamic reaction induced by ethanol and droperidol. Conclusion: exogenous and endogenous heparin reduces somnifacient and hypodynamic effect of health aids used for narcosis.

**Ключевые слова:** гепарин; наркотические средства; гиподинамия.

**Key words:** heparin; narcotics; hypodynamia.

Проблема регуляции болевой чувствительности является одной из сложнейших для фундаментальной физиологии и чрезвычайно важной для практической медицины. Большое значение придается поискам путей целенаправленного изменения болевых и противо-болевых механизмов, что невозможно без углубленного изучения процессов, контролирующих интенсивность реакций организма на болевой стимул [1, 2, 3]. Для решения данной задачи в качестве регуляторов необходимо рассмотреть эндогенные физиологически активные вещества, которые контролируют внутреннюю среду организма, снижая патогенное воздействие экзогенных веществ, используемых для анальгезии, а также, влияют на проявление свойств данных средств. Раскрытие данных механизмов может быть с успехом использовано для разработки новых эффективных и рациональных средств обезболивания [10, 14].

По современным представлениям одним из эндогенных регуляторов, способных нивелировать патогенное действие различного рода токсинов, является гепарин. Литературные данные, касающиеся свойств гепарина, указывают на возможность его участия в биохимических и физиологических механизмах защиты организма при воздействии токсических соединений. Гепарин нашел широкое применение в физиологии и медицине благодаря своим антикоагуляционным свойствам. Кроме того, исследования последних лет показали, что он является универсальным регулятором функций организма и играет существенную роль в поддержании гомеостаза. Помимо антикоагуляционной активности гепарин обладает цитостатическим [15], бактериостатическим [11], антилипемическим [12], радиопротективным действием [5], выявлены антиаллергический [13] и гипотензивный [9] его эффекты. Сравнительно недавно была показана способность гепарина связывать и инактивировать природные токсины, входящие в состав пчелиного яда и некоторых змеиных ядов, а также взаимодействовать с некоторыми фармакологическими веществами [8]. Исследования последних лет направлены на изучение центрального действия этого биополимера, его влияния на формирование поведения и память [6].

При изучении седативных свойств этанола, аминазина и оксибутирата натрия, введенных внутривентриально, у крыс регистрировался наркотический сон, продолжительность которого способна меняться при введении различных веществ. После внутривентриального введения крысам исследуемых веществ, животные в течение определённого времени (время засыпания) теряют рефлекс переворачивания. Фиксируется время потери данного рефлекса и время его восстановления. Период нахождения крыс в боковом положении отражает время наркотического сна [7] (Сатановская, 1990).

Изучение гиподинамии, вызванной нейролептическим действием дроперидола и этанола, проводилось на тредбане. До введения исследуемых веществ подбиралась такая скорость лентопротяжки, при которой интактное животное могло воспроизводить заданный ритм в течение 2 часов (100 мм/с). Если животное после введения нейролептика не выдерживало ритма движения, то передвигалось по ходу движения ленты тредбана, задевая за флажки, которые служили в качестве индикаторов гиподинамии. Этот процесс фиксировался визуально и номинировался как падение с тредбана в течение 1 мин.

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программы «Биостат». Для сравнения нескольких групп использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений [4].

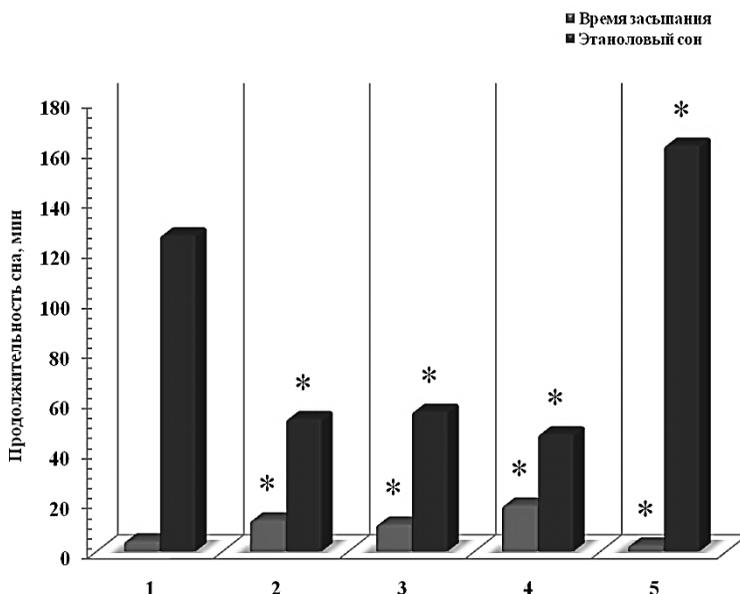
В наших экспериментах внутривентриальное введение крысам этанола в дозе 5 г/кг вызывало у них сон, средняя продолжительность которого составила  $126.2 \pm 6.7$  мин, а время засыпания —  $4.2 \pm 0.3$  мин (рис. 1).

Предварительное введение гепарина в дозе 2500 и 5000 МЕ/кг с последующей инъекцией этанола в дозе 5 г/кг снижало продолжительность сна до  $52.9 \pm 2.2$  и  $55.9 \pm 4.6$  мин соответственно. В этих условиях опыта время засыпания увеличивается до 10—12 мин (рис. 1).

Максимальный протекторный эффект наблюдается при введении инкубированной смеси *in vitro*, в которой 2500 МЕ/кг гепарина взаимодействуют с этанолом в дозе 5 г/кг. В этом случае продолжительность этанолового сна соответствовала  $46.8 \pm 2.3$  мин, а время засыпания увеличивалось до  $18.4 \pm 0.9$  мин (рис. 1).

Протамина сульфат в дозе 10 мг/кг достоверно увеличивает продолжительность этанолового сна до  $162.0 \pm 4.8$  мин (в контроле —

126.2±6.7 мин), соответственно время засыпания снижалось до 2.4±0.1 мин (рис. 1).

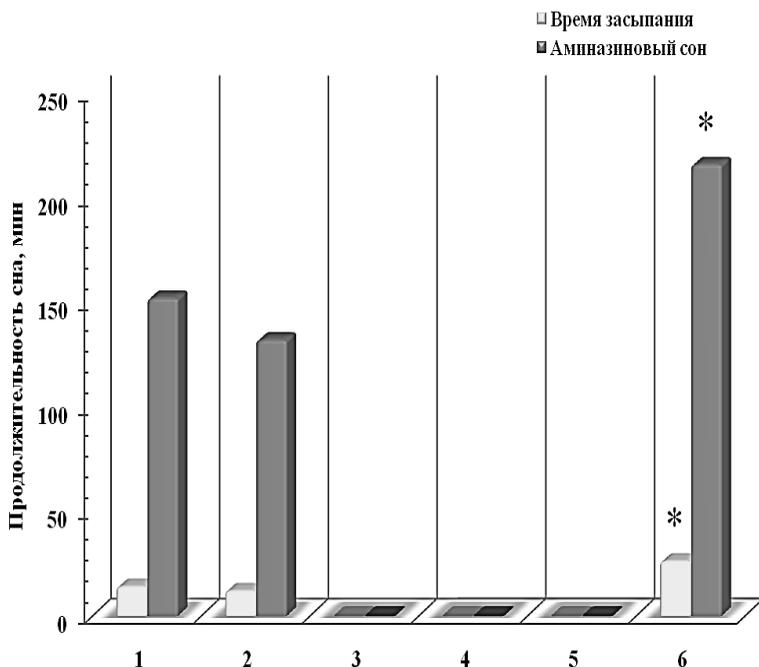


**Рисунок 1. Влияние экзогенного и эндогенного гепарина на продолжительность этанолового сна**

**1 — Этанол; 2 — Гепарин (2500 МЕ/кг)→Этанол (5 г/кг);  
3 — Гепарин (5000 МЕ/кг)→Этанол (5 г/кг);  
4 — Гепарин (2500 МЕ/кг)+Этанол (5 г/кг); 5 — Протамин сульфат (10 мг/кг)→Этанол (5 г/кг); \* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ )**

При внутривенном введении аминазина в дозе 100 мг/кг продолжительность сна соответствует 152±33.5 мин, а время засыпания — 14±3,2 мин. Эти данные нами были приняты за контрольные величины (рис. 2).

При предварительном введении гепарина в дозе 500 МЕ/кг с последующей инъекцией аминазина в дозе 100 мг/кг продолжительность наркотического сна достоверно снижается до 132±34.1 мин, а время засыпания — 12±4,1 мин (рис. 2).



**Рисунок 2. Влияние экзогенного и эндогенного гепарина на продолжительность аминазинового сна**  
**1 — Аминазин (100 мг/кг); 2 — Гепарин (500 МЕ/кг)→аминазин;**  
**3 — Гепарин (2500 МЕ/кг)→аминазин; 4 — Гепарин (2500 МЕ/кг)+аминазин; 5 — Гепарин (5000 МЕ/кг)→аминазин;**  
**6 — Протамин (10 мг/кг)→аминазин; \* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ );**  
**0 — сон отсутствует в течение 5 часов**

Совместное применение гепарина и аминазина в виде инкубированной смеси в течение 15 мин при температуре 37°C сопровождалось полным отсутствием наркотического сна в течение 5 часов. Предварительное введение гепарина в дозах 2500 и 5000 МЕ/кг также сопровождалось отсутствием сна. Таким образом, гепарин в определённых дозах полностью снимает седативный эффект аминазина (рис. 2).

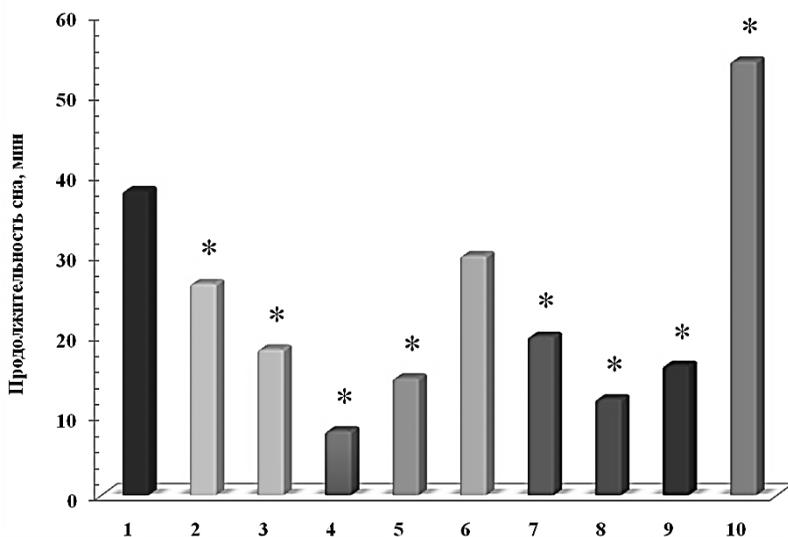
Иная картина наблюдается при предварительном введении протамина сульфата в дозе 10 мг/кг. Продолжительность аминазинового сна резко увеличивается, достигая  $216 \pm 24,2$  мин, а время засыпания достоверно снижается относительно контрольных величин и соответствует  $6,2 \pm 2,8$  мин (рис. 2).

При внутрибрюшинном введении оксибутирата натрия, или гамма-оксималяной кислоты (ГОМК), которая является агонистом гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК), в дозе 100 мг/кг продолжительность наркотического сна соответствовала  $38,0 \pm 2,3$  мин. В связи с тем, что в этой серии опытов продолжительность сна была небольшой, время засыпания не регистрировалось (рис. 3).

Инъекция смеси гепарин-ГОМК в соотношении 0,01:20, 0,1:20 и 1:20 сопровождалась постепенным снижением продолжительности сна в зависимости от концентрации гепарина, входящего в состав смеси, и равнялась  $26,4 \pm 1,8$  мин,  $18,2 \pm 2,1$  мин и  $8,0 \pm 0,9$  мин соответственно. Таким образом, максимальным протекторным действием обладает соотношение гепарина к ГОМК 1:20. Повышение концентрации гепарина в 10 раз от оптимальной величины (10:20) сопровождается увеличением продолжительности сна до  $14,6 \pm 1,6$  мин (рис. 3).

В следующей серии опытов схема эксперимента была изменена: гепарин вводили не в смеси с ГОМК, а предварительно с последующей инъекцией ГОМК в тестовой дозе. Оказалось, что в этом случае максимальный протекторный эффект наблюдается при предварительном введении гепарина в дозе 500 МЕ/кг, а продолжительность сна соответствует  $12,0 \pm 1,8$  мин. Увеличение дозы предварительно введённого гепарина до 5000 МЕ/кг снижает его протекторный эффект, а продолжительность наркотического сна увеличивается до  $16,2 \pm 2,2$  мин (рис. 3).

Как и в предыдущих сериях экспериментов, предварительное введение протамина сульфата в дозе 10 мг/кг значительно увеличивает продолжительность наркотического сна, вызванного ГОМК (рис. 3).



**Рисунок 3. Продолжительность сна при введении оксибутирата натрия (ГОМК) в смеси и на фоне гепарина и протамин сульфата; 1 — Оксибутират натрия (100 мг/кг); 2 — Гепарин+ГОМК (0.01:20); 3 — Гепарин+ГОМК (0.1:20); 4 — Гепарин+ГОМК (1:20); 5 — Гепарин+ГОМК (10:20); 6 — ГОМК на фоне действия гепарина (5 МЕ/кг); 7 — ГОМК на фоне действия гепарина (50 МЕ/кг); 8 — ГОМК на фоне действия гепарина (500 МЕ/кг); 9 — ГОМК на фоне действия гепарина (5000 МЕ/кг); 10 — ГОМК на фоне действия протамин сульфата (10 мг/кг); \* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0.05$ )**

Оценка гиподинамического эффекта показала, что при внутрибрюшинном введении этанола в дозе 2 г/кг уже через 10 мин от момента введения наблюдается гиподинамический эффект, а величина падений с тредбана соответствует  $3,3 \pm 0,3$  раз/мин. Максимальный гиподинамический эффект наблюдался через 20 мин от момента инъекции этанола и соответствовал  $4,1 \pm 0,5$  раз/мин. К концу наблюдения отмечалось частичное восстановление двигательной активности и количество падений с тредбана снижалось до  $1,6 \pm 0,6$  раз/мин (табл. 1).

Введение гепарина в виде смеси, в которой концентрация этанола соответствовала 2 г/кг и являлась константной величиной,

а количество гепарина соответствовало дозам 25 и 250 МЕ/кг, не отличалось достоверно от серии в которой вводили только этанол (табл. 1).

Увеличение концентрации гепарина в смеси в 10 раз, также как и предварительное введение гепарина в дозе 2500 МЕ/кг практически полностью снимало гиподинамический эффект этанола (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Влияние экзогенного и эндогенного гепарина на гиподинамию, вызванную этанолом**

| Условия эксперимента                        | Время от введения (мин.) |          |          |          |          |          |
|---|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 10                       | 20       | 30       | 40       | 50       | 60       |
| Этанол (2 г/кг)                             | 3,3±0,3*                 | 4,1±0,5* | 3,7±0,6* | 2,8±0,3* | 2,6±0,5* | 1,6±0,6* |
| Этанол+ Гепарин (25 МЕ/кг)                  | 2,8±0,7*                 | 3,3±0,5* | 3,6±0,3* | 3,6±0,3* | 3,0±0,3* | 2,9±0,4* |
| Этанол + Гепарин (250 МЕ/кг)                | 2,0±0,3*                 | 3,9±0,5* | 3,1±0,4* | 2,2±0,2* | 2,4±0,3* | 1,0±0,4  |
| Этанол +Гепарин (2500 МЕ/кг)                | 0,1±0,0                  | 0,3±0,2  | 0,1±0,0  | 0,0      | 0,0      | 0,0      |
| Этанол +Гепарин (5000 МЕ/кг)                | 2,0±0,4*                 | 2,3±0,5* | 3,3±0,4* | 1,6±0,3* | 1,8±0,5* | 1,2±0,6* |
| Этанол на фоне гепарина (2500 МЕ/кг)        | 0,3±0,2                  | 0,7±0,4  | 0,6±0,2  | 0,4±0,2  | 0,0      | 0,0      |
| Этанол на фоне протамин сульфата (10 мг/кг) | 4,7±0,5*                 | 7,2±0,6* | 7,8±0,5* | 7,9±0,4* | 6,0±0,4* | 6,0±0,4* |

\* Различия между контрольной (0 падений) и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ ).

При сочетанном применении этанола в смеси с гепарином, где концентрация гепарина в смеси соответствовала дозе 5000 МЕ/кг незначительно снижала гиподинамический эффект этанола. В то же время предварительное введение протамин сульфата потенцировало гиподинамическое действие этанола и в этом случае количество падений с тредбана значительно увеличивалось (табл. 1).

При внутримышечном введении дроперидола в дозе 5 мг/кг максимальный гиподинамический эффект регистрируется через 20 мин после инъекции. В этом случае количество падений с тредбана соответствует 4.1±0.5 раз/мин. К 60-й мин наблюдения гиподина-

мическое действие дроперидола снижается, оставаясь, тем не менее, выше контрольной величины (табл. 2).

Введение смеси дроперидола с гепарином в соотношении 1:0.05 и 1:05 сопровождается гиподинамическим эффектом, достоверно отличающимся от контроля, но не отличающимся достоверно от экспериментов, в которых вводился дроперидол (табл. 2).

**Таблица 2.**

**Влияние экзогенного и эндогенного гепарина на гиподинамию, вызванную дроперидолом**

| Условия эксперимента                    | Время от введения, мин |          |          |          |          |
|---|------------------------|----------|----------|----------|----------|
|   | 5                      | 10       | 20       | 40       | 60       |
| Дроперидол (5 мг/кг)                    | 1,4±0,2*               | 3,3±0,3* | 4,1±0,5* | 2,8±0,3* | 1,6±0,6* |
| Дроперидол + гепарин 1:0,05)            | 1,4±0,7*               | 2,8±0,7* | 3,3±0,5* | 3,6±0,3* | 2,9±0,4* |
| Дроперидол + гепарин (1:0,5)            | 0,5±0,02               | 2,0±0,3* | 3,9±0,5* | 2,2±0,2* | 1,0±0,3  |
| Дроперидол + гепарин (1:5)              | 0,0                    | 0,1±0,01 | 0,3±0,2  | 0,0      | 0,0      |
| Дроперидол + гепарин (1:50)             | 0,0                    | 2,0±0,4* | 2,3±0,5* | 1,6±0,3* | 1,2±0,5  |
| Дроперидол на фоне гепарина (500 МЕ/кг) | 0,0                    | 0,3±0,2  | 0,7±0,4  | 0,4±0,2  | 0,0      |
| Дроперидол на фоне протамина (10 мг/кг) | 3,8±0,4*               | 4,7±0,5* | 7,2±0,6* | 7,9±0,4* | 6,0±0,4* |

\* Различия между контрольной (0 падений) и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ ).

Максимальным антигиподинамическим эффектом обладает смесь дроперидол-гепарин в соотношении 1:5. При таком соотношении компонентов количественные показатели падений крыс с тредбана не отличаются от контрольных величин. Аналогичная картина наблюдается при предварительном введении гепарина в дозе 500 МЕ/кг, с последующей инъекцией тестовой дозы дроперидола (табл. 2).

Увеличение концентрации гепарина в смеси до соотношения дроперидол-гепарин 1:50 количество падений с тредбана больше, чем при введении в тех же условиях эксперимента смеси дроперидол-гепарин 1:5 (табл. 2).

Предварительное введение протамин сульфата в дозе 10 мг/кг резко усиливает гиподинамический эффект дроперидола, который является более продолжительным, а показатель гиподинамии соответствует через 40 мин после инъекции дроперидола 7.9±0.4 раз/мин (табл. 2).

Таким образом, гепарин снижает продолжительность наркотического сна, вызванного этанолом, аминазином и оксибутиратом

натрия (ГОМК) и модифицирует гиподинамический эффект этанола и дроперидола.

### Список литературы:

1. Бабаев М.А., Ерёмченко А.А., Винницкий Л.И., Бунятян К.А. Причины возникновения полиорганной недостаточности при кардиохирургических операциях в условиях искусственного кровообращения // *Общая реаниматология*. — 2010 — Т. 6, № 3. — С. 56—60.
2. Бакарева Ю.А., Надирадзе З.З., Доманский А.В. Влияние методики анестезии на течение послеоперационного периода у детей, оперированных с искусственным кровообращением // *Общая реаниматология*. — 2009. — Т. 5, № 2. — С. 76—83.
3. Военнов О.В., Бояринов Г.А. Комбинированная нейролептанальгезия при острой ишемической болезни сердца // *Общая реаниматология* — 2006. — № 2 (2). — С. 67—72.
4. Гланц Стентон. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. — 459 с.
5. Лукашин Б.П., Софронов Г.А. Радиозащитное действие цистамина и гепарина в опытах на мышах с различной резистентностью// *Бюлл. эксперим. биол. и мед.* — 1996. — Т. 121, № 5. — С. 544—546.
6. Никольская К.А., Кондашевская М.В. Психостимулирующие эффекты высокомолекулярного гепарина при внутрибрюшинном введении крысам линии Вистар // *Журн. высш. нерв. деят.* — 2001. — Т. 51, № 2. — С. 213—219.
7. Сатановская В.И. Система обмена этанола и ацетальдегида печени крыс при развитии толерантности к этанолу// *Бюлл. эксперим. биол. и мед.* — 1990. — Т. 24, № 2. — С. 244—252.
8. Хомутов А.Е., Звонкова М.Б., Пурсанов К.А., Перепелюк З.В., Бутылин А.Г. Молекулярное взаимодействие гепарина с пчелиным ядом // *Вестник Нижегородского государственного университета*. — 2009. — № 6. — С. 106—112.
9. Coombe D.R., Kett W.C. Heparan sulfate-protein interactions: therapeutic potential through structure-function insights// *Cell. Mol. Life Sci.* — 2005. — V. 62, № 4. P. 410—424.
10. Gandhi N.S., Mancera R.L. Free energy calculations of glycosaminoglycan-protein interactions// *Glycobiology*. — 2009. — V. 19, № 10. — P. 1103—1115.
11. Gori A.M., Pepe G., Attanasio M., Falciani M., Abbate R. Tissue factor reduction and tissue factor pathway inhibitor release after heparin administration// *Thromb. Haemost.* — 1999. — V. 81, № 4. — P. 589—593.

12. Hakala J.K., Oorni K., Ala-Korpela M., Kovanen P.T. Lipolytic modification of LDL by phospholipase A2 induces particle aggregation in the absence and fusion in the presence of heparin// *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* — 1999. — V. 19, № 5. — P. 1276—1283.
13. Lever R., Page C.P. Novel drug opportunities for heparin// *Nat. Rev. Drug Discov.* — 2002. — V. 1, № 2. — P. 140—148.
14. Liang A., Liu X., Du Y., Wang K., Lin B. Further characterization of the binding of heparin to granulocyte colony-stimulating factor: Importance of sulfate groups // *Electrophoresis.* — 2008. — V. 149, N. 2. — P. 109—112.
15. Mishra-Gorur K., Castellot J.J. Jr. Heparin rapidly and selectively regulates protein tyrosine phosphorylation in vascular smooth muscle cells// *J. Cell Physiol.* — 1999. — V. 178, № 2. — P. 205—215.

## **ФЕРМЕНТЕМИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНО- БОЛЕВОГО СТРЕССА НА ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ**

***Павлова Вера Ивановна***

*профессор, д-р биол. наук, ФГБОУ ВПО «Челябинский  
государственный педагогический университет», г. Челябинск*

***Мамылина Наталья Владимировна***

*доцент, д-р биол. наук, ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный  
педагогический университет», г. Челябинск*

***Янов Александр Юрьевич***

*канд. биол. наук, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный  
университет» (национальный исследовательский университет),*

*г. Челябинск,*

*E-mail: [al-end@yandex.ru](mailto:al-end@yandex.ru)*

## **ENZIMEMIA AS AN INDICATOR THE LESION EFFECT OF EMOTIONAL-PAINFUL STRESS ON ANIMALS**

***Vera Pavlova***

*Professor, doctor of biological Sciences,  
Federal State State-Financed Educational Istitution of Higher Professional  
Education «Chelyabinsk state pedagogical University», Chelyabinsk*

***Natalia Mamylina***

*associate Professor, doctor of biological Sciences,  
Federal State State-Financed Educational Istitution of Higher Professional  
Education «Chelyabinsk state pedagogical University», Chelyabinsk*

***Yanov Alexander Yurievich***

*candidate of biological Sciences,  
Federal State State-Financed Educational Istitution of Higher Professional  
Education "South Ural State University" (national research university),  
Chelyabinsk*

## АННОТАЦИЯ

В данной работе исследована ферментемия, вызванная действием острого эмоционально-болевого стресса.

## ABSTRACT

This article investigated enzimemia, caused by the action of acute emotional-painful stress.

**Ключевые слова:** ферментемия; эмоционально-болевого стресс.

**Keywords:** enzimemia; emotional-painful stress.

Активация симпато-адреналовой и гипофизарно-адреналовой систем с повышением концентраций глюкокортикоидов в крови играет важную роль в развитии стресс-реакции. В исследованиях [6, 8] было установлено повышение в 3—4 раза концентрации кортикостерона в коре надпочечников, плазме крови и сердце при эмоционально-болевым стрессе (ЭБС).

Исследованиями [1, 5, 6] установлено, что стресс-реакция различной этиологии сопровождается изменениями активности ферментов в сыворотке крови. С целью изучения степени повреждения мембран клеток при ЭБС нами исследовалась динамика активности ряда цитоплазматических ферментов: лактатдегидрогеназы (ЛДГ), аланиновой (АЛТ) и аспарагиновой трансаминаз (АСТ),  $\gamma$ -глутамилтрансферазы ( $\gamma$ -ГТ),  $\alpha$ -гидроксibuтиратдегидрогеназы ( $\alpha$ -ГБДГ) и лизосомального фермента — кислой фосфатазы (КФ) — в сыворотке крови крыс на анализаторе ФП-901 (М) производства Финляндии [2].

Эксперимент выполнен на 60 крысах самцах линии Вистар массой 150—200 г (в каждой группе по 8 животных). Все животные содержались в одном помещении при температуре воздуха 23—24°C. Животные опытной и контрольной групп получали стандартный брикетированный корм с добавлением растительного масла, рыбьего жира, свежих овощей и воды в неограниченном количестве. Для опытной группы отбирались здоровые животные, прошедшие двухнедельный карантин в виварии. Контрольных животных содержали в стандартных условиях вивария по 5—7 крыс в клетке с естественной сменой светового цикла и свободным доступом к еде и питью. Острый стресс воспроизводили у крыс по ранее описанной методике [3, 4, 7] в форме так называемого невроза тревоги, продолжающегося 1 и 5 часов. Главными чертами этой модели ЭБС являются, во-первых, наличие конфликта между выработанным условным рефлексом избегания тока путём ухода на платформу и безусловным болевым раздражением на этой же платформе, во-вторых,

напряжённое ожидание электроболевого воздействия, обусловленного тем, что электрические раздражения на платформе наносились через достаточно длительные и случайные промежутки времени. Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием программы STATISTICA 8.0. Ввиду малого объёма выборки для проверки гипотезы о наличии или отсутствии различий между опытными и контрольной группами использовали непараметрический метод — критерий Манна-Уитни. Различия считались достоверными при  $P < 0,05$  [2].

Эмоционально-болевым стресс вызывал значительное повышение активности всех исследованных ферментов в сыворотке крови — выраженную ферментемию. После 5-часового ЭБС активность аспарагиновой трансминазы (АСТ) в сыворотке крови в 2,2 раза ( $p < 0,001$ ) была выше контроля, через 1 час восстановления после 5-часового ЭБС — в 2,0 раза ( $p < 0,001$ ). После 1 часового ЭБС, а также через 1 сутки после 5-часового ЭБС активность АСТ в сыворотке крови достоверно превышала контроль.

После 5-часового ЭБС содержание аланиновой трансминазы (АЛТ) в сыворотке крови в 1,9 раза ( $p < 0,001$ ) было выше контроля, через 1 час восстановления после 5-часового ЭБС — в 1,8 раза ( $p < 0,001$ ). Через 1 и 2 суток после 5-часового ЭБС содержание АЛТ в сыворотке крови было выше контроля соответственно в 1,5 раза ( $p < 0,001$ ) и на 18,8 % ( $p < 0,05$ ).

В основе ишемии при стрессорных, ишемических, токсических воздействиях, как известно, лежит повреждение плазматических и других клеточных мембран и выход ферментов в кровь. В связи с этим представляют интерес данные о влиянии ЭБС на активность ЛДГ (лактатдегидрогеназы) и соответствующего ЛДГ<sub>1</sub> и ЛДГ<sub>2</sub> фракциям фермента  $\alpha$ -ГБДГ (альфа-гидроксибутиратдегидрогеназы).

После 5-часового ЭБС активность ЛДГ в сыворотке крови в 2,4 раза ( $p < 0,001$ ) была выше контроля, через 1 час восстановления после 5-часового ЭБС — в 1,9 раза ( $p < 0,001$ ). Через 1 сутки после 5-часового ЭБС активность ЛДГ в сыворотке крови была на 58,7 % ( $p < 0,05$ ) выше контроля, через 2 суток после 5-часового ЭБС — на 28,6 % ( $p < 0,05$ ).

После 5-часового ЭБС активность альфа-гидроксибутиратдегидрогеназы ( $\alpha$ -ГБДГ) в сыворотке крови была в 1,9 раза ( $p < 0,001$ ) выше контроля. После 1-часового ЭБС активность  $\alpha$ -ГБДГ в сыворотке крови на 90,2 % ( $p < 0,001$ ) была выше контроля. Через 1 сутки после 5-часового ЭБС активность  $\alpha$ -ГБДГ в сыворотке крови была на 68,3 % ( $p < 0,05$ ) выше контроля, через 2 суток после 5-часового ЭБС — на 29,4 % ( $p < 0,05$ ).

Существенно, что под влиянием ЭБС наблюдался увеличенный выход в кровь не только ферментов трансаминирования и гликолиза, но и  $\gamma$ -ГТ (гамма-глутамилтрансферазы), встроенного в клеточную мембрану и осуществляющего транслокацию аминокислот из внеклеточного пространства во внутриклеточное (или внутримембранное).

После 5-часового ЭБС активность  $\gamma$ -ГТ в сыворотке крови была на 16,5 % ( $p < 0,05$ ) выше контроля, через 1 час восстановления после 5-часового ЭБС — на 16,1 % ( $p < 0,05$ ). После 1-часового ЭБС активность  $\gamma$ -ГТ в сыворотке крови была на 15,7 % ( $p < 0,05$ ) выше контроля. Через 1 и 2 суток после 5 часового ЭБС активность  $\gamma$ -ГТ в сыворотке крови была недостоверно выше контроля.

Особый интерес представляют данные о содержании лизосомальных ферментов в сыворотке крови крыс после ЭБС.

Лизосомы присутствуют во всех клетках животного происхождения, за исключением зрелых эритроцитов, и представляют собой внутриклеточные пузырьки, содержащие в латентном состоянии разнообразные гидролитические ферменты, максимальная активность которых проявляется при кислых значениях pH. Важнейшим отличительным качеством лизосом является структурно-связанная латентность, определяющаяся существованием непроницаемого мембранного барьера вокруг частицы, ограничивающего доступ к субстратам. Количество известных лизосомальных ферментов приближается к ста, при этом в клетках различных тканей существует ферментная гетерогенность энзимов.

Физиологическая значимость лизосом определяется уникальным набором кислых гидролаз, способных частично или полностью расщеплять большинство встречающихся в организме полимеров до низкомолекулярных продуктов с помощью катепсинов, нуклеаз, глюкозидаз, липаз и других ферментов. Лизосомам принадлежит центральное место в клеточном метаболизме: они участвуют в процессах фагоцитоза, иммуногенеза, реализации гормональных эффектов, репарации и реконструкции внутриклеточных структур, сегрегационных функциях клетки, катаболизме вне- и внутриклеточных белков, биосинтезе и секреции ряда гормонов (инсулина, соматотропина, йодтиронинов) [1]. В состоянии функционального покоя организма мощный гидролитический потенциал лизосом реализуется лишь частично. При действии на организм стрессорных факторов размеры и количество лизосом в клетке быстро увеличиваются, повышается проницаемость их мембран, изменяется локализация. С увеличением силы и длительности раздражения нарушается структура лизосомальных мембран с выходом кислых

гидролаз в цитоплазму и циркулирующую кровь и последующим развитием цепного цитолитического процесса с повреждением тканей [1,8].

После 5-часового ЭБС активность кислой фосфатазы в сыворотке крови была на 95,5 % ( $p < 0,001$ ) выше контроля, оставаясь таковой через 1 и 2 суток после 5 часового ЭБС.

Таким образом, выявленный нами уровень ферментемии, вызванный действием острого ЭБС, доказывает повреждающее действие эмоционального стресса на организм животных и является предпосылкой для проведения различных коррекционных мероприятий.

### Список литературы:

1. Ефремов А.В. Роль лизосомальных ферментов в генезе ведущих клинко-патофизиологических синдромов: факты и гипотезы / А.В. Ефремов, Л.А. Рюткина, О.Б. Цыганкова, З.Г. Бондарева // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. — 2007. — № 1. — С. 18—21.
2. Кишкун, А.А. Клиническая лабораторная диагностика / А.А. Кишкун. — М.: ГЭОТАР — Медиа, 2010. — 976 с.
3. Мамылина, Н.В. Показатели перекисного окисления липидов в костном мозге животных при действии эмоционально-болевого стресса / Н.В. Мамылина // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. — 2009. — № 1. — С. 298 — 305.
4. Мамылина, Н.В. Показатели костномозгового кроветворения и содержание продуктов липопероксидации в костном мозге у животных, перенесших эмоционально-болевой стресс / Н.В. Мамылина, В.И. Павлова, А.Г. Рассохин, А.Ю. Янов // Уральский медицинский журнал. — 2012. — № 1 (93). — С. 119 — 123.
5. Мамылина, Н.В. Ферментемия как показатель повреждения организма при длительном эмоциональном стрессе и гипокинезии / Н.В. Мамылина, Н.А. Белоусова // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Серия 4. Естественные науки. — 2003. — № 5. — С. 120—123.
6. Меерсон, Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон. — М., 1981. — 200 с.
7. Павлова, В.И. Влияние острого ЭБС на стресс-реализующую систему ПОЛ в плазме крови крыс / В.И. Павлова, Я.В. Латышин, Н.В. Мамылина // Матер. III межд. конф. «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды». — Челябинск, 2010. — С. 50—52.
8. Павлова, В.И. Стрессорное повреждение организма и его предупреждение метаболитами стресс-лимитирующих систем: автореф. дис... д-ра биол. наук / В.И. Павлова. — Томск, 1990. — 40 с.

## СЕКЦИЯ 3.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ БЕЗАВТОКЛАВНЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

*Володченко Александр Анатольевич*

*аспирант Белгородского государственного  
технологического университета им В.Г. Шухова,  
г. Белгород*

*E-mail: [volodchenko@intbel.ru](mailto:volodchenko@intbel.ru)*

#### MICROSTRUCTURE FORMATION OF NON-AUTOCLAVE SILICATE BASED MATERIALS ON THE BASIS OF SAND AND CLAY ROCK

*Aleksandr Volodchenko*

*graduate of Belgorod State Technological University named after  
V.G. Shukhov, Belgorod*

#### АННОТАЦИЯ

Установлено, что породообразующие минералы песчано-глинистых пород незавершенной стадии глинообразования активно взаимодействуют с известью в условиях пропарки при атмосферном давлении. При этом формируется микроструктура цементирующего соединения, обеспечивающая высокие физико-механические показатели силикатных материалов.

#### ABSTRACT

It has been found that rock-forming minerals of sandy and clay rock of the incomplete stage of clay formation interact with lime under conditions of a steaming at atmospheric pressure. In this case the microstructure of a cementitious compound is formed. This microstructure provides high physical and mechanical properties of silicate materials.

**Ключевые слова:** песчано-глинистые породы; известь; пропарка; микроструктура новообразований; силикатные материалы.

**Keywords:** sand-clay rocks; lime; steaming; new formation microstructure; silicate materials.

Реализация национального проекта «Доступное и комфортное жилье — гражданам России» ставит задачи увеличения производства и расширения области применения эффективных стеновых материалов с высокими эксплуатационными и технико-экономическими показателями, изготавливаемых на основе промышленных отходов и местного сырья. Применительно к технологии получения силикатных материалов решение этой задачи заключается в переходе от традиционного сырья к получению композиционного вяжущего на основе алюмосиликатного сырья, способствующее целенаправленному синтезу цементирующих веществ с оптимальной микроструктурой. Анализ сырьевой базы производства силикатных материалов позволил теоретически обосновать и экспериментально подтвердить возможность использования для этих целей глинистых пород незавершенной стадии глинообразования, в частности, попутно добываемых песчно-глинистых пород Курской магнитной аномалии.

Глины — это продукты одной из заключительных фаз выветривания алюмосиликатных пород, конечной стадией которых являются образование каолиновых и монтмориллонитовых глин. Эти глины используются для производства керамических изделий, цемента, а также их можно применять для получения металлокомпозитов [10—18].

Минералогический состав пород незавершенной стадии глинообразования представлен такими термодинамически неустойчивыми соединениями как смешаннослойные образования, несовершенная гидрослюда,  $\text{Ca}^{2+}$ монтмориллонит, неупорядоченный каолинит, тонкодисперсный неокатанный кварц и др. Это сырье обеспечивает оптимизацию структуры цементирующего соединения и, соответственно, улучшает физико-механические характеристики автоклавных силикатных материалов [1—9, 19].

Учитывая, что природные процессы выполнили часть работы по дезинтеграции породы, вероятно, возможен процесс взаимодействия породообразующих минералов с вяжущим компонентом в условиях гидротермальной обработки при атмосферном давлении, что явилось гипотезой данных исследований.

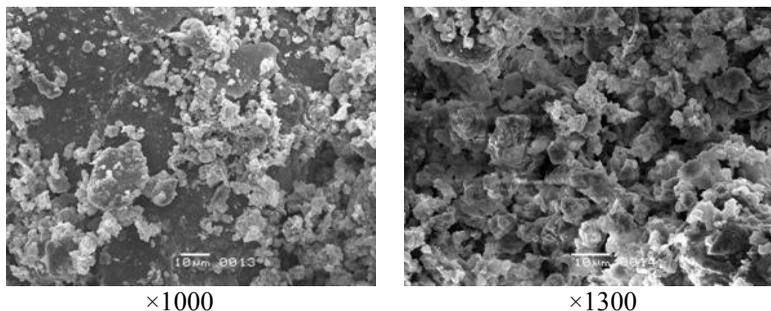
Цель работы — изучение структурообразования в силикатных материалах на основе песчано-глинистых пород и извести в условиях пропарки.

Для исследований было использованы песчано-глинистые породы, представленные супесью и суглинком. Глинистая фракция пород состоит из монтмориллонита, гидрослюда, каолинита и смешаннослойными образованиями типа гидрослюда-монтмориллонит.

Показано, что на основе песчано-глинистых пород и извести можно получать силикатные материалы с пределом прочности при сжатии 2,73—3,40 МПа для литейного способа формования и 13,79—14,5 МПа для полусухого прессования. Оптимальное содержание извести составляет 10 мас. %. Эта величина содержания извести не зависит от способа формования образцов.

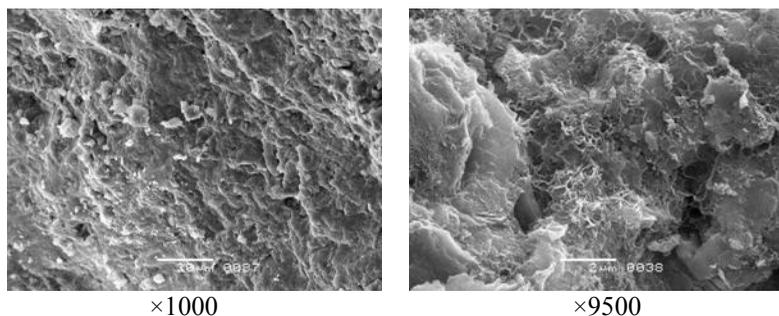
Установлено, что породообразующие минералы изучаемого сырья в условиях пропарки при температуре 90—95°C активно взаимодействует с известью. При этом протекают физико-химические процессы, которые приводят к синтезу комплексного вяжущего, образующего прочный каркас. По данным дифференциально-термического и рентгенофазового анализов новообразования представлены преимущественно слабокристаллизованными гидросиликата кальция типа CSH(V). Гидросиликаты кальция образуются как за счет взаимодействия извести с тонкодисперсным кварцем, так и за счет глинистых минералов. В образцах также фиксируется образование гидрогранатов из ряда твердых растворов  $C_3AH_6$ — $C_3AS_2H_2$ . При взаимодействии гидроксида кальция с глинистыми минералами в условиях тепловлажностной обработки ослабляются связи между кремнекислородными тетраэдрами и атомами алюминия в кристаллической решетке глинистого минерала, и как глинозем, так и кремнезем приобретают способность вступать в реакции с гидроксидом кальция с образованием гидросиликатов кальция и гидрогранатов.

Микроструктура пропаренных образцов представлена на рис. 1 и 2.



***Рисунок 1. Микроструктура образцов литьевого способа формирования на основе супеси с содержанием 10 мас. % извести***

В образце на основе супеси за счет избытка воды наблюдается рыхлая, матричная структура (см. рис. 1). Здесь, вероятно, образуется коагуляционно-кристаллизационной структура.



***Рисунок 2. Микроструктура образцов полусухого прессования на основе суглинка с содержанием 20 мас. % извести***

Более плотная структура новообразований образуется в прессованных образцах (см. рис. 2). В образце на основе суглинка четко прослеживается сетка из новообразований, которые представляют собой слабокристаллизованные низкоосновные гидросиликаты кальция. В этом случае формируется кристаллизационная структура.

Можно сделать вывод, что при использовании изучаемого сырья образуется прочная микроструктура цементирующего вещества за счет высокой плотности упаковки материала, а также увеличения числа контактов между новообразованиями вследствие синтеза гидро-

гранатов, которые являются микронаполнителем в субмикрористаллической гелевидной фазе из низкоосновных гидросиликатов кальция.

Таким образом, песчано-глинистые породы незавершенной стадии глинообразования за счет содержащихся в них метастабильных глинистых минералов и тонкодисперсного кварца активно взаимодействует с известью в условиях тепловлажностной обработки при температуре 90—95°C с образованием слабокристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция и гидрогранатов, что приводит к возникновению прочной коагуляционно-кристаллизационной и кристаллизационной структуры материала, обеспечивающей высокие физико-механические показатели силикатных изделий. На основе изучаемых глинистых пород можно получать эффективные стеновые строительные материалы с низкими энергозатратами. Оптимальное содержание извести для изучаемых песчано-глинистых пород составляет 10 мас.%, причем эта величина не зависит от способа формирования образцов — литьевого или полусухого прессования.

#### **Список литературы:**

1. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // *Современные наукоемкие технологии.* — 2006. — № 2. — С. 59—60.
2. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // *Современные наукоемкие технологии.* — 2005. — № 10. — С. 79.
3. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазосной провинции // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки.* — 2006. — № 3. — С. 67—70.
4. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства автоклавных материалов // *Известия вузов. Строительство.* — 2008. — № 9. — С. 10—16.
5. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // *Строительные материалы.* — 2008. — № 11. — С. 42—44.
6. Володченко А.Н. Особенности взаимодействия магниальной глины с гидроксидом кальция при синтезе новообразований и формирование микроструктуры // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.* — 2011. — № 2. — С. 51—55.

7. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Лесовик В.С., Дороганов Е.А. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего / А.Н. Володченко, // Строительные материалы. — 2007. — № 4. — С. 66—68.
8. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия вузов. Строительство. — 2007. — № 10. — С. 4—10.
9. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Фоменко Ю.В., Алфимов С.И. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье // Бетон и железобетон. — 2006. — № 6. — С. 16—18.
10. Ключникова Н.В. Взаимодействие между компонентами при изготовлении металлокомпозитов // Фундаментальные исследования. — 2007. — № 12—1. — С. 95—97.
11. Ключникова Н.В., Юрьев А.М., Лымарь Е.А. Перспективные композиционные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 2. — С. 69—69.
12. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М., Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения // Строительные материалы. — 2005. — № 11. — С. 54—56.
13. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Получение металлокомпозиционных материалов // Стекло и керамика. — 2006. — № 2. — С. 33—34.
14. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // Естественные и технические науки. — 2012. — № 2(58). — С. 450—452.
15. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 6. — № 2. — С. 65—69.
16. Ключникова Н.В. Изучение взаимодействия между компонентами при создании керамометаллических композиционных материалов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2011. — Т. 10. — № 4. — С. 5—8.
17. Ключникова Н.В. Керамометаллические композиционные материалы с высоким содержанием алюминия // Современные проблемы науки и образования. — 2011. — № 6. — С. 107—107.
18. Ключникова Н.В. Влияние пористости на свойства керамометаллических композитов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 6. — № 3. — С. 41—45.

19. Лесовик В.С., Володченко А.Н., Алфимов С.И., Жуков Р.В., Гаранин В.К. Ячеистый бетон с использованием попутнодобываемых пород архангельской алмазонасной провинции // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2007. — № 2. — С. 13—18.

## **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ ГОРНЫХ МАШИН**

***Звонарёв Иван Евгеньевич***

*аспирант Горного университета  
, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [ZVano@mail.ru](mailto:ZVano@mail.ru)*

***Иванов Сергей Леонидович***

*д-р техн. наук, профессор Горного университета,  
г. Санкт-Петербург  
E-mail: [lisa\\_lisa74@mail.ru](mailto:lisa_lisa74@mail.ru)*

***Фокин Андрей Сергеевич***

*канд. техн. наук, доцент Горного университета,  
г. Санкт-Петербург  
E-mail: [Fokin@spti.ru](mailto:Fokin@spti.ru)*

***Семёнов Михаил Алексеевич***

*канд. техн. наук, доцент Горного университета,  
г. Санкт-Петербург  
E-mail: [semenov021144@rambler.ru](mailto:semenov021144@rambler.ru)*

# THE QUESTION RESIDUAL LIFE ASSESSMENT POWERTRAIN MINING MACHINES

**Ivan Zvonarev**

*postgraduate student of the Mining University, St. Petersburg*

**Sergey Ivanov**

*Doctor of technical sciences, professor of the Mining University,  
St. Petersburg*

**Andrey Fokin**

*Doctor of technical sciences, docent of the Mining University,  
St. Petersburg*

**Mikhail Semenov**

*Doctor of technical sciences, docent of the Mining University,  
St. Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

Предложена оценка ресурса работы зубчатых передач горных машин на основании анализа изменения локальной поверхностной твёрдости зубьев. Представлены зависимости для оценки ресурса через приведенные условные ресурсы зубчатого колеса по трем критериям разрушения.

## ABSTRACT

Proposed resource estimation work gear mining machines by analyzing changes in the local surface hardness of the teeth. The dependencies of the long life assessment through the given contingent resources gear on three criteria destruction.

**Ключевые слова:** поверхностная твёрдость; горные машины; зубчатые передачи; энергоресурс.

**Keywords:** superficial hardness; mining machines; tooth gearings; power resource.

В процессе работы горной машины, внешние нагрузки, от исполнительного органа, передаются через трансмиссии машины к двигателю, что ведёт к значительным нагрузкам на зубчатые передачи трансмиссий, превышающие в 3—3,5 раза номинальные.

Известно, что отказы оборудования, вызванные изнашиванием, усталостными поломками и деформацией деталей, можно описать с единой энергетической позиции. Последние исследования по усталостному разрушению металлов [4], трению и износу в деталях машин показывают, что материала детали разрушается при достижении некоторого, характерного для данной детали критического значения внутренней энергии, то есть каждый элемент, имеет свой энергоресурс. Скорость расходования этого ресурса будет определять продолжительность работы элемента. Энергетический подход также позволяет учесть напряженность работы как машины в целом, так и отдельных ее элементов в отдельности.

В тридцатые годы начали разрабатываться энергетические теории, описывающие процесс разрушения твердого тела. Наиболее общими являются термодинамические модели оценки реологических и прочностных свойств металлов с учетом микро- и макро-механизма его пластических и упругих деформаций. Такой подход, применяемый в работах Журкова С.Н., Киялбаева Д.А., Чудновского А.Н., Федорова В.В., Качанова Л.М., Ивановой В.С., Терентьева В.Ф., Новожилова В.В. и ряда других ученых, позволяет учесть влияние на предельное состояние твердого тела энергии, поглощаемой материалом этого тела при его деформировании и энергии, рассеиваемой в окружающую среду.

Коломийцов М.Д. исходит из положения [5], что величина энергоресурса постоянна для однотипных машин и определяется свойствами материала деталей, кинематикой привода, технологией его изготовления и не зависит от величины и характера нагрузки, если она не превышает максимально допустимого предела. При этом, чем больше потери мощности в приводе, тем интенсивнее расходуется его энергоресурс и пропорционально раньше наступает предельное состояние элементов и сокращается остаточный ресурс привода в целом. Энергоресурс, таким образом, является свойством данного привода машины и может быть рассчитан по формуле:

$$K_K = \int_0^{T_p} \Delta P(t) dt = const ,$$

где  $\Delta P(t)$  — функция потерь мощности в приводе за время  $t$ .

Однако при таком подходе весь привод рассматривается как «чёрный ящик», что не позволяет эффективно идентифицировать

причины возможного отказа и выяснить потенциально опасные элементы.

Несколько другой подход, но примерно с той же идеей заложен в расчётном методе оценки энергоресурса [5]. Рассматривая вопрос об определении энергоресурса зубчатой передачи трансмиссии, учитывая все виды разрушения, предлагается определять его по формуле:

$$\mathcal{E} = \int_a^{N_{lim}} P' dN = \sum_{i=1}^n \frac{N_{lim}^{1-m_i} A_i K_{Bi}}{1-m_i}$$

где  $N_{lim}$  — число циклов по всем видам разрушения;

$P'$  — удельная мощность потерь, равная работе диссипативных потерь за цикл нагружения;

$K_{Bi}$  — коэффициент влияния факторов разрушения по каждому из критериев разрушения.

Несомненным достоинством такого подхода является возможность теоретическо-экспериментальной оценки ресурса таких элементов трансмиссии как зубчатые колёса, и позволяет рассматривать износные явления, контактные и изгибные нагружения зубьев совместно, учитывая уровень влияния каждого из этих факторов в отдельности на ресурс зубчатого колеса в целом в зависимости от параметров передачи и свойств каждого из зубчатых колёс в отдельности. Но оценить остаточный ресурс (ресурс после проведения какой-либо диагностической процедуры) при этом подходе не представляется возможным [2].

Учитывая тот факт, что предельная прочность нарушений в материале предшествующая его разрушению является величиной постоянной для этого материала вне зависимости от вида нагружения и определяется лишь плотностью дислокаций в зоне разрушения [4], а результатом накопления дислокаций является локальное повышение микротвёрдости материала [1], попытаемся оценить остаточный ресурс зуба крупномодульного зубчатого колеса по критерию изгибной усталостной прочности.

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что у термически улучшенных сталей, характерных для крупномодульных зубчатых колёс, подверженных разрушению растяжением и знакопеременным изгибом, микротвёрдость материала в зоне разрушения была одинаковой величиной [3, 4, 5], значительно превышающей значение твёрдости этого материала в исходном

состоянии. Подобные локальные изменения твёрдости были выявлены при сплошном измерении микротвёрдости торцевых поверхностей шестерни редуктора подъёма ковша экскаватора, что говорит о накоплении в теле зуба нарушений структуры материала, вызванных изгибными напряжениями при работе зубчатого колеса.

При этом повышение микротвёрдости происходит лишь в зонах возрастания напряжений, а работа сил разрушения отнесённая к плотности дислокаций непосредственно прилегающей к плоскости разрушения выражается через приращение микротвёрдости есть величина постоянная. Область повышения микротвёрдости целиком определяется ареалом изменения напряжённого состояния, вызванного работой действующих внешних сил разрушения, прикладываемых к образцу.

Несмотря на тот факт, что накопление повреждений, а следовательно и поверхностной микротвёрдости не являются процессом обязательно монотонно изменяющимся [4], можно считать, что он (процесс) имеет некоторую постоянную скорость на отрезке времени (или наработке) значительно превышающий цикл силового воздействия. Тогда в предположении стационарности протекания процесса накопления повреждений, зная действительное значение этой микротвёрдости, например, торцевой поверхности зуба, выявленной при проведении диагностических процедур и имея предельное значение этой твёрдости для разрушенного образца этого материала возможно оценить величину условного остаточного ресурса зуба по критерию усталостной изгибной прочности:

$$T_{YFPост} = T \left( 1 - \frac{\Delta HV_F}{\Delta HV_{MAX}} \right) \quad (1)$$

где  $T_{YFPост}$  — условный остаточный ресурс зубчатого колеса по критерию усталостной изгибной прочности;

$\Delta HV_F$  — приращение микротвёрдости торцевой поверхности зуба в опасном сечении;

$\Delta HV_{MAX}$  — максимально возможное (опасное) приращение твёрдости торцевой поверхности зуба по отношению к исходному состоянию.

Аналогично, условная величина остаточного ресурса по критерию износа будет определяться:

$$T_{YPOст} = T \left( 1 - \frac{\Delta S}{[S]} \right) \quad (2)$$

где  $[S]$  — допускаемый износ;

$\Delta S$  — величина износа на момент проведения мероприятий по диагностике.

Контроль микротвёрдости рабочей поверхности зуба позволяет оценить соотношение процессов изнашивания и разрушения по критерию контактной усталости поверхности зубьев. Если микротвёрдость рабочих поверхностей зубьев не меняется — следовательно, превалирует процесс износа.

В случае если требуется оценить условный остаток ресурса по критерию контактной выносливости его следует оценивать аналогично выражению (1), но с учётом того, что процесс износа и накопления повреждений контактной усталости происходит в пределах одной и той же поверхности:

$$T_{YHP_{\text{ост}}} = T \left( \frac{\Delta HV_H}{\Delta HV_{MAX}} \right) \quad (3)$$

Так как все три деградационных процесса идут одновременно, то для оценки коэффициента влияния одного из трёх видов разрушения зубчатого колеса (выражения 1—3) целесообразно воспользоваться соотношением:

$$K_{Bi} = \frac{T_{Yi_{\text{Пост}}}}{\sum T_{Yi_{\text{Пост}}}} \quad (4)$$

Далее умножив обе части выражений 1—3 на соответствующий  $K_{Bi}$  одновременно с оценкой влияния трех факторов разрушения, возможно оценить величину остаточного ресурса непосредственно из зафиксированных диагностических параметров.

### Список литературы:

1. Александров Ю.В., Кузьбожев А.С., Агинея Р.В. Ресурсные испытания металла длительно эксплуатируемых трубопроводов. — СПб.: «Недра», 2011. — 304 с.
2. Звонарёв И.Е., Иванов С.Л., Фокин А.С. К вопросу оценки ресурса механических трансмиссий машин энергетическим методом. Горное оборудование и электромеханика. 2011, № 8. С. 38—41.

3. Звонарёв И.Е., Иванов С.Л., Фокин А.С., Семенов М.А. Оценка удельной работы разрушения не стандартных образцов с учетом локальной твердости в зоне их разрушения. «Технические науки — от теории к практике»: материалы XIV международной заочной научно-практической конференции. — Новосибирск: 2012, № 14. С. 56—62.
4. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев: монография / И.Д. Ибатуллин. — Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. 387 с.
5. Иванов С.Л. Повышение ресурса трансмиссий горных машин на основе оценки энергонагруженности их элементов. СПб.: РИЦ СПГГИ (ТУ), 1999. — 92 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОЗДАНИЯ НЕКОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ АВТОМОБИЛЯ ПО ВИБРОПОЛОСЕ**

***Кычкин Владимир Иванович***

*канд. техн. наук, доцент ПНИПУ г. Пермь*

***Юшков Владимир Сергеевич***

*аспирант, ПНИПУ г. Пермь*

*E-mail: [vova\\_84\\_07@mail.ru](mailto:vova_84_07@mail.ru)*

## **MATHEMATICAL MODEL CREATION COMFORTABLE CONDITIONS AT MOVEMENT OF THE AUTOMOBILE ON VIBRATIONSTRIP**

***Vladimir Kychkin***

*Candidate of Technical Sciences , The senior lecturer, Perm national  
research polytechnical university, Perm*

***Vladimir Jushkov***

*The post-graduate student, Perm national research polytechnical university,  
Perm*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются конструктивные особенности проектирования виброполосы, предназначенной для генерирования колебаний места водителя автомобиля. Методика представлена расчетами вибрационного нагружения человека-оператора для конкретного транспортного средства.

## ABSTRACT

In given clause design features of designing vibrationstrip, intended for generation fluctuations place driver of the automobile are considered. The technique is submitted by calculations vibrating force the person — operator for concrete vehicle.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога; виброполоса; шаг и глубина неровностей; скорость движения автомобиля.

**Key words:** highway; vibrationstrip; step and depth of roughnesses; speed movement of the automobile.

Создание виброполос позволяет значительно снизить количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) путем устранения монотонности движения и повышения внимания водителя. Согласно зарубежной статистике это снижение составляет в среднем 50 %. Основное назначение виброполосы — активизировать внимание водителя [3].

В работе ставится задача построения математической модели состояния автотранспортного средства (АТС) и возможности тактильного восприятия водителями некомфортных режимов движения, целью которой является установление параметров виброполосы, способствующей генерировать и передавать признаки параметров движения.

В процессе контакта колеса АТС с неровной дорогой необходимо учитывать пятно контакта, величины деформации упругой шины, деформации самой поверхности, включая неровности различного типа. Систему дифференциальных уравнений представляющую собой математическую модель движения поддрессоренных и неподдрессоренных масс АТС запишем [1, 2]:

$$\begin{cases} \ddot{y} + \frac{2\dot{y}}{M_n} \sum_{i=1}^n \mu_{ai} + \frac{2y}{M_n} \sum_{i=1}^n C_{pi} = \frac{2}{M_n} \left( \sum_{i=1}^n \mu_{ai} \dot{\xi}_i + \sum_{i=1}^n C_{pi} \xi_i \right) \\ \ddot{\psi} + \frac{2\dot{\psi}}{I_n} \sum_{i=1}^n \mu_{ai} l_i^2 + \frac{2\psi}{I_n} \sum_{i=1}^n C_{pi} l_i^2 = \frac{2}{I_n} \left( \sum_{i=1}^n \mu_{ai} l_i \dot{\xi}_i + \sum_{i=1}^n C_{pi} l_i \xi_i \right) \\ \ddot{\xi} + \frac{2\dot{\xi} \mu_{ai}}{m_i} + \frac{2\xi (C_{pi} + C_{si})}{m_i} = \frac{2}{m_i} \left( C_{si} h + \frac{2\dot{y} \mu_{ai}}{m_i} + \frac{2y}{M_n} \sum_{i=1}^n C_{pi} \right) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $M_n$  — поддрессоренная масса машины;

$I_n$  — момент инерции поддрессоренной части машины;

$l_i$  — расстояние от элементов подвески до центра массы машины;

$\mu_{ai}$  — коэффициент сопротивления амортизатора;

$C_p$  и  $C_{si}$  — коэффициент жесткости рессоры и шины;

$m_i$  — масса неподдрессоренной части машины;

$h$  — высота неровностей поверхности движения;

$u, \dot{u}, \ddot{u}$  и  $\psi, \dot{\psi}, \ddot{\psi}$  — абсолютные линейные и угловые перемещения, скорости, ускорения поддрессоренной массы;

$\xi, \dot{\xi}, \ddot{\xi}$  — абсолютные угловые перемещения, скорости

и ускорения неподдрессоренной части машины массой  $m_i$ .

Модель неровностей имеет вид:

$$q(t) = \begin{cases} 0 & npu & t < 0 \\ h \sin 2\pi \frac{V_a}{3,6H} t & npu & 0 < t < 1,8 \frac{H}{V_a} \\ 0 & npu & t > 1,8 \frac{H}{V_a} \end{cases}$$

$$H = \sqrt{r_{CT} \cdot (3r_{CT} + 2h) - h^2},$$

где  $h$  — высота неровностей;

$V_a$  — скорость АТС;

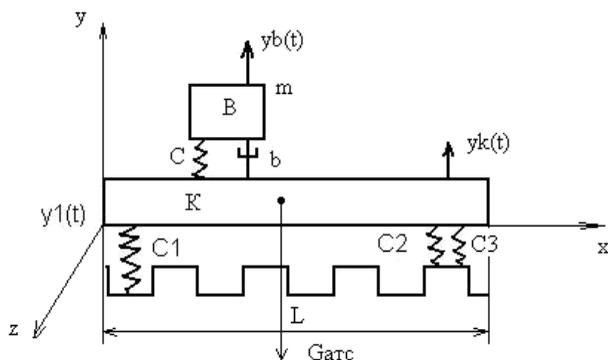
$r_{CT}$  — статический радиус шины при номинальной нагрузке;

$t$  — время, отсчитываемое от момента соприкосновения шин переднего моста с неровностью при наезде; расчетная высота обособленной неровности может быть принята в первом приближении по условию  $0,1r_{CT} < h < 0,2r_{CT}$ ,

$H$  — длина волны неровностей.

Предлагаемая модель значительно упрощает анализ процессов генерирования колебаний в соответствии с системой уравнений (1) при движении АТС по виброполосе. Однако в этом случае возможны потери в оценке влияния параметров традиционной колебательной системы и эквивалентной подвески автомобиля на плавность хода и нагруженность элементов ходовой части при движении по виброполосе. Расчет квазистатического нагружения при условии равенства нулю ускорения и скорости перемещения масс позволяет, сохраняя основные составляющие процесса для плоской задачи, достаточно наглядно оценить вклад характеристик упругих элементов в формирование амплитудных перемещений конструкций транспортного средства. При сравнительной простоте предлагаемой методики исследования связей квазистатических перемещений системы с характеристиками поверхности дороги открывается возможность выбора геометрических параметров неровностей для создания условий некомфортного состояния водителя.

На основании этого расчетная схема имеет, представленный на рис. 1, вид.



**Рисунок 1. Расчетная схема АТС при движении по виброполосе, где  $K$  — рама АТС;  $B$  — водитель;  $C_1, C_2, C_3$  — жесткость амортизаторов АТС;  $C$  — жесткость системы «кресло-водитель»;  $b$  — элемент демпфирования;  $L$  — длина рамы АТС;  $G_{ATC}$  — вес автомобиля**

Установочный уклон рамы запишем в виде:  $tg \alpha = \frac{y_3 - y_1}{L}$ ,

где  $y_1$  и  $y_3$  — осадка первой и третьей опоры.

Сумма сил в проекции на ось Y и сумма моментов относительно оси Z может быть представлена системой уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^3 F_y = \sum_{i=1}^3 y_i \cdot C_i - \frac{m_{ATC} \cdot g}{2} = 0 \\ \sum_{i=1}^3 M_z = \sum_{i=1}^3 y_i \cdot C_i \cdot \frac{m_{ATC} \cdot g \cdot l_A}{2} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где  $m_{ATC}$  — масса АТС,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Вертикальное отклонение в точке с координатой  $x_i$  равна:

$$y_i = \frac{y_3 - y_1}{L} \cdot x_i + y_3.$$

Из системы уравнений (2) после преобразований определяем  $y_1$  и  $y_3$  с учетом угла  $\alpha$  :

$$y_1 = \frac{1}{n} \left[ f + \frac{m \cdot \xi \cdot n - m \cdot \chi \cdot f}{m \cdot \chi - \partial \cdot n} \right], \quad y_3 = \frac{\xi \cdot n - \chi \cdot f}{m \cdot \chi - \partial \cdot n}, \quad y_{ib} = (L - x_b) \cdot tg \alpha + y_3.$$

где  $\partial, m, n, \xi, \chi, f$  — параметры математической модели,

$y_{ib}$  — перемещение рамы АТС в зоне водителя.

С учетом виброизоляции кресла водителя и параметров  $m, C, b$  представим амплитуду колебаний в форме:

$$y_b = y_{\max} \left[ 1 + (2\beta\lambda)^2 \right]^{0,5} \left[ (1 - \lambda^2)^2 + (2\beta\lambda)^2 \right]^{-0,5},$$

где  $\beta = 0,2...0,3$ ;  $\lambda = \frac{\omega_b}{\omega_0}$ ,

$\omega_b$  — частота колебаний рамы АТС;

$\omega_0$  — собственная частота места колебания водителя;

$y_{\max}$  — максимальная величина отклонения рамы АТС при кинематическом воздействии с учетом глубины неровности

$$y_{\max} = y_{ib} + h.$$

Частота процесса воздействия определяется параметрами полосы.

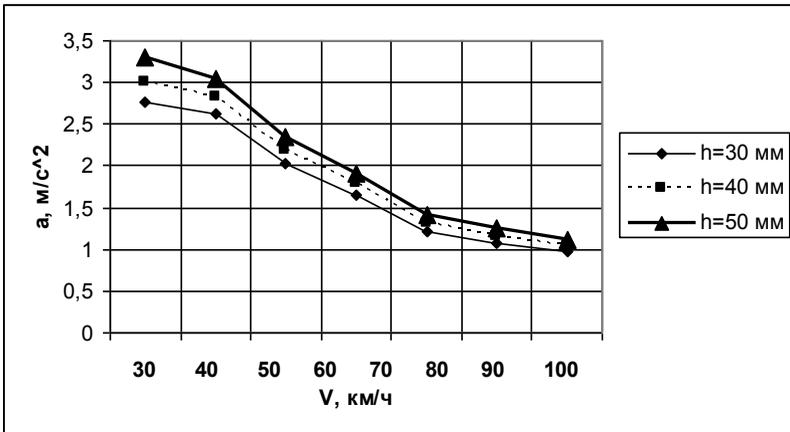
Воздействие ускорений на пассажиров и водителя в значительной степени определяется частотой колебаний [6, 7]. Так, при ее увеличении даже небольшие ускорения колебаний могут вызвать неприятные или болезненные ощущения (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Ускорения,  $m/s^2$ , колебаний, оказывающие отрицательное воздействие на пассажиров и водителя [2]**

| Частота колебаний, Гц | Ощущения   |             |
|-----------------------|------------|-------------|
|                       | неприятные | болезненные |
| 1,0                   | 2,3        | 2,7         |
| 1,5                   | 2,1        | 2,5         |
| 2,0                   | 1,9        | 2,3         |
| 3,0                   | 1,7        | 2,0         |

В качестве примера выполнены расчеты при силовых и геометрических параметрах АТС, соответствующих модели Кама3-53212 6х4.2. Результаты математического моделирования приведены на рис. 2.



**Рисунок 2. График зависимости вертикального ускорения кресла водителя от скорости движения АТС при различной глубине неровностей виброполосы**

При изменении скорости движения АТС с 30 до 100 км/час ускорение в точке рабочего места водителя уменьшается в три раза.

При этом глубина неровностей оказывает большее влияние при низких скоростях движения (рис. 2).

Назначение конструктивных параметров виброполосы на основании проведенных вычислений представляет сложную проблему, прежде всего, связанную с пониманием функционирования тактильной системы «человек-оператор» [7]. Получение подробного механического аналога такой системы на данном этапе исследований не представляется возможным. Рекомендации по применению виброполосы и ее эффективное функционирование с количественной оценкой качества выполняемых процедур может быть дана как некоторое приближение имитирующей модели, рассматриваемой в работе, как всесторонней динамической системы «дорога — виброполоса — автомобиль — человек — оператор». По-видимому, лучшей возможностью при назначении параметров виброполосы с учетом обеспечения ее работоспособности и оказания влияния на водителя при обязательном выполнении санитарных норм, а также принимая во внимание техническое состояние систем автомобиля (конструктивные элементы кузова, шасси, амортизаторов и т. д.) будет являться испытание.

В возникновении реакции организма на воздействие вибраций основную роль играет центральная нервная система [5, 4]. Характер распространения вибрационных возмущений по телу зависит от частоты и амплитуды, длительности цикла воздействия, площади участков тела, соприкасающихся с источником колебаний, места приложения и направления оси колебаний, демпфирующих свойств канала распространения вибраций и т. д. Можно отметить, что появление резонанса человеческого организма, его органов и систем наблюдается в диапазоне частот 0,7...100 Гц [5].

На основании проведенных расчетов можно рекомендовать при движении АТС со скоростью 60 км/ч и шагом неровностей виброполосы 200 мм глубину конструктивного элемента виброполосы 20...30 мм. С ростом скорости движения автомобиля и уменьшением длины волны неровностей существенного влияния глубины конструктивного элемента не наблюдается, что позволяет принять этот параметр на уровне 40 мм. Ширина полосы может быть принята 150...200 мм. Длина виброполосы выбирается в зависимости от продольного и поперечного профилей автомобильной дороги.

Безопасность дорожного движения нацелена, на защиту жизни и здоровья участников дорожного движения. Вся дорожно-транспортная инфраструктура — дороги, элементы их обустройства, транспортные средства — должна быть сконструирована таким образом, чтобы, с одной стороны, участник движения не попал

в конфликтные ситуации, а с другой стороны, в случае ДТП получал как можно меньший вред своему здоровью.

### **Список литературы:**

1. Аксенов П.В. Многоосные автомобили. М.: машиностроение, 1989. 278 с.
2. Вахламов В.К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей // учебное пособие. Изд-во «Академия» 2007, 560 с.
3. Владимирова Н. ДТП предотвратит шумовая полоса // Журнал «Автомобильные дороги» № 3 (964), 2012. С. 58—61.
4. ГОСТ 26563-85 Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация.
5. Креймер Л.Я. Вибрация как лечебный фактор. — Томск: Изд-во Томского университета, 1972. — 259 с.
6. Трофимов Н.А. Защита от вибрации и шума в промышленности: Учеб.пособие / Перм. гос. тех. ун-т Пермь, 1994. 144 с.
7. Фролов К.В. Виброизоляция машины и виброзащита человека — оператора. Государственный научно-исследовательский институт машиноведения, АН СССР, 1973. 195 с.

**РЕЗУЛЬТАТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ  
ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

***Лисицын Константин Алексеевич***

*аспирант Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Патанин Андрей Владимирович***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Петрова Валентина Александровна***

*канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный  
индустриальный университет, г. Новокузнецк*

***Петров Валерий Иванович***

*канд. техн. наук, технический директор ООО «Виртуаль»,  
г. Новокузнецк*

***Меденков Александр Анатольевич***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

*E-mail: [Medenkov AA@inbox.ru](mailto:Medenkov_AA@inbox.ru)*

# OUTCOMES OF MECHANICAL TESTS OF WELD JOINTS OF STEAM PIPE LINES FROM CARBON STEELS WITH APPLICATION OF A METHOD OF AN ACOUSTIC EMISSION

***Konstantin Lisitsin***

*The post-graduate student the Siberian state industrial university,  
Novokuznetsk*

***Andrew Patanin***

*The post-graduate student, Siberian state industrial university,  
Novokuznetsk*

***Valentina Petrova***

*K.t.s., senior lecturer, Siberian state industrial university, Novokuznetsk*

***Valerij Petrov***

*K.t.s., technical director ООО «Virtual», Novokuznetsk*

***Alexandr Medenkov***

*The post-graduate student, Siberian state industrial university,  
Novokuznetsk*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрено следующее. Проводится кластерный анализ источников акустической эмиссии при разрушении образцов. Также рассматриваются зависимости, полученные в результате испытаний.

## ABSTRACT

In the given article is considered following. The cluster analysis of sources of an acoustic emission is carried conducted at destruction is model. Relations obtained in the test data also are considered.

**Ключевые слова:** акустическая эмиссия; сварные швы; механические испытания; источники сигналов акустической эмиссии; амплитудное распределение.

**Keywords:** an acoustic emission; welds; physical tests; signalling originating points of an acoustic emission; amplitude distribution.

В работе [1] приведена методика испытаний сварных соединений из низкоуглеродистых сталей с использованием акустической эмиссии в качестве метода неразрушающего контроля. При изготовлении образцов для данного эксперимента были проведены: механические испытания на растяжение, на холодный изгиб, на твердость и на сплющивание участков паропровода (результаты приведены в таблице 1); также проведены металлографические исследования микро- и макроструктуры после 300000 часов эксплуатации.

*Таблица 1.*

**Механические свойства основного металла**

| $\sigma_{\tau}$ , МПа | $\sigma_{\text{в}}$ , МПа | $\delta_5$ , % | НВ  | Сплющивание   | Угол холодного загиба |
|-----------------------|---------------------------|----------------|-----|---------------|-----------------------|
| 0,00031               | 0,00044                   | 30             | 133 | Удовлетворит. | 180°                  |

Результаты химического анализа основного металла приведены в таблице 2. Микроструктура, полученная в результате металлографического контроля является удовлетворительной, каких-либо особо крупных дефектов не выявлено, и представляет собой перлит и феррит с величиной зерна 9—10 баллов по шкале ГОСТ 5639-82; имеет место полосчатая структура до 4 баллов ряда Б по шкале ГОСТ 5640-68.

*Таблица 2.*

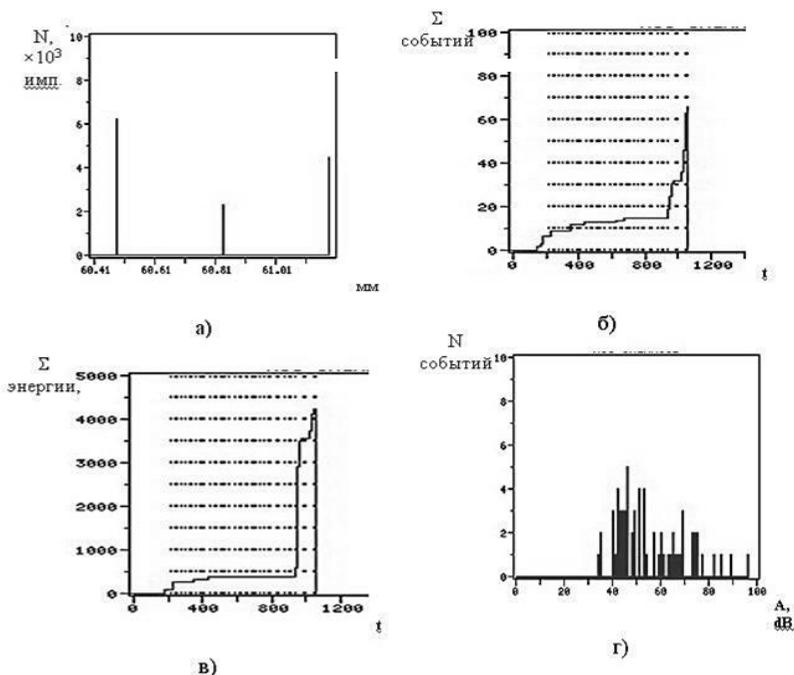
**Химический анализ основного металла**

| № трубы | Химический состав, % |      |      |       |       |
|---------|----------------------|------|------|-------|-------|
|         | C                    | Mn   | Si   | P     | S     |
| 1       | 0,19                 | 0,61 | 0,21 | 0,024 | 0,041 |
| 2       | 0,20                 | 0,62 | 0,21 | 0,024 | 0,040 |

В результате проведенных предварительных исследований выявлено, что структура паропроводов и их механические характеристики находятся в удовлетворительном состоянии согласно требованиям РТМ-1С.

Далее, по предлагаемой методике механических испытаний с регистрацией сигналов акустической эмиссии, производился

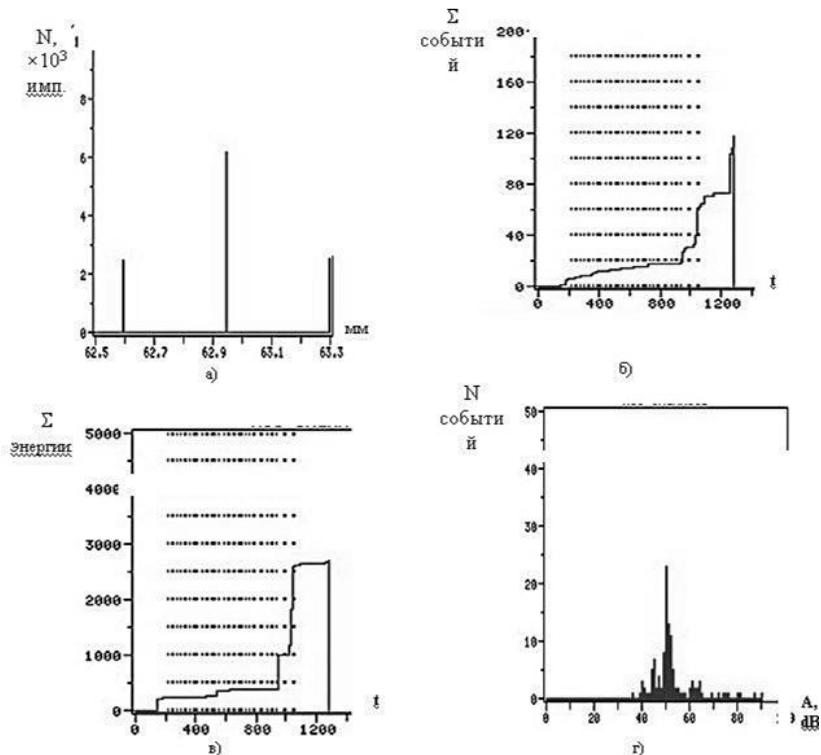
кластерный анализ источников АЭ при разрушении образца, зависимости для одного из которых приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1. Кластерный анализ источников АЭ при разрушении образца по основному металлу — зоне термического влияния**

Локационный график источников АЭ на образце (а), процесс накопления событий (б) и энергии (в) от данного источника, амплитудное распределение событий от этого источника АЭ

Исходя из графика, представленного на рисунке 2а, можно четко определить местонахождение основного источника сигналов акустической эмиссии, что подтверждается данными амплитудного распределения (2 г).

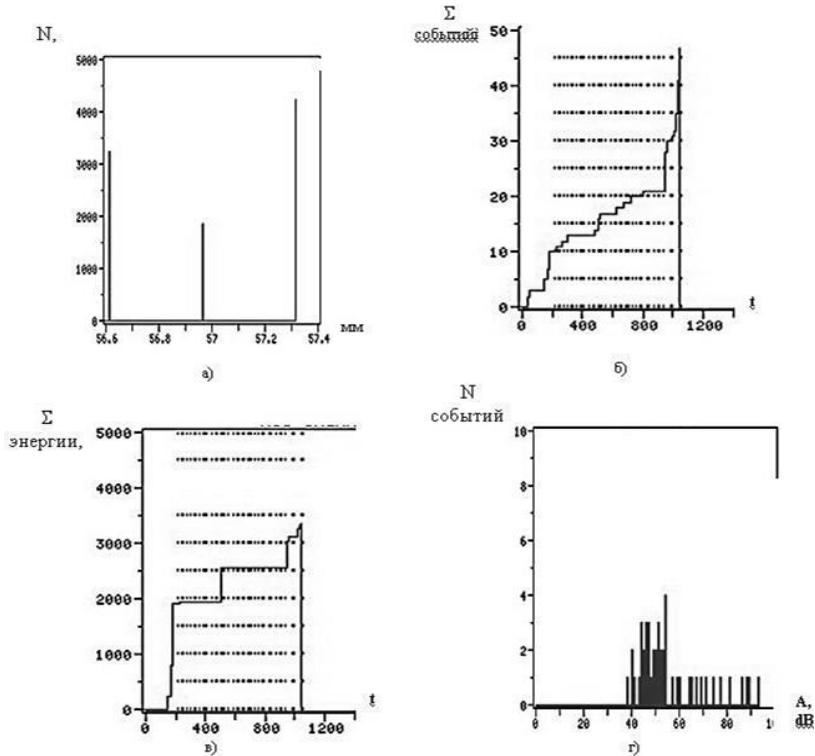


**Рисунок 2. Кластерный анализ источников АЭ при разрушении образца по сварному шву**

Локационный график источника АЭ на образце (а), процесс накопления событий (б) и энергии (в) от данного источника, амплитудное распределение событий этого источника АЭ

Однако по количеству регистрируемых сигналов и распределению энергии, которые приходятся на этапы нагружения и разрушения, основной вклад вносят механизмы деформации и распространение трещины. Максимальная амплитуда сигналов АЭ также относится к области сварного шва.

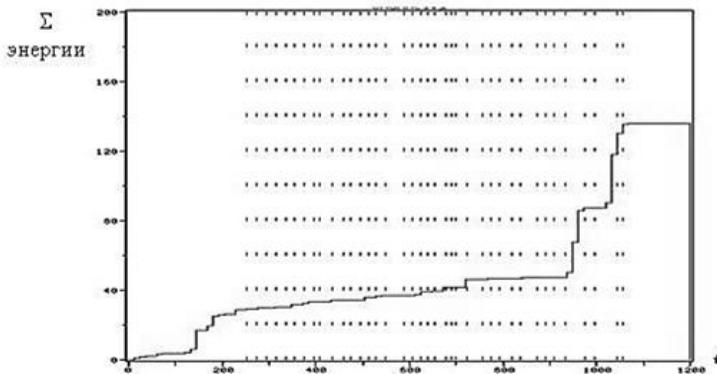
На рисунке 3 приведены результаты испытаний образца со сварным швом, разрушение которого произошло в зоне термического влияния — наплавленный металл.



**Рисунок 3. Кластерный анализ источников АЭ при разрушении образца по зоне термического влияния — сварному шву**

Локационный график источника АЭ на образце (а), процесс накопления событий (б) и энергии (в) от данного источника, амплитудное распределение событий этого источника АЭ

Следует отметить, что, несмотря на весьма близкие значения результатов по суммарной энергии акустических сигналов, имеется значительное отличие по сумме событий (количеству регистрируемых сигналов) и амплитудному распределению (имеется значительное количество сигналов с большой амплитудой).



**Рисунок 4. Накопление энергии при разрушении образца с дефектами за все время нагружения**

Амплитудные распределения сигналов имеют практически равномерный вид, однако стоит отметить, что разрушение происходит с незначительным выделением энергии, т. е. при разрушении образца возникают большое количество источников разрушения и энергия, излучаемая дефектами, распределяется на все образовавшиеся источники. Об этом можно судить, сравнивая выделением энергии от активных источников АЭ с общим количеством запасенной энергии за все испытание (рисунок 4).

В дальнейшем необходимо производить расчет оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) сварных соединений паропроводов с дефектами сварки (в частности методом конечных элементов) и установить взаимосвязь с параметрами сигналов АЭ.

### **Список литературы:**

1. Лисицын К.А., Патанин А.В., Петрова В.А. и др. Методика механических испытаний сварных соединений паропроводов из углеродистых сталей с применением метода акустической эмиссии// Труды III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск.: Издательство ТПУ, 2012. — 143 — 146 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕКАНИЯ КЕРАМОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ

*Лымарь Елена Анатольевна*

*канд. техн. наук, научный сотрудник,  
ОАО «Российские космические системы»,  
г. Москва  
E-mail: [4494.55@mail.ru](mailto:4494.55@mail.ru)*

## RESEARCH OF CERAMOMETALLIC COMPOSITES CAKING CHARACTERISTICS

*Elena Lymar*

*scientist, candidate of engineering sciences, OJSC "Russian space systems",  
Moscow*

### АННОТАЦИЯ

Изучена кинетика спекания и выявлено, что основным механизмом спекания исследуемых керамометаллических композитов является процесс растворения — осаждения, контролируемый диффузией.

### ABSTRACT

Caking kinetics has been examined; it has been discovered that the main mechanism of caking metal-ceramic composites under study is the dissolution — precipitation process controlled by diffusion.

**Ключевые слова:** спекание; композиты; кинетика

**Keywords:** caking; composites; kinetics

Металлокерамические композиты являются перспективными материалами современной техники. Они обладают рядом ценных свойств, присущих как керамике (твердость, высокая прочность, малая ползучесть), так и металлу (высокая теплопроводность, электропроводность, стойкость к ударным нагрузкам). Композиционные материалы на основе керамической матрицы и металлического наполнителя наиболее рационально применять в конструкциях, испытывающих ударные, динамические, сжимающие нагрузки

с одновременным воздействием агрессивных сред, температуры, радиации.

Технологии создания строительных композиционных материалов развиваются в нескольких направлениях [1—8, 18]. Нами предложена идея получения керамических композиционных материалов с высоким содержанием металлического наполнителя методом полусухого прессования с последующей сушкой и обжигом. Особенностью получаемого материала является то, что вводимый в него металл не только исполняет роль наполнителя, но и участвует в стадиях структурообразования композита [9—7]. При обжиге керамических масс, содержащих алюминиевый наполнитель, происходят сложные физико-химические превращения. В результате термического разрушения минералов и частичного окисления алюминия появляются свободные оксиды. При этом образуется промежуточная мелко дисперсная фаза — твердый раствор.

Изучение стадий спекания необходимо для выявления основных процессов, происходящих при обжиге, а также факторов, влияющих на них. Так как при температурах от 900—1300°C процесс спекания протекает с участием жидкой фазы, реагирующей с твердой, то исследование кинетики спекания проводили методом последовательных обжигов в указанном интервале с шагом 50°C.

В основу исследований положено экспоненциальное уравнение, связывающее усадку образцов  $\Delta l/l$  с продолжительностью процесса  $\tau$  и температурой  $T$ :

$$\Delta l/l = k \exp(-E/RT) \tau^n,$$

где:  $k$  — предэкспоненциальный множитель;

$E$  — кажущаяся энергия активации;

$R$  — универсальная газовая постоянная;

$n$  — показатель спекания.

О механизме процесса спекания судили по кажущейся энергии активации и показателю спекания.

Одним из факторов, оказывающих существенное влияние на процесс спекания, является количество эвтектического расплава, присутствующего в материале во время обжига. У материалов, содержащих от 10 до 20 % наполнителя, наблюдается уменьшение показателя  $n$  с ростом температуры, что, очевидно, связано со снижением движущей силы. Все показатели спекания находятся в пределах, характерных для процесса растворения — осаждения,

контролируемого диффузией, а, следовательно, это основной процесс, лимитирующий скорость спекания композита.

Увеличение количества наполнителя привело к некоторому снижению  $n$  в рядах с  $T=\text{const}$ . При этом уплотнение и усадка в области температуры 1250°C практически завершаются. Показатели  $n$  для исследованного температурного интервала говорят об общности механизма спекания материалов, содержащих 10—20 % наполнителя.

Важнейший показатель процесса спекания — кажущаяся энергия активации. Поскольку скорость спекания в изотермических условиях уменьшается со временем, величину  $E$  необходимо рассчитывать в момент, соответствующий времени достижения одинаковой усадки при различных температурах обжига. Тем не менее для исследуемых материалов данный момент времени практически не достижим. Поэтому для расчета кажущейся энергии активации использовали метод неизотермического спекания.

Для анализа спекания в неизотермических условиях применяли уравнение скорости реакции, связывающее относительную усадку  $z$  с температурой:

$$dz/dt = z k \exp(-E/RT)(E/RT^2),$$

где  $z = l - (\Delta l/l) / (\Delta l/l)_{\text{max}}$ ,  $(\Delta l/l)_{\text{max}}$  — линейная усадка при максимальной температуре обжига).

В линейных координатах это уравнение имеет вид:

$$\ln(-\ln z) = \ln(-k/v) - E/RT,$$

где  $v$  — скорость нагрева печи.

Спекание в каждом случае протекает двухстадийно: энергия активации первой стадии  $E_1$  изменяется в широких пределах (от 140 до 360 кДж/моль) в зависимости от давления прессования (табл. 1). Повышение давления прессования приводит к более плотной упаковке частиц, что осложняет их перемещение в микрообъемах на начальной стадии спекания и обуславливает увеличение кажущейся энергии активации. Энергия активации второй стадии процесса зависит от дисперсности исходного сырья и не зависит от давления прессования и количества вводимого наполнителя. Следовательно, энергия активации  $E_2$  относится непосредственно к процессу растворения — осаждения. Точка перехода соответствует температуре появления жидкой фазы в многокомпонентной системе. Температура

перехода равна 1413 К, что подтверждается результатами расчетов процесса неизотермического спекания.

Таким образом, на спекание исследуемых композитов в большей степени, чем остальные факторы, влияют размер частиц тугоплавкой фазы и содержание алюминия, который в составе масс способствует увеличению количества и снижению вязкости расплава. Кинетически процесс протекает двухстадийно: до момента появления жидкой фазы в системе основным механизмом, регулирующим спекание, является перегруппировка частиц тугоплавкой фазы; после образования жидкой фазы в системе главным кинетическим процессом становится растворение — осаждение.

*Таблица 1.*

**Влияние давления полусухого прессования композиционных материалов на энергию активации**

| Используемая глина          | Количество Аллюминиевого наполнителя, % | Давление полусухого прессования, МПа | Энергия активации, кДж/моль |       |
|-----------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------|-------|
|                             |   |                                      | $E_1$                       | $E_2$ |
| Глуховецкий каолин          | 20                                      | 5                                    | 155                         | 208   |
|                             | 20                                      | 8                                    | 186                         | 233   |
|                             | 20                                      | 20                                   | 358                         | 236   |
| Краснояржская глина проба 1 | 20                                      | 5                                    | 136                         | 175   |
|                             | 20                                      | 8                                    | 153                         | 198   |
|                             | 20                                      | 20                                   | 297                         | 326   |

Наличие взаимного растворения твердой фазы в жидкой подтверждается тем, что плотный материал можно получить на основе композиций, содержащих до 20 % алюминия.

Таким образом, установлено, что кинетически процесс протекает двухстадийно: до момента появления жидкой фазы в системе основным механизмом, регулирующим спекание, является перегруппировка частиц тугоплавкой фазы; после образования жидкой фазы в системе главным кинетическим процессом становится растворение — осаждение.

### Список литературы:

1. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // Современные наукоемкие технологии. — 2006. — № 2. — С. 59—60.
2. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков С.И. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. — 2005. — № 10. — С. 79—79.
3. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазонасной провинции // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2006. — № 3. — С. 67—70.
4. Володченко, А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия вузов. Строительство. — 2007. — № 10. — С. 4—10.
5. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Лесовик В.С., Дороганов Е.А. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего // Строительные материалы. — 2007. — № 4. — С. 66—69.
6. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства автоклавных материалов // Известия вузов. Строительство. — 2008. — № 9. — С. 10—16.
7. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // Строительные материалы. — 2008. — № 11. — С. 42—44.
8. Володченко, А.Н. Особенности взаимодействия магнезиальной глины с гидроксидом кальция при синтезе новообразований и формирование микроструктуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2011. — № 2. — С. 51—55.
9. Ключникова Н.В., Юрьев А.М., Лымарь Е.А. Перспективные композиционные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 2. — С. 69—69.
10. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М., Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения // Строительные материалы. — 2005. — № 11. — С. 54—56.
11. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Получение металлокомпозиционных материалов // Стекло и керамика. — 2006. — № 2. — С. 33—34.
12. Ключникова Н.В. Взаимодействие между компонентами при изготовлении металлокомпозитов // Фундаментальные исследования. — 2007. — № 12—1. — С. 95—97.

13. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // *Естественные и технические науки*. — 2012. — № 2(58). — С. 450—452.
14. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. — 2012. — Т. 6. — № 2. — С. 65—69.
15. Ключникова Н.В. Изучение взаимодействия между компонентами при создании керамометаллических композиционных материалов // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. — 2011. — Т. 10. — № 4. — С. 5—8.
16. Ключникова Н.В. Керамометаллические композиционные материалы с высоким содержанием алюминия // *Современные проблемы науки и образования*. — 2011. — № 6. — С. 107—107.
17. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. — 2012. — Т. 6. — № 2. — С. 65 — 69.
18. Лесовик В.С., Володченко А.Н., Алфимов С.И., Жуков Р.В., Гаранин В.К. Ячеистый бетон с использованием попутнодобываемых пород архангельской алмазоносной провинции // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. — 2007. — № 2. — С. 13—18.

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПУЛЕСТОЙКОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ**

***Муляр Сергей Геннадьевич***

*аспирант кафедры  
«Технологии ракетно-космического машиностроения»,  
Московский Государственный Технический Университет  
им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва  
E-mail: [m\\_sergey@inbox.ru](mailto:m_sergey@inbox.ru)*

***Галиновский Андрей Леонидович***

*канд. техн. наук, профессор кафедры  
«Технологии ракетно-космического машиностроения»,  
Московский Государственный Технический Университет  
им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва*

***Колпаков Владимир Иванович***

*канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Технологии ракетно-космического машиностроения»,  
Московский Государственный Технический Университет  
им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва*

***Сайфутдинов Рустем Равильевич***

*начальник отдела перспективных технологий,  
ЗАО НПП «Класс»  
г. Москва*

# ARMOR BULLETPROOF CALCULATION METHODOLOGY

**Andrey Galinovskiy**

*p.h.d., professor of "Rocket and space technologies" department  
Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow*

**Vladimir Kolpakov**

*p.h.d., docent of "Rocket and space technologies" department  
Bauman Moscow State Technical University  
, Moscow*

**Sergey Mulyar**

*graduate student of "Rocket and space technologies" department  
Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow*

**Rustem Saifutdinov**

*"Prospective technology" department director of NPP "KLASS",  
Moscow*

## АННОТАЦИЯ

В работе приведены основные этапы методики расчёта пулестойкости средств индивидуальной защиты. Показаны результаты исследования пулестойкости бронезащиты класса 6а и методика диагностики качества бронематериалов.

## ABSTRACT

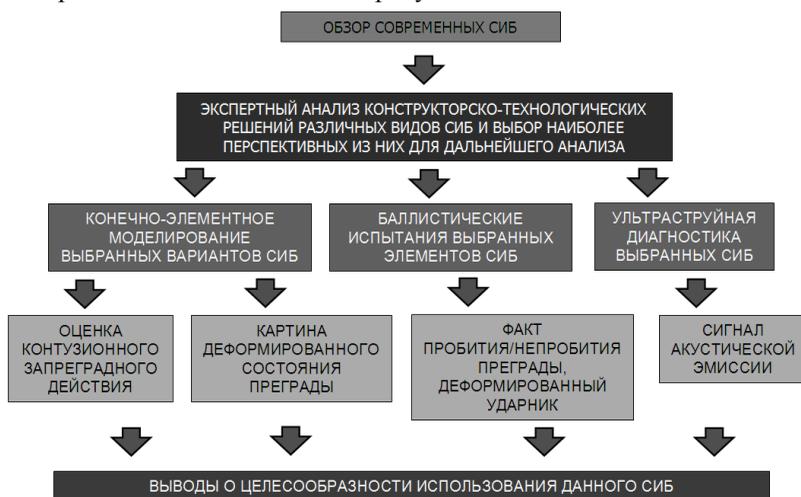
In this work the general stages of individual armor means bulletproof calculation methodology are represented. Results of bulletproof 6a protection class and armor diagnostic methodology are shown.

**Ключевые слова:** пулестойкость; бронекерамика; AutoDYN.

**Keywords:** bulletproof; ceramic armor; AutoDYN.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом производится большая номенклатура средств индивидуальной бронезащиты (в дальнейшем — СИБ) различного конструкторско-технологического и эргономического исполнения, ориентированного на самый широкий спектр областей возможного применения. В данной работе

рассматривается методика анализа пулестойкости средств бронезащиты класса ба, (ГОСТ Р 50744-95, бронебойно-зажигательная пуля Б-32, скорость взаимодействия 800—830 м/с). Методический план работы — в соответствии с рисунком 1.



**Рисунок 1. Методический план выполнения работы**

На первом этапе производится обзор существующих на текущий момент разработок в области СИБ класса ба [3], делаются необходимые выводы.

На втором этапе производится анализ ряда конструктивных исполнений СИБ с привлечением экспертной комиссии состоящей из 5—10 человек, производится оценка согласованности их мнений и строится график оценок. Для дальнейшего исследования выбираются варианты, получившие наибольшие оценки экспертов.

На третьем этапе производится математическое моделирование взаимодействия ударника с преградой, по которому можно судить о деформации ударника и преграды в ходе взаимодействия. Параллельно с этим проводится эксперимент, в ходе которого отстреливаются выбранные варианты бронезащиты. На третьем этапе проводится ультразвуковая диагностика выбранных СИБ, в ходе которой оценивается качество структуры выбранных элементов защиты. Также оценивается контузионное действие от пули Б-32 при использовании данного элемента бронезащиты.

В конце работы делается вывод о возможности использования данного типа бронезащиты исходя из комплекса исследованных параметров.

Рассмотрим подробнее ключевые пункты данной работы.

Метод экспертных оценок (МЭО), проводимый в работе, основан на оценке каждого из вариантов конструктивного исполнения СИБ и оценивается по критериям:

КФ — функциональный критерий, связанный с эксплуатационными характеристиками СИБ;

КТ — критерий технологической реализации;

КН — критерий надёжности;

КД — критерий дополнительных параметров СИБ, например возможности модернизации;

КП — прямые затраты на выпуск данного варианта СИБ;

КО — затраты на освоение выпуска;

КЭ — затраты на эксплуатацию.

МЭО состоит из трёх основных пунктов:

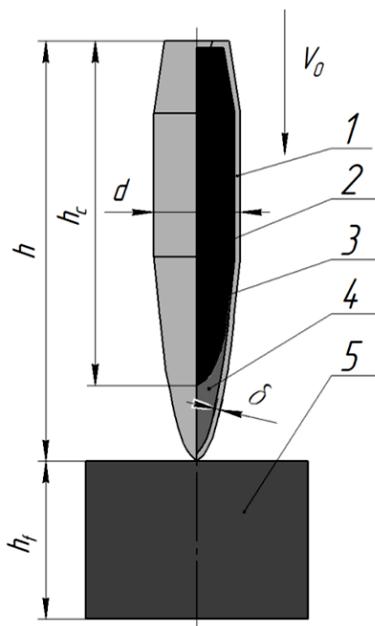
1. Расчёт минимального количества экспертов исходя из разброса значений оценок по каждому из критериев. В работе получено значение, равное 7.

2. Оценка согласованности экспертов с использованием коэффициента конкордации. Значение этого коэффициента при хорошей согласованности экспертов должно быть более 0,7. В данной работе получено значение, равное 0,75.

3. Построение столбчатой диаграммы, по которой выбираются варианты СИБ для проведения дальнейшего анализа.

Конструкции преград, используемые в работе по результатам МЭО — слоистые металло-керамические структуры, в частности — с подложкой из кевлара.

Схема ударного взаимодействия показана на рисунке 2.



**Рисунок 2. Схема ударного взаимодействия**

- 1 — латунная оболочка пули; 2 — сердечник из стали У12;  
3 — свинцовая оболочка сердечника; 4 — пороховой заряд;  
5 — преграда**

В общем случае, материалы имеют довольно сложный отклик на динамическое воздействие, и, в следствии этого, возникает необходимость задания параметров, для моделирования таких физических явлений, как фазовые переходы, вязкое разрушение, термо-, деформационное и другие виды упрочнения. Для моделирования такого разнообразия физических процессов, происходящих в материале в ходе динамического воздействия, вводится разбиение общей модели материала на три основных группы параметров [1]:

1. Уравнение состояния — основное уравнение, описывающее поведение модели при воздействии динамической нагрузки. Оно является ключевым для описания моделей газов и жидкостей, в которых могут не учитываться сдвиговые деформации. Для твёрдых тел материалы (модель ударника и преграды рассмотрены в данной работе), претерпевающих в ходе высокоскоростного взаимодействия большие деформации и напряжения, значительно превышающие

предел текучести данного материала, уравнение состояния также является важным параметром.

В общем виде уравнение состояния описывает зависимость напряжений от деформации и внутренней энергии (температуры). Уравнение состояния может быть задано исходя из данных о термодинамических свойствах материала. В подавляющем большинстве случаев уравнение состояния для расчёта формируется на основании экспериментальных данных и представляет собой линейную аппроксимацию реального уравнения состояния на основе тщательно проведённых экспериментов и представляет собой многочлен с некоторым количеством эмпирических констант.

В данной работе для моделирования материалов ударника пи преграды были применены линейная (Linear) модель материала для имитации всех металлических материалов, модель мягкого материала (модель Puff) для имитации кевлара, а также модель ударной адиабаты (модель Shock) для компонентов из керамики.

Модель Linear — работает в упругой области при небольших объёмных деформациях. В этом состоянии могут находиться газы, жидкости и твёрдые тела. Для металлов линейный закон записывается в следующем виде (1):

$$p = K \cdot \mu, \quad (1)$$

где  $\mu$  — степень сжатия среды.

$$\mu = \frac{\rho}{\rho_0} - 1,$$

где  $\rho$  и  $\rho_0$  — текущее и начальные значения плотности материала.

$K$  — модуль объёмного сжатия среды.

Модель Puff — использует уравнение состояния «мягкого» тела, описывающее поведение материала в широком диапазоне температур. В его основе лежит уравнение Ми-Грюнай-зена (2), которое представляет собой математическую формулировку предположения о том, что тепловое давление  $p_t$ , равное разности между полным  $p$  и «холодным»  $p_x$  давлением прямо пропорционально разнице между полной  $E$  и «холодной»  $E_x$  энергиями, делённой на объём  $V$ :

$$p - p_x = \gamma \frac{(E - E_x)}{V}, \quad (2)$$

где  $\gamma = \gamma(V)$  — коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом Грюнайзена, представляющий собой функцию, зависящий только от объёма.

Модель Shock — использует уравнение ударной адиабаты. Используется для моделирования взаимодействия жидкостей с каким-либо объектом скорость распространения ударной волны от этого взаимодействия превышает скорость распространения звука в жидкости на поправку, зависящую от массовой скорости частиц (3):

$$D = a + \lambda \cdot v, \quad (3)$$

где  $\lambda$  — коэффициент сжимаемости,  
 $v$  — массовая скорость частиц,  
 $a$  — скорость звука в среде,

Уравнение изменения давления (4) в зависимости от изменения плотности:

$$p - p_0 = \frac{\rho_0 \cdot a^2 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right)}{\left(1 - \lambda \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right)\right)}, \quad (4)$$

где  $p$  и  $p_0$  — текущее и начальное давление в жидкости.

2. Модель прочности — описывает поведение материала в зависимости от уровня напряжений, которые в большинстве случаев превышают предел текучести для данного материала, однако могут находиться и в пределах упругости. Модель прочности выбирается в зависимости от рассматриваемого материала (жидкий, хрупкий, вязкий и т. д.), в данной работе для описания прочностных характеристик металлов была применена, в основном, модель Мизеса, которая описывает поведение большинство металлов с хорошей точностью.

Критерий Мизеса выражается формулировкой: «Поликристалл с беспорядочно ориентированными зёрнами будет обладать заметной пластичностью в том случае, если деформация в нём будет протекать, по крайней мере, по пяти независимым плоскостям скольжения». В аналитическом виде он представляет собой зависимость (5), основанную на значениях напряжений в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях:

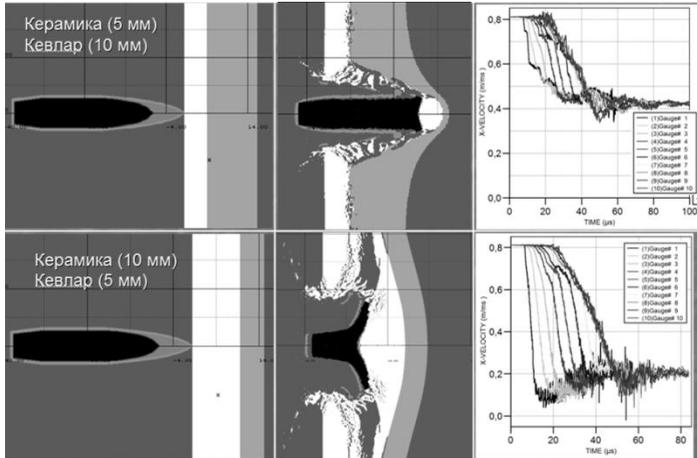
$$(\sigma_1 - \sigma_2) + (\sigma_2 - \sigma_3) + (\sigma_3 - \sigma_1) = 2 \cdot Y^2, \quad (5)$$

где  $Y$  — напряжение, соответствующее пределу текучести данного материала.

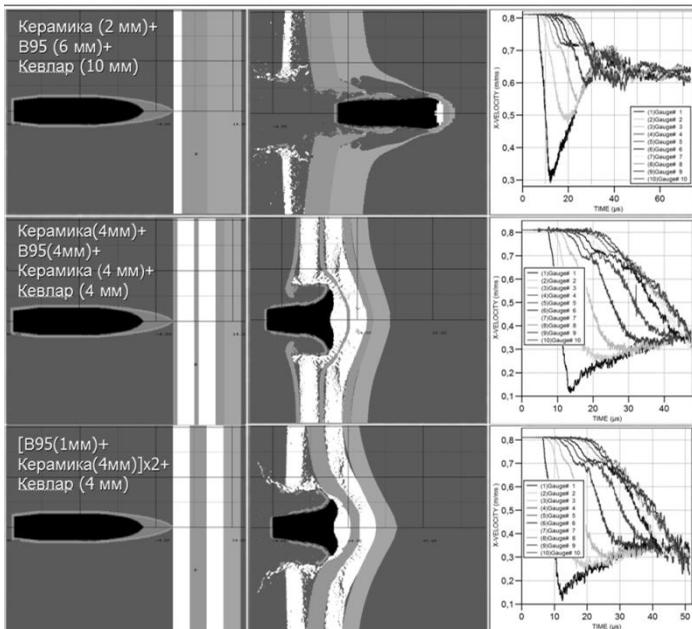
3. Модель разрушения — описывает поведения материала в момент разрушения в зоне, где превышен параметр, задаваемый в модели разрушения. Само разрушение может быть как хрупким, выражающимся в растрескивании (в случае керамики, например), так и вязким, сопровождающимся разрывом материала (в случае металлов).

Характерная особенность ударного нагружения заключается в формировании ударной волны в объёме исследуемого материала, за ударной волной всегда идёт область разрежения, в которой действуют большие растягивающие напряжения, которые могут вызвать разрыв материала в этой области. Напряжения разрушения при этом характеризуются величиной откольной прочности  $R_{\text{MIN}}$ , которая характеризует максимальное напряжение растяжения, при котором произойдёт разрыв материала.

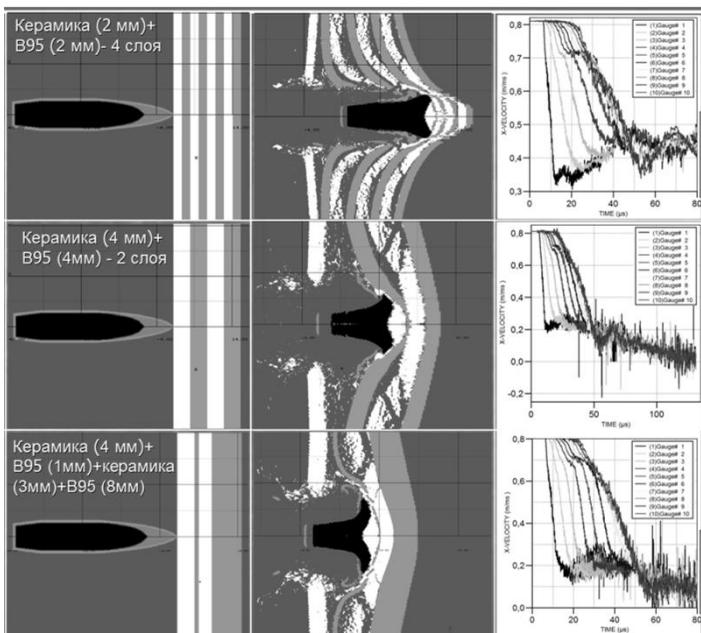
Результаты конечно-элементного моделирования показаны на рисунках 3-5. На графике показаны скорости точек, расположенных вдоль оси пули. По величине этой скорости можно судить об останавливающем действии преграды.



**Рисунок 3. Взаимодействие ударника с керамо-кевларовыми преградами**

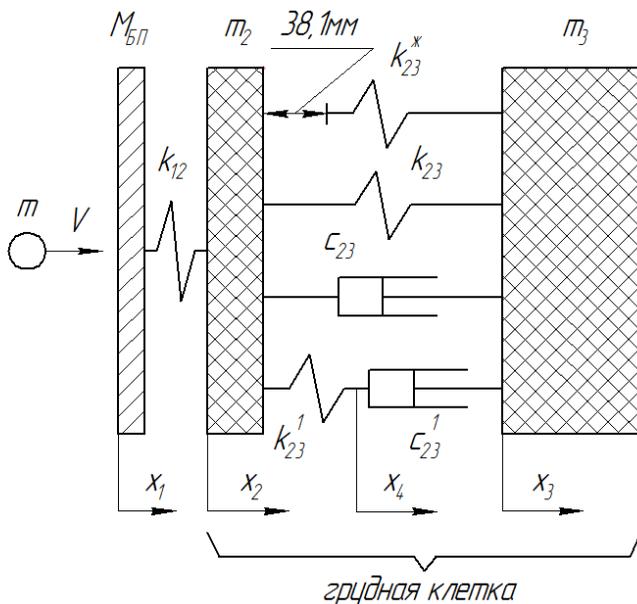


**Рисунок 4. Взаимодействие ударника с комбинированными преградами**



***Рисунок 5. Взаимодействие ударника с металлокерамическими преградами***

Оценка контузионного действия пули Б-32 производится на основании вязкоупругой модели грудной клетки Лобделла [3], показанной на рисунке 6:

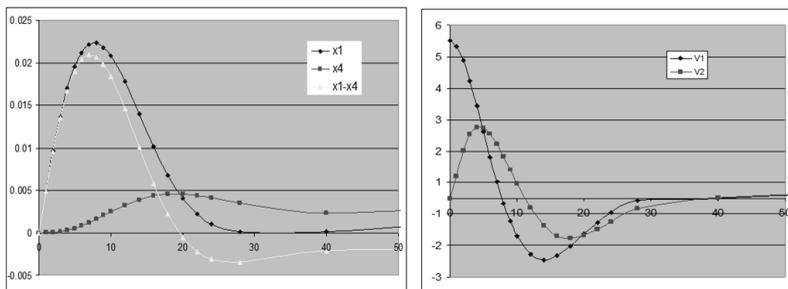


**Рисунок 6. Вязкоупругая модель грудной клетки Лобделла**

Система дифференциальных уравнений, описывающих движение приведённой на рисунке 6 механической системы представлена формулой (6)

$$\begin{aligned}
 M_{\text{БП}} x_1'' &= -k_{12}(x_1 - x_2) \\
 m_2 x_2'' &= x_1 k_{12} - x_2(k_{12} + k_{23} + k_{23}^*) + x_3 k_{23} - x_2' c_{23} + x_3' c_{23} \quad (6) \\
 m_3 x_3'' &= k_{23}(x_2 - x_3) + c_{23}^1(x_4' - x_3') + c_{23}(x_2' - x_3') \\
 c_{23}^1(x_4' - x_3') &= k_{23}^*(x_2 - x_4)
 \end{aligned}$$

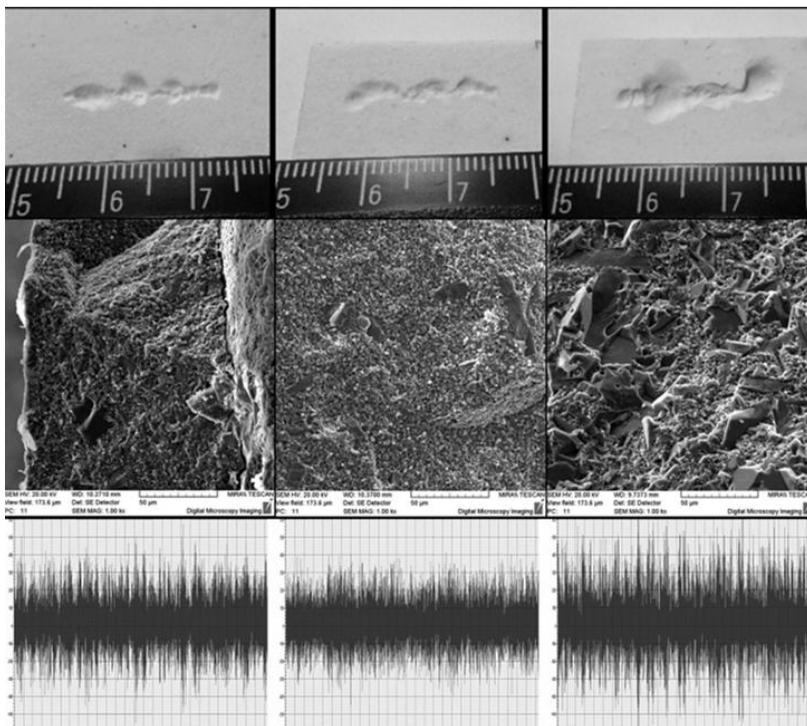
Оценка контузионного действия производится на основе численного решения данной системы уравнений. По графикам можно судить о степени сжатия грудной клетки от удара и скорости движения грудного сегмента. Графики — в соответствии с рисунком 7.



**Рисунок 7. Графики движения механической системы**

При создании керамических пластин бронезащитных элементов производится диагностика их качества путём применения ультразвуковой гибридной технологии. В работе были продиагностированы образцы керамики  $Al_2O_3$  с металлическими включениями, которые влияют на зернистость керамики, и, в конечном счёте, на её прочностные качества (чем мельче зерно, тем выше ударная вязкость). Т. е. появляется возможность диагностировать керамику до этапа отстрела. Кроме того, для верификации могут быть использованы результаты баллистических испытаний по методу остаточной длины сердечника [2].

Согласно этой методике, каждый образец, будучи подключённым к регистрирующему устройству, подвергается воздействию струи воды высокого давления. Регистрирующее устройство фиксирует сигнал, по амплитуде которого можно сделать заключение о структуре керамики, наличии в ней трещин и неоднородностей. Также проводится анализ структуры микрошлифа каждого из образцов с помощью микроскопа. Кроме того, о качестве керамики можно судить по количеству унесённого материала в результате ультразвукового взаимодействия. Результаты исследования трёх образцов керамики с различными примесями — в соответствии с рисунком 9.



*Рисунок 9. Каверны от воздействия ультразвука, микроструктуры образцов керамики и уровень сигнала акустической эмиссии для трёх типов керамики на основе  $Al_2O_3$*

### Список литературы:

1. Бабкин А.В., Колпаков В.И., Охотин В.Н., Селиванов В.В. Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов: Учебник для втузов. 2-е изд., испр. — Т. 3. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 520 с.
2. Беспалов И.А., Григорян В.А., Кобылкин И.Ф. Экспериментальное определение времени задержки проникания высокоскоростных ударников в керамическую броню // Труды 14-й всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». Т. 1. Технические средства противодействия терроризму. — СПб.: НПО СМ, 2011.
3. Григорян В.А. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования — М.:Изд. РадиоСофт, 2008. — 406 с.

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НАРУШЕНИИ СПЛОШНОСТИ УПРУГОЙ СРЕДЫ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

***Патанин Андрей Владимирович***

*аспирант Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Петрова Валентина Александровна***

*канд. техн. наук, доцент,  
Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Петров Валерий Иванович***

*канд. техн. наук, технический директор ООО «Виртуаль»,  
г. Новокузнецк*

***Меденков Александр Анатольевич***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

***Меденков Алексей Анатольевич***

*студент, Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

*E-mail: [Medenkov\\_AA@inbox.ru](mailto:Medenkov_AA@inbox.ru)*

# **SIMULATION OF WAVE PROPAGATION OF PRESSURE AT DISTURBANCE MASSIVE OF AN ELASTIC MEDIUM OF THIN-WALL CONSTRUCTIONS**

***Andrew Patanin***

*The post-graduate student the Siberian state industrial university,  
of Novokuznetsk*

***Valentina Petrova***

*c.t.s., senior lecturer, Siberian state industrial university, of Novokuznetsk*

***Valerij Petrov***

*c.t.s., technical director ООО «Virtual», of Novokuznetsk*

***Alexander Medenkov***

*The post-graduate student, Siberian state industrial university,  
of Novokuznetsk*

***Alexei Medenkov***

*The student, Siberian state industrial university, of Novokuznetsk*

## **АННОТАЦИЯ**

В работе рассматривается задача регистрации упругих волн, являющихся основополагающими при применении методов ультразвукового и акустического контроля. Особый интерес представляет исследование перераспределения энергии с учетом наличия свободных поверхностей материала и образовавшейся трещины. Таким образом, задача рассматривается в следующей постановке: требуется в первом приближении определить поля упругих напряжений и смещений, удовлетворяющие граничным условиям.

## **ABSTRACT**

In activity the problem of registration of elastic waves being basic at application of methods of hypersonic and acoustic monitoring is considered. The soul interest represents a research of redistribution of energy with allowance for of availability of free surfaces of a stuff and derivated fracture. Thus, the problem is considered in following production: it is required as a first approximation to determine fields of elastic stresses and shifts satisfying to boundary conditions.

**Ключевые слова:** ультразвуковой контроль; распространение волн напряжений; математическая модель; дефект.

**Keywords:** a ultrasonic control; wave propagation of pressure; mathematical model; defect.

В качестве математической модели явления рассматривается плоская задача об излучении волн движущимся дефектом [1, 3] перпендикулярно свободной поверхности предварительно напряженного материала. Достаточно обстоятельно эта задача исследована в двух предельных случаях:

1. При бесконечно малой длине трещины — плоская задача Лэмба. В этом случае подробно исследовано распределение энергии различных типов волн. В частности, показано, что энергетический вклад волн следующий: волны Рэлея — 67 %, поперечные — 26 %, продольные — 7 %. Однако в этом случае не учитывается влияние свободной поверхности, образуемой трещиной, что не позволяет автоматический перенос результатов исследований.

2. Случай, когда свободная поверхность отнесена на бесконечность, то есть трещина полубесконечна. Основное внимание, однако, уделено процессам перераспределения энергии в вершине трещины, поэтому проведенный анализ для данной задачи не совсем приемлем.

Требуется в первом приближении определить поля упругих напряжений и смещений, удовлетворяющие граничным условиям:

$$\begin{cases} x = \pm\infty & 0 \leq z \leq H & \sigma_x = \sigma_0 = const, \\ z = 0, H & -\infty \leq x \leq +\infty & \sigma_z = \tau = 0, \\ x = 0 & 0 \leq z \leq z_0(t) & \sigma_x = \tau = 0, \end{cases}$$

где  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$ ,  $\tau$  — компоненты поля напряжения вдоль соответствующих осей,

$\sigma_0$  — приложенная нагрузка,

$z_0(t)$  — координата вершины трещины.

Напряжения и смещения внутри области удовлетворяют уравнениям движения (а) и закону Гука (б):

$$(a), \quad \begin{cases} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial z}, \\ \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} \end{cases}, \quad \begin{cases} \sigma_x = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \frac{\partial w}{\partial z}, \\ \sigma_z = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial w}{\partial z} + \lambda \frac{\partial u}{\partial x}, \\ \tau = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \end{cases} \quad (б),$$

где  $\lambda, \mu$  — постоянные Ламе;

$\rho$  — плотность материала;

$u, w$  — смещение вдоль координат  $x$  и  $z$  соответственно.

Вычитая равномерное поле напряжений  $\sigma_x = \sigma_0, \sigma_z = \tau = 0$ , перейдем к рассмотрению дополнительной задачи. Учитывая симметрию по координате в дополнительной задаче, имеем вместо вышеприведенных следующие граничные условия:

$$\begin{cases} x = \infty, & 0 \leq z \leq H, & \sigma_x = 0 & a). \\ z = 0, H, & 0 \leq x \leq \infty, & \sigma_z = \tau = 0 & б). \\ x = 0, & 0 \leq z \leq z_0(t), & \sigma_x = -\sigma_0, \tau = 0 & в). \\ x = 0, & z_0(t) \leq z \leq H, & \tau = 0, u = 0 & г). \end{cases}$$

Данная задача является смешанной краевой задачей динамической теории упругости. В такой постановке анализ затруднителен, поэтому заменим условие (в) на приближенное:

$$\text{при } x=0, \quad 0 \leq z \leq z_0(t), \quad u = u_0(z, t), \quad \tau = 0,$$

где  $u_0(z, t)$  подбирается из соотношения:

$$\frac{1}{z_0} \int_0^{z_0} \sigma_x(t, 0, z) dz = -\sigma_0.$$

Таким образом, на всей оси  $x=0$  заданы смещения

$$u = u_0(z, t), \quad \Theta[z_0(t) - z],$$

где  $\Theta(y)$  — функция Хэвисайда.

Начальные условия предполагаются нулевыми:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_x(0, x, z) = \sigma_z(0, x, z) = \tau(0, x, z) = u(0, x, z) = w(0, x, z) = 0, \\ \frac{\partial \sigma_x}{\partial t}(0, x, z) = \frac{\partial \sigma_z}{\partial t}(0, x, z) = \frac{\partial \tau}{\partial t}(0, x, z) = \frac{\partial u}{\partial t}(0, x, z) = \frac{\partial w}{\partial t}(0, x, z) = 0. \end{array} \right.$$

В такой постановке имеем:

$u(t, x, z) = -u(t, -x, z)$ , смещения  $u$  — функция нечетная;

$w(t, x, z) = w(t, -x, z)$ , смещения  $w$  — функция четная.

Это позволяет использовать для решения задачи преобразование

Фурье для  $u$  по синусам, а для  $w$  по косинусам: Определяются преобразы смещений:

$$\left\{ \begin{array}{l} u(t, x, z) = \frac{1}{\pi i} \int_0^{\infty} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} -qA(p, q)e^{-n_1 z} - n_2 B(p, q)e^{-n_2 z} + \phi(p, q)e^{\frac{-pz}{v_0}} e^{pt} \sin(qx) dPdq, \\ w(t, x, z) = \frac{1}{\pi i} \int_0^{\infty} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} (-n_1 A(p, q)e^{-n_1 z} - qB(p, q)e^{-n_2 z} + \phi(p, q)e^{\frac{-pz}{v_0}}) e^{pt} \cos(qx) dPdq. \end{array} \right.$$

Из полученных интегральных представлений перемещений с помощью закона Гука [5, 4] можно получить все компоненты напряжений и, следовательно, вклад в перенос энергии соответствующих компонент волнового поля.

Количественной мерой локального смещения свободной поверхности является амплитуда, которая характеризуется плотностью кинетической энергии в данной точке. В продолжение вышеизложенного в данном получено решение в явном виде преобразов и представлено в удобной для эффективного численного исследования на ЭВМ форме. На основе этого решения проведен анализ вкладов в результирующее энергии продольных и поперечных волн и выбрана плотность кинетической энергии на свободной поверхности:

$$\varepsilon(x, t) = \left[ \left( \frac{du}{dt} \right)^2 + \left( \frac{dw}{dt} \right)^2 \right] z = 0.$$

Прямое вычисление интегралов представляет известные трудности, в связи с чем развито несколько методов вычислений преобразов. Для решения нашей задачи предлагается метод Каньяраде Хупа в модификации Слепяна Л.И. [2].

I.  $|x| > c_1 t$ , скорости отсутствуют:  $\frac{du}{dt} = \frac{dw}{dt} = 0$ .

II.  $c_2 t < |x| < c_1 t$ .

$$\frac{du}{dt} = \frac{4u_0}{\pi \cdot v_0 t \tilde{\Delta}(S) \left[ (b_2^2 - 2S^2)^4 + 16S^4 (b_2^2 - S^2)(S^2 - b_1^2) \right]} \times$$

$$\left\{ \begin{aligned} & 2S^4 \sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{b_2^2 - S^2} \left[ -a_{23} S^2 + a_{41} S^4 + a_{05} + \right. \\ & \left. + 2\hat{a} S^2 \sqrt{b_2^2 - S^2} \right] + \\ & + S^2 \sqrt{b_2^2 - S^2} \left[ \left( \hat{b}_2 - \hat{b}_1 S^2 \right) \sqrt{S^2 - b_1^2} (b_2^2 - 2S^2)^2 - \right. \\ & \left. - 4S^2 (b_{14} - b_{32} S) \sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{b_2^2 - S^2} \right] \end{aligned} \right\};$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{2u_0}{\pi \cdot v_0 t \tilde{\Delta}(S) \left[ (b^2 - 2S^2)^4 + 16S^4 (S^2 - b_1^2)(b_2^2 - S^2) \right]} \times$$

$$\left\{ \begin{aligned} & S \sqrt{S^2 - b_1^2} (b_2^2 - 2S^2)^2 \left[ a_{23} S^2 - a_{41} S^4 - a_{05} - 2\hat{a} S^2 \sqrt{b_2^2 - S^2} \right] + \\ & + 2S^3 \left[ \left( \hat{b}_2 - \hat{b}_1 S^2 \right) \sqrt{S^2 - b_1^2} (b_2^2 - 2S^2)^2 \right. \\ & \left. + 4S^2 (b_{32} S^2 - b_{14}) \sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{S^2 - b_2^2} \right] \end{aligned} \right\}.$$

III.  $|x| < c_2 t$ .

$$\frac{du}{dt} = \frac{2u_0 \delta(|x| - C_R t)}{v_0 \tilde{\Delta}(S) R'(C_R)} \left[ \frac{-a_{23} + (a_{41} + a_{05}) S^2 +}{\sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{S^2 - b_2^2}} \left( \hat{b}_1 S^2 - \hat{b}_2 \right) + \right]$$

$$+ \frac{2u_0}{v_0 \pi \cdot t \tilde{\Delta}(S) \left[ (b_2^2 - 2S^2) - 4S^2 \sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{S^2 - b_2^2} \right]} \times$$

$$\times \left\{ 2\hat{a} S^4 \sqrt{S^2 - b_2^2} + S^2 \sqrt{S^2 - b_2^2} (b_{32} S^2 - b_{14}) \right\};$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{2u_0 \delta(|x| - C_R t)}{v_0 \tilde{\Delta}(S) R'(C_R)} \times$$

$$\times \left[ -4\hat{a} \sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{S^2 - b_2^2} - 2a_{41} S \sqrt{S^2 - b_1^2} \right] + \frac{(b_{32} S^2 - b_{14})}{S} +$$

$$2u_0 \left\{ S \sqrt{S^2 - b_1^2} (a_{23} S^2 - a_{05}) + S^3 \sqrt{S^2 - b_1^2} \left( -\hat{b}_1 S^2 + \hat{b}_2 \right) \right\}$$

$$+ \frac{1}{\pi \cdot v_0 t \left[ (b_2^2 - 2S^2) - 4S^2 \sqrt{S^2 - b_1^2} \sqrt{S^2 - b_2^2} \right]} \tilde{\Delta}(S).$$

В вышеприведенных выражениях  $C_R$  — скорость волн Рэлея;

$$R'(C_R) = \frac{4C_R}{(2 - b_2^2 C_R^2)^2} \left[ 4(b_1^2 + b_2^2 - 2C_R^2 b_1^2 b_2^2) - b_2^2 (2 - b_2^2 C_R^2)^3 \right];$$

$\delta(\xi)$  — дельта-функция Дирака.

Для расчета кинетической энергии составлена программа на языке Паскаль. Были приняты значения параметров  $\gamma=1/4$ ;  $u_0=1$ ;

$$v_0=0,1c_2. \text{ При этом } H = \frac{c_1}{c_2} \approx 1,73.$$

В результате моделирования и обработки полученных вычислений получены требования к преобразователям ультразвуковых сигналов, их амплитудно-частотным характеристикам и соответственно к регистрирующей аппаратуре.

### Список литературы:

1. Звуковое излучение двойникующих дислокаций при их выходе на поверхность / В.С. Бойко, Р.И. Гарбер, Л.Ф. Кривенко и др. // ФТТ. — 1969. — Т. 11. — С. 3624—3626.
2. Сарайкин В.А., Слепян Л.И. Плоская задача о динамике трещины в упругом теле // Изв. АН СССР. МТТ. — 1979. — № 4. — С. 54—73.
3. Синхронная регистрация перемещения дислокаций и генерируемого ими звукового излучения / В.С. Бойко, Р.И. Гарбер, В.Ф. Кившик и др. // ФТТ. — 1975. — Т. 17. — С. 1541—1543.
4. Слепян Л.И. Нестационарные упругие волны. — Л.: Судостроение, 1972. — 376 с.
5. Miller G.F., Pursey H. On the Partition of Energie between Elastic Weves in Semi — Infinite Solid // Proc. Roy. Soc. A. — 1955. — s. 223.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА  
АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ (АЭ)  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ  
МЕТАЛЛА ПАРОПРОВОДОВ ТЭС  
В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

***Петрова Валентина Александровна***

*канд. техн. наук, доцент,  
Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Патанин Андрей Владимирович***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Петров Валерий Иванович***

*канд. техн. наук, технический директор ООО «Виртуаль»,  
г. Новокузнецк*

***Меденков Александр Анатольевич***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Нефедов Владилен Михайлович***

*старший преподаватель  
Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк  
E-mail: [Medenkov\\_AA@inbox.ru](mailto:Medenkov_AA@inbox.ru)*

# APPLICATION OF A METHOD OF AN ACOUSTIC EMISSION (AE) FOR RESEARCHES DEFECTS OF METAL STEAM PIPE LINES TES IN LABORATORY CONDITIONS

*Valentina Petrova*

*K.t.s., senior lecturer, Siberian state industrial university, of Novokuznetsk*

*Andrew Patanin*

*The post-graduate student, Siberian state industrial university,  
of Novokuznetsk*

*Valerij Petrov*

*K.t.s., technical director ООО «Вуртуаль», of Novokuznetsk*

*Alexandr Medenkov*

*The post-graduate student, Siberian state industrial university,  
of Novokuznetsk*

*Vladilen Nefedov*

*The higher teacher the Siberian state industrial university, of Novokuznetsk*

## АННОТАЦИЯ

Приведена методика и результаты исследований применения АЭ в качестве метода неразрушающего контроля при определении дефектности металла паропроводов в лабораторных условиях.

## ABSTRACT

The procedure and outcomes of researches of application AE is adduced as a method of a nondestructive examination at determination of presence of defects of metal of steam pipe lines in laboratory conditions.

**Ключевые слова:** акустическая эмиссия; амплитуда; спектр частот; сталь; частотный диапазон.

**Keywords:** an acoustic emission; voltage; a frequency spectrum; steel; frequency band.

Полученные в работах [1,2] результаты позволили сформулировать требования к регистрирующей аппаратуре, предназначенной для контроля материалов методом акустической эмиссии:

- прибор должен обладать максимальной чувствительностью, приведенной ко входу, обеспечивающей регистрацию сигналов АЭ малой амплитуды (движение скоплений дислокаций);
- значительным динамическим диапазоном, поскольку наряду с сигналами малой амплитуды осуществляется регистрация сигналов с большой амплитудой (скачок трещины);
- так как амплитуда является информативным параметром, необходимо наличие амплитудной селекции — минимальное количество компараторов — три;
- поскольку исследование АЭ на реальных объектах связано с отстройкой от промышленных шумов, необходимы фильтры (заграждающие или полосовые);
- сигналы акустической эмиссии излучаются в широком спектре частот, поэтому полоса пропускания прибора должна быть максимальной при минимуме неравномерности амплитудно-частотной характеристики усилительного и преобразующего тракта;
- учитывая полученные результаты по частотному спектру излучения, возникает необходимость в качестве нового параметра сигналов АЭ использовать частотную селекцию, то есть предусмотреть перестройку прибора в нужном частотном диапазоне;
- так как исследуемые объекты имеют конечные размеры, при подрастании дефектов излучаемые волны претерпевают множественные отражения, то наряду с полезной информацией регистрируются отраженные сигналы, следовательно, необходимо учитывать эти эффекты;
- при использовании прибора с большим диапазоном регистрации частот необходимо применение преобразователя с амплитудно-частотной характеристикой, близкой к линейной в рабочем диапазоне частот.

Для отработки методики АЭ-контроля использовались образцы стали 12Х1МФ, вырезанные из паропроводов как в исходном состоянии с различной структурой, так и паропроводов, отработавших различный срок. Использовались образцы диаметром 42 мм и толщиной стенки 6 мм. Длина образца составляла 40 мм. Образцы испытывали на сплющивание согласно ГОСТ 8695-75. К образцу точечной сваркой крепили волновод, изготовленный из стали Х18Н10Т, другой конец волновода заканчивался площадкой для крепления пьезопреобразователя.

Для регистрации сигналов акустической эмиссии использовались две системы. Первая — анализатор спектра СА -100 параллельного типа с диапазоном рабочих частот 0,02—2,02 МГц. В этом случае

применялись широкополосные преобразователи, выполненные на основе керамики ПКР. Вторая система представляла собой широкополосный с блоком фильтров прибор с полосой пропускания 0,1—2,0 МГц. Данный регистратор АЭ оборудован комплектами датчик — предварительный усилитель, выполненными по резонансной схеме на различных частотах.

Испытания осуществлялись на бездефектных образцах, в состоянии поставки, для определения оптимального частотного диапазона регистрации сигналов акустической эмиссии при отстройке от шумов нагружающего устройства. В дальнейшем проводили эксперименты с образцами, имеющими различные дефекты: поры, раковины наружные и внутренние трещины и т. д. Параллельно осуществляли запись нагрузка-время и визуальный контроль наружной поверхности образцов.

Изменение чувствительности, анализатора, приведенной ко входу, приводит к уменьшению сигналов АЭ на низких частотах и, незначительно, на верхних. Типичные кривые нагрузки от времени, а также зависимости суммарной АЭ по трем уровням дискриминации по амплитуде, представлены на рисунке 1.

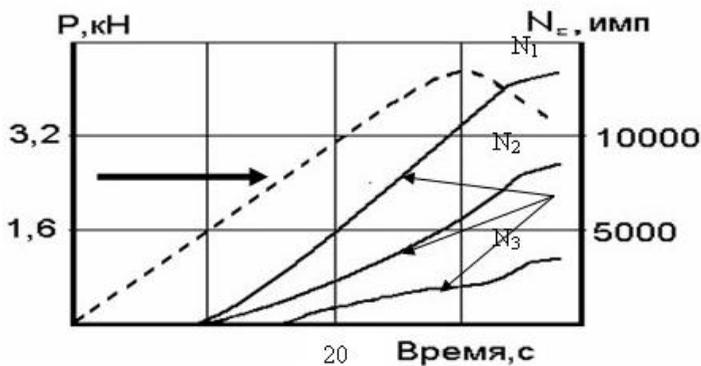
Аналогичные результаты приведены на рисунке 2, где представлены амплитудно-частотные характеристики сигналов акустической эмиссии в зависимости от частоты регистрации бездефектного образца (а) и образца с внутренней трещиной (б).

Аналогичные результаты приведены на рисунке 2, где представлены амплитудно-частотные характеристики сигналов акустической эмиссии в зависимости от частоты регистрации бездефектного образца (а) и образца с внутренней трещиной (б). Испытания образцов без дефектов и образцов с раковинами и трещинами технологического происхождения также приводят к подобным результатам; рисунки 2 (а, б), где стрелками показаны частоты, ответственные за развитие трещин. В этом случае испытывались образцы размерами 42×40×6 мм на сплющивание, изготовленные из металла пароперегревателей как в состоянии поставки, так и после различных сроков эксплуатации.

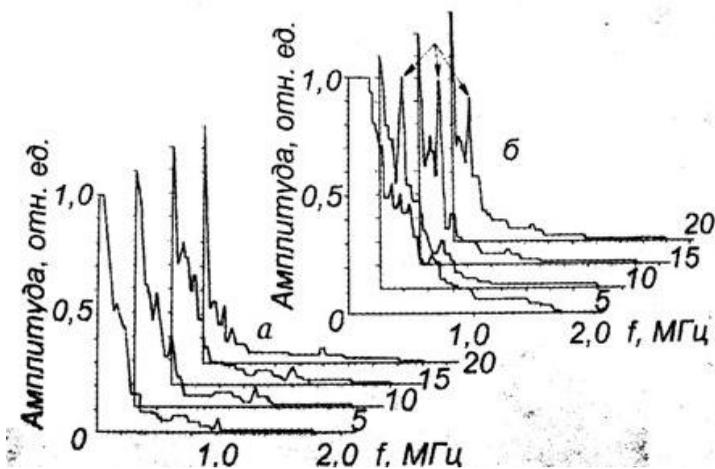
Время нагружения для всех образцов было одинаковым и регулировалось скоростью повышения нагрузки с пульта испытательной машины. На рисунке 3 стрелками показаны частоты сигналов акустической эмиссии, вызванные развивающейся макротрещиной.

После определения оптимального частотного диапазона регистрации сигналов АЭ производилась настройка системы датчик-предварительный усилитель основного прибора, с которым проводи-

лись дальнейшие испытания. На рисунке 4 приведен график изменения активности сигналов акустической эмиссии от времени нагружения.

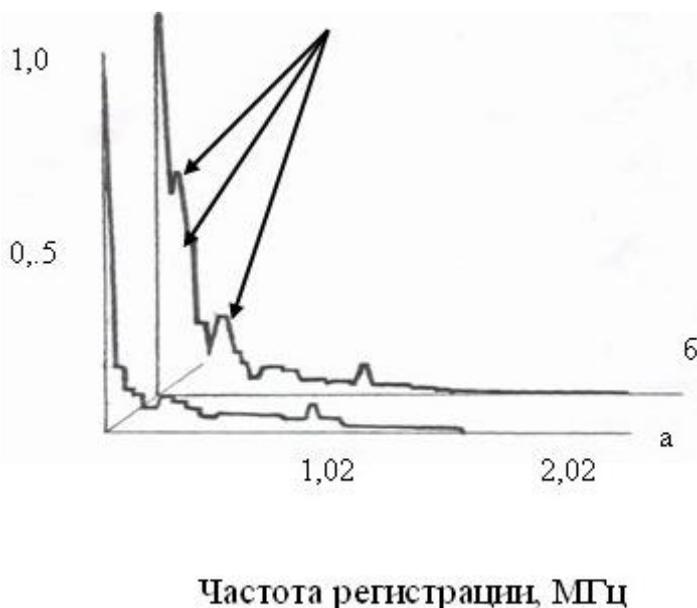


**Рисунок 1.** Зависимости прилагаемой нагрузки и сигналов АЭ для трех уровней дискриминации от времени при использовании широкополосного прибора



**Рисунок 2.** Амплитудно-частотные характеристики сигналов акустической эмиссии при испытаниях бездефектных образцов (а) и образцов с трещинами (б, указаны стрелками)

Повышение активности АЭ на начальном этапе объясняется наличием окалины на испытываемых образцах и ее отслаиванием. Однако следует отметить, что количество сигналов акустической эмиссии и скорость их нарастания на начальном этапе практически в два раза меньше, чем на этапе предразрушения.

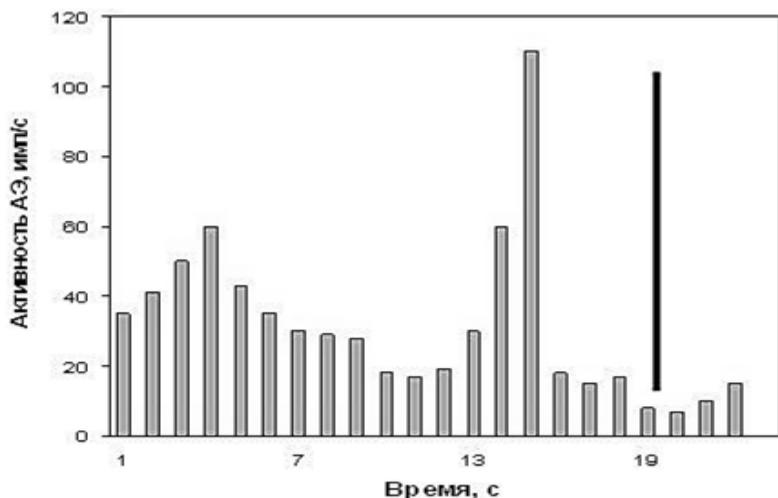


**Рисунок 3. Амплитудно-частотные характеристики сигналов АЭ при деформировании бездефектного образца (а) и образца с раковинной (б, стрелками указано повышение амплитуды на различных частотах) при чувствительности, приведенной ко входу, 20 мкВ**

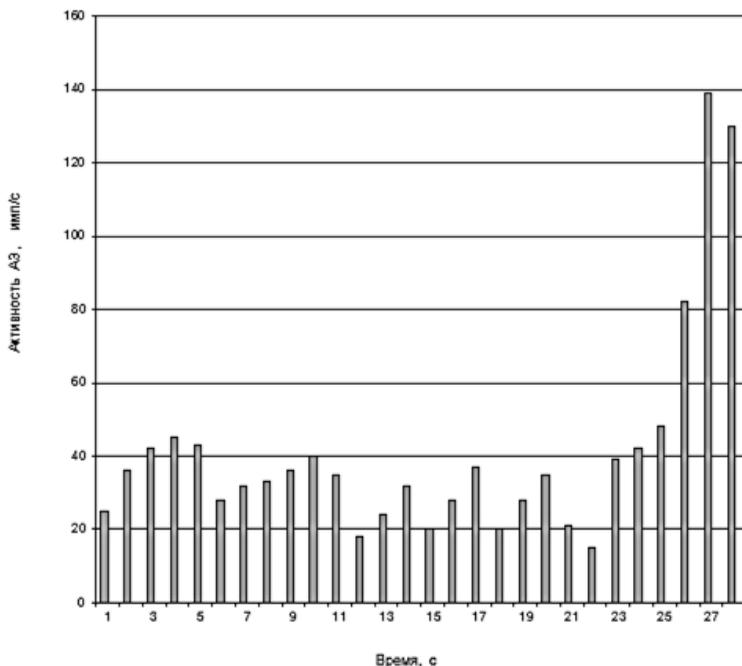
Очевидно, что за резкое увеличение АЭ ответственна развивающаяся трещина. Для подтверждения этого был испытан ряд аналогичных образцов график для одного из которых приведен на рисунке 5. Следует отметить, что зависимости 4 и 5 практически идентичны, поэтому после достижения пика активности сигналов АЭ нагружение прекращалось и проводился металлографический анализ.

При примерно одинаковой глубине внутренних трещин (образцы вырезались из одного паропровода по три на один эксперимент) в первом случае трещина вышла на поверхность, длина раскрытого

участка составляла 10—12 мм, в других случаях раскрытия не происходило. Замеры производились на измерительном микроскопе и показали хорошее соответствие по данному количеству исследованных образцов. При начальных размерах внутренних трещин 0,10—0,12 мм и толщине стенки 6 мм при нагружении трещины проходили расстояние 5,2—5,35 мм до снятия нагрузки. Особо следует отметить, что по сигналам АЭ четко выявляется этап предразрушения образцов с эксплуатационными дефектами.



***Рисунок 4. Изменение активности сигналов АЭ со временем нагружения при испытании образца с внутренней трещиной. Линией показано время появления наружной трещины при визуальном контроле***



**Рисунок 5. Изменение активности сигналов акустической эмиссии во время нагружения при испытаниях образцов с внутренними трещинами для металлографического контроля**

Таким образом, предварительно определен частотный диапазон сигналов акустической эмиссии от развивающихся дефектов при контроле приборами резонансного типа, что позволяет их дальнейшее использование на работающем теплоэнергетическом оборудовании.

### Список литературы:

1. Казаков В.В. Исследование процессов деформирования материалов с записью сигналов акустической эмиссии / В.В. Казаков, В.И. Петров, Н.А. Чельшев // Известия вузов. Черная металлургия. — 1985. — № 12. — С. 132—133.
2. Петров В.И. Исследование некоторых закономерностей акустической эмиссии при деформировании материалов / В.И. Петров, В.В. Казаков, Н.А. Чельшев // Известия вузов. Черная металлургия. — 1986. — № 2. — С. 151—152.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В МАТЕРИАЛАХ ДОРОЖНО- СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

***Христофорова Александра Афанасьевна***

*науч. сотр. лаборатории материаловедения Института проблем  
нефти и газа Сибирского отделения Российской Академии наук,  
г. Якутск*

*E-mail: [a\\_khristoforova@mail.ru](mailto:a_khristoforova@mail.ru)*

***Филиппов Семен Эдуардович***

*ассистент кафедры автомобильные дороги и мосты Автодорожного  
факультета Северо-Восточного федерального университета  
имени М.К. Аммосова, г. Якутск*

*E-mail: [filippov\\_semen@mail.ru](mailto:filippov_semen@mail.ru)*

***Соколова Марина Дмитриевна***

*канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотр. лаборатории  
материаловедения, Института проблем нефти и газа Сибирского  
отделения Российской Академии наук, г. Якутск*

*E-mail: [marsokol@mail.ru](mailto:marsokol@mail.ru)*

## **USE OF NEW BITUMEN MODIFYING ADDITIVES IN THE ROAD CONSTRUCTION MATERIALS**

***Alexandra Khristoforova***

*Materials Science Laboratory Researcher, Oil and Gas Problems Institute  
of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk*

***Semen Filippov***

*Faculty of Road Construction Assistant, North-Eastern Federal University  
named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

***Marina Sokolova***

*Materials Science Laboratory Leader researcher, Candidate of Science,  
assistant professor of Oil and Gas Problems Institute of Siberian Branch of  
the Russian Academy of Sciences, Yakutsk*

## АННОТАЦИЯ

В представляемой работе в качестве модификаторов дорожных битумов предложено применение резиновой крошки, активированной механохимическим способом совместно с природным цеолитом. Представлены результаты исследований термических свойств модифицированных битумов и физико-механических свойств асфальтобетонов на их основе подтверждающие эффективность модификации.

### ABSTRACT

In this project as modifiers of road bitumens application of the rubber crumb activated in the mekhano-chemical way together with natural zeolite is offered. The results of thermal properties of the modified bitumens researches and physicomachanical properties of asphalt concrete on their basis are presented updatings confirming efficiency.

**Ключевые слова:** модификатор асфальтобетона; резиновая крошка; компотибиллизатор; механоактивация; термические свойства битума; физико-механические свойства асфальтобетона

**Keywords:** asphalt modifiers; rubber crumb; compotibilizer; mechanical activation; thermal properties of bitumen; asphalt physical and mechanical properties.

Битумы дорожно-строительного назначения, производимые в России, в большинстве своем не соответствуют современным требованиям к вяжущим и герметизирующим материалам. Одним из важнейших направлений повышения долговечности и качества таких материалов стало введение в их состав различного рода добавок, позволяющих улучшить присущие битумам свойства и модифицировать их в необходимом для практики направлении [2, с. 4]. Наиболее привлекательным модификатором, с точки зрения сырьевой обеспеченности, является резиновая крошка (РК), полученная из отработанных шин (рост объемов российского рынка шин в 2010 год составил 35,2668 млн. штук, что на 27 % больше, чем в 2009 г [1, с. 10]). В представляемой работе в качестве модификатора битума выбрана резиновая крошка, механоактивированная совместно с природным цеолитом. Как показано в работах [3, с. 16—20], применение цеолита в качестве компотибиллизатора в композиционных материалах на основе резины, способствует образованию развитого переходного слоя между компонентами. При их введении в матрицу происходит увеличение модуля упругости, прочности, повышение термической стабильности и устойчивости к горению, улучшение электростатических свойств. При этом, обладая нанопористой

структурой, цеолиты могут удерживать на поверхности органические молекулы битума, являясь, таким образом центрами структурообразования резинобитумных композитов. Для повышения активности смеси «РК — цеолит» был выбран прием механоактивационной обработки модификаторов, показавший свою эффективность для резиновой крошки [4, с. 436—438].

Свойства модифицированных битумов требуют углубленных исследований, что объясняется в первую очередь, сложностью состава, структуры и особенностью материала. На основе некоторых испытаний битума можно получить ответ на ряд производственных вопросов, которые не могут полностью описать поведение модифицированного вяжущего в асфальтобетоне. Поведение битума в покрытиях в определенной степени моделируется испытанием на температуру хрупкости и температуру размягчения, разница которых условно выражает деформативную способность, когда вяжущее находится в вязко-пластичном состоянии [5, с. 349]. Поэтому при проведении стандартных испытаний модифицированного связующего особое внимание уделяли определению температуры размягчения и температуры хрупкости битумов.

Как видно из таблицы 1, температура размягчения исходного битума не отвечает требованиям ГОСТ 11506-73 (не ниже 43°C). Модификация неактивированной резиновой крошкой позволяет повысить температуру размягчения на 4°, применение технологии механоактивации повышает показатель на 6°.

**Таблица 1.**

**Температура размягчения битума и битума, модифицированного резиновой крошкой**

|                 | Температура размягчения, °С |                   |
|-----------------|-----------------------------|-------------------|
|                 | Неактивированная РК         | Активированная РК |
| битум           | 40                          |                   |
| битум + РК 0,25 | 44                          | 46                |

Исследование температуры хрупкости битума (табл. 2) показало, что все значения соответствуют ГОСТ 11507-78. Температура хрупкости битума, модифицированного механоактивированной РК ниже требований ГОСТ на 2°С.

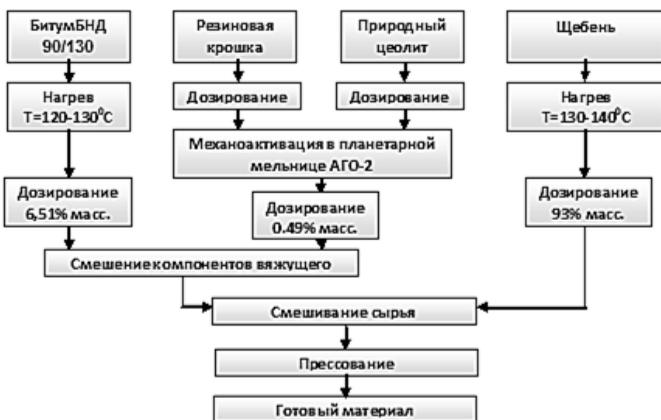
*Таблица 2.*

**Температура хрупкости битума и битума,  
модифицированного резиновой крошкой**

|                 | Температура хрупкости, °С |                   |
|-----------------|---------------------------|-------------------|
|                 | Неактивированная РК       | Активированная РК |
| битум           | -19                       |                   |
| битум + РК 0,25 | -17                       | -20               |

Основываясь на исследованиях термических свойств органических вяжущих, можно сделать заключение, что применение механоактивированной резиновой крошки для модификации битумов позволяет расширить интервал пластичности на 7<sup>0</sup>. Тем не менее, для того чтобы сделать заключение о модифицирующем влиянии активированной РК на вяжущие материалы, следует провести исследования свойств асфальтобетонных образцов.

Были проведены испытания основных физико-механических свойств модифицированных смесей (табл. 3), изготовленных по технологической схеме, представленной на рис. 1. Смесей готовились в соответствии с требованиями государственного стандарта по технологическому регламенту. Дополнительными технологическими операциями являются предварительная механоактивация резиновой крошки совместно с природным цеолитом на планетарной мельнице АГО-2 (при соотношении «масса крошки»:«масса шаров» 1:15 в течение 2 минут) и введение модифицирующей добавки в битум при механическом смешении.



**Рисунок 1. Технологическая схема изготовления модифицированного асфальтобетона**

**Таблица 3**

**Основные физико-механические свойства асфальтобетона**

| Серии                      | $\rho_m$ , г/см <sup>3</sup> | $\rho_m^M$ , г/см <sup>3</sup> | $V^M$ пор, % | $V^0$ пор, % | W, %  | $R_{сж}$ МПа | $R_p$ МПа |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------|--------------|-----------|
| АБ                         | 2,28                         | 2,13                           | 19,16        | 13,48        | 0,856 | 5,25         | 1,79      |
| РК 0,25 НА + цеолит неакт. | 2,33                         | 2,17                           | 17,44        | 11,65        | 0,530 | 5,64         | 1,33      |
| РК 0,25 Акт + цеолит акт.  | 2,34                         | 2,18                           | 17,06        | 11,25        | 0,459 | 5,59         | 1,35      |

Где,  $\rho_m$  — средняя плотность уплотненного материала,  
 $\rho_m^M$  — средняя плотность минеральной части,  
 $V^M$  — пористость минеральной части,  
 $V^0$  — остаточная пористость,  
W — водонасыщение,  
 $R_{сж}$  — предел прочности при сжатии,  
 $R_p$  — предел прочности на растяжение при расколе.

При приготовлении наблюдалась хорошая обволакиваемость минеральных компонентов асфальтобетонной смеси модифицированным битумом. Высокую совместимость между резинобитумом и каменными материалами можно связать с тем, что цеолит, входящий в состав вяжущего, выступает частично в качестве активатора поверхности минеральных материалов.

Проведенные исследования показали, что пористость образцов, содержащих модифицированную резиновую крошку, снижается до 17 %. Такая же динамика улучшения показателя наблюдается для плотности уплотненного материала и водонасыщения. Наименьшим водонасыщением обладают образцы, содержащие модифицированную резиновую крошку (ниже чем показатель типового асфальтобетона на 46 %). Прочностные характеристики изменяются не значительно.

Таким образом показано, что модификация битума активированной резиновой крошкой позволяет улучшить свойства асфальтобетона на его основе. Особенно важно для регионов с большим годовым и суточным разбросом температур и частым переходом через точку замерзания воды (0°C), что значительно снижается водонасыщение и расширяется интервал пластичности вяжущего материала.

### **Список литературы:**

1. Маркетинговые исследования рынка резиновой крошки в России в разрезе федеральных округов. Аналитический обзор. СПб.: ООО «Профессиональные комплексные решения», 2011. 93 с.
2. Смирнов Н.В., Смирнов Б.М., Булгаков А.П. Использование резиновой крошки в наполнении битума для асфальтового покрытия автодорог. Аналитический обзор. СПб.: ООО «Новые технологии-инжиниринг», 2004. 17 с.
3. Соколова М.Д., Давыдова М.Л., Шадрин Н.В. Технологические приемы, обеспечивающие повышенную структурную активность цеолита в полимерэластомерных композициях // Каучук и резина. — 2010. — № 6. — С. 16—20.
4. Христофорова А.А., Соколова М.Д. Механоактивационный способ обработки измельченных вулканизатов // Химия в интересах устойчивого развития (2009), № 4, С. 435—438.
5. Шестоперов С.В. Дорожно-строительные материалы. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1969. —672 с.

## СЕКЦИЯ 4.

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

#### ОСОБЕННОСТЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ФАУНИСТИЧЕСКОГО БИОРЕСУРСА АГРОЦЕНОЗОВ ЦЧР В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССИНГА

*Высоцкая Елена Анатольевна*

*доцент, канд. геогр. наук, Воронежского государственного педагогического университета, г. Воронеж*

*E-mail: [Murka1979@mail.ru](mailto:Murka1979@mail.ru)*

#### FEATURES OF THE CLASSIFICATION OF FAUNA STOCK AGROCOENOSES CENTRAL BLACK EARTH REGION IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC PRESSURE

*Elena Vysotskaya*

*Associate Professor, K. n., Voronezh state pedagogical University,  
Mr. Voronezh*

#### АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты теоретических исследований в области классификации фаунистического компонента агроценозов ЦЧР, как биологического ресурса.

#### ABSTRACT.

The results of theoretic research in the field of classification of faunal component agrocoenoses of Central Chernozem zone, as a biological resource.

**Ключевые слова.** Фауна; классификация; исследование, биологический ресурс.

**Keywords.** Fauna; classification; study the biological resource.

Стабильность существования агроценозов ЦЧР невозможна без существования нормальных, соответствующих естественным экосистемам трофическим связям, с той лишь разницей, что большинство чистой продукции потребляет человек для своих нужд, вытесняя при этом многие виды консументов. На наш взгляд, дальнейшее развитие современного земледелия необходимо строить на осознании сложности биоценологических взаимоотношений в разных типах агроценозов.

Целью нашего исследования явилось изучение особенностей среды обитания представителей мезофауны в разных типах агроценозов ЦЧР для выявления их значения как части общего биологического ресурса.

Предмет исследования — мезофауна в пределах агроценозов разного типа, закономерности ее реакции на комплекс природных и антропогенных факторов. В предмет исследования входило рассмотрение роли мезофауны для процесса почвообразования, превращения энергии в цепях питания, круговорота веществ.

На начальном этапе исследования были рассмотрены принципы выделения почвенной фауны исходя из размеров тела, взаимосвязь подобной классификации с условиями внешней среды, воздействием как природных, так и антропогенных факторов.

В ходе исследований литературных источников (Гржимека, 1987; Хотько, Ветрова, 1989; Бигон, 1998 и др.), изучена классификация организмов, которая представляет собой выделение групп исходя из определенного принципа. Она необходима как для практических целей, так и для выявления закономерностей развития в историческом процессе (филогенезе) и особенностей взаимосвязей в процессе индивидуального развития (онтогенезе) [1,3,9].

Относительно размеров организмов нет единого мнения. В отечественной литературе, в частности в справочнике «Природопользование» Реймерса (1990) отсутствуют указания о направлении измерения, подразумевая максимальный размер по одному из направлений. Английские ученые же пользуются понятием мезофауны с уточнением по ширине — от 100 мкм до 2 мм (Бигон, Харпер, Таунсенд, 1998) [1]. Мелкое, на первый взгляд, несогласование приводит к большим последствиям в составе мезофауны по мнению разных научных школ. Поэтому, на наш взгляд, этот параметр требует уточнения.

Сомнения вызывают и определение размеров в зависимости от формы тела. Если у представителей макрофауны этот вопрос относительно ясен, то при выделении мезофауны и микрофауны

организмов с пограничными размерами это вызывает затруднения, которые связаны, прежде всего, с полиморфизмом и модификационной изменчивостью. В ботанических исследованиях анатомического строения существуют условные понятия паренхимности и прозенхимности при определении формы — если один из трех параметров измерения (высота, длина и ширина) больше других в три раза, то говорят о презенхимной (вытянутой) форме [5, 6]. На наш взгляд, подобное соотношение, возможно, применять дополнительно к видам организмов, имеющим пограничные размеры.

Вторым важнейшим принципом классификации является особенности типа питания с точки зрения трофических уровней. Зачастую представителей мезофауны рассматривают как группу детритофагов — организмов питающихся детритом, англоязычный синоним русского «перегной» [2]. Этот подход не является точным с точки зрения многообразия типов питания, так как среди мезофауны существуют представители, относящиеся к группе редуцентов — организмов, питающихся «мертвым» органическим веществом, имеющих сапротрофный тип питания, и консументов — организмов, питающихся готовым органическим веществом и имеющих гетеротрофный тип питания. Среди мезофитов, по понятным причинам, отсутствуют продуценты с автотрофным типом питания, имеющиеся в микрофауне и относящиеся к группе простейших (инфузории и эвглена в частности). Кроме этого многообразны биотические взаимоотношения среди консументов, среди которых имеется как хищничество, так и паразитизм.

Таким образом, классификация организмов необходима, однако носит искусственный характер. Это приводит к несогласованию представителей научных школ по выделению представителей мезофауны по стадии развития, параметрам размеров тела.

Различные представители мезофауны имеют свою среду обитания. В литературе иногда встречается утверждение, что агроценоз — искусственное образование однако растительный агроценоз формируется на природной базе других экологических компонентов (энергии, воды, почвогрунтов, консументов почвенной фауны, редуцентов) и относится к квазиприродной среде [4, 7].

Несмотря на значительную упрощенность агроэкосистем по сравнению с естественными, в них сохраняется множество биоценологических связей, влияющих на урожай [6]. Сопоставление сведений о фауне и флоре полей показывает гигантскую сложность даже предельно простого агроценоза, сохраняющего более тысячи видов. Вместе с тем агроценозы выступают некой лабораторией,

вносящей огромный вклад в исследования закономерностей развития сообществ, которые в естественной природной среде также являются мало устойчивыми.

### **Список литературы:**

1. Бигон М., Харпер Д., Таусенд К. Экология. Особи, популяции, сообщества/ М. Бигон., Д. Харпер, К. Таусенд. — М.: Мир, 1998. — в 2 т.
2. Бей-Биенко Г.Я. О некоторых закономерностях изучения фауны беспозвоночных при освоении целинных степей./ Г.Я. Бей-Биенко // Энтомологическое обозрение. М. — 1961. № 40,4 — С. 763—765.
3. Почвенные беспозвоночные и промышленное загрязнение/ Э.И. Хотько, С.Н. Ветрова, А.А. Матвеевко, Л.С. Чумаков. — М.: Наука, 1989. — 264 с.
4. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник/ Н.Ф. Реймерс — М.: Мысль, 1990. — 637 с.
5. Стриганова В.Р. Методы исследования питания почвенных беспозвоночных и оценка их роли в трансформации растительных остатков/ В.Р. Стриганова // Количественные методы в почвенной зоологии. — М., 1987. — С. 125—165.
6. Холин С.К. Видовое разнообразие насекомых в агроэкосистемах: Автореферат дис. канд. биол. наук./ С.К. Холин — Владивосток, 1995. — 24 с.
7. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. Агроэкология. М.: Колос, 2000. — 536 с.
8. Чернова Н.М., Былова А.М. Экология/ Н.М. Чернова, А.М. Былова — М.: Просвещение, 1988. — 272 с.
9. Экологические очерки о природе и человеке/ Под ред. Гржимека Б. — М.: Прогресс, 1987. — 640 с.

## СЕКЦИЯ 5.

### ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

#### ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ С УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТЬЮ И ШИЗОФРЕНИЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ПСИХОНЕВРОЛОГИЧЕСКОМ ИНТЕРНАТЕ, МЕТОДАМИ АРТ-ТЕРАПИИ

***Бобченко Татьяна Григорьевна***

*канд. психол. наук,  
доцент Владимирского государственного университета  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
г. Владимир  
E-mail: [ta-bobchenko@mail.ru](mailto:ta-bobchenko@mail.ru)*

***Писненко Александр Георгиевич***

*канд. психол. наук,  
доцент Владимирского государственного университета  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
г. Владимир  
E-mail: [pisnenko@gmail.com](mailto:pisnenko@gmail.com)*

***Пронина Елена Викторовна***

*канд. психол. наук,  
доцент Владимирского государственного университета  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
г. Владимир  
E-mail: [pronina.ev@gmail.com](mailto:pronina.ev@gmail.com)*

***Шефов Сергей Александрович***

*старший преподаватель Владимирского государственного  
университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
г. Владимир  
E-mail: [sergeyshefov@rambler.ru](mailto:sergeyshefov@rambler.ru)*

**PSYCHOLOGICAL REHABILITATION  
OF THE YOUNG PEOPLE WITH INTELLECTUAL  
BACKWARDNESS AND SCHIZOPHRENIA,  
LIVING IN LIVING IN A PSYCHO NEUROLOGICAL  
BOARDING SCHOOL: METHODS OF ART-THERAPY**

***Tatyana Bobchenko***

*Ph.D. (in Psychology), Associate professor,  
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir*

***Aleksandr Pisenko***

*Ph.D. (in Psychology), Associate professor,  
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir*

***Elena Pronina***

*Ph.D. (in Psychology), Associate professor,  
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir*

***Sergey Shefov***

*Senior teacher,  
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir*

**АННОТАЦИЯ**

В статье рассматривается проблема психологической реабилитации молодых людей с умственной отсталостью и шизофренией, проживающих в психоневрологическом интернате альтернативными методами. Приведены результаты комплексного патопсихологического обследования.

**ABSTRACT**

Alternative methods of psychological rehabilitation of young people with intellectual backwardness and schizophrenia, living in a psycho neurological boarding school, are considered in the paper. The results of complex pathopsychological inspection are presented.

**Ключевые слова:** реабилитация; умственная отсталость; шизофрения; психоневрологический интернат; арт-терапия

**Key words:** rehabilitation; intellectual backwardness; schizophrenia; psycho neurological boarding school boarding school; art-therapy

Психоневрологические интернаты для взрослых являются учреждениями социального обслуживания населения России, входят в общую систему психиатрической помощи и предназначены для проживания больных с хроническими формами заболеваний. Обычно это люди, неспособные жить в семье и обществе в силу утраты либо недоразвития способностей к самообслуживанию, самообеспечению и продуктивной коммуникативной деятельности. Наиболее многочисленной группой проживающих в них являются больные с умственной отсталостью (всего 68,9 %), и шизофренией. При этом больные олигофренией — это в основном молодые люди, поступившие в ПНИ из детских домов-интернатов для детей с дефектами умственного развития (43 %), семей (25 %), психиатрических больниц (20,76 %) и других учреждений. Причиной поступления больных из детских домов-интернатов является достижение совершеннолетия (18 лет), а в случаях поступления из семьи — невозможность обеспечить уход в домашних условиях. Самостоятельное проживание человека с недостаточным интеллектуальным развитием, прошедшего несколько лет в интернате и не имеющего навыков самостоятельного проживания, невозможно без специальной подготовки и поддержки. Недостаточность реабилитационных программ в детских домах-интернатах и практически полное отсутствие реабилитационных центров пост-интернатного обучения приводит к невозможности реализации права молодых людей на самостоятельную жизнь, обучение и трудоустройство.

В настоящее время при работе с лицами, проживающими в психоневрологических интернатах, основное внимание уделяется медицинской помощи и социальной реабилитации, в то время как психической реабилитацией занимаются в меньшей степени, однако именно этот аспект комплексной помощи проживающим в психоневрологических интернатах особенно важен в связи с характером их заболеваний, по которым они получили инвалидность.

Адекватное и своевременное удовлетворение индивидуальных потребностей инвалидов призвано обеспечить компенсацию имеющихся у них ограничений жизнедеятельности и требует поиска наиболее эффективных путей и средств решения проблем в условиях проживания психоневрологического интерната. В связи с этим приоритетными направлениями деятельности ПНИ являются сохранение социального здоровья инвалидов, улучшение качества их жизни через повышение эффективности имеющихся ресурсов и кадрового потенциала, развитие альтернативных форм ухода, внедрение

инновационных форм работы. К последним относится развитие современных технологий реабилитации, включающих методы арт-терапии [1, 2].

Работа проводилась в несколько этапов: разработка программы патопсихологического обследования (познавательная и личностная сферы), структурированной беседы, подготовка экспериментально-психологических и психодиагностических методик; проведение индивидуальных патопсихологических обследований с проживающими; обработка и интерпретация результатов патопсихологических обследований; написание индивидуальных заключений по результатам патопсихологических обследований; составление рекомендаций и индивидуальных программ психической реабилитации по результатам патопсихологических обследований; обобщение индивидуальных результатов и составление итогового отчета по патопсихологическому обследованию группы проживающих.

В ходе проведения работы применялись психодиагностический метод; экспериментальный метод; метод беседы; наблюдение. Реализация данных методов в ходе исследования конкретизировалась посредством применения следующих методик: структурированная беседа; «Заучивание 10 слов» (А.Р. Лурия); тест «Прогрессивные матрицы Равена»; тест рисуночной фрустрации С. Розенцвейга; методика «Незавершенные предложения» (Дж. Сакс); тест «Дом-дерево-человек» (Дж. Бук). Методики подбирались, разрабатывались и адаптировались в соответствии с целью исследования и с учетом особенностей контингента, с которым предстояло работать.

В целом по выборке выявлен нормальный уровень внутриличностной конфликтности (проблемности) (30,9 %), даже чуть ниже средненормативного показателя (35 %). При этом значимых различий по уровню внутриличностной проблемности между группами больных шизофренией и страдающих слабоумием не выявлено.

Наиболее проблемной оказалась сфера отношений с людьми, далее следуют сферы отношения к себе и отношения к будущему. Наименее проблемными оказались сферы нереализованных возможностей и отношений с противоположным полом. Три «лидирующие» в плане проблемности сферы являются ожидаемыми. Отношения с людьми напряжены, вероятно, из-за нехватки социальных навыков и затруднений в адаптации. Проблемность сферы отношения к себе у трети испытуемых может быть объяснена осознанием наличия инвалидности по психическому заболеванию и связанного с ней социального статуса. Внутриличностные конфликты, связанные

с отношением к будущему, могут вытекать из сложившейся жизненной ситуации — проживания в психоневрологическом интернате и ограниченной возможности влиять на своё будущее.

В целом, в группе испытуемых преобладает необходимо-упорствующий тип реагирования, направленный на разрешение сложной ситуации в форме требования помощи от других, или выражение надежды, что со временем она разрешится сама, по направлению реакции агрессии экстрапунитивные, интропунитивные и импунитивные равнопредставлены.

Тест «Прогрессивные матрицы Равена» был использован с целью определения общих особенностей, различий в зависимости от установленного диагноза и индивидуальных особенностей интеллекта обследуемых. При этом интеллект рассматривался как умение устанавливать связи и отношения между предметами и явлениями действительности и воспроизводить эти отношения по определенной закономерности.

При выполнении заданий серии А у испытуемых с шизофренией наблюдается неравномерная динамика, колебания продуктивности. Это может быть объяснено эмоциональной вялостью испытуемых, колебаниями внимания. При этом количество неверно выполненных заданий у испытуемых с шизофренией стабильно, они могут принимать и использовать помощь экспериментатора для выполнения заданий. При выполнении заданий серий В и С продуктивность снижается при усложнении заданий и носит неравномерный характер в серии С. При этом она выше, чем у испытуемых других групп.

У испытуемых с олигофренией продуктивность выполнения заданий серии А при увеличении их сложности снижается, количество неверных ответов увеличивается, помощь экспериментатора принимают и используют отдельные испытуемые в отдельных случаях.

Продуктивность выполнения заданий серии А испытуемыми с умственной отсталостью неравномерная, что может быть связано с их утомляемостью, колебаниями внимания, сниженной работоспособностью. Количество неверно выполненных заданий возрастает при увеличении их сложности. Помощь экспериментатора используют редко.

У испытуемых с олигофренией и умственной отсталостью при выполнении заданий серий В и С продуктивность снижается при усложнении заданий теста.

С целью выявления особенностей механической памяти и динамики мнестической деятельности обследуемых нами использовалась методика «Заучивание 10 слов» А.Р. Лурия.

Большинство испытуемых с умственной отсталостью и олигофренией имеют сниженный уровень объема памяти. Если рассмотреть динамику мнестической деятельности испытуемых, то можно отметить преобладание платообразной формы «кривой запоминания», что свидетельствует об истощении внимания и утомляемости испытуемых.

В группе с диагнозом шизофрения получены крайне неоднородные результаты. Четверо испытуемых показали максимальные результаты и трое отказались от участия в процессе исследования. Данная особенность характерна для больных шизофренией и свидетельствует о низком уровне произвольности всех психических процессов или проявление негативизма в отношении исследования.

Полученные в ходе обследования результаты позволили наметить основные цель, задачи и направления психической реабилитации проживающих в психоневрологическом интернате.

Цель реабилитационной работы: оптимальная реализация физического, психического и социального потенциала проживающих, социальная адаптация их в обществе.

Ее направления и задачи:

1. Социально-психологическая адаптация: обеспечение атмосферы безопасности общения; развитие доверия, интереса, эмпатии к людям; развитие умения адекватно понимать смысл ситуации общения; развитие коммуникативной компетентности, навыков эффективного поведения в социальных ситуациях; формировать представления о разнообразии качеств личности и индивидуальности других людей.

2. Стимулирование личностного роста: формирование реалистичных представлений о себе: внешнем облике, качествах личности, способностях; формирование адекватной самооценки и самопринятия; развитие фрустрационной толерантности, волевых качеств личности; формирование осознанности, ответственности, умения принимать самостоятельные решения; формирование представлений о личных границах.

3. Формирование жизненной перспективы: расширение сферы интересов; выявление индивидуальных способностей и поиск путей их реализации; поиск значимых мотивов, смыслов и видов деятельности; развитие мотивации достижения успеха в сочетании с реалистичной оценкой своих возможностей.

4. Коррекция эмоциональной сферы: формированию базового доверия к миру и чувства безопасности; снижение уровня внутренней тревожности; развитие умения осознавать и более конгруэнтно,

конструктивно проявлять свои эмоции; развитие умения выражать свои эмоции и чувства вербально и невербально, социально приемлемыми способами; работа со страхами, злостью, обидой.

Коррекция межполовых отношений: формирование более позитивного и реалистичного восприятия людей противоположного и своего пола; создание условий для получения позитивного эмоционального опыта от общения с ними; формирование принятия представителей противоположного и своего пола, толерантности к их возможным негативным качествам и формам поведения;

Развитие интеллектуальных способностей (на доступном уровне): развитие навыка чтения; развитие рефлексии, умения объяснять ход своих мыслей и действия; развитие словесно-логического мышления (в пределах имеющихся возможностей).

Наиболее эффективна, с учетом полученных результатов, арт-терапевтическая работа, в которой на первый план выступает эмоционально-мотивационная направленность коррекции [2].

Использование арт-терапии в реабилитационной работе направлено на решение следующих задач [3, 4]:

1) создание среды жизнедеятельности проживающих в интернате, адекватной их возрасту и состоянию здоровья; 2) занятость проживающих за счет их вовлечения в интересную и содержательную деятельность, развитие и поддержка их творческих навыков; 3) сенсорная стимуляция и эмоциональное оживление; отреагирование чувств и переживание положительных эмоций, связанных с творческой активностью и ее результатами; 4) поддержка и развитие коммуникативных навыков, самостоятельности и самоорганизации; 5) психологическая интеграция пациентов, достижение ими более высокого уровня самопринятия и самопонимания.

### **Список литературы:**

1. Копытин А.И. Руководство по групповой арт-терапии. — СПб.: Речь, 2003. — 320 с.
2. Копытин А.И. Системная арт-терапия: теоретическое обоснование, методология применения, лечебно-реабилитационные и дестигматизирующие эффекты. Автореф. дисс. на соискание уч. степени доктора мед. наук. — СПб, 2010.
3. Копытин А.И. Арт-терапия психических расстройств. — СПб.: Речь, 2011. — 368 с.
4. Назарова Н.Р. Арт-терапия как составная часть психосоциальной реабилитации психических больных // Исцеляющее искусство — 2007. — № 1. — С. 30—47.

**ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ  
НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА  
(НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ И. АДИЗЕСА)**

***Борисов Виктор Викторович***

*начальник управления информатизации,  
соискатель кафедры менеджмента,*

*Самарского государственного экономического университета,  
г. Самара*

*E-mail: [quazer.ru@gmail.com](mailto:quazer.ru@gmail.com)*

**PECULARITIES OF INNOVATIVE  
ACTIVITIES MANAGEMENT ON DIFFERENT  
STAGES OF LIFECYCLE  
(BASED ON ADIZES'S MODEL)**

***Viktor Borisov***

*Head of IT department,*

*Candidate of Management department of Samara State University of  
Economics, Samara*

**АННОТАЦИЯ**

Рассматривается применение цикла «поиск-получение-распространение» инноваций на каждой из жизненных стадий развития организации (по модели И. Адизеса).

**ABSTRACT**

In the article there is considered the use of ‘search-reception-expansion’ cycle of innovations on an each of the corporate lifecycle stages (based on Adizes’s model).

**Ключевые слова:** жизненный цикл организации; управление инновациями.

**Key words:** corporate lifecycle; innovation management.

Основные постулаты теории И. Адизеса состоят в том [3], что развитие организации подобно эволюции живого организма, это и отражено в названиях этапов жизненного цикла (выхаживание,

младенчество, быстрый рост, юность, расцвет, стабилизация, аристократизм, ранняя бюрократия, бюрократия и смерть). Автор при реализации методологического подхода учитывает особенности управления на различных этапах жизненного цикла развития организации.

Инновационная деятельность можно представить в виде цикла «поиск-получение распространение» инноваций [1]. При этом существуют два неявных этапа — предшествующего — этап целеполагания и завершающего — контроль распространения инноваций. Рассмотрим применение этих этапов на каждой из жизненных стадий развития организации по модели И. Адизеса.

**Выхаживание** — это этап начала организации. Она еще не возникла, но бизнес-идея относительно ее будущего уже существует [2]. Руководители будущей организации закладывают ее фундамент, находят свою нишу. С точки зрения управления инновациями в этот период основным являются поиск инноваций. Анализ рынка способствует зарождению креативной бизнес-идеи. Рождение организации происходит тогда, когда идея получила положительную оценку бизнес-партнеров, когда будущий руководитель демонстрирует приверженность этой идее, формулирует определенные правила в отношении ее реализации и берет на себя риск основания организации.

Весь этот этап практически целиком построен на целеполагании и поиске инноваций, больший уклон происходит в сторону обсуждения, чем осуществления конкретных действий. Руководитель предприятия организует поиск инноваций, собирает мнения и суждения бизнес-партнеров, профессиональных сообществ. Руководитель ориентируется на создание нового продукта. Поэтому руководителю необходимо прибегнуть к поиску инноваций, чтобы иметь реальную картину рынка и возможностей финансирования создания нового продукта.

#### **Стадия младенчества**

Организация, находящаяся в начальном состоянии имеет нечеткие структуры, обладает небольшим бюджетом, процедуры ведения бизнеса практически отсутствуют. Управление инновациями на этом этапе должно быть нацелено на поиск источников инноваций и самих инноваций, необходимых для принятия решений, выявление инноваций у наиболее опытных сотрудников и использование их в практической деятельности, т. е. здесь в полной мере должно использоваться поиск и получение инноваций.

На этом этапе руководство организации должно определиться и с актуальностью, и долговечностью производимого продукта,

поэтому здесь необходимо использование этапов целеполагания и получения инноваций с целью выявить наиболее сильные и слабые стороны своего продукта, руководствуясь знаниями бизнес-партнеров и опросов общественного мнения.

### **Стадия быстрого роста**

На начальном этапе организации есть идея, она закладывает основу для действий. Руководство видит большие возможности расширения, при переходе от стадии младенчества к стадии быстрого роста видение будущего организации изменяется с очень узкого взгляда на бизнес до панорамы почти безграничных возможностей. На этом этапе организации крайне необходимо получение инноваций и обмен инновациями с бизнес-партнерами и профессиональными сообществами, на основе которого организация, не имеющая до сих пор строгих обязанностей, возложенных на каждого сотрудника, начинает регламентировать свою деятельность, делегируя полномочия и ответственность.

Для организации характерно реактивное поведение, она только реагирует на возможности, предоставляемые внешней средой, но пока не может их предвидеть. Следовательно, уже на этой стадии организация должна аккумулировать накапливающийся опыт, создавая базу инноваций. На данной стадии формируется административная подсистема, осуществляется переход от управления по интуиции к более профессиональным действиям. На этой стадии возможно создание инновационного центра, основой которого становятся сотрудники обладающие знаниями об инновациях, необходимых для деятельности организации. Однако этот процесс носит хаотический характер и осуществление регламентация деятельности является переходом к следующему этапу — юности.

### **Стадия юности**

На данном этапе организация возрождается духовно. Это длительный процесс. На этом этапе появляются конфликты и противоречия. Приходят новые сотрудники, имеющие свои знания и идеи, которые они пытаются внедрить, возможны изменения в руководстве. На этой стадии бизнес перерастает индивидуальные знания и способности руководителя — основателя организации. В этом случае эффективным является профессиональное обучение руководителя организации и менеджмента в целом, т. е. начинается процесс распространения инноваций.

На данном этапе начинает создаваться информационно-коммуникационная среда организации, которая обеспечивает деятельность

профессиональных сообществ, и, пока в нерегламентированной форме, начинает обеспечивать процесс распространения инноваций.

### **Стадия расцвета**

Под расцветом понимается достижение равновесия между самоконтролем и гибкостью. Организацию на стадии расцвета характеризуют наличие систем служебных обязанностей и организационной структуры; институционализированные перспективы повышения квалификации и усовершенствования знаний; ориентация на конечный результат; планирование и следование разработанным планам; умение предвидеть; осуществление роста продаж и прибыли; создание сети новых организаций. Руководству организации известны способы достижения намеченных целей. Для этой стадии необходимо использование всех этапов управления инновационной деятельностью: поиска, получения, распространения и контроля.

На данном этапе информационно-коммуникационная среда приобретает черты устоявшейся системы. Коммуникации между сотрудниками начинают носить ярко выраженный информационных характер и применение информационных технологий выходит на ведущие роли. Этап контроля за распространение инноваций направлен на оценку их востребованности, применимости, а также модификации форм распространения инноваций.

### **Стадия стабилизации**

Стадия стабилизации означает первую стадию старения в жизненном цикле организации. Она характеризуется потерей гибкости, духа творчества, сокращения инноваций, отсутствия поощрения изменений. Организация ориентируется на результат, она хорошо управляема, в ней возникает меньше конфликтов, у нее стабильная позиция на рынке. В организационной культуре существует повышенная привязанность к прошлому. Творческий подъем кратковременен.

Управление инновационной деятельностью как все другие процессы здесь становится регламентированным: развита коммуникационная среда, определены способы и формы коммуникации между сотрудниками. Цикл «поиск-получение-распространение» инноваций приобретает регламентированный характер. Для этого в организации возможно создание специального информационно-коммуникационного центра, который обеспечивает управление инновациями и связывает воедино всех участников хозяйственных процессов. В том случае если такой центр не создается его функции зачастую берут на себя руководители подразделений организации, которые и обеспечивает коммуникацию и выполнение инновационных

запросов сотрудников организации. Процессы поиска и получения инноваций из внешней среды формализуются (например, происходит периодическое заполнение анкет-опросов).

#### **Стадия аристократизма**

Особенность этой стадии заключается в том, что основные средства тратятся не на инновации и развитие, а на процедуры контроля и страхования. Отвергаются варианты, связанные с риском. Повышаются отпускные цены, качество снижается. Положение организации находится на грани катастрофы. Начинается работа за выживание, но не фирмы в целом. Каждый борется сам за себя. Особенности управления инновациями здесь заключаются в следующем: деньги тратятся на укрепление системы регистрации инноваций, а не на создание новых; акцент в деятельности компании переносится на то, как осуществляется управление инновациями, а не на результат управления; имеются небольшие инновации, новые инновации генерируются очень незначительно, организация приобретает инновации у других предприятий.

#### **Стадия ранней бюрократизации**

Эта стадия характеризуется следующими чертами: акцент делается на нарушителе спокойствия, на том сотруднике, кто указывает на проблемы, а не на сами проблемы; в организации существует множество конфликтов; внимание сосредоточивается на внутренних конфликтах, внешний потребитель игнорируется. Полный упадок. В истинном управлении инновациями никто не нуждается, оно существует на уровне подтверждения обвинений в виновности того или иного сотрудника. На этом уровне контроль за распространением инноваций применяется с целью доказательства необходимости увольнения. Поиск и распространение инноваций используется только для поддержания имиджа организации в глазах бизнес-партнеров. Профессиональные сообщества в рамках организации не стимулируются, а, наоборот, предпринимаются попытки их расформирования. Получение инноваций игнорируется со стороны руководства. Креативные сотрудники увольняются. Администраторы остаются, организация становится оплотом бюрократии с ориентацией на нормы и правила, а не на удовлетворение потребностей потребителей и конечный результат.

#### **Стадия бюрократизации и смерти**

На этом этапе организация не создает необходимых ресурсов самосохранения. Практически нет функциональной ориентации, поэтому настоящего управления инновациями не существует.

Смерть организации наступает быстро. Хотя иногда государство может поддерживать умирающую организацию.

Будучи неизменным атрибутом организации, управление инновациями проходит все этапы жизненного цикла организации. Но его главное значение для организаций заключается в том, чтобы постоянно создавать условия для генерации и отбора полезных бизнес-идей. В этом случае смерть организации не наступает со смертью одной бизнес-идеи, а развивается в направлении другой бизнес-идеи. Когда первая бизнес-идея в организации находится в стадии быстрого роста, вторая бизнес-идея и соответствующее ей подразделение организации — на стадии выхаживания. Причем эта вторая бизнес-идея формулируется и отбирается аппаратом управления знаниями организации. Таким образом, приходим к важному выводу о том, что управление инновационной деятельностью организации должно быть построено таким образом, чтобы к стадии быстрого роста одной бизнес-идеи была готова другая бизнес-идея на стадии выхаживания.

### **Список литературы:**

1. Управление изменениями и развитием организации: хрестоматия / Пер. с англ. под ред. Г.В. Широковой; Высшая школа менеджмента СПбГУ. СПб.: Изд-во «Высшая школа менеджмента», 2009. 496 с.
2. Филонович С.Р., Кушелевич Е.И. Теория жизненных циклов организации И. Адизеса и российская действительность // Социологические исследования. 1996. № 10. С. 63—71.
3. Adizes I. Organizational passages: Diagnosing and treating life cycle problems in organization // Organizational Dynamics, 1979. P. 3—25.

## **ПРОЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КАК СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ ПСИХИЧЕСКОГО ВЫГОРАНИЯ**

***Буянкина Марина Александровна***

*канд. психол. наук, преподаватель кафедры общей и педагогической  
психологии Владимирского государственного университета,  
г. Владимир*

*E-mail: [buhome@meil.ru](mailto:buhome@meil.ru)*

***Онуфриева Вера Васильевна***

*старший преподаватель кафедры общей и педагогической психологии  
Владимирского государственного университета,  
г. Владимир*

*E-mail: [yevilia@meil.ru](mailto:yevilia@meil.ru)*

## **PROJECTIVE METHODS AS A MEANS OF PSYCHIC BURNING-OUT RESEARCH**

***Marina Buyankina***

*PhD in Psychology, Teacher of general and educational psychology  
department of Vladimir State University, Vladimir,*

***Vera Onufrieva***

*Senior teacher of general and educational psychology department of  
Vladimir State University, Vladimir*

### **АННОТАЦИЯ**

Изменение социально-психологических условий современной профессиональной деятельности приводит к ее интенсификации и возрастанию требований к качеству деятельности профессионалов, это положение делает особенно актуальным проблему психического выгорания. Анализ существующих методов измерения психического выгорания указывает на необходимость расширения арсенала средств исследования, в частности, за счет привлечения проективных методов. Исследование эффективности применения проективных методов при развитии психического выгорания, позволило выделить наиболее пригодные для изучения этого феномена.

## ABSTRACT

Changes of social-psychological conditions of today's professional activities lead to its' intensification and rising demands of professional activities quality; so, the problem of psychic burning-out is becoming especially topical. Existing methods of psychic burning-out determination point at necessary spread of research armoury, namely by means of projective methods involvement. Research of projective methods efficient use while psychic burning-out development enables to distinguish the most useful methods for studying this phenomenon.

**Ключевые слова:** профессиональная деятельность, психическое выгорание, методы исследования психического выгорания, экспрессивные, интерпретативные и аддитивные проективные методы.

**Keywords:** professional activities; psychic burning-out; research methods of psychic burning-out; expressive, interpretive and additive projective methods.

Современные социально-экономические условия развития общества проявляются не только в сфере политики и экономики, но и в содержании труда, в уровне требований к профессиональной деятельности работников. Реалиями современной ситуации на рынке труда является возрастание интенсификации труда, высокие требования к квалификации работников, темп профессиональной деятельности ускоряется с одновременным возрастанием ответственности за качество и результаты труда.

Изменение условий профессиональной деятельности приводит к возникновению различных негативных проявлений, связанных с самочувствием работников, их отношением к собственной деятельности, эффективностью их работы. Одним из феноменов, возникающих в этих условиях, является синдром психического выгорания [4, 6].

Исследование проблемы выгорания обусловлено ее отрицательным воздействием на профессиональную деятельность и особенности поведения профессионалов. Выгорание характеризуется комплексным характером воздействия на личность профессионала и приводит к появлению депрессивных настроений, чувства беспомощности и бессмысленности своего существования, низкой оценке своей профессиональной компетентности, что, в конечном счете, сказывается на работоспособности человека, приводя к снижению продуктивности деятельности.

Содержание синдрома психического выгорания, особенности его проявления и развития изучались рядом авторов и описаны в различных терминах (В.В. Бойко, 1996; Н.Е. Водопьянова, 1997; 2000, К. Маслач, 1982; В.Е. Орел, 2001; Т.И. Ронгинская, 2002; Т.В. Форманюк, 1994, М. Leiter, 1997; W. Schaufeli, 1996; А.Б. Леонова и С.Б. Величковская, 2002; В.В. Лукьянов, 2007; В.Е. Орел, 2001, 2003, 2005 и другие.). Наибольшему риску его появления подвержены специалисты «помогающего характера» труда (К. Роджерс, 1994; Т.В. Форманюк, 1994; Т.И. Ронгинская, 2002; Н.В. Гришина, 1997; М.В. Борисова, 2004), несмотря на большое количество исследований в зарубежной и отечественной психологической науке проблема психического выгорания разработана недостаточно.

В решении проблемы психического выгорания существует несколько узких мест, одним из которых является отсутствие надежного методического и диагностического инструментария для исследования различных проявлений психического выгорания.

Наиболее полный анализ методов и методик исследования психического выгорания приводится в работе Н.Е. Водопьяновой и Е.С. Старченковой [4, с. 189], связывающих подходы к измерению психического выгорания с различными моделями, описывающими данный феномен. Однофакторной моделью (А. Pines, А. Aronson, 1988) в качестве фактора рассматривается физическое, эмоциональное и когнитивное истощение. Двухфакторной моделью — (Д. Дирендонк, В. Шауфелли, Х. Сиксма, 1994), включающей два фактора эмоциональное истощение и деперсонализацию. Трехфакторной моделью (К. Маслач, С. Джексон, в которой выделяются три фактора: эмоциональное истощение, деперсонализация, редукция профессиональных достижений. Четырехфакторной моделью (Iwanicki, Schab, 1981, Firth, Mims, 1985) в которой какой либо фактор, подразделяется на два отдельных фактора [4, с. 189].

Измерение психического выгорания в рамках данных моделей осуществляется в соответствии с выделенными авторами факторами психического выгорания, для этого применяются несколько методик, представленных в форме различных опросников.

Результатом краткого анализа методик оценки психического выгорания в российской и зарубежной психодиагностике является вывод о том, что все имеющиеся инструменты исследования выгорания в основном построены в рамках трехфакторной модели К. Маслач, С. Джексон и имеют форму опросников, соответствующих субъективному подходу по классификации Л.Ф. Бурлачука,

где «диагностика осуществляется на основе сведений, сообщаемых о себе в форме самоописания» [2, 3, с. 110].

Методики, образованные в рамках субъективного подхода имеют как положительные, так и отрицательные стороны, в конечном счете, влияющие на достоверность и точность результатов исследования. С одной стороны это измерение является привлекательным с точки зрения его организации и способа образования результатов. В другой стороны — в таком измерении проявляются недостатки субъективного подхода: обращение к мнениям самого испытуемого, часто недостаточно хорошо рефлексирующего свои состояния, возможность установочного и социально-желательного поведения в процессе образования ответов и ряд других.

Сложившиеся положение требует расширения способов измерения психического выгорания и в этой связи перспективным представляется переход к использованию техник и методик проективного подхода, позволяющих эффективно измерять эмоциональные, деструктивные, психосоматические и психовегетативные признаки психического выгорания, в котором снимается проблема установочного поведения и достоверности ответов.

В качестве теоретической модели такого исследования, с одной стороны, необходимо использовать выделенные, на основе структурно-функционального подхода к анализу выгорания, В.Е. Орлом «сквозные» закономерности, касающиеся структурных изменений, происходящих в основных сферах личности» [6 с. 155]. С другой стороны необходим анализ проективных методов исследования, на предмет их возможностей в фиксации «сквозных» закономерностей [1, 3, 9].

Предварительное сопоставление этих сторон, позволяет выделить проявления психического выгорания, которые могут присутствовать в проективной продукции, выгоревших профессионалов: упрощенность личности, преобладание внешней мотивации, регресс профессионального развития, снижение саморазвития и творческой активности; преобладание формально-стереотипных представлений о социальном окружении; дегуманизация направленности личности, снижение духовности, преобладание доминантно-формальных отношений; ориентация на результат профессиональной деятельности, ее быстрое завершение, в ущерб увлеченностью процессом труда, акцентуация ценностей материального плана; доминирование психоэмоционального истощения и высокого уровня нейротизма [6, с. 156].

Предварительный анализ методик проективного подхода показывает, что наиболее перспективными в этом плане представ-

ляются методики, относящиеся к интерпретативным, экспрессивным и импресивным классам проективных методик.

В процессе нашего исследования рассматривались выделенные классы проективных методик. Проверка предположения о том, что результаты, полученные экспрессивными, интерпретативными и аддитивными методами проективного исследования имеют различные проявления в зависимости от уровня психического выгорания, проводилась в условиях эмпирического исследования, в группе сотрудников медицинского персонала, деятельность которого относится к помогающим профессиям и где проявления выгорания представлены наиболее значимо. Это обусловлено особенностями профессиональной деятельности, заключающейся в оказании помощи другим людям, высокой ответственности за их здоровье и жизнь.

Цель исследования состояла в выявлении возможностей проективных методов при исследовании психического выгорания, которая реализована с применением следующих методик: «Опросник психического выгорания для работников социальных профессий» Орел, В.Е., Сенин, И.Г.; рисуночный тест У. Аве-Лаллемант «Звезды и волны» (экспрессивная методика); «Фрустрационный тест» С. Розенцвейга (интерпретативная методика); методика «Неоконченные предложения» Дж.М. Сакса и С. Леви (аддитивная методика) [3, 8, 9].

Для оценки достоверности выявленных различий применялись критерии: угловое преобразование Фишера и критерий Манна-Уитни. Исследование проводилось на базе городской больницы, в нем принимали участие 56 врачей и медсестер, в возрасте от 25 до 40 лет.

В начале исследования определялся уровень психического выгорания медицинских работников. Результаты показывают, что низкий уровень психического выгорания наблюдается у 16 %; средний уровень выгорания у 61 %; высокий уровень выгорания наблюдается у 23 % медицинских работников.

На основании полученных данных выделено две группы медицинских работников — выгоревшие и невыгоревшие. В первую группу — *выгоревшие* — вошли сотрудники, уровень выгорания которых выше средней нормы. Во вторую группу — *не выгоревшие* — вошли сотрудники, уровень выгорания которых ниже средней нормы.

Для исследования проявлений выгорания использовалась методика «Звезды и волны» У. Аве-Лаллемант [9]. Рисунки были распределены по группам — выгоревшие и не выгоревшие медицинские работники и затем проводился их сравнительный анализ.

Выгоревшие медицинские работники при выполнении заданной темы достоверно чаще выбирают предметное ( $p \leq 0,01$ )

и формалистское ( $p \leq 0,05$ ) решение, и достоверно реже образное ( $p \leq 0,05$ ) и эмоциональное ( $p \leq 0,05$ ) решение выполнения рисунка.

Рисунки не выгоревших медицинских работников более гармоничны ( $p \leq 0,01$ ), детали на рисунках расположены неравномерно ( $p \leq 0,01$ ), что придает рисункам органичность. В то время рисунки выгоревших работников более равномерны и правильны ( $p \leq 0,01$ ), кажутся нарисованными без воодушевления, как будто авторы просто выполняли поставленную задачу. На их рисунках чаще доминирует небо ( $p \leq 0,01$ ), детали рисунков в основном акцентированы на правой стороне ( $p \leq 0,05$ ). В рисунках не выгоревших работников чаще наблюдается сбалансированность небесного и водного пространства ( $p \leq 0,01$ ), детали рисунков расположены с акцентом на середине ( $p \leq 0,01$ ), изображены большие ( $p \leq 0,05$ ) и гармоничные ( $p \leq 0,05$ ) волны.

Звезды, выгоревшие работники чаще изображают слабо ( $p \leq 0,05$ ) или сильно ( $p \leq 0,05$ ) прорисованными, в то время как у невыгоревших работников звезды нарисованы нормально, без заштриховок или без слабой прорисовки ( $p \leq 0,01$ ). Также у невыгоревших работников в рисунках чаще встречается пологий берег ( $p \leq 0,05$ ). Выгоревшие работники чаще рисуют корабль ( $p \leq 0,05$ ), разбитый о скалы или выброшенный на берег.

Исследование фрустрационных реакций» методикой С. Розенцвейга также устанавливает различия в реакциях выгоревших и невыгоревших сотрудников.

Выгоревшие медицинские работники во фрустрирующей ситуации реагируют экстрапунитивно ( $p \leq 0,01$ ), они считают, что окружение (пациенты, коллеги, руководство) виновато во фрустрирующей ситуации, не берут на себя ответственность за разрешение проблемы. Их реакции имеют форму «с фиксацией на препятствии» ( $p \leq 0,01$ ), они раздражаются, высказывают негодование по поводу препятствий, тормозящих их деятельность, могут проявить сожаление, что стали причиной проблемной ситуации или сводят значимость проблемы к минимуму, снимая тем самым с себя всякую ответственность по решению проблемы.

Не выгоревшие медицинские работники во фрустрирующей ситуации реагируют интрапунитивно ( $p \leq 0,01$ ) или импунитивно ( $p \leq 0,05$ ), то есть адекватно оценивают ситуацию и принимают на себя ответственность за исправление данной ситуации, или же считают, что чья-либо вина отсутствует и что проблема исправится сама по себе, стоит только подождать и подумать. Их реакции «с фиксацией на удовлетворение потребностей» ( $p \leq 0,01$ ),

они не будут терпеть напряжение и неудобство, а начнут искать способы решения.

Индивидуальная адаптация к своему социальному окружению у выгоревших медицинских работников ниже, чем у невыгоревших ( $p \leq 0,01$ ).

Исследование отношения выгоревших и невыгоревших медицинских работников методикой «Незаконченные предложения» Сакса и Леви выявляет аналогичные различия между группами.

Анализ содержания высказываний выявил наиболее часто встречающиеся высказывания для выгоревших и не выгоревших медицинских работников. Выгоревшие медицинские работники более негативно воспринимают свои отношения с окружающими, плохо думают о себе, неуверенны в своем будущем. В их речи преобладают высказывания, имеющие негативную окраску. В то время как не выгоревшие медицинские работники более позитивно воспринимают окружающий мир, себя и свое будущее. В их речи преобладают слова с положительной эмоциональной окраской.

Система отношений выгоревших медицинских работников менее положительна, чем не выгоревших. Они хуже относятся к отцу ( $p \leq 0,05$ ), к себе ( $p \leq 0,01$ ), считают, что не реализовали свои возможности ( $p \leq 0,01$ ), не видят перспектив в будущем ( $p \leq 0,05$ ), у них наблюдаются напряженные отношения с подчиненными ( $p \leq 0,01$ ), сотрудниками ( $p \leq 0,01$ ) и руководством ( $p \leq 0,01$ ), хуже отношения с друзьями ( $p \leq 0,01$ ) и сексуальные отношения ( $p \leq 0,01$ ), также они испытывают страхи и опасения ( $p \leq 0,05$ ) и склонны к чувству вины ( $p \leq 0,01$ ).

Обобщение содержания ответов при выполнении проективных методик, применяемых в данном исследовании, позволяет выделить значимые различия. Психическое выгорание медицинских работников при выполнении проективных методик характеризуется следующими признаками:

- формальным подходом к выполнению заданий;
- отсутствием органичности и эмоциональности в рисунках;
- преобладании интеллектуальной сферы над эмоциональной;
- наличием признаков переживания трудностей в общении с окружающими людьми;
- снижением эмоциональных переживаний;
- ощущением бесприютности;
- крахом надежд;
- стремлением к обвинению окружающих в существующих проблемах и перекладыванию ответственности на других;

- низкой индивидуальной адаптацией, высокой конфликтностью;
- эмоциональными конфликтами в области межличностных отношений и в области самовосприятия.

В группе медицинских работников с низкими показателями выгорания при выполнении проективных методик проявляется:

- творческим подход к выполнению заданий;
- органичностью и эмоциональностью рисунков;
- балансом интеллектуальной и эмоциональной сферы;
- присутствием эмоциональной личностной тематики;
- стремлением к разрешению фрустрирующей ситуации и поиске способов решения;
- хорошей индивидуальной адаптивностью, низкой конфликтностью;
- отсутствием серьезных эмоциональных конфликтов в отношениях с окружающим миром.

Таким образом, предположение о том, что результаты, полученные экспрессивными, интерпретативными и аддитивными методами проективного исследования медицинских работников имеют различные проявления в зависимости от уровня психического выгорания, подтвердилось.

### **Список литературы:**

1. Беллак, Л. Эбт, Л. и др. Проективная психология: Пер. с англ. — 2-е изд. — М. Психотерапия, 2010 — с. 416.
2. Бурлачук, Л.Ф. Психодиагностика. — СПб.: Питер, 2002. — с. 352.
3. Бурлачук, Л.Ф. Введение в проективную психологию. — Киев, Издательство «Ника-Центр» 1997 — 128 с.
4. Водопьянова, Н.Е., Старченкова, Е.С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2008 — 336 с.
5. Водопьянова, Н.Е. Синдром выгорания в профессиях системы «человек-человек» // Практикум по психологии менеджмента и профессиональной деятельности/ Под ред. Г.С. Никифорова, М.А. Дмитриевой, В.М. Снеткова. СПб., 2001.
6. Орёл, В.Е. Синдром психического выгорания личности / В.Е. Орёл. — М.: Институт психологии РАН, 2005. — 330 с.
7. Орёл, В.Е., Рукавишников А.А. Адаптация методики диагностики феномена психического выгорания // Общество, образование, человек. Ярославль: ЯГПУ, 1999.
8. Орел В.Е., Сенин, И.Г. Опросник психического выгорания для работников социальных профессий. Ярославль, 2005.

9. Суркова, Е.Г. Проективные методы диагностики: Психологическое консультирование детей и подростков: Учебное пособие для студентов вузов / Е.Г. Суркова. — М.: Аспект Пресс, 2008. — С. 319.

# «ИННОВАЦИИ В НАУКЕ»

## Часть I

Материалы XIV международной заочной научно-практической  
конференции

19 ноября 2012 г.

Подписано в печать 27.11.12. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 9,625. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3