Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 39898
ISSN 1680-1709

ББК 95.4
Ч-823

ВЕСТНИК ЧУВАШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И. Я. ЯКОВЛЕВА

2012. № 4 (76)

Серия «Естественные и технические науки»

Учредитель
ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
(свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-36709 от 01 июля 2009 г.)

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук
(решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6).

Главный редактор Б. Г. Миронов

Заместитель главного редактора Т. Н. Петрова

Ответственный редактор Л. Н. Улюкова

Ответственный секретарь А. А. Сосаева

Редакционная коллегия:

Алексеев В. В. (г. Чебоксары), Боряев Г. И. (г. Пенза), Воронов Л. Н. (г. Чебоксары), Газизов М. Б. (г. Казань), Герасимова Л. И. (г. Чебоксары), Голиченков В. А. (г. Москва), Димитриев Д. А. (г. Чебоксары), Ивлев Д. Д. (г. Чебоксары), Илларионов И. Е. (г. Чебоксары), Ильин Е. А. (г. Москва), Ильина Н. А. (г. Ульяновск), Козлов Ю. П. (г. Москва), Максимов В. И. (г. Москва), Митрасов Ю. Н. (г. Чебоксары), Насакин О. Е. (г. Чебоксары), Ноздрин В. А. (г. Орел), Орлов В. Н. (г. Чебоксары), Радаев Ю. Н. (г. Москва), Рябинина З. Н. (г. Оренбург), Сергеева В. Е. (г. Чебоксары), Ситдиков Ф. Г. (г. Казань), Скворцов В. Г. (г. Чебоксары), Столяров А. В. (г. Чебоксары), Филиппов Г. М. (г. Чебоксары), Шуканов А. А. (г. Чебоксары).

Адрес редакции: 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38
Тел.: (8352) 62-08-71
E-mail: redak_vestnik@chgpu.edu.ru
www: http://vestnik.chgpu.edu.ru/

© ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный
педагогический университет им. И. Я. Яковлева», 2012

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.3(075.8)

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ ФРЕЗЫ ФБН-1,5 С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

ESTIMATION OF MECHANICAL IMPACT OF ROTARY TILLER WITH MODIFIED OPERATING ELEMENTS ON SOIL

В. В. Алексеев[1], В. И. Максимов[2], И. И. Максимов[3], А. Н. Михайлов[3], И. В. Сякаев[3]

V. V. Alekseev[1], V. I. Maksimov[2], I. I. Maksimov[3], A. N. Mikhailov[3], I. V. Syakaev[3]

[1]Чебоксарский кооперативный институт (филиал)
АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», г. Чебоксары,

[2]Няганский филиал ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Нягань,

[3]ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. При механическом воздействии на почву почвообрабатывающих агрегатов часть работы затрачивается на изменение энергии связей между почвенными частицами. Именно эта часть и используется для оценки механического воздействия. В статье приведены расчетные формулы и методика оценки обработки почвы.

Abstract. The part of operation process is spent on transformation of energy of soil particles under mechanical impact of tillage combines on soil. This exactly part is used to estimate the mechanical impact. The article gives the rating formulas and methods for estimating tillage.

Ключевые слова: *воздействие на почву, потенциал Гиббса, основная гидрофизическая характеристика, энергетическая оценка.*

Keywords: *impact on soils, Gibbs potential, main hydrophisical feature, energy estimation.*

Актуальность исследуемой проблемы. Известные способы оценки механического воздействия на почву по измерениям твердости, определению поверхности образовавшихся комков и т. п. недостаточно информативны. Они могут давать объективные выводы о результатах взаимодействия рабочих органов с почвой только при должной степени теоретической проработки описания протекающих процессов с физической точки зрения.

Изыскание и обоснование способов и технических средств для повышения эффективности оценки механического воздействия почвообрабатывающих машин и их рабочих органов на почву на основе измерения ее гидрофизических характеристик является весьма актуальной задачей как для выбора агрегатов из имеющихся в наличии, так и для апробации экспериментальных.

Материал и методика исследований. Для оценки механического воздействия на почву нами предлагается использовать объективный энергетический метод, основанный на законах термодинамики, отражающих энергетическое состояние почвенной влаги [4].

Основной характеристикой энергетического состояния почвенной влаги является термодинамический потенциал [5], который определяется как работа, необходимая для удаления из почвы единицы массы воды.

Зависимость потенциала почвенной влаги Ψ от влажности почвы *w* называют основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы. Эта зависимость может эффективно использоваться для многих целей: регистрации и контроля изменения физических и гидрофизических свойств почвы под влиянием естественных и антропогенных (техногенных) факторов; расчета коэффициентов влагопроводности, скорости инфильтрации и других гидрофизических параметров, зависимостей между ними.

Для построения ОГХ нами применяется идеализированная динамическая модель почвы [4], на основе которой, исходя из законов классической термодинамики, найдены аналитические выражения для ОГХ. Модель делает практическое использование ОГХ удобным и свободным от большой длительности эксперимента, кроме того, снижаются требования к профессионализму проводящего измерения оператора.

Одной из прикладных задач, которую позволяет решать разработанная модель, является оценка воздействия на почву обрабатывающих орудий.

Каждая конкретная почва отличается индивидуальной ОГХ. Аналитическая зависимость имеет вид

$$\psi = \psi' + \psi'' = \frac{A\Omega_0^3}{\rho w^3} + \frac{\Omega_0 \sigma_{lg}}{\rho} \cdot D(w, \Pi_0), \qquad (1)$$

где Ψ – полный потенциал; Ψ′ – потенциал, обусловленный взаимодействием влаги с твердой фазой почвы; Ψ″ – потенциал, обусловленный взаимодействием влаги с почвенным воздухом; ρ – плотность воды, кг/м^3; Ω – объемная удельная поверхность твердой фазы почвы, м^2/м^3; *w* – объемная влажность, м^3/м^3; П – пористость сухого образца, в долях; σ – коэффициент поверхностного натяжения воды, Н/м; *A* – постоянная Б. В. Дерягина, Дж; $D(w, \Pi_0)$ – функция пористости и объемной влажности, вид которой определяется упрощениями, сделанными при моделировании.

Если проинтегрировать (1) по объемной влажности, то величина интеграла по своей физической сущности показывает удельную объемную энергию Гиббса, находящуюся в почве влаги. Величина интеграла может быть использована для оценки как разрыхляющего, так и уплотняющего воздействия сельскохозяйственных орудий на почву [2]. Оценить качество обработки почвы сельскохозяйственными орудиями можно судя по тому, насколько изменилась эта величина.

Почва представляет собой дисперсную систему с сильно развитой поверхностью, в которой подвижные отдельности почвы удерживаются между собой благодаря почвенной влаге. Поэтому физико-механические свойства почвы, такие как твердость, пластичность и т. д., зависят для каждой конкретной почвы от количества содержащейся в ней влаги.

При разрыхлении или уплотнении почвы мы, с точки зрения термодинамики, совершаем над ней работу, «полезная» часть которой идет на изменение удельной поверхности почвенной влаги, т. е. энергии связей между подвижными почвенными отдельностями.

Если до прохождения орудия по участку поля величина интеграла составляла E_0, а после его прохождения – E, то разность $\Delta E = E - E_0$ покажет нам, на какую величину изменилась удельная энергия почвенной влаги, т. е. значение «полезной» работы, совершенной над системой. Эта работа характеризует почвообрабатывающее орудие при энергетическом рассмотрении [1], [3].

Таким образом, мы имеем возможность количественно оценить механическое воздействие почвообрабатывающих орудий путем измерения основных гидрофизических показателей.

Результаты исследований и их обсуждение. Оценка воздействия на почву фрез ФБН-1,5 со стандартными и модифицированными рабочими органами (рис. 1 и 2) проводилась на двух типах почв.

Рис. 1. ***Фреза ФБН-1,5 с модифицированными рабочими органами***

Рис. 2. ***Почва до и после обработки***

После измерения гидрофизических параметров на поле производится обработка данных в лаборатории, а затем результаты вводятся в компьютер (табл. 1). На весь процесс обработки данных: от взятия образца до построения ОГХ и расчета интеграла – требуется около двух часов.

Таблица 1

Результаты полевых испытаний агрегата МТЗ-82 + ФБН-1,5 (средние по 100 измерениям)

Рабочие органы	Стандартные		Модифицированные	
Почва	Светло-серая лесная ($104{,}2\cdot10^6$ м^2/м^3)			
Пористость	до	после	до	после
	0,464±0,024	0,584±0,033	0,464±0,024	0,613±0,034
Изменение удельной энергии ΔE, кДж/м^3	195,3±18,6		214,7±12,2	
Почва	Серая лесная ($126{,}5\cdot10^6$ м^2/м^3)			
Пористость	до	после	до	после
	0,416±0,030	0,586±0,045	0,416±0,030	0,594±0,042
Изменение удельной энергии ΔE, кДж/м^3	247,1±23,6		254,2±20,9	

По изменению удельной энергии можно сделать аргументированные заключения о том, на каких типах почв какой агрегат наиболее эффективен, существенно ли преимущество одного агрегата над другим, какова экономическая разница в использовании различных агрегатов и оправдана ли она. Кроме того, поскольку агрегат рассматривается без описания каких-либо его технических характеристик (как «черный ящик»), предлагаемая нами энергетическая оценка механического воздействия на почву подходит для оценки различных экспериментальных почвообрабатывающих орудий и агрегатов.

Резюме. Использование энергетического метода, основанного на законах термодинамики, отражающих энергетическое состояние почвенной влаги, позволяет не только сэкономить средства при обработке почвы, но и снизить (при сокращении количества проходов техники) техногенное воздействие, а также износ самой техники, что в сложившейся экологической и экономической обстановке является весьма актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев, В. В.* Безразмерные величины, характеризующие состояние почвы и степень механического воздействия почвообрабатывающих машин и орудий / В. В. Алексеев, В. М. Сироткин, И. И. Максимов, П. Н. Пакулин // Экологические аспекты механизации сельскохозяйственных растений : мат. X Международного симпозиума. – Варшава, 2003. – С. 141–146.

2. *Алексеев, В. В.* Энергетическая оценка механического воздействия на почву почвообрабатывающих машин и орудий / В. В. Алексеев, И. И. Максимов, В. И. Максимов, И. В. Сякаев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2012. – № 3 (28). – С. 70–72.

3. *Максимов, В. И.* Энергетический подход к оценке почвообрабатывающих машин и орудий / В. И. Максимов, И. И. Максимов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 5. – С. 25–28.

4. *Сироткин, В. В.* Прикладная гидрофизика почв / В. В. Сироткин, В. М. Сироткин. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. – 252 с.

5. *Теории* и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – М. : Гриф и К°, 2007. – 616 с.

УДК 631.331

КОЛЕБАНИЕ ЭЛАСТИЧНОЙ ТРУБКИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ВНУТРЕННИМ ПОТОКОМ ВОЗДУХА

ELASTIC TUBE VIBRATION IN INTERACTION WITH INTERNAL AIR FLOW

Е. П. Алексеев

E. P. Alekseev

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Исследованы поперечные колебания эластичной трубки-рассевателя при взаимодействии с внутренним воздушным потоком для равномерного распределения высеваемых семян зерновых культур в подлаповом пространстве культиваторного сошника.

Abstract. The transverse vibrations of elastic tube-diffuser in interaction with internal air flow for even dissemination of grain seeds in the shovel have been studied.

Ключевые слова: *поперечные колебания, разбросной посев, воздушный поток, эластичная трубка.*

Keywords: *transverse vibrations, broadcast seeding, air flow, elastic tube.*

Актуальность исследуемой проблемы. Движение воздушного потока внутри эластичной трубки цилиндрической формы [1] приводит к потере устойчивости системы и пространственным колебаниям. Колебание эластичной трубки может быть вызвано потоком воздуха, имеющим переменные составляющие скорости и давления, что при определенных сочетаниях параметров приводит к возникновению параметрических колебаний. Оно также происходит за счет скорости воздушного потока, приводящего к появлению дополнительных распределенных (касательных) сил, которые нагружают трубку. Такие колебания в ряде конструкций вызывают нежелательный эффект, так как приводят к их разрушению. Проведенные исследования показали, что процесс колебания при взаимодействии воздушного потока с эластичной трубкой при определенных условиях можно использовать для достижения равномерности распределения семян по площади поля при разбросном способе посева зерновых культур.

Материал и методика исследований. В работах [2], [3] рассмотрены колебания трубопроводов и шлангов при взаимодействии с потоком воздуха, а также стержней и оболочек под действием сжимающей силы.

Результаты исследований и их обсуждение. При распределении семян в подлаповом пространстве при помощи эластичной трубки с воздушным потоком необходимо сделать следующие допущения:

1. Поперечные нормальные сечения эластичной трубки, плоские до деформации, остаются нормальными и плоскими после деформации, то есть сдвиги не учитываются (растяжение одной из стенок не учитывается).

2. Размеры поперечного сечения считаются малыми по сравнению с длиной и радиусом кривизны оси эластичной трубки.

3. Осевая линия эластичной трубки считается нерастяжимой.

4. Справедлив принцип Сен-Венана, утверждающий, что различные, но статистически эквивалентные локальные нагрузки вызывают в эластичной трубке одно и то же напряженное состояние.

Рассмотрим поперечные колебания вертикально подвешенной эластичной трубки, один конец которой имеет жесткое закрепление, а второй находится в свободном состоянии (рис. 1). В ненагруженном состоянии осевая линия трубки имеет прямолинейное положение и совпадает с осью *y* прямолинейной системы координат. Концам трубки соответствуют координаты *y=0 и y=l.*

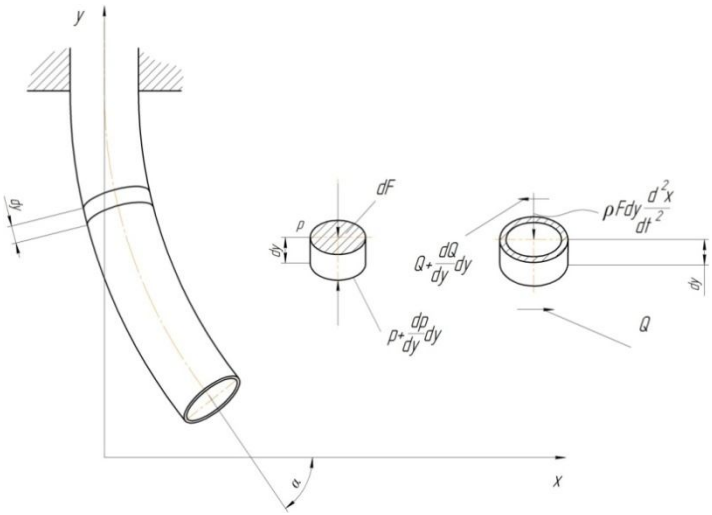


Рис. 1. ***Схема действия сил***

Для решения подобной задачи обычно объединяют в [2], [3] уравнение Бернулли для условно несжимаемого воздушного потока и уравнение колебаний эластичной трубки, которые для рассматриваемого случая имеют вид

$$(m_1 + m_2)\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + 2m_1 \cdot V\frac{\partial^2 x}{\partial y \partial t} + \left(Q + p \cdot F + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot V^2\right)\frac{\partial^2 x}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

где m_1 – усредненная масса воздуха и семян, приходящая на единицу длины трубки *l*, кг/м; m_2 – масса трубки, приходящая на единицу длины, кг/м; p – давление, Па; V – скорость, м/с; t – время, с; F – площадь поперечного сечения полости трубки, м^2; Q – поперечная сила, Н.

Введя безразмерные переменные $\tilde{y} = \frac{y}{l}, \tilde{x} = \frac{x}{r}, \tilde{t} = \frac{t}{\tau}$, представим уравнение (1) в виде

$$\tilde{x}(\tilde{y}, \tilde{t}) = e^{i\lambda\tilde{t}} X(\tilde{y}), \quad (2)$$

где λ – частота колебаний, рад/с; $X(\tilde{y})$ – функция, характеризующая форму собственных колебаний; τ – период колебаний, с.

Подставив уравнение (2) в (1), получим

$$\frac{\partial^2 X}{\partial \tilde{y}^2} + a \cdot \frac{\partial X}{\partial \tilde{y}} + bX = 0, \tag{3}$$

где

$$a = \frac{2 \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot V \cdot \lambda}{Q + p \cdot F + \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot V^2}; \; b = \frac{\lambda^2}{Q + p \cdot F + \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot V^2}.$$

Решение уравнения (3) приведем к решению квадратного уравнения:

$$k^2 + a \cdot ik + b = 0, \tag{4}$$

где i – мнимое число.

Корни уравнения (4) запишем

$$k_{1,2} = i\left(\frac{a \pm \sqrt{a^2 + 4b^2}}{2}\right).$$

Общим решением уравнения (1) является функция

$$X(\tilde{y}) = C_1 ch(k_1\tilde{y}) + C_2 sh(k_1\tilde{y}) + C_3 \cos(k_2\tilde{y}) + C_4 \sin(k_2\tilde{y}), \tag{5}$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – постоянные коэффициенты, характеризующие условия закрепления концов трубки.

Из уравнения (5) с учетом граничных условий на свободном конце $(X)_{y=0} = 0$; $\left(\frac{dX}{d\tilde{y}}\right)_{y=0} = 0$ и на защемленном конце $\left(\frac{d^2X}{d\tilde{y}^2}\right)_{y=l} = 0$; $\left(\frac{d^3X}{d\tilde{y}^3}\right)_{y=l} = 0$ получим систему уравнений:

$$\begin{cases} C_1 + C_3 = 0 \\ k_1 C_2 + k_2 C_4 = 0 \\ C_1 ch(k_1) \cdot k_1^2 + C_2 sh(k_1) \cdot k_1^2 - C_3 cos(k_2) \cdot k_2^2 - C_4 \sin(k_2) \cdot k_2^2 = 0 \\ C_1 sh(k_1) \cdot k_1^3 + C_2 ch(k_1) \cdot k_1^3 + C_3 cos(k_2) \cdot k_2^3 - C_4 \sin(k_2) \cdot k_2^2 = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Система (6) имеет ненулевые решения при условии, что определитель матрицы, составленный из коэффициентов системы, равен нулю:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & k_1 & 0 & k_2 \\ 0 & 0 & -k_1^2 \cdot ch(k_1) - k_2^2 \cdot \cos(k_2) & -k_2 k_1 \cdot sh(k_1) - k_2^2 \cdot \sin(k_2) \\ 0 & 0 & -k_1^3 \cdot sh(k_1) + k_2^3 \cdot \sin(k_1) & -k_2 k_1^2 \cdot ch(k_1) - k_2^3 \cdot \cos(k_2) \end{vmatrix} = 0.$$

Развернув определитель и приравняв $a = 0, b = k_1^2 = k_2^2$, определитель переходит к уравнению свободных колебаний:

$$\cosh(k_1) \cdot \cos(k_2) = -1. \tag{7}$$

Из формулы (7) следует, что

$$\lambda \cdot \sqrt{a^2 + 4 \cdot b} = 2\pi n.$$

После постановки вместо a и b значений из уравнения (3) можно определить частоту колебания λ эластичной трубки под действием воздушного потока.

На рис. 2 представлен график изменения частоты колебания эластичной трубки от давления воздушного потока. Результаты получены при численном решении в среде Maple с основными параметрами: $m_1 = 0{,}02\,\frac{\text{кг}}{\text{м}}; m_2 = 0{,}11\,\frac{\text{кг}}{\text{м}}; l = 0.07$ м; $R = 0.0085$ м; $V = 5$ м/с; $p = 1{,}2 \cdot 10^5$ Па, а также экспериментальным путем с помощью скоростной видеосъемки.

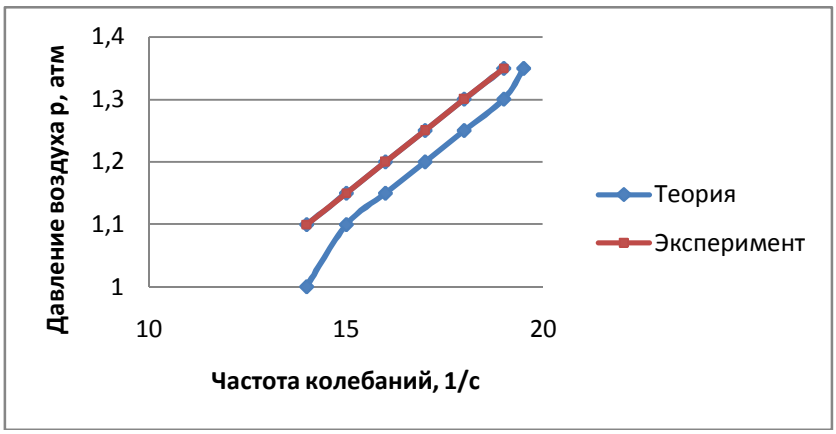


Рис. 2. ***График зависимости частоты колебания от давления воздуха***

Из графика видно, что экспериментальные данные частот колебаний близки к расчетным показателям, что говорит о верности вычислений.

Резюме. На основании теоретических предпосылок колебания эластичной трубки-рассевателя под воздействием воздушного потока, а также лабораторных исследований можно выбрать устойчивые поперечные колебания эластичной трубки для равномерного распределения высеваемых семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев, Е. П.* Повышение качества подпочвенного разбросного посева / Е. П. Алексеев, С. А. Васильев, В. И. Максимов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 12. – С. 8–9.

2. *Биргер, И. А.* Прочность, устойчивость, колебания : справочник : в 3 т. Т. 3 / И. А. Биргер, Я. Г. Пановко. – М. : Машиностроение, 1968. – 567 с.

3. *Светлицкий, В. А.* Механика трубопроводов и шлангов / В. А. Светлицкий. – М. : Машиностроение, 1982. – 280 с.

УДК 616.12-053

НАРУШЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ С СИНДРОМОМ РВОТЫ И СРЫГИВАНИЙ В ПЕРВОМ ПОЛУГОДИИ ЖИЗНИ

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM DISORDER IN CHILDREN WITH VOMITING AND POSSETING SYNDROME IN THE FIRST SIX MONTHS OF LIFE

И. Ю. Аникина

I. Y. Anikina

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. Представлены данные изучения особенностей вегетативных нарушений у 35 детей до 6 месяцев с синдромом рвоты и срыгиваний, дана характеристика типов рефлюксов по pH-метрии, проведено сопоставление с результатами кардиоинтервалографии. Показана связь вида рефлюкса с перинатальным поражением нервной системы, необходимость дифференцированной терапии неврологической симптоматики, включая вегето-висцеральные нарушения.

Abstract. The article presents the data on studying the characteristics of autonomic disorders in 35 children aged up to 6 months with vomiting and posseting syndrome, gives the characteristic of types of refluxes on pH-metry, the comparison with the results of cardiointervalography. The article also shows the correlation of the type of a reflux with perinatal lesions of nervous system, the need for a differential treatment of neurological symptoms including autonomic and visceral disorders.

Ключевые слова: *пищевод, желудок, срыгивание, рвота, гастроэзофагеальный рефлюкс, вегето-висцеральные нарушения, вегетативный тонус.*

Keywords: *esophagus, stomach, posseting, vomiting, gastroesophageal reflux, autonomic and visceral disorders, autonomic tonus.*

Актуальность исследуемой проблемы. Синдром рвоты и срыгиваний у детей первого года жизни в широкой педиатрической практике расценивается как функциональное состояние. Среди причин перечисляются вегето-висцеральные нарушения, анатомо-физиологические особенности, средствами лечения являются коррекция режима вскармливания и подбор адаптированных смесей. Частота встречаемости функциональных отклонений желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у детей раннего возраста на фоне перинатального поражения нервной системы достаточно высока и по различным источникам составляет от 98 % [12] до 55 % [5], [6], [10], [13], [14], а в клинических проявлениях преобладает синдром рвоты и срыгиваний. Исследованиями последних лет доказано, что у детей с синдромом рвоты и срыгиваний (72,6 %) выявляются секреторные и моторно-сфинктерные нарушения верхних отделов ЖКТ [8], [11], [16].

В настоящее время в основном изучены моторно-сфинктерные нарушения, а кислотообразующая функция еще продолжает изучаться.

У 70 % детей синдром рвоты и срыгиваний – проявления функциональных особенностей. У 23 % детей срыгивания рассматриваются родителями как «беспокойство». И только у 2–5 % этот синдром является проявлением серьезного заболевания, требующего стационарного обследования и лечения (в этих случаях выявляется нарушение анатомической проходимости) [5], [14], [15]. Согласно статистике [14], количество детей раннего возраста, у которых наблюдаются срыгивания, в мире варьируется: 18 % детей – во Франции, 20 % – в США и 40 % детей – в Австралии.

В литературных источниках отсутствуют алгоритмы дифференциальной диагностики причин синдрома рвоты и срыгиваний [6], [13], [16], [18]. Подробная диагностика проводится не у всех и в большинстве случаев с запозданием. Существуют сложности определения характера патологии у детей раннего возраста, а методы диагностики достаточно трудоемки, дорогостоящи и инвазивны, поэтому их проведение весьма ограничено среди больных первого года жизни и не всегда оправдано. Нет полностью разработанной комплексной схемы обследования детей с синдромом рвоты и срыгиваний, отсутствуют дифференциально-диагностические критерии и недостаточно освещен характер вегетативной регуляции у детей первого полугодия жизни с гастроинтестинальными нарушениями на фоне перинатальных поражений центральной нервной системы (ЦНС). Малоизученны клинико-инструментальные особенности вегето-висцеральных нарушений в зависимости от ведущего неврологического синдрома перинатального поражения нервной системы [1], [2], [3]. Также недостаточно разработан алгоритм дифференцированной терапии и фармакологической коррекции синдрома рвоты и срыгиваний, когда без углубленной диагностики инвазивными и трудоемкими методами педиатр может воздействовать на причины возникновения синдрома (функциональные и воспалительные изменения верхних отделов пищеварительного тракта (ВОПТ)), а не только назначать симптоматическую терапию.

Для педиатров решение данных вопросов имеет большое значение, так как именно в раннем детском возрасте необходимы наиболее полная коррекция функциональных нарушений и предупреждение развития психосоматических заболеваний органов пищеварения у детей.

Целью данного исследования является изучение особенностей вегетативной регуляции у детей первого года жизни с синдромом рвоты и срыгиваний.

Материал и методика исследований. Определяли функциональное состояние ВОПТ, вегетативный статус у детей первого года жизни при синдроме рвоты и срыгиваний на фоне перинатального поражения ЦНС. Нами было обследовано 35 детей в возрасте от 1 до 6 месяцев.

Клиническое наблюдение и обследование больных осуществлялись при поступлении в педиатрическое отделение. Обследованию не подвергались больные с острыми инфекционными заболеваниями, пороками развития ЖКТ и нервной системы, внутриутробной инфекцией, врожденной дисфункцией коры надпочечников. По результатам инструментального обследования были отобраны 35 детей с функциональными нарушениями ЖКТ на фоне перинатальной патологии нервной системы, в группу сравнения включены 25 пациентов с перинатальной патологией нервной системы без синдрома рвоты и срыгиваний (имели симптомы кишечной колики).

Объективно изучались соматический статус, неврологический статус с акцентированием на симптомах расстройства вегетативно-висцеральной системы. Для оценки состояния вегетативных дисфункций со стороны ЖКТ использовали параметры, харак-

теризующие толерантность к пище: количество и объем срыгиваний, наличие и характер рвоты, суточный объем питания, кратность кормлений. Всем детям проводилась электрокардиография, измерение артериального давления, кардиоинтервалография (КИГ), pH-метрия, а при необходимости – рентгенография органов брюшной полости, фиброгастродуоденоскопия. Использовался портативный переносной ацидогастрометр «Гастроскан-24» с последующей передачей данных на ПЭВМ (компьютер). Обработка результатов осуществлялась с помощью компьютерной программы «Гастроскан-24», разработанной ГНПП «Исток-Система». Программа позволяет регистрировать pH в покое, при беспокойстве и срыгивании, во сне и во время бодрствования. Исследование проводилось натощак, утреннее кормление дети пропускали. За 12 часов (с вечера) отменялись препараты, влияющие на кислотность и моторику ЖКТ. У детей обеих групп была исключена механическая или динамическая непроходимость ВОПТ. При КИГ использовался одно/трехканальный электрокардиограф «Аксион» ЭК 1Т-1/3-07 с выходом на ПЭВМ.

Результаты исследований и их обсуждение. У больных пилороспазмом (табл. 1) при pH-метрическом исследовании выявлен патологический гастроэзофагеальный рефлюкс (ГЭР) – у 94,3 % больных, при этом все рефлюксы были кислыми. Кислотообразующая функция желудка установлена близкой к норме у 80 % детей, у 20 % – с тенденцией к гипоацидности. Эвакуаторная функция желудка была сниженной у 72 % детей, у 28 % – близка к физиологической норме. Нормальным уровнем pH желудочного сока доношенных детей считали 2,3–3,6, у недоношенных – 4,7.

Таблица 1

Показатели данных пролонгированной pH-метрии желудка, пищевода у детей с моторными нарушениями ВОПТ

Показатели	Пилороспазм (n=35)		Дети без моторных нарушений ВОПТ (n=25)	
	абс.	%	абс.	%
Патологический ГЭР:				
– кислый	33	94,3	4	16,0
– щелочной	–	–	11	44,0
Базальная кислотность желудочного сока:				
– гиперацидность	–	–	4	16,0
– нормоацидность	28	80,0	21	84,0
– тенденция к гипоацидности	7	20,0	0	0
Эвакуация пищи из желудка:				
– повышена	0	0,0	4	16,0
– снижена	25	72,0	0	0
– близка к возрастной норме	10	28,0	21	84,0

В группе детей без моторных нарушений (по фиброгастродуоденоскопии (ФГДС)) у 84 % (21 ребенка) показатели pH-метрии были близки к норме (далее этих детей отнесли в группу сравнения). У 16 % (4 ребенка) определен патологический кислый ГЭР, у 44 % (11 детей) – щелочной ГЭР. У детей с кислым ГЭР выявлены повышенная базаль-

ная кислотность желудочного сока, ускорение эвакуации пищи из желудка, что связано с пищеводно-желудочной недостаточностью при возможной дисфункции нервной системы (симпатических ганглиев).

В результате проведенных исследований у 94,3 % детей с синдромом рвоты и срыгиваний выявлены различные нарушения функции ВОПТ по данным pH-метрии, что совпадает с данными Е. Б. Копиловой [7] и требует дальнейшего изучения состояния функций ЖКТ у таких детей. У детей без синдрома рвоты и срыгиваний отклонения pH-грамм выявлены только в 60 % случаев. Следовательно, при наличии у ребенка синдрома рвоты и срыгиваний во всех случаях присутствует патология со стороны ВОПТ, а у детей без жалоб на срыгивания и рвоту нельзя клинически исключать эту патологию.

По результатам pH-метрии выявлено четыре типа нарушений функции ВОПТ: 1 – пациенты с секреторными нарушениями в виде повышенной кислотности; 2 – пациенты с моторными нарушениями в виде ГЭР; 3 – пациенты с сочетанием этих нарушений; 4 – пациенты с недостаточным кислотообразованием. У пациентов без синдрома рвоты и срыгиваний – в группе сравнений – по результатам проведенной pH-метрии выявлены только смешанные нарушения ВОПТ.

Функциональные нарушения со стороны ЖКТ в виде секреторных и моторных дисфункций способствуют формированию в дальнейшем органической патологии ВОПТ на фоне неадекватной регуляции со стороны нервной системы [11], [14], [16], [17].

Проанализирована частота встречаемости синдромов поражения нервной системы у детей с патологией ВОПТ. При нарушениях секреторной и моторно-сфинктерной функций желудка у детей наблюдался синдром вегето-висцеральных нарушений (85 %), а у детей из группы сравнения (с перинатальным поражением нервной системы без проявлений синдрома рвоты и срыгиваний) чаще отмечался синдром двигательных нарушений (75 %).

При каждом типе нарушения функции ВОПТ выявлялась определенная неврологическая симптоматика. При моторных нарушениях (2 группа детей) в анамнезе была натальная травма шейного отдела позвоночника у 62 % детей. При смешанных нарушениях (3 группа) и у детей без проявлений срыгиваний синдром вегето-висцеральных нарушений отмечался в 45 и 75 % случаев соответственно. В 1 группе (изолированная гиперацидность) и 4 группе (недостаточность кислотообразования) наблюдался гипертензионно-гидроцефальный синдром в 55 и 47 % случаев соответственно.

Патологические воздействия в антенатальном периоде влияют на развитие секреторных нарушений желудка, а в интранатальном периоде (натальная травма шейного отдела позвоночника) – на развитие моторных нарушений ЖКТ. При внутриутробном нарушении функций кислотообразующих клеток желудка у ребенка появляется синдром рвоты и срыгиваний. У детей с повышенной кислотностью или при ее сочетании с моторными нарушениями срыгивания могут начаться с рождения (при первых кормлениях). Гиперацидность и быстрая нейтрализация пищи при непрерывном кислотообразовании являются причиной беспокойства ребенка между кормлениями, а также перед кормлением. При сочетании повышенной кислотности с моторными нарушениями у детей это состояние еще усугубляется развитием ГЭР, дуоденогастрального рефлюкса (ДГР) натощак и перед кормлением и проявляется в виде клинического беспокойства ребенка. Дети с моторными нарушениями также проявляют беспокойство натощак и перед кормлением, но дополнительно отмечаются и беспокойство во время кормления, отказ от еды.

При моторных нарушениях ЖКТ синдром рвоты и срыгиваний начинает проявляться с 14 дня жизни или после 4 месяцев, выражается различными объемами рвоты, часто обильными, «фонтаном», с различным интервалом после кормления, с различной частотой (редко или до 10 раз в сутки), чаще после беспокойства ребенка. Данная картина развития синдрома срыгиваний связана с функциональной несостоятельностью пищеводного сфинктера при увеличении объема кормления в данные возрастные периоды.

При гипоацидном состоянии отмечаются срыгивания с рождения, после каждого кормления (до 20 раз в сутки), во время беспокойства или кормления, иногда перед кормлением, различного объема (от небольшого до обильного), неизмененным молоком. У детей присутствуют симптомы нарушения обмена, белково-энергетической недостаточности и неврологического фона.

При обследовании детей с перинатальным поражением нервной системы в виде синдрома вегето-висцеральных дисфункций (ВВД) выявлены функциональные нарушения всех органов и систем. Маркером синдрома вегето-висцеральных нарушений признаны функциональные изменения со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС), которые регистрируются у большинства детей и проявляются клинически.

У 40 % детей имеются нарушения микроциркуляции различной степени (повышенная потливость, «мраморность» кожных покровов, термолабильность, трофические нарушения кожи). У 65 % детей нарушения микроциркуляции сочетаются с изменением частоты сердечных сокращений (склонность к тахикардии, брадикардии), у 16 % – с нарушениями ритма сердца (синусовая аритмия). Выделены типы вегетативных дисфункций со стороны ССС у детей с перинатальным поражением нервной системы: сосудистая, сердечно-сосудистая и аритмия.

ВВД у 72 % детей проявлялись со стороны многих систем. Сочетание синдрома рвоты и срыгиваний и сердечно-сосудистых нарушений отмечалось в 2/3 случаев**.** При проявлениях вегето-висцеральных нарушений со стороны одной системы организма существует субклиническое течение расстройств и в других системах, что свидетельствует о лучших компенсаторных возможностях организма [4], [9]. По данным исследования получается, что ЖКТ является самой уязвимой системой ребенка, страдающей в первую очередь при расстройстве вегетативной регуляции на фоне перинатального поражения нервной системы. Поэтому необходимо комплексное клинико-функциональное обследование с целью полного изучения состояния ВОПТ и вегетативного статуса у этой группы детей.

Вегетативные нарушения выявлялись у всех детей с синдромом рвоты и срыгиваний. При объективном осмотре отмечено сочетание диспепсического синдрома и вегетативной лабильности (изменение цвета, температуры, влажности кожи, дермографизм, симптом белого пятна Лендаль-Лавастини, непостоянный акроцианоз, нарушения частоты сердечных сокращений, нарушения ритма сердца и дыхания, лабильность пульса, расстройства сна, нарушения аппетита, жажда).

Для оценки функциональной активности вегетативной нервной системы (ВНС) детей проведены электрокардиографическое исследование, КИГ, измерялось артериальное давление. Использованы специально разработанные таблицы (в основе – материалы, полученные А. М. Вейном и др., модифицированные для детского возраста), сочетающие в себе элементы опросника и регистрации объективных параметров состояния ВНС, с последующей математической обработкой полученных данных, а также диагностические критерии КИГ. Рассчитывался вегетативный индекс (ВИ) Керде, минутный объем крови

(МОК), коэффициент Хильдебранта. Определение вегетативного тонуса в ССС более точно при оценке КИГ. Рассчитывались следующие показатели: Мо, с (мода) – наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала, характеризующее гуморальный канал регуляции и уровень функционирования системы; АМо, % (амплитуда моды) – число значений Мо, выраженное в процентах, определяет состояние активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС); ΔX, с (вариационный размах) – разница между максимальным и минимальным значениями длительности интервалов R-R, отражает уровень активности парасимпатического звена ВНС; ИН, условная единица (индекс напряжения) – наиболее полно информирует о напряжении компенсаторных механизмов организма, об уровне функционирования центрального контура регуляции ритма сердца, характеризует исходный вегетативный тонус.

Нормальные показатели КИГ (как и в группе здоровых детей) выявлены только у 7,5 % детей с синдромом рвоты и срыгиваний. У остальных детей в исходном вегетативном статусе преобладает гиперсимпатикотония. По группам исследуемых имелись достоверные отличия показателей КИГ в отличие от здоровых детей, в зависимости от моторных или секреторных нарушений со стороны пищеварительного тракта. Во 2 и 4 группах выявлена централизация вегетативной регуляции с активацией симпатического отдела ВНС и реализацией стимулирования ВНС от ЦНС путем протекания нервных импульсов по структурам нервной системы. Получены достоверно высокие значения показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР). В 1 группе и группе сравнения выявлены усиление вагусно-холинергических влияний и недостаточная централизация управления (низкие значения ИН и высокие ΔX). Наиболее выражены изменения параметров у детей группы сравнения (здоровые дети с клиникой кишечных дисфункций), присутствует грубый дисбаланс межсистемных взаимодействий со снижением уровня центральных влияний и симптоматического отдела ВНС. У детей отмечено достоверное и выраженное снижение ИН и индекса вегетативной реактивности (ИВР) более чем в 2 раза, АМо – в 1,5 раза, увеличение ΔX в 1,4 раза по сравнению с группой с изолированной гиперацидностью желудочного сока. У детей с повышенной кислотностью преобладает парасимпатическая регуляция, проявляющаяся в соотношении активности симпатического и парасимпатического отделов, аналогично здоровым детям; ИВР $p>0,05$. При смешанных нарушениях (гиперацидности и моторных нарушениях) у пациентов выявлен значительный разброс показателей.

Между показателями вегетативного статуса, кислотообразования и моторики ВОПТ не выявлено четких корреляционных связей, нарушено их соотношение. Это доказывает дизрегуляцию ВНС при развитии функциональных нарушений ЖКТ на фоне перинатальных поражений нервной системы. В дальнейшем нескорректированные функциональные расстройства ведут к формированию хронической патологии.

Лечение любых срыгиваний у грудных детей должно быть комплексным, все более интенсивным от этапа к этапу (терапия Step-up), а при получении эффективного результата показано поэтапное уменьшение активности лечения (терапия Step-down).

При подборе терапии для ребенка с синдромом вегето-висцеральных нарушений, проявляющихся в виде синдрома рвоты и срыгиваний, необходимо учитывать этиологический фактор, исходный вегетативный статус, вегетативную реактивность, вегетативное обеспечение. Условиями лечения являются комплексный и индивидуальный подход, а также длительность терапии. Отсутствие своевременного и правильного лечения, в первую очередь диетологической коррекции, при данной патологии может привести

к выраженным изменениям в состоянии здоровья детей: нарушениям массово-ростовых показателей, рефлюкс-эзофагиту, железодефицитной анемии, аспирационной пневмонии, синдрому внезапной смерти.

Современные аспекты лечения напрямую зависят от причины синдрома. Одним из необходимых и обязательных условий адекватной коррекции нарушений со стороны ЖКТ у детей раннего возраста с патологией ЦНС следует считать проведение своевременной комплексной нейрореабилитационной терапии с учетом характера ведущего неврологического синдрома. Но есть общие мероприятия, используемые при консервативном лечении (согласно рекомендациям Европейского общества педиатрической гастроэнтерологии, гепатологии и питания – ESPGHAN (2005)). Этапами лечения являются: водные процедуры, лечебный массаж, физиотерапевтические методы, медикаментозная терапия с дифференцированным подходом, минимально достаточным (воздействие на ВНС). В начале лечения используют щадящие препараты с наименьшим побочным действием: фитосредства, витамины, препараты калия, магния и кальция, а также седативные средства (растительного происхождения) и растительные адаптогены. При симпатикотонии применяют фитосредства с седативным эффектом, витамины А и Е, препараты калия и магния, при ваготонии – общетонизирующие препараты, витамины B_6 и С, препараты кальция. Для дальнейшей коррекции вегетативных дисфункций возможен переход на терапию нейрометаболическими психостимуляторами, включая метаболические и ноотропные препараты, церебропротекторы, уменьшающие проявления вегетативных дисфункций и улучшающие обменные процессы в надсегментарных структурах, способствующие улучшению обменных процессов, кровообращения в головном мозге, повышающие его устойчивость к гипоксии, усиливающие усвоение глюкозы.

В тяжелых случаях возможны оксигенотерапия, антиоксидантная терапия, инфузии антигеморрагических и антигипоксических средств, гормонов, витаминно-энергетических смесей. Комплексное регулирующее воздействие на вегетативную систему (на механизмы нейроэндокринной регуляции и вегетативные центры) оказывают различные виды лечебного массажа, упражнения в воде, сухая иммерсия, рефлексотерапия.

Возможно применение других физических воздействий: аэроионотерапии, ароматерапии, музыкотерапии.

Резюме.

1. Клинические проявления синдрома ВВД у детей раннего возраста многообразны и характеризуются функциональными расстройствами многих органов и систем организма. У 67 % детей с проявлениями гастроинтестинальных нарушений в виде синдрома рвоты и срыгиваний выявляются сердечно-сосудистые дисфункции.

2. С возрастом у пациентов отмечается уменьшение объема и частоты срыгиваний, уменьшение вегето-висцеральных нарушений со стороны других органов и систем, а у 2/3 детей к 6 месяцам рефлюкс уже не проявляется клинически.

3. При pH-метрии у 94,3 % детей первого полугодия регистрируются различные нарушения функции верхних отделов ЖКТ, которые можно объединить в четыре типа расстройств: секреторные, моторные, в виде ГЭР и смешанные (гиперацидность и моторные расстройства).

4. Тип нарушения функций верхних отделов пищеварительного тракта зависит от патологии перинатального периода и сопутствующей неврологической симптоматики. При моторных нарушениях у детей в анамнезе – перинатальное поражение шейного отдела позвоночника. При смешанном характере расстройств функций верхних отделов

ЖКТ в клинике доминирует синдром вегето-висцеральных нарушений. При гипоацидном типе секреторных нарушений в анамнезе выявлена патология перинатального периода, недоношенность, морфофункциональная незрелость, ГГС.

5. Терапия рефлюкса у детей с перинатальным поражением нервной системы должна быть дифференцированной в зависимости от выраженности неврологической симптоматики, включая обязательную коррекцию вегето-висцеральных нарушений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барашнев, Ю. И.* Перинатальная неврология / Ю. И. Барашнев. – М. : Триада-Х, 2001. – 640 с.

2. *Вейн, А. М.* Вегетативные расстройства. Клиника, диагностика, лечение / А. М. Вейн. – М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2003. – 752 с.

3. *Вейн, А. М.* Вегето-сосудистая дистония / А. М. Вейн, А. Д. Соловьева, О. А. Колосова. – М. : Медицина, 1981. – 320 с.

4. *Вейн, А. М.* Заболевания вегетативной нервной системы / А. М. Вейн, О. А. Колосова, Т. Г. Вознесенская, В. Л. Голубев. – М. : Медицина, 1991. – 624 с.

5. *Денисов, М. Ю.* Заболевания пищеварительной системы у детей раннего возраста / М. Ю. Денисов. – М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. – 304 с.

6. *Зернов, Н. Г.* Заболевания пищевода у детей / Н. Г. Зернов, Т. П. Сашенкова, И. П. Остроухова. – М. : Медицина, 1988. – 176 с.

7. *Копилова, Е. Б.* Системный анализ клинических и функциональных проявлений вегето-висцеральных нарушений у детей раннего возраста с перинатальными поражениями нервной системы : автореф. дис. … д-ра мед. наук : 14.00.09 / Е. Б. Копилова. – Иваново, 2004. – 44 с.

8. *Коровина, Н. А.* Вегетативная дистония у детей : руководство для врачей / Н. А. Коровина, И. Н. Захарова, Л. П. Гаврюшова, Т. М. Творогова, Э. Б. Мумладзе, Е. В. Скоробогатова. – М. : Медпрактика-М, 2006. – 68 с.

9. *Лежнина, И. В.* Нарушения моторной функции пищеварительного тракта у детей с отягощенным перинатальным анамнезом и их коррекция / И. В. Лежнина, И. Л. Гайворонская, П. Д. Кайсин // Современные проблемы профилактической педиатрии : материалы VIII конгресса педиатров России. Москва, 18–21 февраля 2003 г. – М., 2003. – С. 198.

10. *Петрова, О. А.* Особенности кислотообразующей функции желудка у детей первого года жизни с синдромом срыгиваний и рвоты на фоне перинатальной патологии ЦНС / О. А. Петрова, Р. Р. Шиляева, Н. Е. Булочникова и др. // Клиническая лабораторная диагностика. – 2000. – № 4. – С. 40–42.

11. *Самсыгина, Г. А.* Заболевания верхних отделов желудочно-кишечного тракта у детей: актуальные проблемы педиатрии / Г. А. Самсыгина, О. В. Зайцева, О. С. Намазова // Русский медицинский журнал. – 1997. – Т. 5. – № 19. – С. 1252–1262.

12. *Скоромец, А. А.* Топическая диагностика заболеваний нервной системы: руководство для врачей / А. А. Скоромец, Т. А. Скоромец. – СПб. : Политехника, 2002. – 399 с.

13. *Хавкин, А. И.* Функциональные нарушения желудочно-кишечного тракта у детей раннего возраста : пособие для врачей / А. И. Хавкин. – М. : Правда, 2000. – 70 с.

14. *Хавкин, А. И.* О классификации функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта у детей / А. И. Хавкин, И. В. Маев, С. В. Бельмер, Н. С. Жихарева // Детская гастроэнтерология: настоящее и будущее : материалы VII конгресса педиатров России. Москва, 12–14 февраля 2002 г. – М., 2002. – С. 314–315.

15. *Iacono, G.* Gastrointestinal symptoms in infancy: a population-based protective study / G. Iacono, R. Merolla, D"Amico D. et al. // Dig. Liver Dis. – 2005. – Vol. 37. – No. 6. – P. 432–438.

16. *Sadowska-Krawczenko, I.* Influence of selected neonatal diseases on the incidence of gastroesofageal reflux in preterm neonates / I. Sadowska-Krawczenko, P. Korbal, M. Czerwonka-Szaflarska // Med. Wieku Rozwoj. – 2005. – Vol. 9. – No. 31. – P. 317–324.

17. *Gold, B. D.* Is gastroesophageal reflux disease really a lifelong disease: do babies who regurgitate grow up to be adults with GERD complication? / B. D. Gold // Am. J. Gastroenterol. – 2006. – No. 3. – P. 641–644.

18. *Pediatric* gastrointestinal motility disease / ed. R.Wyllie, J. S. Hyams. – Philadelphia, 2000. – P. 164–187.

19. *Wasowska-Krolikowska, K.* Astma and gastroesophageal reflux in children / K. Wasowska-Krolikowska, E. Toporowska-Kowalska, A. Krogulska // Med Sci Monit. – 2002. – No. 3. – P. 64–71.

УДК 616.12-053

КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ С СИНДРОМОМ РВОТЫ И СРЫГИВАНИЙ В ПЕРВОМ ПОЛУГОДИИ ЖИЗНИ

CORRECTION OF AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM DISORDERS IN CHILDREN WITH VOMITING AND POSSETING SYNDROME IN THE FIRST SIX MONTHS OF LIFE

И. Ю. Аникина

I. Y. Anikina

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. Нами проанализированы типы гастроинтестинальных расстройств в зависимости от типа неврологического синдрома у 86 детей первого полугодия жизни с синдромом рвоты и срыгиваний, проведена оценка результатов терапии вегетативных нарушений в сочетании с симптоматической коррекцией срыгиваний по кардиоваскулярным нарушениям. Доказано, что большинство вегето-висцеральных синдромов целесообразно рассматривать в рамках эволюционной вегетологии и они имеют доброкачественное течение.

Abstract. We have analyzed the types of gastrointestinal disorders depending on the type of neurological syndrome in 86 children with vomiting and poesseting syndrome in the first six months of life, evaluated the results of treatment of autonomic disorders in combination with symptomatic correction of poesseting on cardiovascular disorders. It has been proved that the majority of autonomic and visceral syndromes should be treated in terms of evolutionary vegetology and that their course is benign.

Ключевые слова: *вегетативная нервная система, срыгивание, рвота, сердечно-сосудистые нарушения, гастроинтестинальные нарушения, терапия, перинатальное поражение нервной системы.*

Keywords: *autonomic nervous system, posseting, vomiting, cardiovascular disorders, gastrointestinal disorders, therapy, perinatal lesion of nervous system.*

Актуальность исследуемой проблемы. Вегето-висцеральные нарушения у детей раннего возраста, проявляющиеся в виде синдрома рвоты и срыгиваний, являются частой проблемой у детей с перинатальными поражениями нервной системы [12], [21]. По данным Г. В. Яцык, частота синдрома вегето-висцеральных нарушений у детей первого года жизни, имеющих перинатальное поражение нервной системы, составляет 10 % [19]. В связи с вышесказанным изучение возможностей коррекции нарушений вегетативной регуляции при синдроме срыгиваний является актуальной проблемой педиатрии.

Цель исследования – изучить эффективность терапии вегетативных нарушений у детей первого полугодия жизни с синдромом рвоты и срыгиваний.

Материал и методика исследований. Под нашим наблюдением было 86 детей первого полугодия с синдромом рвоты и срыгиваний. Дети находились на лечении в пе-

диатрическом отделении МБУЗ «Городская детская больница № 1» Минздравсоцразвития Чувашии по поводу последствий перинатального поражения нервной системы. Дети с синдромом рвоты и срыгиваний были распределены в 4 группы. В группу сравнения вошли 25 детей без синдрома рвоты и срыгиваний.

В 1 группе (10 детей) были дети с секреторными нарушениями в виде повышенной кислотности; во 2 группе (47 детей) – с моторными нарушениями в виде гастроэзофагеального рефлюкса (ГЭР); в 3 группе (15 детей) – с сочетанием секреторных и моторных нарушений; в 4 группе (14 детей) – с недостаточным кислотообразованием.

Применялся комплекс клинических и инструментальных методов исследования: измеряли артериальное давление (АД) на руках и ногах, проводили кардиоинтервалографию (КИГ) и тилт-тест, pH-метрию, электрокардиографию. Группе из 61 ребенка был назначен курс лечения по дифференцированному подходу (коррекция вегетативных нарушений, синдрома срыгиваний), у 25 детей проводили коррекцию техники кормления и вида питания.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Statistic. Достоверными считали различия между выборками при $p<0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные в ходе наших исследований результаты показали необходимость принципиально нового клинического подхода к детям с синдромом рвоты и срыгиваний на фоне перинатальной патологии нервной системы.

По результатам сопоставления анамнеза и неврологического обследования выявлено, что при определенных типах нарушения функции верхних отделов пищеварительного тракта (ВОПТ) выявлялась определенная неврологическая симптоматика. В 1 группе (изолированная гиперацидность) и 4 группе (недостаточность кислотообразования) клинически определялся гипертензионно-гидроцефальный синдром (ГГС) (55 и 47 % соответственно), во 2 группе (изолированные моторные нарушения) у 62 % детей в анамнезе было натальное повреждение шейного отдела позвоночника, у детей 3 группы (смешанные нарушения) в 45 % случаев и у детей без проявления срыгиваний и рвоты в 60 % выявлен синдром вегето-висцеральных нарушений. Полученные результаты свидетельствуют о важной патогенетической роли ГГС в секреторных нарушениях желудка в виде гиперацидности и гипоацидности, а сочетание ГГС и гастроинтестинальных нарушений у пациентов с гиперацидностью может указывать на решающую роль внутричерепной гипертензии в реализации наследственной предрасположенности к гастродуоденальной патологии, проявляющейся у младенцев склонностью к повышенной кислотопродукции.

Натальное повреждение шейного отдела позвоночника влияет на формирование моторных нарушений пищеварительного тракта, наследственный фактор при этом имеет существенно меньшее значение.

По нашему мнению, в основе нарушений со стороны ВОПТ при перинатальных поражениях центральной нервной системы (ЦНС) лежит единый механизм, а именно дисфункция высших центров вегетативной регуляции. При ГГС в большей степени страдают структуры лимбико-ретикулярного комплекса, анатомически близкие к желудочковой системе, осуществляющие интегративную роль и регуляцию функций внутренних органов [1], [4]. Натальное повреждение шейного отдела позвоночника вызывает нарушение кровотока в бассейне позвоночных артерий, осуществляющих кровоснабжение диэнцефальной области с ее вегетативными центрами, различные повреждения ядер или самих волокон блуждающего нерва, а также отраженные реакции с шейных симпатических

ганглиев [5]. Ведущий в неврологической картине синдром вегето-висцеральных дисфункций (ВВД) у наших пациентов предполагает функциональные нарушения вегетативной нервной системы (ВНС), к которым ведут хроническая гипоксия и асфиксия, родовая травма центральной нервной системы [13].

При исследовании секреторной функции нами выявлены особенности показателей внутрипищеводной и внутрижелудочной pH-метрии и у детей с различными типами гастроинтеститнальных нарушений. Секреторные нарушения в виде гипер- или гипоацидности наблюдались в 85 %, моторные – в 48,3 % случаев.

По уровню минимального значения pH оценивалась функциональная возможность париетальных клеток. Отмечено, что наиболее высокие ее значения отмечались у детей с гипоацидностью желудочного сока. Возможно, что при отсутствии наследственной предрасположенности к гастродуоденальной патологии недостаточная активность париетальных клеток может быть следствием хронической внутриутробной гипоксии, которую испытывали все эти пациенты. Согласно Л. Т. Журбе, Е. М. Мастюковой (1981), у 13,3 % детей этой группы выявлено отсутствие условно-рефлекторной реакции желез желудка перед кормлением, причем все они имели низкий уровень корковых функций головного мозга, о чем свидетельствовали низкие оценки (1, 2 балла) функций коммуникабельности и сенсорно-моторного поведения [7]. Отсутствие условно-рефлекторной реакции желез желудка на кормление свидетельствует о нарушении кортикогастральных и гастрокортикальных взаимоотношений на фоне перинатальной патологии нервной системы, что ведет к нарушению нормального процесса пищеварения и является одной из причин диспептического синдрома у пациентов.

Синдром рвоты и срыгиваний имел свои особенности в зависимости от типа гастроинтестинальных расстройств. В развитии секреторных нарушений большую роль играют факторы, действовавшие в период внутриутробного развития, а в развитии моторных нарушений – в момент родов [3], [7]. Учитывая, что продукция соляной кислоты, связанная с энтеральным способом получения питательных веществ, начинается с 18 недели гестации [8], [12], [15], [20], можно предположить, что нарушение деятельности кислотопродуцирующих клеток под влиянием неблагоприятных факторов начинается уже внутриутробно и к рождению манифестирует упорными срыгиваниями и рвотой. В этой связи при гиперацидных состояниях (как изолированных, так и в сочетании с моторными нарушениями) начало срыгиваний отмечается с рождения, провоцирующим фактором является кормление. Как правило, ребенок срыгивает сразу после кормления, необильно или полным ртом, срыгиваемые массы имеют вид прозрачной жидкости с кислым запахом, отмечается усиление срыгиваний после введения кислых соков и пюре. Гиперацидность с непрерывным кислотообразованием и быстрая нейтрализация пищи являлись причиной беспокойства в промежутках между и перед кормлением этих пациентов. У детей со смешанными нарушениями это состояние усугублялось появлением гастроэзофагеального (ГЭР) и дуоденогастрального (ДГР) рефлюксов натощак и перед очередным кормлением. По этой же причине беспокоились и дети с моторными расстройствами. Нередко отмечалось беспокойство во время кормления младенцев, имеющих патологические кислые ГЭР. При этом дети, начав сосать с удовольствием, неожиданно бросали соску, отказываясь от еды.

Функциональная несостоятельность сфинктерного аппарата желудка начинает проявляться по мере увеличения объемов питания ребенка [3], [7], [12], [23]. В связи с этим срыгивания манифестируют у детей с моторными расстройствами после 2 недель жизни

или после 4 месяцев, редко или часто (больше 10 раз в сутки). Провоцирует их беспокойство ребенка, они отмечаются независимо от кормления, полным ртом или «фонтаном», также характерны рвоты. У младенцев с гипоацидными состояниями срыгивания начинаются с рождения, их частота – 20 раз в сутки, они связаны с беспокойством перед очередным кормлением. В срыгиваемых массах отсутствуют признаки створаживания молока. Состояние детей часто расценивается как тяжелое по выраженности обменно-трофических нарушений и неврологической патологии [12], [14], [22].

Установлены изменение количества корреляционных взаимосвязей между показателями вегетативного гомеокинеза, кислотообразования и моторики ВОПТ, нарушение их соотношения, доказывающее роль вегетативной дизрегуляции в формировании различных типов гастроинтестинальных расстройств на фоне перинатального поражения ЦНС [8]. Учитывая, что в 80 % случаев развитию неинфекционной гастродуоденальной патологии предшествуют нарушения функционирования ВНС [9], можно предположить, что младенцы с гастроинтестинальными расстройствами являются группой риска по формированию хронической гастродуоденальной патологии.

Наиболее точным методом диагностики типа нарушений функций ВОПТ, рекомендуемым для широкого внедрения в клинику раннего детского возраста, является pH-метрия ВОПТ [10], [22], [23]. На основе полученных результатов разработаны показания для проведения pH-метрии пациентам с вегетативными желудочно-кишечными нарушениями на фоне перинатальной патологии ЦНС.

Коррекция функций ВОПТ определялась характером неврологического синдрома и типом гастроинтестинальных нарушений и включала: патогенетическую терапию перинатального поражения ЦНС и симптоматическую терапию гастроинтестинальных нарушений – диетотерапию, организацию техники кормления, комплекс мер, направленных на устранение моторных нарушений ВОПТ и/или секреторных нарушений желудка. Применение комплексной терапии позволяло сократить сроки пребывания больного в стационаре, добиться более быстрого купирования клинических симптомов нарушения функций пищеварительного тракта.

Основой коррекции вегетативных сердечно-сосудистых и гастроинтестинальных нарушений у детей с перинатальной патологией нервной системы является проведение своевременной комплексной терапии, включающей лечение перинатального поражения нервной системы в сочетании с дифференцированной симптоматической терапией с учетом характера нарушенных функций висцеральных систем организма.

Лечение любых срыгиваний у грудных детей должно быть комплексным, от этапа к этапу все более интенсивным (терапия Step-up), а при получении эффективного результата показано поэтапное уменьшение активности лечения (терапия Step-down).

При подборе терапии у ребенка с синдромом вегето-висцеральных нарушений необходимо учитывать этиологический фактор, исходный вегетативный статус, вегетативную реактивность, вегетативное обеспечение функций и клиническое проявление синдрома вегетативных дисфункций (синдром рвоты и срыгиваний). Условиями лечения являются комплексный и индивидуальный подход, а также длительность терапии [5], [6], [15], [17]. Отсутствие своевременного и правильного лечения, в первую очередь диетологической коррекции, при данной патологии может приводить к выраженным изменениям в состоянии здоровья детей: нарушению массово-ростовых показателей, рефлюкс-эзофагиту, железодефицитной анемии, аспирационной пневмонии, синдрому внезапной смерти.

Последовательная терапия гастроинтестинальных нарушений в сочетании с коррекцией гемо-ликвородинамических и вегетативных нарушений путем проведения нейрореабилитационных мероприятий с учетом характера ведущего неврологического синдрома обеспечивает повышение эффективности лечения синдрома рвоты и срыгиваний у детей раннего возраста с перинатальными поражениями нервной системы [10], [11], [16].

Основу коррекции вегетативных сердечно-сосудистых дисфункций составляет восстановление нарушенных функций ЦНС с учетом характера перинатального поражения нервной системы и ведущего неврологического синдрома [2]. Это является одновременно одним из важнейших звеньев патогенетической терапии синдрома ВВД, в основе которого лежит вегетативная дизрегуляция вследствие повреждения надсегментарных (реже сегментарных) отделов ВНС при перинатальных гипоксически-ишемических и/или травматических поражениях ЦНС.

Для определения плана обследования, объема, длительности и кратности проведения комплексной нейрореабилитационной терапии всем детям с синдромом ВВД при перинатальном поражении нервной системы необходим осмотр у невролога.

Коррекция гастроинтестинальных нарушений при перинатальном поражении ЦНС должна носить дифференцированный характер в зависимости от их типа, сочетаться во всех случаях с назначением препаратов, нормализующих функции ЦНС.

Нами была составлена программа коррекции вегетативных расстройств у детей раннего возраста на фоне перинатального поражения ЦНС.

При изолированной гиперацидности желудочного сока из питания исключались кисломолочные смеси, кислые соки и пюре. Ребенка кормили по требованию, но с увеличением кратности кормлений, без ночного перерыва, с уменьшением разового объема без изменения суточного объема питания. Медикаментозная коррекция заключалась в назначении антацидных средств: фосфалюгель – в дозе 1/4 пакетика, или 1 чайная ложка (4 г), до 6 раз в сутки в промежутках между кормлениями (дети до 6 месяцев). Курс лечения – 15–20 дней.

При *изолированных моторных нарушениях* в виде патологического ГГС была выбрана следующая лечебная тактика: терапия «положением» – кормление ребенка в кроватке в антирефлюксном положении, при естественном вскармливании из рациона матери исключались жирная пища, кофе, шоколад, при искусственном вскармливании вводились смеси с загустителями. Из медикаментозных средств в качестве прокинетика использовался домперидон (мотилиум) в виде суспензии в дозе 2,5 мл на 10 кг массы тела 3 раза в день за 15минут до кормления курсом 10–14 дней.

У детей *со смешанными нарушениями* исключали из питания кисломолочные смеси, кислые соки и пюре. При естественном вскармливании исключали из рациона матери жирную пищу, кофе, шоколад. При искусственном вскармливании использовали смеси с загустителями. Режим кормления – по требованию без ночного перерыва. Назначалось сочетание антацида (фосфалюгель) и прокинетика (мотилиум) в возрастных дозах курсом до 3 недель.

При изолированных *секреторных нарушениях в виде гипоацидности* режим кормления выбирался в соответствии с возрастом ребенка; при искусственном вскармливании было показано введение в рацион кисломолочных смесей, удельный вес которых не должен превышать 20 % от суточного объема. Выбор кисломолочного продукта определялся возрастом ребенка. В качестве пищевых добавок были рекомендованы кислые соки и фруктовые пюре. Медикаментозная коррекция заключалась в применении препаратов

на основе листьев подорожника («Плантекс» – в суточной дозе 100 мл, плантаглюцид – по 1/4–1/2 чайной ложке, разведенной в 50 мл теплой воды, за 20–30 минут до еды 2–3 раза в день) в течение 3–4 недель.

Коррекция симптомов ВВД заключалась в проведении нейрореабилитационных мероприятий с учетом характера перинатального поражения ЦНС и использовании вазоактивных препаратов.

Лечение по составленной нами программе получила группа из 59 детей (табл. 1).

Таблица 1

Коррекция вегетативных расстройств у детей раннего возраста на фоне перинатального поражения ЦНС и его резидуальных последствий

Клинический синдром	Схема терапии
Синдром вегетативно-висцеральных дисфункций	Элькар 20 % – 10 капель 2–3 раза в день и Магне-В6 2–2,5 мл – 2 раза в день 6–8 недель (или нейромультивит), ноотроп (пантогам – в сут. дозе 0,025 г/кг в 3 приема до 40 дней и актовегин), электрофорез по Ратнеру, общий массаж. Далее: Кудесан – 2 капли 3 раза в день и Магнерот 125 мг – 2 раза в день 4–6 недель
Гипертензионно-гидроцефальный синдром	Диуретики, ноотроп (пантогам – в сут. дозе 0,025 г/кг в 3 приема до 40 дней и актовегин), вазоактивные препараты, витамины группы В (нейромультивит), лекарственный электрофорез по Ратнеру, массаж с 3-го месяца жизни, бальнеотерапия (ванны с экстрактами седативных трав: хвои, пихты, мяты)
Синдром двигательных нарушений, натальное повреждение шейного отдела позвоночника	Ноотроп (пантогам), вазоактивные препараты, витамины группы В (нейромультивит). Парафинолечение, лекарственный электрофорез по Ратнеру, амплипульс, общий массаж, бальнеотерапия (ванны, бассейн). Воротник Шанца (по показаниям)
Синдром повышенной нервно-рефлекторной возбудимости	Противосудорожные препараты: фенобарбитал, финлепсин. Ноотроп (пантогам), вазоактивные препараты, витамины группы В, бальнеотерапия (ванны с экстрактами седативных трав: хвои, пихты, мяты), массаж

В группе сравнения были 25 детей (курс медикаментозной терапии не проводился, дети получали только коррекцию питания и техники кормления).

Лечение и реабилитация наблюдаемых детей осуществлялись по разработанной схеме для детей с перинатальным поражением ЦНС с использованием медикаментозных и немедикаментозных методов лечения, таких как назначение вазоактивных и ноотропных препаратов, лекарственный электрофорез, массаж, лечебная гимнастика. Основными являлись воздействие на ВНС и коррекция сопутствующих неврологических синдромов у детей с синдромом рвоты и срыгиваний.

Результаты проведенного мониторирования и оценки состояния здоровья детей оказались следующими. После курса реабилитации у 29,8 % вегетативные нарушения в виде синдрома рвоты и срыгиваний перестали проявляться. У детей из группы сравнения показатели функциональной активности вегетативной системы сохранялись на прежнем уровне.

Характер предъявляемых жалоб по-прежнему свидетельствовал о наличии вегетативно-сосудистых нарушений, однако интенсивность их была менее выраженной.

Анализ состояния АД у детей на фоне лечения показал, что у 77,9 % детей оно было нормальным (систолическое артериальное давление – в пределах 80–90 мм рт. ст., диастолическое артериальное давление – в пределах 40–54 мм рт. ст.). Количество детей с артериальной гипотензией сократилось в 2 раза (18,3 %), артериальная гипертензия и высокое нормальное давление выявлены у единичных детей.

Динамическое исследование электрокардиограмм (ЭКГ) у наблюдаемых детей показало, что на фоне лечения ЭКГ стала нормальной у 85,5 % детей (не отмечалось синусовой тахи- и брадикардии, синусовой аритмии, нарушений проводимости). Снижение частоты выявления патологических признаков произошло во всех подгруппах, независимо от неврологического статуса. Тем не менее при гипердинамическом расстройстве изменения на ЭКГ регистрировались у 14,3 % детей. Здесь преобладали нарушения сердечного ритма и проводимости. В структуре патологических изменений с одинаковой частотой обнаруживались нарушения ритма и проводимости (25,0 %) и метаболические изменения в миокарде (25,0 %), в ряде случаев изменения были сочетанными.

Анализ вариантов вегетативной реактивности по данным КИГ (запись кардиоинтервалограмм при проведении тилт-теста и расчет индекса напряжения [18]) показал, что у 59,6 % детей, получавших лечение, вариант вегетативной реактивности был нормальным.

В структуре патологических вариантов вегетативной реактивности лидировал гиперсимпатикотонический (34,6 %). Количество детей с асимпатикотонией снизилось почти в 3 раза (5,8 %). При сопоставлении этих данных с выраженностью неврологических нарушений установлено, что на фоне проводимого лечения в структуре патологических вариантов вегетативной реактивности независимо от тяжести неврологических расстройств преобладала гиперсимпатикотония. Однако встречалась и асимпатикотония. В группе сравнения изменений вегетативной реактивности не отмечено (табл. 2).

Таблица 2

Вегетативные нарушения у детей первого полугодия после проведенной терапии

Наименование признака	Основная группа (n=59)		Группа сравнения (n=25)	
	абс.	%	абс.	%
Нарушения АД	13	20,0	31	47,7
Патологические варианты вегетативной реактивности	26	40,0	47	72,3
Патологические изменения на ЭКГ	10	15,4	61	93,8

Эффективность реабилитации детей с вегето-висцеральными нарушениями на фоне перинатального поражения ЦНС, проявляющимися в виде синдрома рвоты и срыгиваний, достигается лишь при длительном курсе терапии (1–2 месяца), систематическом проведении реабилитационных мероприятий. Необходима обязательная коррекция нарушенных функций вегетативной нервной системы с последующим подключением симптоматической терапии (относительно синдрома рвоты и срыгиваний).

Резюме.

1. Состояние пищеварительной системы у детей раннего возраста с перинатальными поражениями ЦНС в отсутствие наблюдения у невролога и гастроэнтеролога характеризуется высокой частотой выявления синдрома вегетативных дисфункций (88,2 %), сопутствующих нарушений сердечного ритма и АД (48,1 %).

2. При наличии регулярного наблюдения у невролога, гастроэнтеролога, кардиолога и получении регулярных курсов реабилитации у детей с перинатальными поражениями ЦНС отмечается улучшение вегетативного статуса, у 80 % детей имеет место нормальное АД, у 90,0 % – ЭКГ соответствует норме, у 60 % – не выявляются вегетативно-сосудистые дисфункции.

3. Детям с перинатальными поражениями ЦНС, проявляющимися в виде синдрома рвоты и срыгиваний, наряду с наблюдением у педиатра и невролога с первых месяцев жизни необходимо динамическое наблюдение у кардиолога и гастроэнтеролога на протяжении всего периода раннего детства.

4. В основе реабилитации детей с перинатальными поражениями ЦНС, проявляющимися функциональными нарушениями верхних отделов ЖКТ и кардиоваскулярными расстройствами, должны лежать мониторинг и оценка состояния здоровья в первый год жизни – ежеквартально с контрольным обследованием в 1 год.

5. Комплекс клинического и инструментального обследования детей младенческого и раннего возраста с перинатальными поражениями ЦНС, проявляющимися в виде синдрома рвоты и срыгиваний, кардиоваскулярных расстройств, должен включать: оценку артериального давления, ЭКГ, раннее выявление синдрома вегетативно-сосудистой дисфункции и нарушений вегетативной реактивности, pH-метрию.

6. Лечение детей с перинатальными поражениями ЦНС, сопровождающимися синдромом рвоты и срыгиваний, должно быть комплексным и включать в себя немедикаментозные и медикаментозные средства лечения: энерготропные средства (L-карнитин, коэнзим Q 10) и препараты магния, назначаемые параллельно, на фоне коррекции питания или введения смесей с загустителями, ноотроп (пантогам) или сосудистые препараты (танакан), мотилиум. Использование данных средств направлено на нормализацию состояния ВНС и купирование проявлений со стороны пищеварительной системы.

7. Эффективность терапии вегетативных нарушений у детей с проявлениями синдрома рвоты и срыгиваний достаточно высока при комплексном подходе в патогенетической и симптоматической коррекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бадалян, Л. О.* Детская неврология / Л. О. Бадалян. – М. : Медицина, 1984. – 210 с.

2. *Баевский, Р. М.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, З. С. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 221 с.

3. *Беляева, И. А.* Патогенез дисфункции желудочно-кишечного тракта у детей грудного возраста / И. А. Беляева, Г. В. Яцык, И. В. Дворяковский и др. // Российский педиатрический журнал. – 2007. – № 4. – С. 1–7.

4. *Вегетативные* расстройства. Клиника, лечение, диагностика / под ред. А. М. Вейна. – М. : Медицинское информационное агентство, 2000. – 752 с.

5. *Дубровская, М. И.* Синдром срыгивания и рвоты у детей первого года жизни: дифференциальная диагностика и тактика ведения / М. И. Дубровская, Ю. Г. Мухина, П. В. Шумилов, И. И. Володина // Педиатрия. – 2007. – № 6. – С. 26–29.

6. *Зыков, В. П.* Лечение заболеваний нервной системы у детей : учебное пособие. Вып. 1 / Д. Ч. Ширеторова, М. Ю. Чучин, В. Н. Шадрин, Л. Л. Науменко. – М. : РМАПО, 2002. – 192 с.

7. *Копилова, Е. Б.* Вегетативные дисфункции у грудных детей с гастроинтестинальными нарушениями на фоне перинатального поражения ЦНС / Е. Б. Копилова, О. А. Петрова, Р. Р. Шиляев, И. В. Князева // Педиатрия. – 2004. – № 2. – С. 19–22.

8. *Копилова, Е. Б.* Системный анализ клинических и функциональных проявлений вегетовисцеральных нарушений у детей раннего возраста с перинатальными поражениями нервной системы : автореф. дис. … д-ра мед. наук : 14.00.09 / Е. Б. Копилова. – Иваново, 2004. – 44 с.

9. *Кубергер, М. Б.* Состояние вегетативной нервной системы у детей с неинфекционной желудочно-кишечной патологией / М. Б. Кубергер, А. В. Зарочинцев, А. В. Капустин и др. // Вопросы охраны материнства и детства. – 1990. – № 4. – С. 13–16.

10. *Петрова, О. А.* Показатели желудочной секреции у детей первого года с синдромом срыгиваний и рвот на фоне перинатальной энцефалопатии / О. А. Петрова, Р. Р. Шиляев, Г. Н. Иванищук и др. // Избранные проблемы педиатрии : сб. науч. трудов. – Саратов, 2000. – С. 53–54.

11. *Петрова, О. А.* Подходы к лечению детей первого года жизни с гиперацидностью желудочного сока / О. А. Петрова, Р. Р. Шиляев, А. И. Заводина // Избранные проблемы педиатрии : сб . науч. тр. – Саратов, 2000. – С. 55–56.

12. *Хавкин, А. И.* Функциональные нарушения желудочно-кишечного тракта у детей раннего возраста : пособие для врачей / А. И. Хавкин. – М. : Правда, 2000. – 70 с.

13. *Шабалов, Н. П.* Асфиксия новорожденных / Н. П. Шабалов, В. К. Ярославский, Д. А. Ходов, В. А. Любименко. – Л. : Медицина, 1990. – 188 с.

14. *Шатская, Е. Е.* Клинико-диагностические аспекты поражения верхних отделов пищеварительного тракта у детей в раннем неонатальном периоде / Е. Е. Шатская, Н. В. Дмитриева, Т. Т. Ткаченко и др. // Детская гастроэнтерология: настоящее и будущее : материалы VII конгресса педиатров России. Москва, 12–14 февраля 2002 г. – М., 2002. – С. 33–34.

15. *Петрова, О. А.* К проблеме синдрома срыгиваний и рвот у новорожденных и грудных детей / О. А. Петрова, Р. Р. Шиляев // Детский доктор. – 2000. – № 4. – С. 27–30.

16. *Шиляев, Р. Р.* Дифференцированный подход к фармакотерапии синдрома срыгиваний и рвоты у грудных детей с перинатальным повреждением центральной нервной системы / Р. Р. Шиляев, О. А. Петрова, И. В. Князева и др. // Педиатрическая фармакология. – 2003. – Т. 1. – № 2. – С. 48–51.

17. *Шиляев, Р. Р.* Диагностика и лечение секреторных и моторных нарушений функций желудка у детей первого года жизни / Р. Р. Шиляев, О. А. Петрова, И. В. Князева // Российский педиатрический журнал. – 2003. – № 6. – С. 20–24.

18. *Яйленко, А. А.* Кардиоинтервалография как индикатор адаптационно-компенсаторных возможностей новорожденных / А. А. Яйленко, Н. И. Зернова // Пограничные состояния у детей : сб. науч. трудов. – Смоленск : Смоленский гос. мед. ин-т, 1990. – С. 13–15.

19. *Яцык, Г. В.* Особенности функционального состояния желудочно-кишечного тракта у новорожденных детей / Т. Э. Боровик, И. А. Беляева // Детская гастроэнтерология: настоящее и будущее : материалы VII конгресса педиатров России. Москва, 12–14 февраля 2002 г. – М., 2002. – С. 356.

20. *Howard*, *Barbara J.* Sleep Disorders [Электронный ресурс] / Barbara J. Howard, Joyce Wong // Pediatrics in Review. – 2001. – Vol. 22. – No. 10. – Режим доступа: http://www.mdconsult.com

21. *Cavataio, F.* Milk-induced reflux in infants less than one year of age F. Cavataio, A. Carroccio, G. Iacono // J. Pediatr Gastroenterol Nutr. – 2000. – Vol. 30. – P. 6–44.

22. *Carolyn Thiedke, C.* Sleep Disorders and Sleep Problems in Childhood / C. Carolyn Thiedke // American Family Physician. – 2001. – Vol. 63. – No. 2. – P. 277–285.

23. *Gold, B. D.* Is gastroesophageal reflux disease really a lifelong disease: do babies who regurgitate grow up to be adults with GERD complications? / B. D. Gold // Am. J. Gastroenterol. – 2006. – No. 101. – P. 641–644.

УДК 539.374

О СЖАТИИ ИДЕАЛЬНОПЛАСТИЧЕСКОГО СЛОЯ С УЧЕТОМ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ

ON COMPRESSION OF PERFECTLY PLASTIC LAYER TAKING INTO ACCOUNT TRANSLATIONAL ANISOTROPY

А. В. Балашникова

A. V. Balashnikova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В работе рассматривается сжатие идеальнопластического слоя жесткими шероховатыми плитами при трансляционной анизотропии, в случае плоской деформации. Рассматривается характер изменения касательного напряжения $\tau_{x_1y_1}$ по толщине слоя.

Abstract. The work considers the compression of perfectly plastic layer by rigid rough plates under translational anisotropy in case of plain strain. It also considers the nature of change of shear stress $\tau_{x_1y_1}$ by thickness of layer.

Ключевые слова: *напряжение, деформация, сжатие, слой, трансляционная анизотропия, идеальная пластичность.*

Keywords: *stress, strain, compression, layer, translational anisotropy, perfectly plasticity.*

Актуальность исследуемой проблемы. Учет свойств анизотропных материалов, используемых в современном машиностроении, является необходимым в связи с требованиями наиболее полного использования прочностных свойств изделий.

Новые результаты, учитывающие влияние идеальнопластической трансляционной анизотропии на напряженно-деформированное состояние тел, являются важными и актуальными. Они позволяют учитывать влияние трансляционной идеальнопластической анизотропии на прессовку пространственной анизотропной металлической заготовки шероховатыми плитами.

Результаты данной работы могут применяться при изучении свойств анизотропии, использование различных значений предельного сопротивления при изготовлении изделий позволит снизить энергетические запасы.

Материал и методика исследований. В работе используются апробированные модели механического поведения тел и математические методы исследования, результаты не противоречат исследованиям других авторов.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассматривается процесс сжатия жесткими шероховатыми плитами изделия конечного размера из идеальнопластического материала при трансляционной анизотропии.

Запишем условие пластичности

$$A_1 \cdot \left(\frac{\sigma_{x_1} - \sigma_{y_1}}{2} - \frac{\overline{k}_1 - \overline{k}_2}{2} \right)^2 + B_1 \cdot \left(\tau_{x_1 y_1} - \overline{k}_3 \right)^2 = \kappa_1^2, \tag{1}$$

где σ_{x_1}, σ_{y_1}, $\tau_{x_1 y_1}$ – компоненты напряжения; A_1, B_1, κ_1^2, $\overline{k}_1$, $\overline{k}_2$, $\overline{k}_3$ – *const*, определяющие предел текучести и параметры анизотропии.

Уравнения равновесия примут вид:

$$\frac{\partial \sigma_{x_1}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{x_1 y_1}}{\partial y_1} = 0, \qquad \frac{\partial \tau_{x_1 y_1}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{y_1}}{\partial y_1} = 0. \tag{2}$$

Предположим, что толщина пластического слоя равна $2h$ (рис. 1).

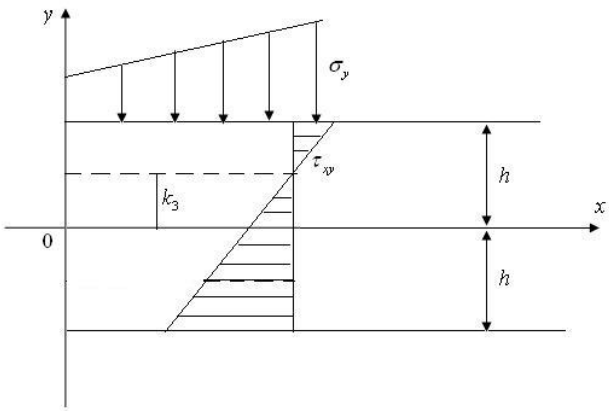


Рис. 1

Переведем все используемые в исследовании размерные величины в безразмерные и отнесем их к h.

При условии пластичности (1) рассмотрим предположения о характере изменения касательного напряжения $\tau_{x_1 y_1}$ по толщине слоя:

$$\tau_{x_1 y_1} = y_1 + \overline{k}_3. \tag{3}$$

Подставим (3) в условие пластичности (1). Будем иметь

$$\sigma_{x_1} - \sigma_{y_1} = \pm 2 \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{A_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 \cdot y_1^2} + \frac{\overline{k}_1 - \overline{k}_2}{2} \right]. \tag{4}$$

Повторяем подстановку (3), но в соотношение (2), результатом которого являются выражения для компонентов напряжения σ_{x_1}, σ_{y_1}:

$$\sigma_{x_1} = -x_1 + f(y_1),\ \sigma_{y_1} = \phi(x_1). \tag{5}$$

Тогда из (4) с учетом структуры соотношений (5) следует

$$\sigma_{x_1} = -x_1 + \tilde{C}_1 \pm 2 \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{A_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 \cdot y_1^2} + \frac{\bar{k}_1 - \bar{k}_2}{2} \right],\ \sigma_{y_1} = -x_1 + \tilde{C}_1. \tag{6}$$

Постоянная $\tilde{C}_1$ определяется из условия отсутствия суммарных усилий вдоль оси x при $x = 0$ по свободному краю полосы:

$$\int_{-h}^{h} \sigma_{x_1} dy_1 = 0. \tag{7}$$

Для этого подставляем (6) в (7) и, выполнив соответствующие операции, будем иметь

$$\tilde{C}_1 = -\frac{1}{h \cdot \sqrt{A_1}} \cdot \left(\frac{h}{\sqrt{B_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 h^2} + \frac{\kappa_1^2}{2} \cdot \arcsin \frac{h}{\sqrt{B_1}} \right) + \left(\bar{k}_2 - \bar{k}_1 \right) h. \tag{8}$$

Таким образом, компоненты напряжений σ_{x_1}, σ_{y_1} примут вид:

$$\begin{cases} \sigma_{x_1} = -x_1 + \dfrac{2}{\sqrt{A_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 \cdot y_1^2} - H + \left(\bar{k}_2 - \bar{k}_1 \right)(h-1), \\ \sigma_{y_1} = -x_1 - H + \left(\bar{k}_2 - \bar{k}_1 \right) h, \end{cases} \tag{9}$$

где $H = \dfrac{1}{h \cdot \sqrt{A_1}} \cdot \left(\dfrac{h}{\sqrt{B_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 h^2} + \dfrac{\kappa_1^2}{2} \cdot \arcsin \dfrac{h}{\sqrt{B_1}} \right)$.

Согласно ассоциированному закону течения соотношения связи между напряжениями и скоростями деформаций имеют вид:

$$\begin{cases} \varepsilon_{x_1} = \lambda \cdot A_1 \cdot \left(\dfrac{\sigma_{x_1} - \sigma_{y_1}}{2} - \dfrac{\bar{k}_1 - \bar{k}_2}{2} \right), \\ \varepsilon_{y_1} = \lambda \cdot A_1 \cdot \left(\dfrac{\sigma_{x_1} - \sigma_{y_1}}{2} - \dfrac{\bar{k}_1 - \bar{k}_2}{2} \right), \\ 2 \cdot \varepsilon_{x_1 y_1} = 2 \cdot B_1 \cdot \left(\tau_{x_1 y_1} - \bar{k}_3 \right). \end{cases} \tag{10}$$

где ε_{x_1}, ε_{y_1}, ε_{z_1}, $\varepsilon_{x_1 y_1}$, $\varepsilon_{y_1 z_1}$, $\varepsilon_{x_1 z_1}$ – компоненты скорости деформации. Из формулы Коши компоненты скорости перемещения выражаются следующим образом:

$$\varepsilon_{x_1} = \frac{\partial u}{\partial x_1} = -c + f_1(y_1),\ \varepsilon_{y_1} = \frac{\partial v}{\partial y_1} = c,\ \varepsilon_{x_1 y_1} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \phi}{\partial y_1} \right). \tag{11}$$

Предполагая структуру перемещения $v = cy_1 + \bar{k}_3$, $c - const$, из (11) получаем ее аналитическое выражение:

$$u = \tilde{C}_1 \cdot x_1 + \tilde{C}_2 + \phi(y_1). \tag{12}$$

Для определения λ используем первые два соотношения (10) с учетом первых двух соотношений из (11):

$$\varepsilon_{x_1} - \varepsilon_{y_1} = 2c = 2\lambda \cdot A_1 \cdot \left(\frac{\sigma_{x_1} - \sigma_{y_1}}{2} - \frac{\bar{k}_1 - \bar{k}_2}{2} \right). \tag{13}$$

Принимая во внимание выражения для $\tilde{C}_1$ (8) и σ_{x_1}, σ_{y_1} (9), из (13), выполнив преобразования, находим λ:

$$\lambda = \frac{\tilde{C}_1}{A_1 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{A_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 \cdot y_1^2} \right)}. \tag{14}$$

Подставляя компоненту скорости перемещения *u*, соотношение (12) в третье соотношение системы (11), будем иметь

$$\varepsilon_{x_1 y_1} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \phi}{\partial y_1} \right) = \lambda \cdot \left(\tau_{x_1 y_1} - \bar{k}_3 \right). \tag{15}$$

Чтобы проинтегрировать уравнение (15) для нахождения $\phi(y_1)$, необходимо подставить последовательно выражение для $\tilde{C}_1$ из (8) в (14) и полученное выражение для λ в (15). Интегрируя после этого уравнение (15), для $\phi(y_1)$ будем иметь

$$\phi(y_1) = \frac{\frac{1}{h} \cdot \left(\frac{h}{\sqrt{B_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 h^2} + \frac{\kappa_1^2}{2} \cdot \arcsin \frac{h}{\sqrt{B_1}} \right) + \left(\bar{k}_1 - \bar{k}_2 \right)}{B_1 \cdot \sqrt{A_1}} \cdot \sqrt{\kappa_1^2 - B_1 h^2}. \tag{16}$$

Резюме. Решена задача о сжатии идеальнопластического слоя жесткими шероховатыми плитами при трансляционной анизотропии, в случае плоской деформации.

Полученные результаты позволяют выявить влияние свойств идеальнопластической трансляционной анизотропии на упругопластическое поведение тел.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Максимова, Л. А.* О предельном состоянии слоя, сжатого шероховатыми плитами / Л. А. Максимова // Прикладная математика и механика. – 2000. – Т. 64. – Вып. 6. – С. 1099–1104.

2. *Максимова, Л. А.* О сжатии плиты из идеальнопластического анизотропного материала / Л. А. Максимова // Проблемы механики : сб. статей к 90-летию со дня рождения А. Ю. Ишлинского. – М. : Физматлит, 2003. – С. 520–523.

3. *Рыбакова, Т. И.* О сдавливании анизотропного идеальнопластического слоя / Т. И. Рыбакова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). – С. 585–587.

УДК 598.2/.9(471.41)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УРБАНИЗАЦИИ АВИФАУНЫ ГОРОДА КАЗАНИ

SOME ASPECTS OF AVIFAUNA URBANIZATION OF KAZAN CITY

А. М. Басыйров

A. M. Basyirov

ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

Аннотация. В данной работе показаны различные классификации птиц по степени синантропности, проведен общий анализ состояния синантропизации и урбанизации авифауны города Казани.

Abstract. The article shows different types of classification according to the degree of synanthropy. The general analysis of avifauna synanthropisation and urbanization of Kazan City is given.

Ключевые слова: *авифауна, урбанизация, синантропизация.*

Keywords: *avifauna, urbanization, synanthropisation.*

Актуальность исследуемой проблемы. Современные темпы урбанизации вынуждают большое количество видов приспосабливаться к антропогенно измененным ландшафтам, результатом чего является возникновение синантропных видов. Об актуальности проблем, связанных с урбанизацией и синантропизацией видов, свидетельствует многообразие работ по данной тематике. Авифауна крупных городов Европы и России начала активно изучаться в конце XIX – начале XX в., и уже во второй половине XX в. изучение птиц городов оформилось в самостоятельное направление в орнитологии.

Весомый вклад в разработку этой проблемы внесли Н. А. Гладков, А. К. Рустамов, В. В. Строков, Н. Н. Дроздов, А. С. Мальчевский, К. Н. Благосклонов, В. Д. Ильичев, В. М. Константинов, С. И. Божко, Д. В. Владышевский, И. И. Рахимов, Б. Клауснитцер, M. Luniak и др.

Материал и методика исследований. Данная работа является результатом обобщения собственных наблюдений и анализа литературных данных. При изучении авифауны применялись общепринятые методики наблюдений, учета и определения птиц. Для выявления степени их урбанизации в данной статье мы придерживались классификации, предложенной С. И. Божко: потенциальные, условные, стойкие и полные урбанисты [3]. Термин «стойкий урбанист» в нашем случае был заменен на «стабильный урбанист» [6]. Описание птиц проводили по Атласу-определителю птиц Республики Татарстан [7], также использовали Красную книгу Республики Татарстан [5], видовые названия привели по Л. С. Степаняну [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Особенности города как среды обитания рассматривались нами и ранее [1]. Наиболее полное и ясное определение города предложил С. Стравинский [13], [14]. Он считает, что под городом как местом обитания

птиц нужно понимать совокупность всех городских биотопов, где главным фактором среды является присутствие человека. Таким образом, город как арена жизни оказывается богатым биотопами, хотя природные условия в них беднее естественных.

Существует множество вариантов классификации птиц по степени их синантропизации и урбанизации.

А. Н. Формозов синантропными определял виды, которые находят у жилья или в жилье человека корм и убежище [10]. Б. Росицкий и И. Кратохвил охарактеризовали синантропных птиц как виды, для которых жилище человека и другие его постройки являются средой, где они могут жить и размножаться. Ученые предложили следующую классификацию видов: экзоантропные, гемисинантропные и эвсинантропные [8].

В. В. Кучерук относит к синантропным птицам виды, которые регулярно обитают на территории населенных пунктов или в сооружениях человека и образуют там постоянные или периодически возникающие популяции. Он отмечает, что к сооружениям человека необходимо относить даже стога сена, скирды соломы и другие места первичного хранения сельскохозяйственных продуктов, так как они не имеют аналогов в естественной среде обитания. В. В. Кучерук выделяет следующие варианты синантропности: абсолютная (или облигатная) синантропия; преимущественная (или настоящая) синантропия; географически и экологически ограниченная синантропия [12].

Ю. А. Исаков предлагает такие категории птиц, как мизантроп, условный синантроп, частичный синантроп, полный и облигатный синантроп [4]. К. Н. Благосклонов дает следующие виды птиц по степени их приспособления к обитанию в городе: синантропы, урбофилы и урбофобы [2]. Классификация птиц по степени приспособленности к жизни в городской среде включает сезонных, пассивных и начальных синантропов, развитых и полных синурбанистов [11].

Процесс проникновения птиц из естественных ландшафтов в городской и приспособления их к конкретной среде обитания в последнее время стали называть процессом урбанизации птиц. По С. И. Божко, термин «урбанизация» очень близок к термину «синантропизация» и означает по существу синантропизацию в условиях города. Синантропизация и урбанизация – это процессы одного порядка, синантропизация есть общее понятие, а урбанизация – частное [3].

На сегодняшний день авифауна города Казани насчитывает 180 видов. ***Потенциальными урбанистами*** в Казани является 91 вид (50,5 %), практически это половина видов, которые встречаются в пределах города. Ниже приводятся некоторые представители данной группы:

Малая выпь – *Ixobrychus minutus*. Единственный представитель отряда аистообразных. Являясь типичной околоводной птицей, гнездится на берегах крупных и мелких водоемов со стоячей водой, заросших растительностью. Гнездящаяся перелетная птица, малочисленна, включена в Красную книгу Республики Татарстан.

Шилохвость – *Anas acuta.* Утка средней величины с длинной шеей и острым игловидным хвостом. Многочисленна. Гнездится на побережьях водоемов, богатых прибрежной и водной растительностью. Перелетная птица.

Серая куропатка – *Perdix perdix.* Широко распространенный вид из рода куропаток. Гнездящийся вид, в основном встречается в пригородной зоне Казани.

Коростель – *Crex crex.* Небольшая птица семейства пастушковых. Перелетная гнездящаяся птица. Обитает в пригородной зоне, старых парках и кладбищах.

Чибис – *Vanellus vanellus.* Перелетный гнездящийся кулик из семейства ржанковых, встречается в пригородной зоне.

Травник – *Tringa tetanus.* Гнездящийся перелетный вид (кулик). Занесен в Красную книгу Республики Татарстан. В городе встречается около крупных водоемов.

Обыкновенная кукушка – *Cuculus canorus.* Ей, как известно, характерен гнездовой паразитизм, свои гнезда не вьет, яйца подкладывает в гнезда различных воробьиных птиц. Перелетная птица. Предпочитает пригородные территории, в пределах города встречается в парках с древесной растительностью и на территории кладбищ.

Условными урбанистами Казани являются 64 вида (35,5 %).

Большая синица – *Parus major.* Самый крупный и наиболее многочисленный из всех встречающихся видов синицевых птиц. Обычный гнездящийся в Татарстане вид. Зимой сбивается в смешанные стайки с другими птицами и кочует в поисках корма. В Казани обитает практически во всех биотопах.

Обыкновенная лазоревка – *Parus caeruleus.* Небольшая синица с ярким голубовато-желтым оперением. Гнездящийся вид, в городе предпочитает садово-парковые территории.

Буроголовая гаичка – *Parus montanus.* Небольшая подвижная синица. Гнездится невысоко над землей в дуплах мертвых деревьев или пнях. Встречается в парковых зонах города.

Обыкновенный поползень – *Sitta europaea.* Небольшая птица из семейства поползневых. Обычный гнездящийся в Татарстане вид. Единственная птица нашей фауны, способная перемещаться по стволу вниз головой. Обитает в парках с древесной растительностью.

Большой пестрый дятел – *Dendrocopos major.* Достаточно крупный гнездящийся в Татарстане вид. В Казани встречается в парках и садах со старой древесной растительностью.

Малый пестрый дятел – *Dendrocopos minor.* Наиболее мелкий представитель семейства дятловых. Обычный гнездящийся вид. В пределах города обитает в парках с древесной растительностью.

Снегирь обыкновенный – *Pyrrhula pyrrhula.* В Татарстане изредка гнездится. Зимой многочисленные стаи кормятся в садах и парках на территории города, как правило, объедают плоды рябины.

Из хищных следует отметить ястреба-тетеревятника, ястреба-перепелятника, сапсана, балобана.

Ястреб-тетеревятник – *Accipiter gentiles.* Хотя и предпочитает охотиться в разреженном лесу, нередко залетает в антропогенные ландшафты.

Ястреб-перепелятник – *Accipiter nisus.* Обычный гнездящийся хищник. В пределах города охотится на сизого голубя.

Сапсан – *Falco peregrinus* и балобан – *Falco cherrug* являются крупными соколами. Перелетные птицы, в Татарстане изредка гнездятся, численность их повсеместно низкая, включены в Красную книгу Республики Татарстан. На территории города во время перелетов могут охотиться на сизых голубей.

В эту группу также входят чайки, крачки, утки.

Следует отметить, что кряква – *Anas platyrhynchos* – несмотря на то, что является перелетной птицей, последние 20–25 лет стабильно зимует на территории города в незамерзающих водоемах. На территории Татарстана зимовка кряквы отмечена в городах Нижнекамск и Набережные Челны. Это пример того, как городские условия влияют на биологию птицы, изменяя даже видовые стереотипы.

Чайка озерная – *Larus ridibundus* – тоже демонстрирует пример изменения этологии вида в связи с урбанизацией. Являясь типичной водной птицей, чайка озерная в последнее время предпочитает кормиться на полигонах твердых бытовых отходов и в мусорных контейнерах. Данный вид сопровождает трактора на полях во время посевных работ, что совершенно нетипично для водных птиц.

Представителями ***«стабильных урбанистов»*** в Казани являются 17 видов (9,5 %):

Серая ворона – *Corvus cornix.* Многочисленный гнездящийся вид. Обитает во всех биотопах города. С другими представителями врановых образует смешанные стаи.

Скворец обыкновенный – *Sturnus vulgaris.* Певчая птица семейства скворцовых. Гнездящаяся перелетная птица. Обитает во всех биотопах.

Белая трясогузка – *Motacilla alba.* Многочисленная гнездящаяся перелетная птица. Обитает во всех биотопах. Строит гнезда в углублениях, например, в трещинах стен, дуплах деревьев, под крышами зданий и складах бревен.

Обыкновенная каменка – *Oenanthe oenanthe.* Перелетный гнездящийся вид. Обитает во всех биотопах, кроме многоэтажной застройки.

Полными урбанистами являются 8 видов птиц (4,5 %):

Сизый голубь – *Columba livia.* Широко распространенная птица семейства голубиных. Надо отметить, что вне урбанизированных территорий сизый голубь уже не обитает, за исключением небольших колоний дикой формы. В связи с синантропизацией в городских условиях ярко выражен полиморфизм по окраске голубей. В Казани преобладает черно-чеканная окраска, причем количество темноокрашенных особей возрастает по направлению к центру города. Встречаются особи с сильно разросшимся клювом, что является аномальным в естественных условиях. В городской среде по типу питания выделяются так называемые «помоечники», «собиратели» и «летуны», что не характерно для популяций дикой формы.

Галка – *Corvus monedula.* Предпочитает урбанизированные ландшафты. Для гнездования галка нуждается в укрытиях, отсюда понятна неравномерность ее распределения по районам города: наиболее многочисленна она в районах пятиэтажных застроек с вентиляционными отверстиями под крышами домов, с чердаками. В городских кварталах современных панельных и блочных домов для галок нет подходящих мест гнездования.

Домовый воробей – *Passer domesticus.* Одна из самых многочисленных гнездящихся птиц населенных пунктов Татарстана.

Полевой воробей – *Passer montanus.* В отличие от домового воробья, в меньшей степени зависим от человека. Встречается на окраинах населенных пунктов, в заброшенных селениях и вблизи от посевов зерновых культур, садов.

Резюме. Анализ состояния авифауны г. Казани позволяет охарактеризовать город как пример среды обитания, на территории которой сформировался комплекс птиц, состоящий из видов с различным уровнем синантропизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Басыйров, А. М.* К изучению синантропизации сизого голубя в г. Казани / А. М. Басыйров, И. И. Рахимов // В мире научных открытий. – 2010. – № 2. – С. 121–123.

2. *Благосклонов, К. Н.* Авифауна большого города и возможности ее преобразования / К. Н. Благосклонов // Экология, география и охрана птиц. – Л., 1980. – С. 144–155.

3. *Божко, С. И.* К характеристике процесса урбанизации птиц / С. И. Божко // Вестник Ленинградского университета. Серия: Биология. Вып. 2. – 1971. – № 9. – С. 5–14.

4. *Исаков, Ю. А.* Процесс синантропизации животных, его следствия и перспективы / Ю. А. Исаков // Синантропизация и доместикация животного населения. – М. : Изд-во МГУ, 1969. – С. 3–9.

5. *Красная* книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). – Изд. 2-е. – Казань : Идел-Пресс, 2006. – 832 с.

6. *Рахимов, И. И.* Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов / И. И. Рахимов. – Казань : Новое знание, 2002. – 272 с.

7. *Рахимов, И. И.* Атлас-определитель птиц Республики Татарстан / И. И. Рахимов, А. А. Мосалов. – Казань : Фолиантъ, 2008. – 176 с.

8. *Росицкий, Б.* Синантропия млекопитающих и роль синантропных и экзоантропных грызунов в природных очагах болезней / Б. Росицкий, И. Кратохвил // Чехословацкая биология. – 1953. – Т. 2. – № 5. – С. 283–295.

9. *Степанян, Л. С.* Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области) / Л. С. Степанян. – М. : Академкнига, 2003. – 808 с.

10. *Формозов, А. Н.* Об освоении фауны наземных позвоночных и вопросах ее реконструкции / А. Н. Формозов // Зоологический журнал. – 1937. – Т. 16. – № 3. – С. 407–423.

11. *Янков, П. Н.* Орнитофауна Софии, особенности ее структуры и формирования : автореф. дис. ... канд. биол. наук / П. Н. Янков. – Минск, 1983. – 24 с.

12. *Kucheruk, V. V.* Synanthropic rodents and their significance in the transmission of infections / V. V. Kucheruk // In: Theoretical questions of natural foci of diseases. Proceedings of a Symposium held in Prague, November 26–29, 1963 / Ed. B. Rosicky, K. Heyberger. – Prague, 1965. – P. 353–366.

13. *Strawinski, S.* Die Vogelverstadterung vom okologischen Standpunkt / S. Strawinski // Ornithol Mitt. – 1966. – № 18. – P. 72–74.

14. *Strawinski, S.* Ptaki miasta Torunia / S. Strawinski // Acta ornithological. – 1963. – Vol. 7. – № 5. – P. 115–156.

УДК 631.36

УСТАНОВКА ДЛЯ МИКРОНИЗАЦИИ ЗЕРНА

INSTALLATION FOR MICRONIZATION OF GRAINS

А. А. Белов, Н. К. Кириллов, Г. В. Новикова

A. A. Belov, N. K. Kirillov, G. V. Novikova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Описан принцип действия установки, обеспечивающей микронизацию фуражного зерна воздействием электромагнитных излучений инфракрасного и СВЧ-диапазона.

Abstract. The article describes the principle of operation of the installation which provides micronizing feed grain by means of infrared electromagnetic emission and super high frequency.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотный генератор, индукционный нагрев, барабанная резонаторная камера, фуражное зерно.*

Keywords: *super high frequency generator, induction heating, drum resonator chamber, feed meal.*

Актуальность исследуемой проблемы. Расход фуражного зерна в среднем за 2011–2012 гг. по РФ составляет 50 % от объема произведенного зерна. Доля фуражного зерна, скармливаемого в несбалансированном виде, возросла за последние годы до 85 % по сравнению с 38 % в 1991 г. Важнейшей проблемой в настоящее время является рациональное использование зерна на фуражные цели. В связи с этим решение задачи повышения эффективности использования зерна на фуражные цели требует новых подходов. Поэтому разработка установки для микронизации зерна является актуальной задачей.

Материал и методика исследований. Проанализировав теории диэлектрического нагрева и теплообменных процессов, протекающих в зерне и зернопродуктах при индукционном нагреве, учитывая объективно существующие закономерности кинетики процесса эндогенного нагрева сырья, мы разработали установку, обеспечивающую микронизацию зерна с использованием энергии электромагнитных излучений инфракрасного и СВЧ-диапазона, позволяющую улучшить энергетическую ценность сырья и санитарное состояние.

Результаты исследований и их обсуждение. Выявлены эффективные режимы работы установки для термообработки фуражного зерна, обеспечивающей денатурацию белковых соединений, деструкцию и желатинизацию крахмала и повышающей усвояемость питательных веществ молодняком животных.

Известно, что для увеличения усвояемости и повышения пищевой ценности фуражного зерна проводят термическую обработку. Для этого имеется оборудование: «Микронизатор-1», «Микронизатор-2»; микронизатор СОЯР 0,3 производительностью 300 кг/ч; микронизатор ВТМ-02; микронизатор УТЗ-4 производительностью 250 кг/ч, мощностью 25 кВт; микронизатор ИПБГ-1 производительностью 150…500 кг/ч, потребляемой мощностью 36,5 кВт/ч.

Преимущества разработанной нами установки позволяют добиться высокой интенсивности нагрева без превышения допустимой границы температуры. В итоге капилляр-

ная влага интенсивно переходит в пар, вызывая резкий рост давления в зерне, отчего происходит своеобразный взрыв, разламывающий его. Он приводит к запрограммированному процессу. Энергетические затраты составляют 0,03…0,06 кВт·ч/кг.

Сущность микронизации состоит в изменении структуры крахмала и белка обрабатываемого зерна в результате интенсивного нагрева электромагнитным излучением СВЧ-диапазона. Под действием микроволн эффективно разрушаются крахмальные субстанции, принимающие легкоусвояемую форму. Влага, входящая в состав зерна, испаряется, а из-за высокой скорости нагрева резко поднимается давление водяных паров. Оболочка крахмальных гранул разрушается, ускоряются химические и биологические процессы в зерне. В связи с этим происходит разрушение токсических и антипитательных веществ (трипсина, пепсина), денатурация белковых соединений, деструкция и желатинизация крахмала. Иными словами, питательные вещества (белки, углеводы) в процессе обработки зерна в микронизаторе подвергаются структурным изменениям. Это улучшает переваримость и усвояемость питательных веществ молодняком животных [1].

СВЧ-энергоподвод позволяет добиться высокой интенсивности нагрева без превышения допустимой границы температуры. Образование декстрина придает зерну сладковатый вкус и приятный запах. После термообработки полностью пропадают плесневые грибы.

Разработанная нами СВЧ-индукционная установка (рис. 1) для микронизации зерна содержит внутри экранного корпуса барабанный дозатор, отсеки которого выполняют функцию объемного резонатора СВЧ-генератора.

На монтажном столе установлен цилиндрический корпус 3 из неферромагнитного материала с загрузочным и выгрузным патрубками 1, 2, 10. На верхнем основании расположены СВЧ-генераторы 11 так, что магнетроны 13 направлены вовнутрь корпуса, а под нижним основанием установлены индукционные плиты 6. При этом внутри цилиндрического корпуса концентрически расположен секционный вращающийся барабан 4, отсеки которого выполнены из неферромагнитного материала и образуют резонаторные камеры СВЧ-генераторов.

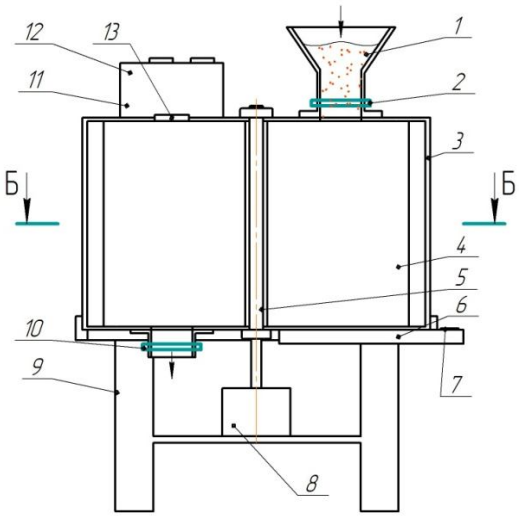


Рис. 1. ***Схема СВЧ-индукционной установки барабанного типа для микронизации зерна (вид спереди): 1 – загрузочный патрубок, 2 – заслонка загрузочного патрубка, 3 – цилиндрический корпус, 4 – секционный барабан, 5 – вал барабана на подшипниках, 6 – плита индукционная, 7 – регуляторы мощности индукционной плиты, 8 – мотор-редуктор, 9 – монтажный стол, 10 – заслонка выгрузного патрубка, 11 – СВЧ-генератор, 12 – регулятор мощности СВЧ-генератора, 13 – магнетрон***

Изготовлен лабораторный образец СВЧ-индукционной установки для микронизации зерна (рис. 2).

а) б)

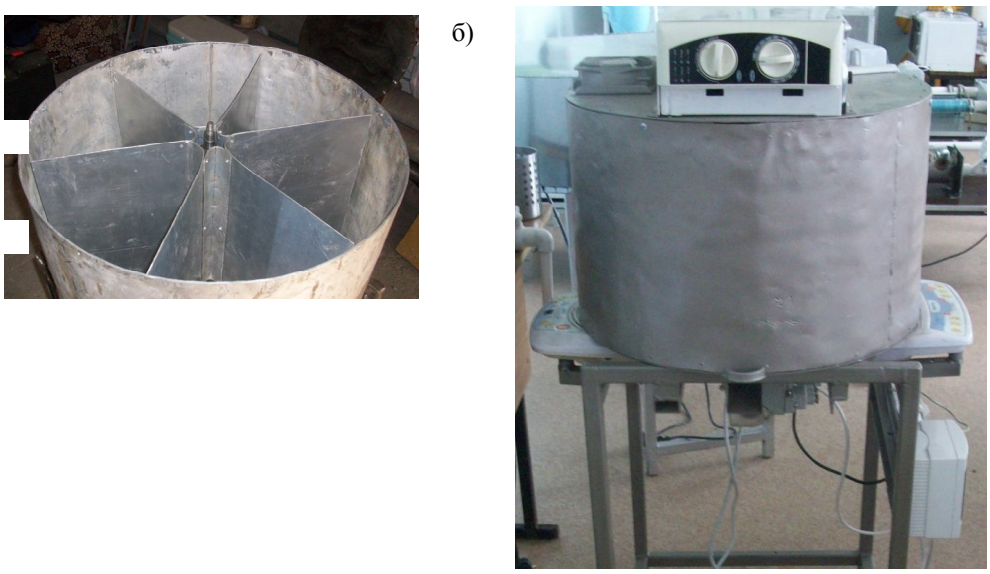


Рис. 2. ***СВЧ-индукционный микронизатор зерна: а) резонаторные камеры; б) общий вид***

Он содержит внутри экранного цилиндрического корпуса шесть резонаторных камер, поперечное сечение которых выполнено в виде треугольных секторов. Причем каждая резонаторная камера образована между отсеком барабана и частью боковой поверхности экранного корпуса. Дно экранного корпуса выполнено из нержавеющей стали, а образующие и верхняя крышка – из алюминия. На верхней крышке и с боковой стороны цилиндрического корпуса вмонтированы блоки СВЧ-генераторов. Под нижним основанием экранного корпуса установлены индукционные печи в противоположных секторах.

Резюме. Разработан и изготовлен микронизатор зерна. Ожидаемый экономический эффект от применения СВЧ-индукционного микронизатора производительностью 150 кг/ч составляет 100 тыс. руб./год при объеме обрабатываемого фуражного зерна свыше 105 т/год.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Патент* 2389418 Российская Федерация. Установка для микронизации зерна / Кириллов Н. К., Новикова Г. В., Белов А. А. Патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». – Опубл. 20.05.2010. Бюл. № 14.

УДК 636.084.12; 636.087.72

ДИНАМИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО СТАТУСА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ХРЯЧКОВ И БОРОВКОВ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОГО ЮГО-ВОСТОКА

DYNAMICS OF MORPHOMETRIC STATUS OF THYROID GLAND OF BOARS AND HOGS UNDER BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE CHUVASH SOUTH-EAST

А. Д. Блинова, М. Н. Лежнина, А. А. Шуканов

A. D. Blinova, M. N. Lezhnina, A. A. Shukanov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что онтогенетические особенности морфофизиологической реакции щитовидной железы свиней обусловлены применением трепела с учетом биогеохимической специфичности Юго-Востока Чувашской Республики.

Abstract. It is established that the ontogenetic peculiarities of morphophysiological reaction of pigs' thyroid gland are conditioned with the use of trepel taking into account biogeochemical specificity of the South-East of the Chuvash Republic.

Ключевые слова: *хрячки, боровки, щитовидная железа, трепел, постнатальный онтогенез.*

Keywords: *boars, hogs, thyroid gland, trepel, postnatal ontogenesis.*

Актуальность исследуемой проблемы. В последние годы значительно возрос интерес к использованию цеолитов Алатырского месторождения Чувашской Республики, катионный состав которых значительно отличается от известных и хорошо изученных месторождений вулканического и вулканогенного типа. Поэтому обоснование спектра биогенного влияния этих цеолитов в сочетании с другими биогенными веществами на организм продуктивных животных с учетом биогеохимических особенностей различных экологических субрегионов Волго-Вятской зоны является актуальной проблемой современной биологии и биотехнологии [1].

В этой связи целью исследований является изучение характера изменений структурно-функционального состояния щитовидной железы у хрячков и боровков в постнатальном онтогенезе, содержащихся при использовании трепела с учетом биогеохимической специфичности Юго-Востока Чувашской Республики.

Материал и методика исследований. Проведена серия научно-хозяйственных опытов и лабораторных экспериментов с использованием 20 поросят-сосунов, для чего их подбирали по принципу аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, породы, возраста, пола, живой массы по 10 животных в каждой группе.

Хрячков обеих групп с 2- до 59-дневного возраста выращивали вместе с подсосными свиноматками. Затем после кастрации боровков первой группы (контроль) с 60-

до 300-дневного возраста содержали на основном рационе (ОР), животным второй группы на фоне ОР ежедневно скармливали трепел в дозе 1,25 г/кг массы тела, начиная с 60-дневного возраста и до конца исследований.

В ходе опытов у 5 животных из каждой группы на 2-, 15-, 60-, 240- и 300-й день жизни (соответственно периоды новорожденности, молочного типа кормления, полового созревания, физиологического созревания) изучали морфометрические показатели структур щитовидной железы по общепринятым в гистологии современным методам.

Результаты исследований и их обсуждение. Визуально установлено, что цвет щитовидной железы темно-красный с коричневым оттенком. Конфигурация органа варьирует от овальной формы до сердцевидной. Исследуемая железа прилегает к трахее вентрально позади гортани, у которой отсутствуют или слабо выражены как перешеек, так и боковые доли. Они слиты в общую массу органа с плохо различимым делением на боковые доли. От выступающей краниально ее средней части по бокам образуются выступы в виде долей. Характерной ее особенностью является обилие прослоек жировой ткани.

Изучение гистологической картины срезов щитовидной железы показало, что паренхимные клетки образуют фолликулы – основные структурно-функциональные единицы, которые имеют округлую или овальную форму. При этом хорошо выражено преобладание мелких и средних фолликулов. Тиреоциты, имеющие преимущественно кубическую форму, формируют стенки фолликулов. Между фолликулами находятся прослойки соединительной ткани, пронизанные кровеносными капиллярами. Просвет фолликулов заполнен коллоидом, который непосредственно прилегает к апикальной поверхности тиреоцита. Коллоид содержит достаточное количество пристеночно расположенных резорбционных вакуолей.

Отмеченная нами визуальная характеристика щитовидной железы согласуется с ранее полученными другими исследователями данными [2], [3].

Микроскопия гистологических срезов изучаемой железы в целом свидетельствует о нормальном морфофизиологическом состоянии органа. Выявлено, что у подопытных животных диаметр фолликулов постепенно увеличивался в возрастном аспекте от 0,024±0,004–0,025±0,002 до 0,120±0,004−0,134±0,010 мм. Причем, если в их 2-, 15- и 60-дневном возрасте изучаемый показатель был почти одинаковым, то в 240- и 300-дневном возрасте у боровков опытной группы он был больше по сравнению с таковым у контрольных сверстников на 0,013 и 0,014 мм соответственно ($P>0,05$).

Совершенно иная закономерность выявлена нами в характере изменений высоты тиреоидного эпителия фолликула, которая увеличивалась с 2- до 60-дневного возраста (0,004±0,002–0,004±0,003 против 0,014±0,002–0,015±0,004 мм), а затем, наоборот, уменьшалась в первой группе от 0,014±0,002 до 0,013±0,001 мм, во второй – от 0,015±0,004 до 0,016±0,001 мм. При этом 240-, 300-дневные боровки второй группы, содержавшиеся при скармливании трепела, превосходили интактных сверстников по данному морфометрическому показателю на 11,8 и 18,8 % ($P<0,001–0,005$; рис. 1).

Выявлено, что индекс Брауна у 2-дневных подопытных животных сопоставляемых групп был равен соответственно 6,3±0,13 и 6,0±0,27; 15-дневных – 5,4±0,31 и 5,2±0,43; 60-дневных – 4,6±0,69 и 4,2±0,64; 240-дневных − 7,2±0,23 и 7,1±0,15; 300-дневных – 9,2±0,29 и 8,4±0,53.

При анализе данных микроморфологии щитовидной железы у животных опытной группы в онтогенетическом разрезе выявлено, что диаметр фолликулов за периоды новорожденности, молочного типа кормления, полового созревания и физиологического созревания соответственно увеличивался на 7,7, 58,7, 47,9 и 9,7 %.

Аналогичная возрастная закономерность имела место в динамике толщины тиреоидного эпителия, которая в изучаемые периоды постнатального онтогенеза увеличивалась на 20, 66,7, 11,8 % соответственно, а к концу периода физиологического созревания было отмечено уменьшение на 18,8 %. Отсюда следует, что максимальное увеличение диаметра фолликула и толщины тиреоидного эпителия имело место в фазу молочного типа кормления, а минимальное – в период новорожденности.

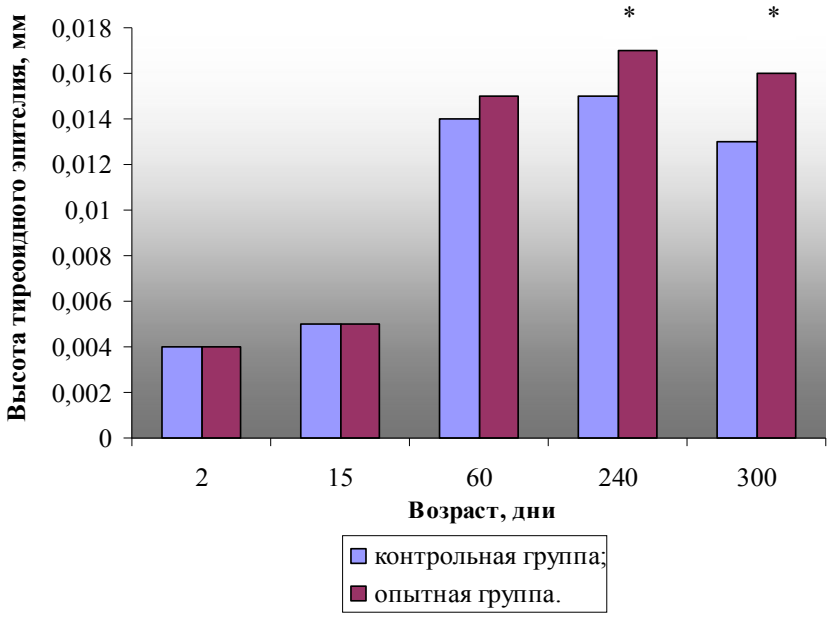


Рис. 1. ***Динамика толщины тиреоидного эпителия щитовидной железы свиней***

Примечание: * – знак достоверности между животными контрольной и опытной групп

Характер изменений индекса Брауна в возрастном аспекте всецело соответствовал динамике диаметра фолликулов и толщины тиреоидного эпителия.

Выявленная онтогенетическая специфичность микроморфологии щитовидной железы у животных опытной группы в основном имела место и у их сверстников контрольной группы, но на более низком морфометрическом уровне.

Резюме. В биогеохимических условиях Чувашского Юго-Востока выявлена взаимосвязь применения хрячкам и боровкам биогенного вещества трепел с онтогенетическими особенностями морфофизиологической реакции щитовидной железы в разные периоды постнатального онтогенеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Минеральный* статус продуктивных животных в биохимических субрегионах / П. Л. Гущин и др. // Российский физиологический журнал им. П. И. Сеченова. – 2004. – Т. 90. – С. 469–470.

2. *Зеленевский, Н. В.* Анатомия и физиология животных : учебник / Н. В. Зеленевский, А. П. Васильев, Л. К. Логинов. – М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 464 с.

3. *Григорьев, В. С.* Органогенез центральных и периферических органов иммунной системы у сельскохозяйственных животных / В. С. Григорьев, Г. В. Молянова. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 180 с.

УДК 53.043, 535.015

ФОТОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОНИКИ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА

PHOTOACTIVE ELECTRONIC ELEMENTS BASED ON LINEAR-CHAIN CARBON

А. И. Васильев, А. В. Смирнов, В. Д. Кочаков

A. I. Vasilyev, A. V. Smirnov, V. D. Kochakov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. Методом импульсно-плазменного ионно-стимулированного синтеза получены пленки двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного sp^1-углерода, модифицированные металлами на подложке из монокристаллического кремния. Получены фоточувствительные элементы гибридной кремний-углеродной электроники, которые могут быть использованы при изготовлении различных элементов фотовольтаики.

Abstract. The films of two-dimensional ordered linear-chain sp^1-carbon on the substrate of monocrystalline silicon were prepared by pulse plasma ion assisted synthesis. The photosensitive elements of hybrid silicon-carbon electronic that can be used in the manufacture of various photovoltaic elements have been obtained.

Ключевые слова: *линейно-цепочечный углерод, элементы фотовольтаики, фоторезистивный эффект, металлуглеродные пленки, барьер Шоттки.*

Keywords: *linearchain carbon, photovoltaic elements, photoresistive effect, metal-carbon films, Schottky barrier.*

Актуальность исследуемой проблемы. Получение пленочного металлсодержащего углеродного наноматериала, который может быть использован в различных элементах электроники, в частности при разработке фоторезисторов, фотоприемников, фотодиодов и элементов фотовольтаики, на сегодняшний момент является актуальной задачей. Одной из главных особенностей современных наукоемких технологий является стремление создавать и использовать новые материалы, обладающие, помимо уникальных сочетаний механических, физических и других свойств, способностями активно реагировать на изменение внешних условий или внешнее воздействие (интеллектуальные материалы). В этой связи формирование наноструктурных состояний, обладающих свойством фоточувствительности, является важным направлением.

Стоит отметить, что, по общепринятому мнению, прямого взаимодействия металлов (к примеру, Ag и Cd) с углеродом не происходит. Однако подавляющее количество подобного рода исследований относится к углероду в состоянии sp^2 (графит).

Материал и методика исследований. В исследовании использовался монокристаллический кремний в виде пластин толщиной 0,8 мм с удельным сопротивлением 1,2 Ом·см. На вакуумной установке с предельным вакуумом 10^{-4} Па на кремний были нанесены пленки Ag, Cd, Ti. Затем поверхность металлов покрывалась ионно-плазменным

методом [2] слоем линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) толщиной 100 и 200 нм. Пленки ЛЦУ представляют собой двумерно-упорядоченную структуру, состоящую из цепочек углеродных атомов, объединенных sp^1-гибридизацией. Далее образцы отжигались на воздухе или в атмосфере азота в диапазоне температур от 250 до 450 ^{0}С.

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время остается малоизученным вопрос влияния sp^1-углерода на свойства межфазной границы раздела металл – полупроводник и на высоту барьера Шоттки. Широко известны три основных метода измерения высоты потенциального барьера φ_B: метод вольт-амперной характеристики (ВАХ), CV-метод, фото-электрический метод [3]. Вычисление высоты потенциального барьера Шоттки в данной работе проводилось по методу ВАХ, так как он наиболее прост в реализации [1]. На рис. 1 представлены ВАХ исследуемых структур n-Si+Ag и n-Si+Ti.

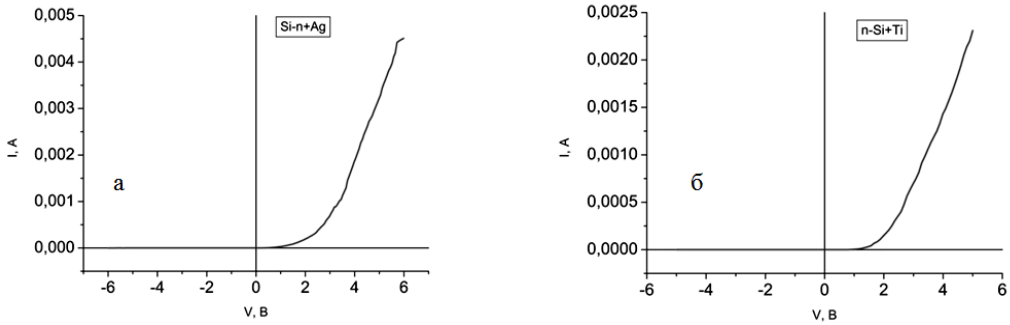


Рис. 1. ***ВАХ систем n-Si+Ag (а) и n-Si+Ti (б)***

Согласно теории термоэлектронной эмиссии ВАХ идеального выпрямляющего КМП при прямом смещении описывается формулой:

$$J = J_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right)\left[1 - \exp\left(-\frac{qV}{kT}\right)\right], \text{ где } J_0 = SA^{**}T^2 \exp\left(-\frac{q\varphi_B}{kT}\right),$$

где q – заряд электрона, V – приложенное напряжение, φ_B – высота потенциального барьера, n – коэффициент идеальности, S – площадь, A^{**} – постоянная Ричардсона, T – абсолютная температура, k – константа Больцмана.

Высота потенциального барьера φ_B может быть определена по формуле:

$$\varphi_B = \frac{kT}{q}\ln\left(\frac{SA^{**}T^2}{J_0}\right),$$

а коэффициент идеальности:

$$n = \frac{q}{kT}\left(\frac{dV}{d(\ln J)}\right).$$

Вычисление высоты барьера Шоттки проводилось по методике [1] при величине постоянной Ричардсона $A^{**}=120\ A/(см{\cdot}K)^2$ для n-Si. Путем экстраполяции прямолинейных зависимостей в полулогарифмическом масштабе lnI_0 от напряжения на ось ординат находится ток насыщения I_0 при U=0 В. ВАХ контактов n-Si+Ag и n-Si+Ag+ЛЦУ в полулогарифмическом масштабе показаны на рис. 2.

Высоты потенциальных барьеров на контактах n-Si+Ag и n-Si+Ag+ЛЦУ составили φ_B =0,79 и 0,85 эВ соответственно. Величина коэффициента идеальности ВАХ для исследуемых барьеров Шоттки составила n = 6.9 и 7.4 соответственно, что связано, по всей видимости, с наличием промежуточного слоя на границе металл – кремний.

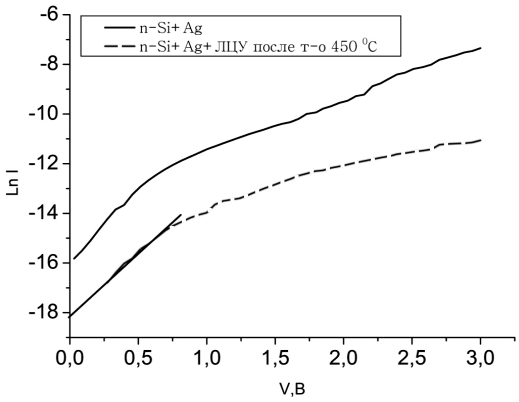


Рис. 2. ***ВАХ контактов n-Si+Ag и n-Si+Ag+ЛЦУ в полулогарифмическом масштабе***

В ходе проведенных расчетов было установлено, что высота потенциального барьера в структуре n-Si+Ag при нанесении пленки ЛЦУ увеличивается по сравнению с контактом металл – полупроводник без применения пленки. Для контактов с Cd и Ti происходит уменьшение φ_B.

Особенное внимание уделено исследованию переходов кристаллический кремний – кадмий. ВАХ структур n-Si+Cd и n-Si+Cd+ЛЦУ приведены на рис. 3. После отжига при температуре 450 ^{0}C система n-Si+Cd+ЛЦУ проявила фотоактивность, которая показана на рис. 3 б.

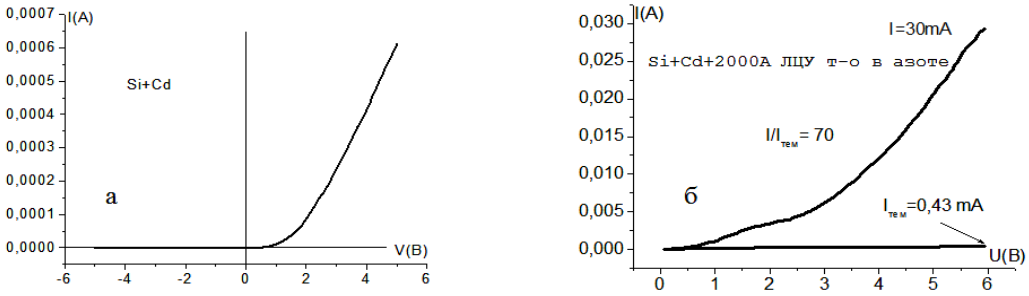


Рис. 3. ***ВАХ систем n-Si+Cd (а) и с (б)***

Из рис. 3 б видно, что при освещенности 100 лк сопротивление перехода при напряжении 6 V уменьшилось в 70 раз при темновом токе 0,43 mA. При увеличении прикладываемого напряжения коэффициент фотоотклика возрастает и составляет 150 раз.

Легирование пленок ЛЦУ азотом в системе n-Si+Cd+ЛЦУ$_N$ позволило увеличить фотоотклик этой системы, он стал равным 230 (рис. 4). Также легирование азотом увеличивает крутизну ВАХ в прямом направлении, что существенно влияет на коэффициент фотоотклика. Применение пленки ЛЦУ, легированной азотом, существенно уменьшило темновой ток. Данное обстоятельство представлено на рис. 4 б.

Как известно, при сравнительно слабых интенсивностях светового потока соблюдается линейная зависимость между концентрацией избыточных носителей заряда и значением фотопроводимости полупроводника. Следовательно, для нарастания фотопроводимости полупроводника справедливо выражение:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_0[1 - \exp(-t/\tau)].$$

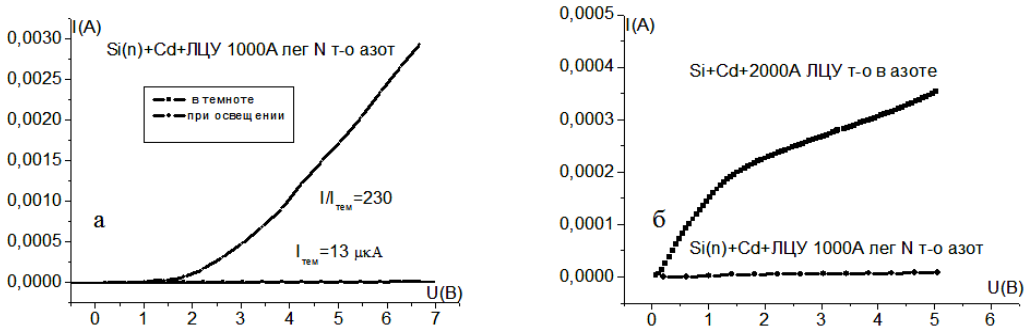


Рис. 4. ***ВАХ системы n-Si+Cd+ЛЦУ (а) и характеристики темновых токов систем Si+Cd+ЛЦУ и Si+Cd+ЛЦУ$_N$ (б)***

Соответственно, спад фотопроводимости полупроводника определяется соотношением:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_0 \exp(-t/\tau).$$

Крутизна фронтов нарастания и спада фотопроводимости увеличивается с уменьшением времени жизни t неравновесных носителей заряда. Иными словами, чем меньше время жизни неравновесных носителей заряда, тем выше быстродействие фотополупроводникового прибора:

$$\tau = t_1 / \ln 2 = 1{,}443 \cdot t_1,$$

где t_1 – время, за которое сигнал фотопроводимости при включении света уменьшается в 2 раза по сравнению с сигналом стационарной фотопроводимости $(U_1=U_0/2=U-U_t)$.

Расчет времени жизни и быстродействия металлуглеродной системы n-Si+Cd+ЛЦУ после отжига дает τ = 2,885 мкс. Аналогичный расчет для n-Si+Cd термообработанного в атмосфере азота дает τ = 2,1 мкс.

Резюме. Получены модифицированные металлами пленки линейно-цепочечного углерода на подложке из монокристаллического кремния. Элементы гибридной кремний-углеродной электроники проявили фатоактивность. Модифицированные пленки линейно-цепочечного углерода могут быть использованы при изготовлении различных элементов фотовольтаики.

Исследованы переходы металл – Si(n). Обнаружено влияние ЛЦУ на высоту гетероперехода металлуглерод – Si(n) и ширину запрещенной зоны. Легирование азотом приводит к увеличению фотоактивности и снижению темнового тока. Предварительные исследования данных систем также позволяют говорить о достаточно широкой спектральной области фоточувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зи, С. М.* Физика полупроводниковых приборов : в 2-х кн. Кн. 1 / С. М. Зи ; пер. с англ. В. А. Гергеля, В. В. Ракитина ; под ред. Р. А. Суриса. – М. : Мир, 1984. – 456.

2. *Патент* 2095464 Российская Федерация. Способ получения углеродного наноматериала, содержащего металл / В. Д. Кочаков, Н. Д. Новиков ; опубл. 27.06.2009.

3. *Родерик, Э. Х.* Контакты металл – полупроводник / Э. Х. Родерик ; пер. с англ. О. Ф. Шевченко, В. И. Покалякина ; под ред. Г. В. Степанова. – М. : Радио и связь, 1982. – 209 с.

УДК [532.526.74]

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМОЧЕННОГО ПЕРИМЕТРА СТОКОФОРМИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

THEORETICAL BACKGROUNDS FOR ANALYTICAL DETERMINATION OF RUNOFF SURFACE WETTED PERIMETER

С. А. Васильев, А. Ю. Пагунов

S. A. Vasilyev, A. Y. Pagunov

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Для определения величины действительного смоченного периметра стокоформирующей поверхности склоновых земель вводится коэффициент смоченного периметра, который равен отношению смоченного периметра к длине рассматриваемого участка поверхности. Установлены математические зависимости определения коэффициента смоченного периметра поверхности с гексагональной и кубической компоновкой модели почвы.

Abstract. To determine the amount of the actual wetted perimeter of the runoff surface of sloping lands, the coefficient of wetted perimeter, which is equal to the correlation of wetted perimeter and the length of the land surface, is introduced. The mathematical equations of determining the coefficient of wetted perimeter of the surface with hexagonal and cubic layout of soil model are established.

Ключевые слова: *коэффициент смоченного периметра, стокоформирующая поверхность, водопрочные агрегаты, модели почв.*

Keywords: *coefficient of wetted perimeter, runoff surface, water-stable aggregates, soil models.*

Актуальность исследуемой проблемы. Вопрос о длине смоченного периметра временного русла является актуальным при выборе способа расчета гидравлического сопротивления. Особенно остро этот вопрос стоит для микрорусел склоновых водотоков на сельскохозяйственных участках, поскольку здесь до конца не выяснены многие особенности изменения смоченного периметра в зависимости от размера водопрочных почвенных агрегатов для различных противоэрозионных агротехнических мероприятий, от направления обработки и выполнения технологических операций относительно склона и т. д. В этом случае раскрытие данного вопроса послужит основанием применения действительного смоченного периметра в гидравлических расчетах и совершенствования методики проектирования противоэрозионных технологий на склоновых землях.

Материал и методика исследований. Проведен математический анализ, а также построены теоретические концепции формирования физических процессов взаимодействия потока жидкости и стокоформирующей поверхности.

Результаты исследований и их обсуждение. Для шероховатых поверхностей смоченный периметр существенно больше, чем для гладких [1]. При проведении гидравлических расчетов данный факт не учитывают или применяют приближенное определение смоченного периметра для шероховатого русла.

Предполагая, что шероховатость стокоформирующей поверхности состоит из округлых водопрочных агрегатов, можно принять величину выступов неровностей, равную половине радиуса (рис. 1).

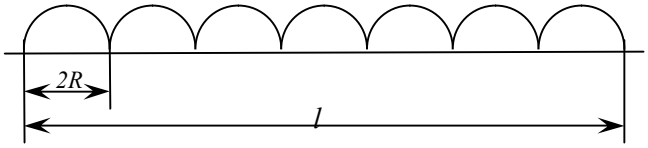


Рис. 1. ***Упрощенная схема расположения округлых водопрочных агрегатов на стокоформирующей поверхности***

Определим длину смоченного периметра на стокоформирующей поверхности по формуле

$$\chi = \sum_{i=1}^{n} \pi R, \tag{1}$$

где R – радиус водопрочных агрегатов, n – число водопрочных агрегатов на длине l.

Число водопрочных агрегатов можно определить как

$$n = 0{,}5l / R. \tag{2}$$

Тогда, подставляя (2) в (1), получим, что смоченный периметр равен

$$\chi = 0{,}5\pi l, \tag{3}$$

т. е. длина смоченного периметра не зависит от размера водопрочных агрегатов.

Рассмотренный выше пример позволяет определить смоченный периметр при известной длине по горизонтали и некоторой постоянной. Тогда введем коэффициент смоченного периметра, равный отношению смоченного периметра к длине

$$к = \chi / l. \tag{4}$$

Предлагается проанализировать поверхности моделей почвы с гексагональной и кубической компоновкой. Рассмотрим поверхности почвы, где для расчетов выделим квадратный участок со стороной l (рис. 2 а), состоящий из нескольких элементарных квадратов, имеющих по одному почвенному агрегату определенного диаметра, равного $2R$. Данный участок представляет собой часть кубической упаковки почвы при чередовании нескольких однотипных слоев. Аналогичным образом рассмотрим модель почвы, состоящей из сферических частиц, расположенных достаточно плотно, представляющих собой гексагональную упаковку при чередовании однотипных слоев с почвенными агрегатами (рис. 2 б). Для расчетов на поверхности почвы выделим шестиугольный участок с радиусом описанной окружности l_o, состоящий из нескольких элементарных шестиугольников, имеющих по одному почвенному агрегату определенного диаметра, равного $2R$.

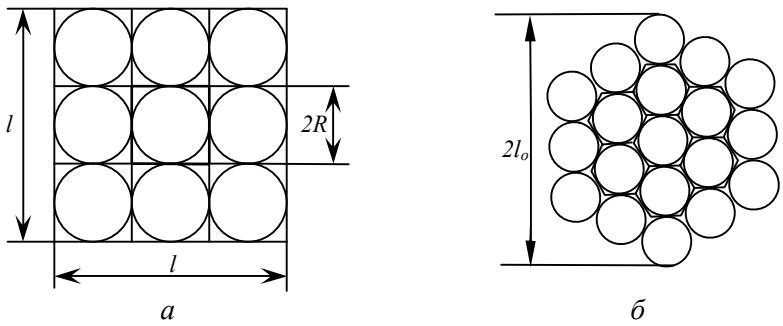


Рис. 2. ***Схема поверхности почвы, состоящей из почвенных агрегатов, расположенных в одном слое: а – с кубической упаковкой, б – с гексагональной упаковкой***

После предварительных аналитических преобразований получим выражения для определения среднего смоченного периметра

$$\overline{\chi}_{куб} = \frac{l}{2}\sqrt{4+\pi} \approx 1{,}336l\,, \tag{5}$$

$$\overline{\chi}_{гек} = l_o\sqrt{1+\frac{\pi}{2\sqrt{3}}} \approx 1{,}381l_o\,, \tag{6}$$

где l и l_0 – соответственно длина рассматриваемого участка для кубической и гексагональной упаковок. Таким образом, математический подход не выявил зависимости величины смоченного периметра от диаметра частиц, поскольку среднее значение коэффициента смоченного периметра составило 1,336 и 1,381 соответственно с кубической и гексагональной упаковкой модели почвы.

Рассматривая физическую картину процесса (рис. 3), установили [2], что разделение стенок на гидравлически гладкие и шероховатые условно, и они определяются толщиной вязкого подслоя, величина его обратно пропорциональна числу Рейнольдса *Re*. Для потока получим выражение, аналогичное приведенному в работе [3]:

$$\delta_в \approx \frac{\sqrt{2}Nh}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}}\,, \tag{7}$$

где $д_в$ – толщина вязкого подслоя; N≈11,6 – безразмерный комплекс, аналогичный по структуре числу Рейнольдса и определенный экспериментально; h – высота потока воды; *Re* – число Рейнольдса (1000…1500); *л* – коэффициент гидравлического сопротивления.

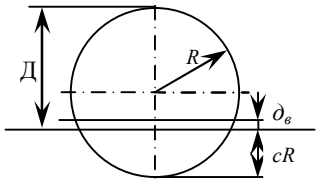


Рис. 3. ***Расчетная схема взаимодействия потока воды с частицей почвы***

Тогда коэффициент смоченного периметра можно определить по следующим выражениям для кубической и гексагональной моделей почвы, учитывая предыдущие уравнения, полученные через отношение площадей шероховатой и гладкой поверхностей:

$$\kappa_{куб} = \sqrt{\frac{R^2(\pi c(c-4)+4(\pi+1))-2\pi R\delta_в(2-c)+\pi\delta_в^2}{4R^2}}, \quad (8)$$

$$\kappa_{гек} = \sqrt{\frac{R^2(\pi(4(1-c)+c^2)+2\sqrt{3})-2\pi R\delta_в(2-c)+\pi\delta_в^2}{2\sqrt{3}R^2}}, \quad (9)$$

где Δ – абсолютная высота неровностей микрорусла, R – радиус частиц, слагающих русло, c – доля частицы, находящаяся в почве.

Резюме. Получены математические зависимости для определения коэффициента смоченного периметра для шероховатой стокоформирующей поверхности, учитывающие толщину вязкого подслоя и величину шероховатости. На основании вышеизложенного необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования по определению действительной величины смоченного периметра для проведения гидравлических расчетов и совершенствования методики проектирования противоэрозионных мероприятий на склоновых землях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зегжда, А. П.* Теория подобия и методика расчета гидротехнических моделей / А. П. Зегжда. – Л. ; М. : Госстройиздат, 1938. – 165 с.

2. *Чугаев, Р. Р.* Гидравлика : учеб. для вузов / Р. Р. Чугаев – СПб. : Энергоиздат, 1982. – 672 с.

3. *Штеренлихт, Д. В.* Гидравлика : учеб. для вузов : в 2-х кн. Кн. 2 / Д. В. Штеренлихт. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 367 с. : ил.

УДК 559+598.2:612.8

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ФИЛОГЕНИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ В КОНЕЧНОМ МОЗГЕ ПТИЦ

MORPHOFUNCTIONAL REGULARITIES OF PARAMETERS OF PHYLOGENY AND ENVIRONMENTAL ADAPTATIONS IN TELENCEPHALON OF BIRDS

Л. Н. Воронов, В. Ю. Константинов, А. Е. Герасимов

L. N. Voronov, V. Y. Konstantinov, A. E. Gerasimov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Изучены особенности цитоархитектоники конечного мозга следующих видов птиц: вороны серой (*Corvus cornix*), грача (*Corvus frugilegus*), сороки (*Pica pica*), галки (*Corvus monedula*), синицы большой (*Parus major*), попугая волнистого (*Melopsittacus undulatus*), кряквы (*Anas platyrhynchos*), перепела (*Coturnix coturnix)*, голубя сизого (*Columba Livia*). Установлено, что такие структурные компоненты конечного мозга, как глии, нейроны и нейроглиальные комплексы, являются основными индикаторами экологических адаптаций вида, а типы нервных клеток (веретеновидные, пирамидные и звездчатые) – филогенетическими индикаторами.

Abstract. The peculiarities of cytoarchitecture of telencephalon of the following bird species: hooded crow (Corvus cornix), rook (Corvus frugilegus), common magpie (Pica pica), jackdaw (Corvus monedula), great titmouse (Parus major), budgerigar (Melopsittacus undulatus), mallard duck (Anas platyrhynchos), quail (Coturnix coturnix), rock pigeon (Columba Livia) have been studied. It is established that such structural components of telencephalon as glia, neurons and neuroglia complexes are the main indicators of environmental adaptations of species and the types of cells (fusiform, pyramid and stellar) are phylogenetic indicators.

Ключевые слова: *систематика, конечный мозг, птицы, нейроны, глии, нейроглиальные комплексы.*

Keywords: *systematization, telencephalon, birds, neurons, glia, neuroglia complexes.*

Актуальность исследуемой проблемы. Систематика, как известно, стремится к построению схемы родственных отношений разных организмов, отражающих историю их развития (филогенез). Одновременно она помогает ориентироваться в громадном разнообразии живых существ. В последние годы в систематике птиц проводится синтез классического эколого-морфологического подхода и данных молекулярно-генетических исследований. Для Северной Евразии и России в настоящее время нет современного систематического списка птиц. Проведенный аналитический обзор отечественной (65 %) и иностранной (35 %) литературы позволил составить такой список для Северной Евразии. Он включает 2 инфракласса, 22 отряда, 22 подотряда, 85 семейств, 325 родов и 864 вида.

В то же время филогенетическая и экологическая классификации птиц будут дополняться и уточняться в связи с более подробным изучением их морфологических и физиологических особенностей. Мы считаем, что конечный мозг у птиц является наиболее удобным объектом для подобных классификаций потому, что в его эволюционном развитии использовался принцип «дополнительности» [1]. Все появлявшиеся новые формации не замещали старые, а наслаивались на них. Таким образом, мы имеем своеобразную историческую летопись эволюции птиц, которую надо научиться читать. В этом могут помочь различные параметры – глиальные клетки, нейроны и нейроглиальные комплексы. Особый интерес вызывают различные типы нервных клеток – веретеновидные, пирамидные, звездчатые, имеющие различную функцию и эволюционное развитие [3]. Используя факторный и кластерный анализы, мы изучили различные параметры конечного мозга четырех видов врановых по сравнению с птицами из других таксонов.

В предшествующих работах было показано, что в результате анализа количественной цитоархитектоники основных полей стриатума с применением обработки данных методом главных компонент мы выделили три морфотипа организации конечного мозга: а) серая ворона, галка; б) грач, сорока; в) голубь сизый [2]. Полученные новые данные позволили несколько конкретизировать старые.

Материал и методика исследований. Работа проводилась на базе научно-исследовательской лаборатории экспериментальной биологии и биотехнологии при ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» с 2005 по 2012 г. После декапитации мозг птиц извлекался из черепа и фиксировался в 70 %-м этаноле с последующей обработкой по стандартной методике Ниссля: заливка в парафин и окраска трансверсальных срезов толщиной 20 мкм крезил-виолетом. Для исследования цитоархитектоники брали каждый 10-й срез. На микропрепаратах исследовали четыре основных поля конечного мозга птиц: Hyperpallium apicale (Ha), Hyperpallium densocellulare (Hd), Mesopallium (M), Nidopallium (N). Определяли следующие параметры: плотность распределения (количество элементов в 1 мм^2 ткани) глий, всех нейронов, нейроглиальных комплексов (НГК1, НГК2, НГК3). НГК1 состоит из 2–4 нейронных и глиальных клеток, НГК2 – из 5–10, НГК3 – более чем из 10. Подсчет нейронов, глий и нейроглиальных комплексов проводился в 30 полях зрения для каждой зоны конечного мозга.

Фотографирование микропрепаратов производилось с помощью цифровой камеры «Canon Power Shot G5» с переходником «Carl Zeiss» и микроскопа «Микмед-2», при этом площадь контрольного поля составила 44104,6875 мкм^2. Для сравнительного анализа было выбрано количественное соотношение нейронов, глий и нейроглиальных комплексов.

Определение нейронно-глиального состава конечного мозга птиц осуществлялось в соответствии с классификацией нервных клеток, окрашенных по методу Ниссля [5].

В работе были использованы следующие группы птиц:

– отряд Воробьинообразные (*Passeriformes*), семейство Врановые (Corvidae), виды: ворона серая (*Corvus cornix*) – 5 экз., грач (*Corvus frugilegus*) – 6 экз., сорока (*Pica pica*) – 5 экз., галка (*Corvus monedula*) – 5 экз.;

– семейство Синициевые (*Paridae*), вид: синица большая (*Parus major*) – 10 экз.;

– отряд Попугаи (*Psittaci*), семейство *Psittacidae*, вид: попугай волнистый (*Melopsittacus undulatus*) – 5 экз.;

– отряд Гусеобразные (*Ansseriformes*), семейство Утиные (*Anatidae*), вид: кряква (*Anas platyrhynchos*) – 6 экз.;

– отряд Курообразные (*Galliformes*), семейство Фазановые (*Phasianidae*), вид: перепел (*Coturnix coturnix*) – 5 экз.;

– отряд Голубеобразные (*Columbiformes*), семейство Голубиные (*Columbidae*), вид: голубь сизый (*Columba Livia*) – 5 экз.

Результаты исследований и их обсуждение. Сравнивая кластерным анализом удельную площадь глий, нейронов и нейроглиальных комплексов основных полей конечного мозга врановых птиц, в первом кластере выделяются нейроны галки и вороны, во втором – отдельные нейроны грача, в следующих блоках – нейроглиальные комплексы грача и галки и отдельно комплексы вороны. Во втором подкластере наблюдаются на одном уровне глиальные клетки у всех исследованных врановых птиц. Факторный анализ показал тенденцию к коррелятивному объединению только комплексов галки, грача и вороны.

Кластерный анализ удельной площади веретеновидных, пирамидных и звездчатых нейронов показал, что в первый кластер включены значения веретеновидных клеток грача, во второй – звездчатых и пирамидных. В третий кластер входят данные пирамид вороны и звездчатые клетки галки. Факторный анализ типов нейронов показал четкое разграничение птиц по видам, а не по функциям структурных компонентов. Так, четко выделены три независимые скоррелированные комплексы типов нейронов вороны, грача и галки. При этом параметры вороны и галки расположены ближе по сравнению с грачом.

Кластерный анализ удельной площади глий, нейронов и нейроглиальных комплексов в основных полях конечного мозга вороны, галки и грача по сравнению с голубем, кряквой, перепелом, синицей и попугаем показал, что в первый кластер выделяются комплексы вороны, во второй – нейроны вороны, грача, галки и голубя, в следующий – комплексы галки, попугая, грача, синицы, перепела и голубя. В последние кластеры попадают глиальные клетки кряквы, грача, галки и вороны. Факторный анализ выявляет три основные группировки скоррелированных признаков: по первому фактору выделяются параметры глий вороны, грача, галки и синицы; по второму и, частично, первому – нейроны галки, кряквы, синицы, попугая и в некотором отдалении – вороны. Во втором факторе оказались самые близкие корреляции у комплексов грача, вороны, синицы, галки и попугая, несколько меньше связи у перепела, голубя и кряквы.

Кластерный анализ удельной площади веретеновидных, пирамидных и звездчатых нейронов в основных полях конечного мозга врановых и других птиц показывает лишь фрагментарные закономерности выделения кластеров: звездчатых и пирамидных клеток у грача; веретеновидных и пирамидных клеток у галки и тех же клеток у синицы. Факторный анализ вышеназванных параметров показал скоррелированность признаков у нескольких птиц. Самая сильная связь всех типов нейронов оказалась у грача и вороны. У галки, перепела, попугая и синицы имели сильную связь только два типа нейронов. Параметры вороны и галки скоррелированы больше между собой, чем с грачом.

При анализе данных отдельно по эволюционно молодым полям стриатума и всему мозгу существенных различий обнаружено не было. Однако анализ эволюционно старых полей выявил существенные различия.

Так, в целом, в эволюционно старых полях намного меньше взаимосвязанных признаков по сравнению с эволюционно молодыми. Кластерный анализ удельной площади глий, нейронов и нейроглиальных комплексов показывает выделение в первые кластеры нейронов и нейроглиальных комплексов птиц с высокоразвитой рассудочной деятельностью – галки, попугая, грача и синицы. То же получается при факторном ана-

лизе. Кластерный анализ удельной площади веретеновидных, пирамидных и звездчатых клеток показал тенденцию к выделению всех типов нейронов в первых кластерах у вороны, грача и попугая. Факторный анализ тех же параметров показал четкую компоновку скоррелированных признаков у вороны и обратную корреляционную зависимость параметров вороны от таковых галки и грача. Если сравнить врановых птиц по значениям отдельных структурных компонентов, то кластерный анализ покажет сходство вороны и грача только по глии; вороны и галки – по общей площади веретеновидных и звездчатых нейронов; грача и галки – по площади комплексов и по пирамидным нейронам. Факторный анализ показал сильную коррелятивную зависимость пирамидных и звездчатых клеток у грача и галки.

Резюме. Самыми удобными для классификации птиц структурными компонентами в их конечном мозге можно считать глионейрональные комплексы. Сравнивая этот показатель для всего мозга у исследованных врановых (складывая их параметры в одну генеральную совокупность по сравнению с аналогичными параметрами других птиц), удалось при помощи факторного анализа установить тесную коррелятивную связь врановых, попугая и синицы. Далее по первому фактору идут менее скоррелированные параметры голубя и перепела и еще дальше от них – кряквы. По большинству факторов, в частности по филогении и экологическим адаптациям, серая ворона ближе к галке, чем к грачу. В этой работе удалось установить, что глии, нейроны и нейроглиальные комплексы являются основными индикаторами экологических адаптаций вида, а веретеновидные, пирамидные и звездчатые типы нервных клеток – филогенетическими индикаторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богословская, Л. С.* Пути морфологического прогресса нервных центров у высших позвоночных / Л. С. Богословская, Г. И. Поляков. – М. : Наука, 1981. – 1959 с.
2. *Воронов, Л. Н.* Морфофизиологические закономерности совершенствования головного мозга и других органов птиц / Л. Н. Воронов. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 111 с.
3. *Сахаров, Д. А.* Генеалогия нейронов / Д. А. Сахаров. – М. : Наука, 1974. – 44 с.

УДК 559+598.2:612.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИТОАРХИТЕКТОНИКИ КОНЕЧНОГО МОЗГА ЗЕРНОЯДНЫХ И НАСЕКОМОЯДНЫХ ПТИЦ

COMPARATIVE ANALYSIS OF TELENCEPHALON CYTOARCHITECTURE OF GRANIVOROUS AND INSECTIVOROUS BIRDS

А. Е. Герасимов, В. Ю. Константинов

A. E. Gerasimov, V. Y. Konstantinov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что структурная организация мозга насекомоядной белой трясогузки имеет значительные отличия от структуры мозга зерноядного зяблика и чечетки обыкновенной.

Abstract. It has been established that the structural organization of the brain of the insectivorous white wagtail is significantly different from the brain structure of the granivorous chaffinch and common redpoll.

Ключевые слова: *цитоархитектоника, рассудочная деятельность, нейрон, глия, нейроглиальный комплекс.*

Keywords: *cytoarchitecture, rational activity, neuron, glia, neuronal-glial complex.*

Актуальность исследуемой проблемы. Особенности кормового поведения птиц зависят от типа используемой пищи, способа ее добывания и характера местообитания. Различное сочетание этих факторов приводит к появлению разных по степени сходства методов кормового поведения и формированию иерархически соподчиненных экологических групп птиц, которые характеризуются не только разным поведением, но и соответствующими ему морфофизиологическими признаками [6]. Считается, что пищевое поведение насекомоядных птиц существенно сложнее, чем у зерноядных птиц, из-за сложности добывания пищи [1]. Однако строение конечного мозга птиц с различным кормовым поведением до сих пор изучено недостаточно. Следовательно, изучение структурных компонентов конечного мозга птиц является актуальной проблемой сравнительной психологии и физиологии позвоночных. В этой связи целью нашей работы явился сравнительный анализ структурных особенностей конечного мозга птиц с различной пищевой адаптацией.

Материал и методика исследований. В работе использовался конечный мозг взрослых особей трясогузки белой (Motacilla alba), зяблика (Fringilla coelebs) и чечетки обыкновенной (Acanthis flammea). После декапитации мозг птиц извлекался из черепа и фиксировался в 70 %-м этаноле с последующей обработкой по стандартной методике Ниссля: заливка в парафин и окраска трансверсальных срезов толщиной 20 мкм крезил-виолетом.

Для исследования цитоархитектоники брали каждый 10-й срез. На микропрепаратах исследовали 4 основных поля конечного мозга птиц: Hyperpallium apicale (Ha), Hyperpallium densocellulare (Hd), Mesopallium (M), Nidopallium (N). Определяли следующие параметры: плотность распределения (количество элементов в 1 мм^2 ткани) всех нейронов, глий, общее количество нейроглиальных комплексов (НГК), нейроглиальных комплексов 1, 2 и 3 типа (НГК1, НГК2, НГК3). Подсчет нейронов, глии и нейроглиальных комплексов проводился в 30 полях зрения для каждой зоны конечного мозга.

Фотографирование микропрепаратов производилось с помощью цифровой камеры «Canon Power Shot G5» с переходником «Carl Zeiss» и микроскопа «Микмед-2», при этом площадь контрольного поля составила 44104,6875 мкм^2. Для сравнительного анализа было выбрано количественное соотношение нейронов, глии и нейроглиальных комплексов.

Определение нейронно-глиального состава конечного мозга птиц осуществлялось в соответствии с классификацией нервных клеток, окрашенных по методу Ниссля [5].

Таблица 1

Плотность распределения нейронов, глий и НГК в конечном мозге трясогузки белой, чечетки обыкновенной и зяблика (в кл./мм^2)

Поле	Вид	Нейроны	Глия	Комплексы	НГК1	НГК2	НГК3
Ha	Трясогузка белая	2634	2199	434	301	106	27
	Чечетка обыкновенная	1719	4535	1082	626	399	57
	Зяблик	857	2707	1153	494	392	267
Hd	Трясогузка белая	3246	2067	380	290	61	29
	Чечетка обыкновенная	1329	4875	1733	730	880	123
	Зяблик	1008	2566	171	108	52	11
N	Трясогузка белая	2970	1324	510	355	117	38
	Чечетка обыкновенная	1646	4807	1818	803	902	113
	Зяблик	793	2902	165	102	45	18
M	Трясогузка белая	2403	1442	724	600	120	4
	Чечетка обыкновенная	1025	3020	1766	694	925	147
	Зяблик	968	2884	316	174	102	40

Результаты исследований и их обсуждение. Нами установлено, что наибольшее различие наблюдается в количестве нейронов во всех изучаемых полях у подопытных птиц (табл. 1). В полях Ha, Hd, N, M наибольшее количество нейронов наблюдается у белой трясогузки, а наименьшее – у зяблика. Здесь число нейронов у трясогузки белой в 3 раза выше, чем у зяблика. Таким образом, можно сказать, что сложные интегративные процессы у трясогузки белой идут значительно быстрее, чем у зяблика. Возможно, это связано с тем, что добыча животной пищи у трясогузки белой требует более быстрых и сложных рассудочных операций, чем у чечетки и зяблика, которые питаются неподвижной и легкодоступной пищей.

Количество глиальных клеток у трясогузки белой меньше в 2,06 раза, чем у чечетки обыкновенной, и в 1,23 раза, чем у зяблика, в поле Hyperpallium apicale, в 2,35 и 1,24 раза – в поле Hyperpallium densocellulare, в 3,63 и 2,19 раза – в поле Nidopallium, в 2,09 и 2,0 раза – в поле Mesopallium соответственно. Наибольшее количество нейроглиальных комплексов НГК1, НГК2 и НГК3 в исследуемых полях выявлено у чечетки.

Процентное соотношение нейронов, глий и нейроглиальных комплексов в поле Hyperpallium apicale у трясогузки белой составляет 50:42:8, у чечетки обыкновенной – 23:62:15, у зяблика – 18:57:25. В поле Hyperpallium densocellulare соотношение нейронов, глий и нейроглиальных комплексов у трясогузки белой составляет 57:36:7, у чечетки обыкновенной – 17:61:22, у зяблика – 27:69:4. В поле Nidopallium соотношение нейронов, глий и нейроглиальных комплексов у трясогузки белой составляет 62:26:12, у чечетки обыкновенной – 20:58:22, у зяблика – 21:75:4. В поле Mesopallium соотношение нейронов, глий и нейроглиальных комплексов у трясогузки белой составляет 53:33:14, у чечетки обыкновенной – 18:52:30, у зяблика – 23:69:8.

Таким образом, процентное соотношение нейроглиальных комплексов у трясогузки белой идентично в эволюционно молодых полях Hyperpallium apicale, Hyperpallium densocellulare (8 и 7 % соответственно), а также в эволюционно старых полях Nidopallium и Mesopallium (12 и 14 % соответственно). Также процентное соотношение нейроглиальных комплексов идентично у зяблика в полях Hyperpallium densocellulare и Nidopallium (по 4 %). Кроме того, у зяблика идентично процентное соотношение нейронов в эволюционно старых полях Nidopallium и Mesopallium (21 и 23 % соответственно). У чечетки обыкновенной наблюдается одинаковое процентное соотношение глиальных клеток в эволюционно молодых полях Hyperpallium apicale, Hyperpallium densocellulare (62 и 61 % соответственно), в эволюционно старых полях Nidopallium и Mesopallium (20 и 18 % соответственно), а также нейроглиальных комплексов в полях Hyperpallium densocellulare и Nidopallium (по 22 %).

Резюме. Усложнение пищевого поведения у насекомоядных птиц во многом изменило их морфофизиологические показатели. Они выражаются в увеличении количества нейронов, вследствие чего повышается возбудимость нервной системы и усложняются поведенческие реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богословская, Л. С.* Пути морфологического прогресса нервных центров у высших позвоночных / Л. С. Богословская, Г. И. Поляков. – М. : Наука, 1981. – 159 с.

2. *Васильев, Ю. Г.* Цитология. Гистология. Эмбриология : учебник / Ю. Г. Васильев, Е. И. Трошин, В. В. Яглов. – СПб. : Изд-во «Лань», 2009. – 567 с.

3. *Венгеров, П. Д.* Экологические закономерности изменчивости и корреляции морфологических структур птиц. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 245 с.

4. *Воронов, Л. Н.* Морфофизиологические закономерности совершенствования головного мозга и других органов птиц / Л. Н. Воронов. – М. : МГУ, 2003. – 210 с.

5. *Воронов, Л. Н.* К проблеме классификации нейронов стриатума конечного мозга птиц / Л. Н. Воронов, В. В. Алексеев // Журнал высшей нервной деятельности. – 2001. – № 51 (4). – С. 477–483.

6. *Хлебосолов, Е. И.* Лекции по теории эволюции / Е. И. Хлебосолов. – М. : УЦ «Перспектива», 2004. – 264 с.

УДК 621.316.5

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ГИБРИДНЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

MAIN TRENDS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF NEW GENERATION HYBRID SWITCHGEARS

А. А. Григорьев[1], М. А. Ваткина[2], В. А. Филиппов[1]

A. A. Grigoryev[1], M. A. Vatkina[2], V. A. Filippov[1]

[1]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары,

[2]ОАО «ВНИИР-Прогресс», г. Чебоксары

Аннотация. Рассмотрены тенденции инновационного развития коммутационных гибридных аппаратов нового поколения. Определены пути разработки перспективных гибридных аппаратов с последовательным включением главных контактов и силовых полупроводниковых приборов.

Abstract. The main trends of innovative development of new generation hybrid switchgears are considered. The ways of development of promising hybrid switchgears with series main contactor and power semiconductors are determined.

Ключевые слова: *гибридный аппарат, бездуговая коммутация, силовой полупроводниковый прибор.*

Keywords: *hybrid switchgear, arcless commutation, power semiconductor.*

Актуальность исследуемой проблемы. В последние годы во всех отраслях промышленности с возрастающей остротой ставится проблема необходимости замены устаревшего электрооборудования, а именно традиционных электромеханических аппаратов на коммутационно-защитные аппараты нового поколения, обладающие более высокими технико-экономическими показателями.

Основные причины нарушения коммутационной способности электрических аппаратов, работающих в условиях образования стабильной дуги на контактах, – эрозия, коррозия и сваривание. Наличие дуги и быстрый износ контактов, выполняемых из меди, серебра или остродефицитных сплавов, делает контактные аппараты малонадежными в эксплуатации. Кроме того, электрическая дуга не позволяет применять указанные аппараты в условиях космоса, повышенной пожаро- и взрывоопасности. Проблема устранения дуги из процесса коммутации, создание высокоэффективных коммутационно-защитных аппаратов нового поколения отвечает повышающимся требованиям современного электроаппаратостроения в отношении электрооборудования, рассчитанного на коммутацию токов в несколько десятков и сотен ампер.

В настоящее время подавляющее большинство коммутационных аппаратов низкого напряжения являются контактными, и главными проблемами для них остаются проблемы дугогашения и повышения коммутационной износостойкости контактов. От эффективности гашения электрической дуги, длительности ее горения во многом зависит износ контактов, их переходное сопротивление, долговечность и надежность работы коммутационных аппаратов. Надежная работа электрооборудования в значительной степени определяется качественными показателями коммутационных аппаратов [5].

Радикальным решением всех этих проблем является устранение электрической дуги из процесса коммутации на основе современных технологий. Поиск путей решения возникшей проблемы у нас в стране и за рубежом привел к использованию возможностей силовой полупроводниковой электроники, позволяющей качественно изменить характеристики коммутационно-защитных аппаратов и придать им новые функции и свойства [12].

Объединение контактных и бесконтактных коммутационных аппаратов, совмещающих положительные свойства тех и других, привело к созданию принципиально нового электрического аппарата – так называемого гибридного аппарата (ГА). В таких аппаратах практически полностью устраняется электрическая дуга на контактах, снижаются массогабаритные показатели благодаря исключению громоздких дугогасительных устройств, снижаются тепловые потери, повышаются износостойкость, надежность и долговечность [13].

Актуальность работ по данной тематике определило, с одной стороны, создание управляемого ГА нового поколения, способного работать с заданным, близким к оптимальному, законом коммутации [6], а с другой стороны – получение возможности в перспективе более широкого внедрения в космическую, авиационную и автомобильную технику этого инновационного направления [4].

Одним из путей совершенствования контактных коммутационных аппаратов является ограничение или полное устранение дугообразования на главных контактах с помощью силовых полупроводниковых приборов, используемых в ГА. В этой связи значительное снижение содержания серебра в контактах электрических аппаратов может быть достигнуто при переходе от традиционных решений дугогашения к инновационным принципам бездуговой коммутации [2].

Компромиссным вариантом, сочетающим преимущества электромеханических и бесконтактных (статических) аппаратов, явилось создание принципиально новых ГА [3]. Разработки на первом этапе развились в направлении комбинированного объединения двух аппаратов. Основной целью этих разработок было повышение ресурса коммутационных аппаратов за счет ограничения или исключения процесса дугообразования.

На этой основе создана целая серия ГА переменного тока. Наиболее известными в этой области являются работы Г. В. Могилевского [7]. В качестве базового контактного аппарата были использованы контакторы, а полупроводниковая схема построена на основе тиристоров и измерительных трансформаторов.

С момента изобретения первого гибридного аппарата прошло полвека. Floris Koppelmann в 1960 году запатентовал самый простой гибридный контактор на диодах [11].

Однако только в настоящее время ГА приобретают перспективное значимое направление, практическое применение и инновационное развитие [4].

Материал и методика исследований. Целью настоящей работы является комплексное исследование проблем, обеспечивающих создание качественно новых ГА.

В изобретении [1] заявлен алгоритм работы с заранее заданным законом коммутации силового полупроводникового прибора (СПП) (2) с главными контактами (ГК) первой (1) и второй (3) пары дистанционного переключателя серии ДП1 (8) с целью обеспечения бездуговой коммутации электрических цепей постоянного и переменного тока (рис. 1).

Приведена схема ГА для бездуговой коммутации при последовательно-параллельном соединении СПП и ГК.

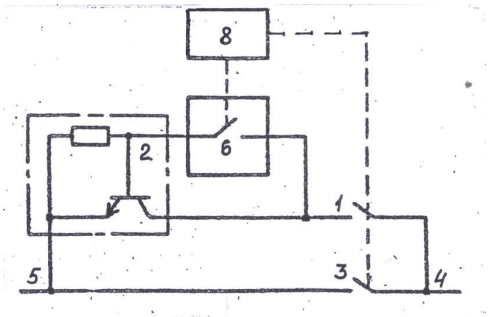


Рис. 1. ***Электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи при последовательно-параллельном соединении СПП и ГК***

По команде на включение привод (8) замыкает первоначально первую пару контактов (1), при этом одновременно происходит воздействие на датчик (6), который срабатывает и включает СПП (2), после чего замыкается вторая пара контактов (3), вследствие чего обеспечивается бездуговое замыкание пар контактов. При подаче команды отключения вся последовательность операций происходит в обратном порядке: привод (8) размыкает сначала вторую пару контактов (3) с выдержкой времени на размыкание, затем первую пару контактов (1), также с выдержкой времени. В интервале времени между размыканием пар контактов срабатывает датчик (6) и включается СПП (2), обеспечивая бездуговое размыкание пар контактов, что облегчает создание ГА, работающего с заданным законом коммутации [6].

Результаты исследований и их обсуждение. Поиск инновационных путей при переходе от традиционных решений дугогашения ГА к новым принципам бездуговой коммутации привел к использованию возможностей силовой электроники – на принципе использования силовых транзисторов, реализованном в изобретении [8], в котором заявлен бездуговой ГА, работающий с заданным, близким к оптимальному, законом коммутации, который заключается в том, что ГА, содержащий две пары контактов (1) и (2) с разными временами срабатывания, привод (3) указанных контактов, СПП (4), подключенный силовыми выводами через контакты первой пары (1) параллельно второй паре контактов (2), снабжен третьей парой контактов (9), вывод одной из контакт-деталей которой подключен к управляющему выводу указанного СПП, а вывод второй контакт-детали – к общей точке соединения выводов контакт-деталей первой и второй контактных пар. Причем третья контактная пара (9) расположена относительно первой (1) и второй (2) контактных пар таким образом, что ее замыкание обеспечивается после замыкания первой пары контактов (1), размыкание – после размыкания второй пары контактов (2), а СПП (4), в каче-

стве которого использован транзисторный модуль, выполнен в гибридном исполнении и расположен либо на одном из контактов или на его контактодержателе, либо на общем держателе контакт-деталей трех контактных пар, электрически изолированных друг от друга. При этом силовой транзисторный модуль выполнен с параллельно соединенными множествами транзисторных структур, что позволяет достичь практически нулевого падения напряжения, который можно встраивать в цепь ГК либо устанавливать непосредственно на самом контакте, как, например, в изобретении [10].

На рис. 2 приведена электрическая схема ГА с бездуговой коммутацией электрической цепи, в котором в качестве электромеханического аппарата использован дистанционный переключатель серии ДП1 (3), а в качестве СПП – силовой транзисторный модуль (4).

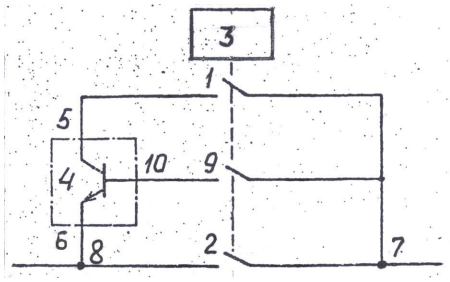


Рис. 2. ***Электрическая схема ГА с бездуговой коммутацией электрической цепи***

Использование модульного принципа построения позволяет создавать ГА с легко заменяемыми блоками, существенно расширяющими их функции. Данный принцип построения является перспективным направлением создания аппарата нового типа с бездуговой коммутацией, предназначенного для работы в автономных объектах повышенной надежности.

Изобретение [9] открыло возможность разработки управляемых коммутационно-защитных ГА нового поколения с последовательным включением нормально открытых СПП и ГК. Появление нормально открытых СПП, таких как SIT-транзисторы, на основе карбида кремния [12], имеющих низкое начальное сопротивление, незначительное падение напряжения в проводящем состоянии, высокие радиационную стойкость, пробивные напряжения и рабочую температуру, создало возможность разработки простых и надежных ГА с последовательным включением ГК и СПП.

На рис. 3 и 4 представлены варианты ГА для бездуговой коммутации электрической цепи по запатентованному техническому решению [9], в котором заявлен алгоритм оптимального закона бездуговой коммутации с управлением. ГА содержит подключенные к выводам (1) и (2) источник питания, последовательно соединенную нагрузку (3), выключаемый по управляющему электроду управляемый полупроводниковый ключ (4) и контакты (6).

Благодаря подключению управляющего электрода полупроводникового ключа к выводу контактов (рис. 3) или выводу, расположенному между двумя их разрывами (рис. 4), в рассматриваемом ГА, не нарушив необходимого для бездуговой коммутации последовательного соединения контактов с силовой цепью полупроводникового ключа, образовано новое (параллельное) соединение контактов (рис. 3) или одного из разрывов (рис. 4) с входной цепью выключаемого по управляющему электроду управ-

ляемого полупроводникового ключа, посредством которого при размыкании обеспечивается автоматическое управление выключением открытого полупроводникового ключа. При этом в качестве открытого ключа используется либо нормально открытый полупроводниковый прибор, например, транзистор со статической индукцией (рис. 3), либо нормально закрытый двухоперационный полупроводниковый прибор, например, запираемый тиристор (рис. 4), снабженный цепью отпирающего прибор сигнала, выполненного на резисторе 5, контакты 6, выполненные с одним (рис. 3) или, с целью обеспечения в отключенном состоянии гальванической развязки нагрузки от источника питания, с двумя разрывами, например, мостикового типа (рис. 4), причем полупроводниковый ключ подсоединен к выводу контактов силовым электродом, который в совокупности с управляющим электродом образует входную цепь ключа.

Управляющий электрод полупроводникового ключа для варианта выполнения контактов с одним разрывом подключен к другому выводу контактов (рис. 3), а для варианта выполнения контактов мостикового типа с двумя разрывами – к выводу, расположенному между разрывами контактов (рис. 4).

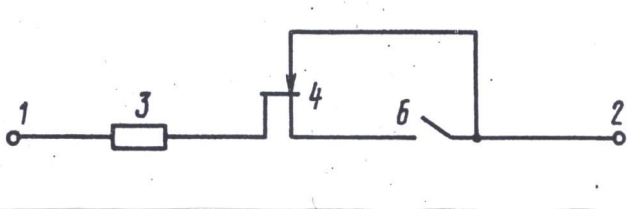


Рис. 3. ***Электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи для варианта выполнения контактов с одним разрывом***

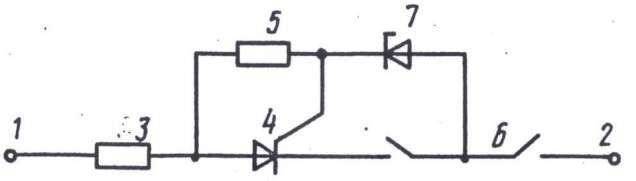


Рис. 4. ***Электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи для варианта выполнения контактов с двумя разрывами***

В таких ГА можно использовать одновременное прерывание тока ГК и СПП, в связи с этим схему управления СПП удается выполнить также предельно простой без применения дополнительных элементов, обеспечив только электрическую связь управляющего электрода СПП с одним из контактов.

Резюме. Полученные результаты позволяют создать управляемый бездуговой гибридный аппарат нового поколения, работающий с заданным, близким к оптимальному, законом коммутации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. с.* 1568097 СССР, МПК H01H 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / Григорьев А. А. ; заявл. 18.04.88 ; опубл. 30.05.90.

2. *Ваткина, М. А* Тенденции инновационного развития коммутационных гибридных аппаратов / М. А. Ваткина, С. А. Моисеев // Электроэнергетика и электромеханика : труды АЭН Чувашской Республики. – 2011. – № 1. – С. 34–38.

3. *Григорьев, А. А.* Основные тенденции инновационного развития коммутационных аппаратов низкого напряжения / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина и др. // Инновационные технологии восстановления сборочных единиц и сервисного обслуживания автомобильного транспорта : сб. науч. ст. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – С. 101–110.

4. *Григорьев, А. А.* Перспективные направления инновационного развития коммутационных гибридных аппаратов нового поколения для бортовой аппаратуры автономных систем и комплексов / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина // Использование инновационных технологий в сервисном обслуживании транспорта : сб. науч. ст. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – С. 17–32.

5. *Лотоцкий, В. Л.* Гибридная коммутация – важный фактор обеспечения надежности и повышенного ресурса электрооборудования / В. Л. Лотоцкий // Энергосбережение и водоподготовка. – 2002. – № 1. – С. 73–77.

6. *Марактанов, В.* А. О возможности создания выключателя, работающего с заданным законом коммутации / В. А. Марактанов, А. Д. Пивненко // Электротехническая промышленность. Аппараты низкого напряжения. – 1971. – № 7. – С. 7 – 8.

7. *Могилевский, Г. В.* Гибридные электрические аппараты низкого напряжения / Г. В. Могилевский. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 232 с.

8. *Пат.* 2050616 Российская Федерация, МПК Н01Н 9/30. Гибридный бездуговой аппарат / Григорьев А. А.; заявл. 26.05.92; опубл. 20.12.95.

9. *Пат.* 1721653 Российская Федерация, МПК Н01Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / Плотников В. И., Виноградов А. Л., Григорьев А. А., Андрианов Б. А. ; заявл. 22.06.89 ; опубл. 23.03.92.

10. *Пат.* 0201248 ЕВП, МПК Н01Н 9/54. Controlled electrical contacts for electrical switchgear / Needham Eric. ; заявл. 29.04.85 ; опубл. 12.11.86.

11. *Пат.* 1108778 DE, МПК Н01Н 9/54; 9/56. Lichtbogenfreier Drehstromschalter / Koppelmann F. ; заявл. 08.01.1960 ; опубл. 15. 06 1961.

12. *Флоренцев, С. Н.* Силовая электроника начала тысячелетия / С. Н. Флоренцев // Электротехника. – 2003. – № 6. – С. 3–9.

13. *Электрические* и электронные аппараты : учебник для вузов / под ред. Ю. К. Розанова. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 752 с.

УДК 616.12-053

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИКА ПУАНКАРЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В ПЕРИОД ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТРЕССА

APPLICATION OF THE METHOD OF POINCARE PLOT ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY FOR ESTIMATING FUNCTIONAL CONDITION OF VEGETATIVE NERVOUS SYSTEM DURING MENTAL STRESS

Д. А. Димитриев, Е. В. Саперова, Ю. Д. Карпенко, А. Н. Зотова

D. A. Dimitriev, E. V. Saperova, Y. D. Karpenko, A. N. Zotova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Данная работа посвящена изучению изменений нелинейных параметров вариабельности сердечного ритма, полученных на основе анализа графика Пуанкаре, при экзаменационном стрессе. Результаты позволяют предположить, что анализ кардиоинтервалов с помощью метода Пуанкаре может дать ценную информацию о состоянии вегетативной нервной системы в период эмоционального стресса.

Abstract. The study investigates the variations in nonlinear parameters of heart rate variability under stress during examination. The variations have been obtained due to the analysis of Poincare plot. The results of the current study suggest that the analysis of cardio intervals, which is held by means of Poincare method, can provide valuable information on the condition of vegetative nervous system during mental stress.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, экзаменационный стресс, график Пуанкаре.*

Keywords: *heart rate variability, stress during examination, Poincare plot.*

Актуальность исследуемой проблемы. Как известно, сильные эмоции сопровождаются существенными вегетативными и гуморальными реакциями. Стресс характеризуется выраженным изменением эмоционального состояния и существенными изменениями в функционировании регуляторных систем [1]. В стандартный набор переменных для оценки функционального состояния при стрессе входят: уровень тревожности, оценка самочувствия, активности и настроения, показатели гемодинамики и производные от них, парамерты временной, частотной области вариабельности сердечного ритма (ВСР) и индексы Баевского [1], [8].

В настоящее время все более широкое распространение получают методы нелинейного анализа ВСР. К их числу относится анализ формы и количественных характеристик скатерограммы (графика Пуанкаре) [2], [5], [6]. В то же время в литературе отсутствуют

данные о характере изменения формы и численных параметров графика Пуанкаре при эмоциональном напряжении, вызванном экзаменационным стрессом. В связи с этим целью работы явилось изучение особенностей нелинейных показателей ВСР, полученных на основе анализа графика Пуанкаре, при экзаменационном стрессе.

Материал и методика исследований. Исследование особенностей протекания экзаменационного стресса проводилось у 392 студентов в возрасте 20–25 лет (мужчин – 16,01 %). Обследование проводилось дважды: в межсессионный период и непосредственно перед экзаменом по физиологии человека. Для изучения особенностей регуляции деятельности сердца осуществлялась регистрация сердечного ритма с помощью программно-аппаратного комплекса «Нейрософт» в соответствии с рекомендациями Европейской Ассоциации Кардиологии [8]. На основе значений интервалов RR были построены и проанализированы графики Пуанкаре, которые представляют собой точечную диаграмму: на оси абсцисс отложены значения текущего интервала RR, а на оси ординат – следующего по времени значения RR. График Пуанкаре снизу вверх пересекает линия идентичности. Положение точки на линии идентичности означает, что продолжительность интервалов RR не изменялась в течение 2-х сокращений. Таким образом, линия идентичности представляет собой график функции x=y (RRn=RRn+1). Если точка расположена выше линии идентичности, то это означает, что x<y (RRn< RRn+1). Соответственно, если точка расположена ниже линии идентичности, то это свидетельствует о том, что интервал RRn+1 короче, чем интервал RRn. Отсюда следует, что форма «облака» из точек (RRn; RRn+1) на графике Пуанкаре должна отражать последовательные изменения продолжительности интервала RR, т. е. его дисперсию. Если мы проведем перпендикуляр к линии идентичности через данную точку (RRi; RRi+1), то сможем получить расстояние от этой точки до линии идентичности. Оно будет соответствовать отклонению этой точки от линии идентичности, т. е. дисперсии относительно данной линии, которая отражает уровень кратковременной вариабельности интервала RR. Эта мера является эквивалентом стандартного отклонения последовательных различий интервалов RR (SDSD). Согласно физиологической модели вариабельности интервалов RR [2] подразумевается наличие системы из двух сопряженных друг с другом осцилляторов – симпатического и парасимпатического (респираторного). Симпатический осциллятор представлен в форме волны с низкой частотой (LF) спектра ВСР, которая также включает в себя вазомоторную активность. Активность парасимпатического осциллятора проявляется в форме быстрого кратковременного изменения активности синусового узла. Респираторные осцилляции влияют на оба отдела вегетативной нервной системы (ВНС), но вследствие медленной реакции симпатического отдела ВНС быстрая осцилляция, обусловленная дыханием, практически полностью опосредуется парасимпатической нервной системой.

Вторым методом количественного описания формы графика Пуанкаре является оценка статистических свойств различных проекций данного графика в форме гистограмм распределений. Используются три основные проекции: 1) гистограмма точек графика Пуанкаре, отображенная на оси x (или оси y), описываемая средним и стандартным отклонениями и связанная со стандартными линейными мерами RR и SDNNm. Построение этой гистограммы дает общую характеристику ВСР; 2) «ширина», или гистограмма интервалов ΔRR, дает информацию о кратковременной изменчивости интервалов RR; 3) гистограмма «длины» описывается математическим ожиданием и стандартным отклонением, эквивалентным SD2, и отражает долговременные характеристики ВСР.

Важным свойством графика Пуанкаре является асимметричность в расположении точек относительно линии идентичности (Porta). Для описания асимметрии используются три индекса: индекс Guzik (GI) [4], индекс Porta (PI) [7] и индекс Ehler (EI) [3]. На основе вышеизложенного нами строился стандартный график Пуанкаре, на котором x – RRn, а y – RRn+1. С целью уменьшения систематической ошибки при проведении анализа скатерограммы были удалены все артефакты с использованием методики J. Piskorski и соавт. [6]. На графике Пуанкаре была построена линия идентичности. На основе скатерограммы были построены: гистограмма интервалов RR, гистограмма интервалов ΔRR и гистограмма распределения точек относительно линии идентичности (гистограмма «длины»). На основе значений интервалов RR были вычислены значения SD1, SD2, общая площадь облака SS. Для определения асимметрии проводилась классификация точек по их положению относительно линии идентичности. Классификация проводилась усовершенствованным способом, путем выделения описанных выше трех облаков. Вычленялись следующие коэффициенты асимметрии: Porta (PI) (PI =(C(Pi-)/ (C (Pi++C(Pi-)))·100 %, где (Pi-) – число точек ниже линии идентичности, а C (Pi+) – число точек выше линии идентичности); Guzik (GI) (GI=(∑(Di+)2/∑(Di)2)·100 %, где Di+ – расстояние до линии идентичности до точек, находящихся над ней, Di – расстояние до линии идентичности от всех точек). Кроме того, было вычислено скорректированное значение – GIp [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Характер изменения ритмограммы и графика Пуанкаре при эмоциональном напряжении, вызванном экзаменационным стрессом, представлен на рис. 1. Из рисунка видно, что увеличение ЧСС сопровождается уменьшением разброса точек. Особенно снижается вариабельность относительно линии идентичности. Меняется не только общая площадь облака, но и отношение его «ширины» к «длине». При этом график существенно укорачивается, что свидетельствует об уменьшении долговременной вариации RR и увеличении эксцесса. Одновременно отмечается определенный ярко выраженный сдвиг пика распределения к более низким значениям интервала RR.

На гистограмме, отражающей распределение точек скатерограммы относительно линии идентичности в межсессионный период, отчетливо видно, что гистограмма имеет низкий коэффициент эксцесса, что отражает значительную вариабельность относительно линии идентичности. На гистограмме виден пик в диапазоне -20–0 мс, что свидетельствует о наличии большого числа пар кардиоинтервалов, для которых характерно выраженное увеличение продолжительности второго интервала RR по отношению к первому. Экзаменационная гистограмма «ширины» имеет основной пик в диапазоне -10–0, что свидетельствует о преобладании в распределении пар интервалов RR, у которых второй интервал короче первого. Это указывает на увеличение числа точек, лежащих ниже линии идентичности. Также на графике отчетливо видно увеличение эксцесса, сопровождающегося существенным снижением «ширины» гистограммы: если в межсессионный период колебания значения RR_n-RR_{n+1} происходили в диапазоне от -140 до +120 мс, то в условиях стресса амплитуда колебаний снизилась настолько, что максимальное значение разницы между последовательными интервалами RR составило +60 мс, а минимальное равнялось -70 мс.

Количественные характеристики графика Пуанкаре значительно меняются при переходе из состояния относительного покоя к состоянию психоэмоционального напряжения. В межсессионный период среднее значение SD1 достигало 44,41±2,8 ms (95 % ДИ: 38,616–50,21 ms). В условиях экзаменационного стресса происходит уменьшение «шири-

ны» облака на графике Пуанкаре, что проявляется в резком снижении (более чем в 2 раза) уровня SD2 (до 18,55±1,94 ms; 95 % ДИ: 14,52–22,58 ms). Это снижение является статистически достоверным (P<0,0002). Снижение SD2 менее выражено: с 72,74±4,00 ms в межсессионный период до 54,07±4,04 ms в период сдачи экзамена (P=0,002). Изменение формы скатерограммы сопровождается резким снижением отношения SD1/SD2: с 0,61±0,027 (95 % ДИ: 0,557–0,67) до 0,34±0,022 (95 % ДИ: 0,292–0,38), P<0,0001. При сопоставлении двух графиков Пуанкаре хорошо видно, что перед экзаменом облако точек (Rn; Rn+1) как будто сжимается. Это сжатие проявляется в значительном снижении площади облака. Если в межсессионный период SS составляло в среднем 10750,9±1089,092 (95 % ДИ: 8492,26–13009,54), то в состоянии эмоционального стресса – 3569,25±588,378 (95 % ДИ: 2349,03–4789,47). Данное различие было достоверным (P<0,001).

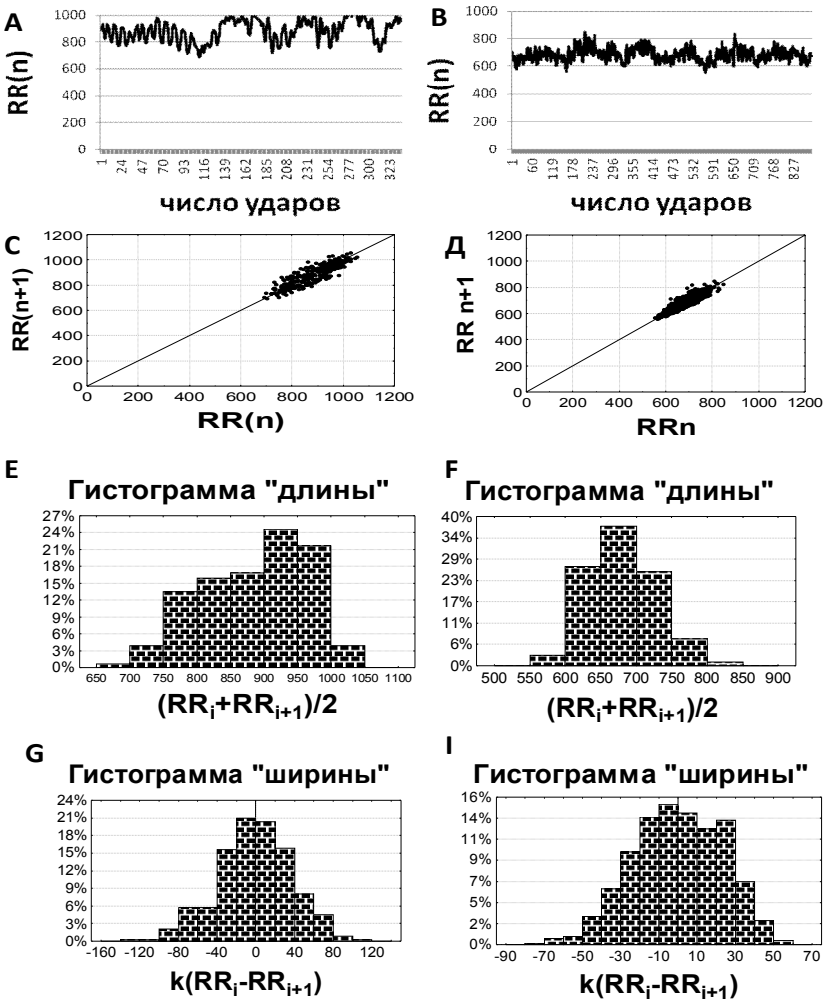


Рис. 1. ***Ритмограммы, записанные у одного человека в состоянии покоя (левая половина) и при стрессе (правая половина). A – последовательность интервалов RR в межсессионный период; B – последовательность интервалов RR при экзаменационном стрессе; C и D – соответствующие скатерограммы; E, F, G, I – гистограммы, характеризующие распределение точек на графике Пуанкаре***

Расчет значений асимметрии графика Пуанкаре показал, что при стрессе происходит уменьшение асимметрии скатерограммы. Если в межсессионный период у всех обследованных имела место выраженная асимметрия, то в условиях стресса у части студентов она исчезла. Изменились и количественные характеристики асимметрии. Нескорректированное значение индекса GI снизилось с 0,53±0,10 до 0,52±0,008 (P>0,05). Значение индекса Porta PI также несколько снизилось: с 0,49±0,007 в межсессионный период до 0,48±0,004 перед экзаменом (P>0,05). Более точное определение точек, составляющих различные облака, позволило вычислить скорректированный коэффициент GIP. Значение GIP в межсессионный период составило 0,47±0,24 (95 % ДИ: 0,425–0,53); перед экзаменом – 0,42±0,018 (95 % ДИ: 0,382–0,46). Различие между этими двумя значениями GIP было достоверным (P<0,05). Таким образом, нами установлено, что в ходе эмоционального стресса происходит существенное изменение не только формы скатерограммы, но и скрытой в ней временной динамики механизмов вариабельности сердечного ритма.

Резюме. Нами впервые было проведено исследование влияния экзаменационного стресса на характер графика Пуанкаре и численные меры распределения точек скатерограммы относительно линии идентичности и перпендикуляра к линии идентичности. Полученные нами результаты исследования позволяют прийти к следующим выводам. Использование анализа кардиоинтервалов с помощью метода Пуанкаре представляет собой перспективное направление в физиологии сердечно-сосудистой системы и может дать ценную информацию о состоянии вегетативной нервной системы при различных функциональных состояниях. Одним из таких состояний является экзаменационный стресс, который вызывает существенные перестройки в функционировании высших вегетативных центров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баевский, Р. М.* Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развития в космической медицине / Р. М. Баевский // Успехи физиологических наук. – 2006. – № 3 (Т. 37). – С. 42–57.

2. *Brennan, M.* Poincaré plot interpretation using a physiological model of HRV based on a network of oscillators / M. Brennan, M. Palaniswami, P. Kamen // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. – 2002. – Vol. 283 (№ 5). – P. 1873–1886.

3. *Ehlers, C. L.* Low doses of ethanol reduce evidence for nonlinear structure in brain activity / C. L. Ehlers, J. Havstad, D. Prichard // J. Neurosci. – 1998. – Vol. 18. – P. 7474–7486.

4. *Guzik, P.* Heartrate variability by Poincare plot and spectral analysis in young healthy subjects and patients with type 1 diabetes / P. Guzik, B. Bychowiec, J. Piskorski et al. // Folia Cardiol. – 2005. – Vol. 12. – P. 64–67.

5. *Karmakar, C.* Heart rate asymmetry in altered parasympathetic nervous system activity / C. Karmakar; A. Khandoker; M. Palaniswami // Computing in Cardiology. – 2010. – Vol. 37. – P. 601−604.

6. *Piskorski, J.* Geometry of the Poincare plot of RR intervals and its asymmetry in healthy hearts / J. Piskorski, P. Guzik // Physiological Measurement. – 2007. – Vol. 28. – P. 287–300.

7. *Porta, A.* Temporal asymmetries of short-term heart period variability are linked to autonomic regulation / A. Porta, K. R. Casali, A. G. Casali et al. // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2008. – Vol. 295. – P. 550–557.

8. *Task Force* of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – № 5 (Vol. 93). – P. 1043–1065.

УДК 612.11.12

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ЖЕНЩИН, БОЛЬНЫХ УРОГЕНИТАЛЬНЫМ ХЛАМИДИОЗОМ

FEATURES OF IMMUNE SYSTEM OF WOMEN WITH UROGENITAL CHLAMYDIOSIS

Ю. В. Егорова[1], А. С. Нестеров[1], Н. А. Ильина[2], А. В. Нестерова[1]

Y. V. Egorova[1], A. S. Nesterov[1], N. A. Ilyina[2], A. V. Nesterova[1]

[1]ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск,

[2]ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова», г. Ульяновск

Аннотация. В статье представлены данные об изменениях состояния звеньев иммунной системы у женщин с урогенитальным хламидиозом. В работе особое внимание уделяется изменениям функциональных показателей иммунной системы. Показано, что у всех больных выявлены морфологические и функциональные изменения клеточного и гуморального иммунитета, которые приводят к нарушению процесса элиминации возбудителей и, как следствие, определяют хронический характер течения урогенитального хламидиоза и развитие его осложнений.

Abstract. The article presents the data on changes in the status of immune system components in women with urogenital chlamydiosis. This paper focuses on the changes in functional parameters of immune system. It is shown that the morphological and functional changes in cellular and humoral immunity have been revealed in all the patients. These changes cause the disturbance of the process of elimination of pathogens and, consequently, they determine the course of chronic urogenital chlamydiosis and development of complications.

Ключевые слова: *состояние иммунитета, урогенитальный хламидиоз.*

Keywords: *immune status, urogenital chlamydiosis.*

Актуальность исследуемой проблемы. В последние годы на фоне социальных и экологических стрессов населения обострилась проблема инфекций, передающихся половым путем (ИППП). Многие исследователи обращают внимание на распространенность инфекций репродуктивного тракта даже в популяциях «низкого риска» – у детей, беременных, людей из социально благополучных слоев общества [1]. Установлено, что такие возбудители, как *Chlamydia trachomatis*, *Herpes simplex virus* I и II, *Human papillomavirus* и др., постепенно вытесняют возбудителей классических бактериальных заболеваний. Этих возбудителей иногда называют «новыми», их зачастую трудно идентифицировать, а вызываемые ими инфекции сложнее лечить [5]. Они могут вызывать тяжелые осложнения, приводящие к хроническим нарушениям здоровья, инвалидности и даже смерти [3]. Заболевания, вызываемые инфекциями «нового» поколения, значительно влияют на количественные и функциональные показатели иммунной системы, что приходится учитывать при выборе схемы терапии [6].

В связи с этим целью работы явилось исследование особенности иммунной системы женщин, больных урогенитальным хламидиозом (УГХ).

Материал и методика исследований. Иммунологический статус определяли у 104 женщин с УГХ. Этот диагноз ставится на основании результатов обследования с применением полимеразной цепной реакции (ПЦР) в модификации real time [2].

Иммунный статус оценивали по показателям Т-звена – количество Т-лимфоцитов и их субпопуляций (метод Е-розеткообразования). Функциональную активность Т-лимфоцитов у пациенток с УГХ и здоровых женщин определяли при помощи реакции торможения миграции лейкоцитов периферической крови (РТМЛ) и бластной трансформации лимфоцитов (РБТЛ) вследствие неспецифической стимуляции конканавалином А (Кон А). Состояние гуморального звена иммунной системы и его функциональную активность определяли по таким показателям, как: ЕАС-розеткообразования, содержание Ig A, Ig M, Ig G в сыворотке крови (метод радиальной иммунодиффузии по Манчини), фагоцитарная активность нейтрофилов (фагоцитарное число, фагоцитарный индекс), циркулирующие иммунные комплексы (ЦИК) [4]. Результаты сравнивали с соответствующими показателями 52 лиц группы сравнения, репрезентативных по возрасту. Обработка и анализ данных выполнялся на IBM-совместимых компьютерах с использованием статистического программного пакета Statistica версии 6.0. Для всех параметров при статистической обработке вариационных рядов вычислялись значения средней арифметической (M-Mean), среднеквадратического отклонения *(a*=Std. Dev.). Достоверность различий между показателями оценивалась t-критерием Фишера-Стьюдента, но в силу того, что значительная часть параметров распределялась «не нормально», оценка уровней значимых ($p<0,05$) межгрупповых различий по количественным признакам производилась с использованием непараметрических методов статистической обработки (U-критерий Манна-Уитни).

Результаты исследований и их обсуждение. С целью изучения клеточного иммунитета определяли содержание различных субпопуляций лимфоцитов у женщин с хламидийной инфекцией. Установлено, что у пациенток формировалась статистически значимая $CD4^+$ Т-лимфоцитопения. Содержание CD4-лимфоцитов было снижено до $1,36\pm0,12\cdot10^9$/л ($p<0,05$) по сравнению с группой здоровых женщин (1,65±0,09). Выявлено статистически недостоверное снижение уровня CD8-лимфоцитов – до $0,69\pm0,09\cdot10^9$/л ($p>0,05$), в группе сравнения – $0,73\pm0,07\cdot10^9$/л. Таким образом, выявлено достоверное снижение абсолютного содержания субпопуляций Т-лимфоцитов, экспрессирующих CD4-рецепторы, по сравнению с результатами здоровых женщин из группы сравнения.

В ответ на действие Кон А показатели РТМЛ у больных УГХ были понижены до 38,71±8,43 % ($p<0,05$) по сравнению со здоровыми женщинами (47,59±7,95 %). Проведенные исследования выявили общую для всех пациенток с УГХ тенденцию к снижению способности лимфоцитов к трансформации в бласты. Следует также отметить, что показатели спонтанной РБТЛ (171,8±21,5 имп./мин.; $p<0,05$) и индуцированной РБТЛ (4682,9±862,3 имп./мин.; $p<0,05$) были статистически значимо снижены при УГХ по сравнению с группой сравнения (316,7±28,5 имп./мин. и 6137,4±653,1 имп./мин. соответственно). Изучение аффинности Е-рецепторов Т-лимфоцитов, т. е. количества «активных» Т-лимфоцитов, связывающих антиген, показало, что у больных УГХ количество всех фракций Еа-РОК было снижено (табл. 1), однако статистически достоверным оно было лишь у высокоаффинных Еа-РОК ($p<0,05$).

Таблица 1

Изменение аффинности Т-лимфоцитов больных урогенитальным хламидиозом (10^9/л)

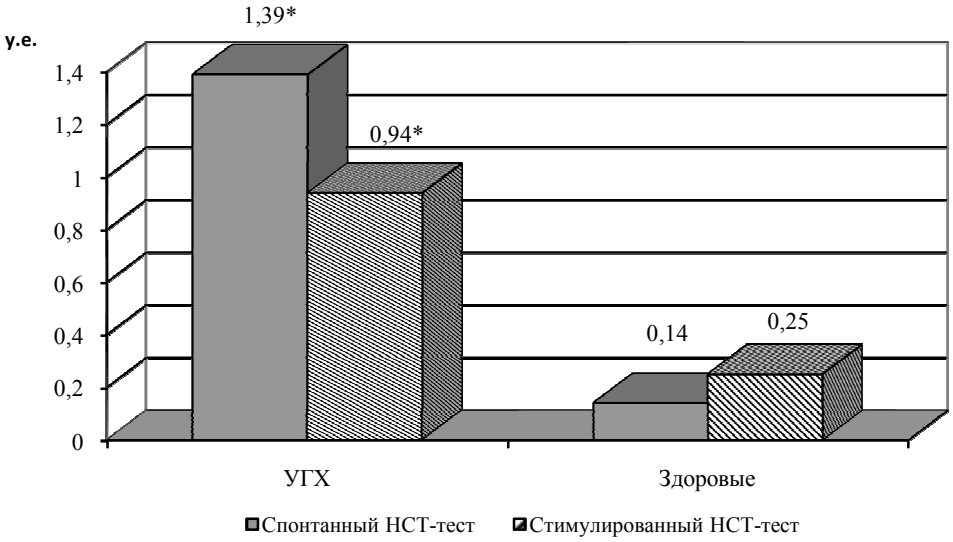
Группы обследованных	Содержание низкоаффинных T_1-клеток	Содержание среднеаффинных T_2-клеток	Содержание высокоаффинных T_3-клеток
Урогенитальный хламидиоз	0,351±0,042	0,295±0,031	0,281±0,032*
Здоровые	0,361±0,047	0,329±0,056	0,368±0,041

* – показатель достоверности между женщинами с УГХ и здоровыми (p<0,05)

Из представленных в таблице данных видно, что у больных УГХ по сравнению со здоровыми женщинами снижение показателей аффинности T_1- и T_2-клеток было недостоверным (p>0,05), статистической значимости эти показатели достигали лишь у T_3-лимфоцитов (p<0,05).

Изучение функциональной активности нейтрофильных лейкоцитов с помощью реакции восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тест) представляет значительный интерес, так как этот показатель позволяет выявить наличие «респираторного взрыва», который возникает в нейтрофильных гранулоцитах в связи с процессом фагоцитоза. НСТ-тест не только выявляет фагоцитирующие нейтрофилы, но и характеризует их ферментные системы, поскольку интенсивность восстановления НСТ отражает энергетические процессы, обеспечивающие наработку биоокислителей с бактерицидным действием.

В связи с этим следующим этапом нашей работы явилось изучение функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов у больных УГХ. Результаты изучения показателей НСТ-теста представлены на рисунке 1.



* – показатель достоверности между женщинами с УГХ и здоровыми (p<0,05)

Рис. 1. ***Показатели спонтанного и стимулированного НСТ-теста у больных УГХ (у. е.)***

Из данных, представленных в диаграмме, видно, что у пациенток отмечалось увеличение показателей спонтанного НСТ-теста при урогенитальном хламидиозе ($p<0,05$). При стимуляции количество положительно реагирующих на НСТ нейтрофилов у пациенток снижалось, что свидетельствует о снижении активности нейтрофильных гранулоцитов к высвобождению продуктов восстановления кислорода, восстанавливающих соли НСТ до диформазана.

Поскольку стимулированный НСТ-тест является информативным методом оценки резистентности при изучении иммунного статуса организма и характеризует резервы бактерицидной функции нейтрофилов, то можно утверждать, что данная функция у больных хламидийной инфекцией женщин страдает, что приводит к хронизации инфекционного процесса в урогенитальном тракте.

Далее проводилось изучение фагоцитарной активности нейтрофилов. Активность фагоцитов выражали через фагоцитарный показатель. Фагоцитарный показатель у больных УГХ составил 53,9±3,8 % ($p<0,05$), в контрольной группе этот показатель равнялся 69,4±4,1 %.

Следовательно, процент нейтрофильных лейкоцитов, участвующих в фагоцитозе, на фоне урогенитального хламидиоза статистически значимо снижался, что свидетельствует о нарушении процесса элиминации возбудителей и, как следствие, хронизации процесса.

Одним из важных показателей, характеризующих протективную роль системы фагоцитоза, является фагоцитарное число, отражающее способность клеток к захвату возбудителей. Установлено, что показатели фагоцитарного числа были выше контрольных значений у женщин с урогенитальным хламидиозом, однако выявленные изменения не имели статистической разницы с группой сравнения.

Определение индекса завершенности фагоцитоза (ИЗФ), наоборот, выявило значительное снижение переваривающей функции фагоцитов. Так, у больных с УГС ИЗФ был снижен до 0,87±0,07 (в группе сравнения – 1,19±0,08; $p<0,05$).

Таким образом, изучение фагоцитарных реакций нейтрофилов периферической крови у женщин с УГХ выявило достоверное снижение значений фагоцитарного показателя, что свидетельствует о сокращении количества нейтрофильных лейкоцитов с функциями фагоцитов. Одновременно увеличивалась способность поглощать чужеродные агенты, однако установлена резко сниженная бактерицидная активность фагоцитов.

Результаты исследования гуморального иммунитета выявили, что абсолютное количество CD19-лимфоцитов при урогенитальном хламидиозе имело статистически значимое повышение ($0,653±0,049·10^9$/л; $p<0,05$) по сравнению с группой здоровых лиц ($0,549±0,037·10^9$/л).

С целью изучения функционального состояния В-системы иммунитета определяли уровень сывороточных иммуноглобулинов A, M, G (табл. 3).

Уровень всех сывороточных иммуноглобулинов (A, M, G) у пациенток с УГХ имел тенденцию к понижению. Наиболее выраженные супрессии наблюдались в показателях Ig G (10,08±1,54 г/л) и Ig A (2,07±0,05 г/л) ($p<0,05$).

Это свидетельствует о развитии адаптационных механизмов, направленных на эрадикацию инфекционных агентов, и, возможно, является своеобразной компенсаторной реакцией в ответ на недостаточную активность клеточного звена иммунной системы.

Таблица 3

Уровень сывороточных иммуноглобулинов при урогенитальном хламидиозе

Группы обследованных	Показатели (г/л)		
	Ig A	Ig M	Ig G
Урогенитальный хламидиоз	2,07±0,05*	2,74±0,17	10,98±1,22*
Группа сравнения	2,28±0,07	2,76±0,10	12,35±1,11

* – показатель достоверности между больными УГХ и здоровыми (p<0,05)

Связывание антигена и антитела с образованием иммунного комплекса является одним из механизмов, направленных на элиминацию антигена из организма. Циркулирующие иммунные комплексы (ЦИК) способны присоединять компоненты комплемента и образовывать комплексы, которые вызывают гибель возбудителей инфекционного процесса. В связи с этим уровень ЦИК в сыворотке крови является одним из диагностических показателей активности и степени тяжести иммунологического процесса.

Определение уровня ЦИК выявило его изменение у всех женщин с УГХ. Установлено, что этот уровень в сыворотке крови больных УГХ значительно повышался – 217,6±28,2 у. е. (p<0,05), в группе сравнения – 111,5±19,8 у. е.

Резюме. Полученные нами данные можно охарактеризовать, с одной стороны, как проявление ответа иммунной системы на урогенитальную хламидийную инфекцию, с другой стороны, как признак иммунного дисбаланса, который создает предпосылки для персистирования инфекционных агентов в половых путях женщин. Изменение количественных и/или функциональных показателей звеньев иммунной системы приводит к нарушению процесса элиминации возбудителей и, как следствие, определяет хронический характер течения урогенитального хламидиоза и развитие его осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гасанова, Т. А.* Микробиоценозы при воспалительных заболеваниях репродуктивных органов женщин и перинатальной патологии : автореф. дис. … д-ра биол. наук : 03.00.07 / Т. А. Гасанова. – Саратов, 2005. – 47 с.

2. *Дмитриев, Г. А.* Лабораторная диагностика бактериальных урогенитальных инфекций / Г. А. Дмитриев. – М. : Медицинская книга, 2003. – 336 с.

3. *Ковалев, Ю. Н.* Особенности клинико-иммунологических показателей у детей с артритами и хламидиозом / Ю. Н. Ковалев, И. И. Лысенко // Инфекции, передаваемые половым путем. – 1999. – № 1. – С. 54.

4. *Федосеева, В. Н.* Руководство по иммунологическим и аллергическим методам в гигиенических исследованиях / В. Н. Федосеева, Г. В. Порядин, Л. В. Ковальчук. – М. : Промедэк, 1999. – 319 с.

5. *Фицпатрик, Т.* Дерматология. Атлас-справочник / Т. Фицпатрик, Р. Джонсон, К. Вулф ; пер. с англ. – М. : Практика, 1999. – 1088 с.

6. *Demidovich, C. W.* Deep dermatophyte infection with chronic draining nodules in an immunocompromised patient / C. W. Demidovich, B. W. Kornfeld, R. H. Gentry // Cutis. – 2001. – No. 55 (4). – P. 237–240.

УДК 621.743

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УПЛОТНЯЕМОСТИ ПЛАКИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ

MATHEMATICAL APPROACH TO DETERMINING COMPACTIBILITY OF CLAD MIXTURES

И. Е. Илларионов[1], С. Г. Макаров[2]

I. E. Illarionov[1], S. G. Makarov[2]

[1]Чебоксарский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина», г. Чебоксары,

[2]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В данной работе предлагается метод определения уплотняемости плакированных смесей на основе анализа научно-исследовательских работ по определению характеристик формовочных смесей. Проведены исследования по определению деформаций, объема, пористости и уплотняемости смесей.

Abstract. This paper suggests the method of determining compactibility of clad mixtures on the basis of the analysis of research and scientific works on determining the characteristics of moulding compounds. The research on determining the distortions, capacity size, porosity and compactability of the mixtures is given.

Ключевые слова: *уплотняемость, плакированные смеси, минеральные частицы, связующие, коэффициент уплотняемости, насыпная плотность.*

Keywords: *compactibility, clad mixtures, mineral particles, binders, compacting factor, bulk density.*

Актуальность исследуемой проблемы. При получении современных качественных отливок с чистой поверхностью, без литейных дефектов, формовочные и стержневые смеси должны удовлетворять комплексу требований по прочности, уплотняемости, текучести, газопроницаемости, термостойкости и другим свойствам. Одним из путей решения данной проблемы является применение плакированных смесей.

Уплотняемость и текучесть смесей являются технологическими свойствами, природа которых очень сложна и определяется многими факторами. Эти факторы условно можно подразделить на четыре группы. Они связаны: а) с составом и свойствами связующего материала и добавок, зерновым составом, внутренним трением и т. д.; б) условиями уплотнения: величиной давления прессования, характером нагрузки (динамический, статический и т. д.); в) состоянием поверхности модели или стержневого ящика; г) электрофизическими методами обработки составляющих смесей (магнитная, ультразвуковая, токи высокой частоты и др.) [2], [3].

Одним из основных свойств формовочной смеси является ее *уплотняемость* – это способность смеси уменьшать свой первоначальный объем под воздействием внешних сил за счет уменьшения пористости [2]. Уплотняемость плакированных смесей в основном за-

висит от содержания различных связующих материалов и от соотношения «связующее – наполнитель». Оценку уплотняемости производят по разнице объемов навески смеси до и после уплотнения, отнесенной к первоначальному ее объему, и выражают в процентах.

Существенную роль в процессе формообразования смесей и получения качественных отливок играют пластические свойства (уплотняемость, текучесть и др.) [1], [2], [3]. Исследование этих свойств является актуальным в области литейного производства.

Материал и методика исследований. Вывод математических формул и исследования по определению уплотняемости плакированных смесей проводились на базе кафедры «Технология конструкционных материалов и литейное производство» Чебоксарского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина».

Результаты исследований и их обсуждение. Уплотняемость сопровождается возникновением местных сдвигов частиц и проникновением более мелких частиц в поры между крупными, а также изменением толщины плакированных оболочек минеральных частиц под влиянием внешних воздействий.

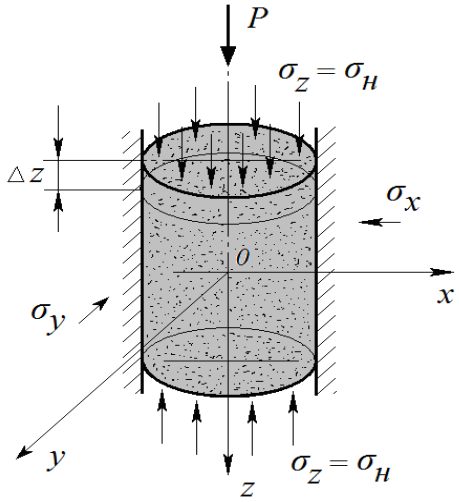


Рис. 1. ***Схема уплотнения плакированной смеси в замкнутом объеме***

Для определения уплотняемости формовочных смесей в практике литейного производства проводят исследование деформации смеси в стандартной гильзе без возможности бокового расширения (рис. 1). При этом процесс уплотнения возможен практически только за счет изменения пористости плакированных смесей и увеличения числа и площади контактов между плакированными минеральными частицами вследствие их перераспределения и изменения расстояния между ними. Следовательно, стабилизация неустойчивых групп минеральных частиц – составляющих смеси – происходит с увеличением ее плотности. Отмеченные изменения сопровождаются уменьшением высоты испытуемого образца смеси вдоль оси действия давления прессования на величину ΔZ, что связано с уменьшением пористости и коэффициента пористости формовочной смеси.

Под пористостью плакированной формовочной смеси понимается отношение объема пор ко всему объему образца. Зная массу твердых частиц в единице объема плакированной формовочной смеси или ее плотность $\gamma_{фс}$, можно определить пористость и коэффициент пористости плакированной смеси.

Сумма объемов минеральных составляющих и пор будет равна полному объему формовочной смеси [2], т. е.

$$\sum V_M + \sum V_П = 1, \tag{1}$$

где $\sum V_M$ – суммарный объем минеральных плакированных частиц; $\sum V_П$ – суммарный объем пор.

В свою очередь суммарный объем минеральных плакированных частиц состоит из суммарного объема частиц кварцевого песка и объема тонкого слоя связующих, обволакивающих эти частички:

$$\sum V_M = \sum V_K + \sum V_C, \tag{2}$$

где $\sum V_K$ – суммарный объем минеральных частиц кварцевого песка; $\sum V_C$ – суммарный объем тонкого слоя связующих.

Так как объем твердых частиц смеси, включая плакированный слой, равен их массе в единице объема смеси, отнесенной к средней плотности, т. е.

$$\sum V_M = \frac{\gamma_{фс}}{\gamma}, \tag{3}$$

то суммарный объем пор смеси будет

$$\sum V_П = 1 - \frac{\gamma_{фс}}{\gamma}. \tag{4}$$

Коэффициент пористости плакированной смеси определяют из выражений

$$\mu_n = \frac{\sum V_П}{\sum V_M} \text{ или } \frac{\sum V_П}{1 - \sum V_П}. \tag{5}$$

Учитывая выражение (4), получим коэффициент пористости

$$\mu_n = \frac{\gamma - \gamma_{фс}}{\gamma_{фс}}. \tag{6}$$

Решив систему уравнений (1) и (5) для единицы объема плакированной смеси, получим выражение для определения объема пор и объема минеральных составляющих плакированной смеси:

$$\sum V_П = \frac{\mu_n}{1 + \mu_n}, \tag{7}$$

$$\sum V_M = \frac{1}{1 + \mu_n}. \tag{8}$$

Определение изменения пористости при увеличении давления прессования может быть произведено также вычислением по результатам измерения деформаций испытуемого слоя формовочной смеси (рис. 1):

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta z}{H}, \tag{9}$$

где H – первоначальная высота испытуемого образца.

Если представить литейную форму в виде объема, состоящего из элементарных частей цилиндрической формы, то очевидно, что в процессе прессования происходит послойное уплотнение и передача давления от слоя 1 до n – 1 и n-го слоя [2]. Можно при-

нять, что плакированная смесь после свободной ее насыпки в опоку или стержневой ящик обладает равномерной плотностью по всему объему, т. е.

$$\frac{Q}{V_0} = \gamma_0 = const, \tag{10}$$

где Q – масса плакированной смеси; V_0 – занимаемый объем в опоке или стержневом ящике; γ_0 – исходная плотность смеси, г/см^3.

Под действием давления прессования, при P = min, смесь уплотняется, но не течет, так как приложенное усилие недостаточно для перемещения и придания смеси эффекта течения. Причиной этому служат внутреннее трение составляющих плакированной смеси и внешнее – связанное с состоянием поверхности модели или стрежневого ящика, а также с высотой формы. При этом наблюдается изменение плотности формы по высоте с тенденцией уменьшения ее к низу формы от слоя 1 до n-го слоя.

Экспериментальные данные [2] показывают, что на распределение плотности смеси оказывает влияние не только расстояние от прессующего элемента (колодки) до низа цилиндрического стакана, но и содержание связующих и толщины плакированного слоя на поверхности частиц кварцевого песка. С их повышением происходит увеличение плотности, что наиболее заметно в близлежащих слоях смеси по отношению к прессовой колодке. Можно предположить, что отмеченное увеличение плотности смеси по высоте цилиндрического стакана связано с изменением коэффициента пористости, объемной и средней плотности формовочной смеси и связующих.

Выразив через μ_n^0 начальный коэффициент пористости, определяемый по формуле (6) по известным для данного состава формовочной смеси объемной плотности $\gamma_{об}$ и средней плотности γ, можно также написать, что

$$\mu_n^0 = \frac{\gamma - \gamma_{фс}}{\gamma_{фс}}.$$

Учитывая, что уменьшение коэффициента пористости при данном значении давления p_i будет равно $\frac{\Delta\sum V_{Пi}}{\sum V_M}$, можно написать следующее равенство:

$$\mu_n^i = \mu_n^0 - \frac{\Delta\sum V_{Пi}}{\sum V_M}. \tag{11}$$

Обозначив начальную высоту насыпки смеси через H_0, площадь поперечного сечения гильзы через S и приняв во внимание, что изменение пористости смеси $\sum V_{Пi}$ во всем образце смеси, испытываемом без возможности бокового расширения, численно равно произведению относительного уплотнения смесей на его объем, будем иметь

$$\sum V_{Пi} = S \cdot H_0. \tag{12}$$

Учитывая выражение (8), получим объем твердых частиц в объеме испытуемого образца смеси:

$$\sum V_M = \frac{1}{1+\mu_n^0} \cdot S \cdot H_0. \tag{13}$$

Подставляя полученные выражения (12) и (13) в (11), окончательно получим

$$\mu_n^i = \mu_n^0 - \left(1 - \mu_n^0\right)\frac{H_i}{H_0}. \tag{14}$$

Каждое новое значение коэффициента пористости после уплотнения под действием выбранного давления прессования определяется из выражения

$$\mu_n^1 = \mu_n^0 - \Delta\mu_n. \quad (15)$$

Таким образом, изменяя высоту образца плакированной смеси в процессе ее уплотнения, можно определить значение коэффициента пористости, соответствующее каждой ступени уплотнения.

Из вышеизложенного следует, что уплотняемость плакированной смеси при заданном давлении прессования равно

$$У = \frac{\Delta H}{H_0} = \frac{H_0 - H_p}{H_0} = \frac{\mu_n^0 - \mu_n^1}{1 + \mu_n^0}, \quad (16)$$

где $У$ – уплотняемость; H_0 – высота насыпки плакированной смеси; H_0 – высота образца смеси после прессования при заданном давлении.

Суммарный эффект уплотнения плакированной смеси можно характеризовать коэффициентом уплотнения:

$$K_{упл} = \frac{H_0}{H_p}. \quad (17)$$

Коэффициент уплотнения и плотность плакированной смеси связаны соотношением

$$\gamma_{пр} = \gamma_н \cdot K_{упл}, \quad (18)$$

где $\gamma_{пр}$ – плотность плакированной смеси после прессования; $\gamma_н$ – насыпная плотность смеси до прессования.

Следует отметить, что при определении уплотняемости плакированных смесей в замкнутом объеме минеральные частицы смесей перемещаются не только строго вдоль направления прессующего усилия, но и перетекают относительно друг друга и в других направлениях, вследствие чего происходит выравнивание плотности структуры во всем объеме. Таким образом, в уплотняемость включается и течение минеральных частиц относительно друг друга в замкнутом объеме, что способствует достижению более плотной структуры литейных форм и стержней.

Резюме. На основании выполненных теоретических исследований разработана методика определения уплотняемости плакированных смесей.

Многие ученые и теоретики в области металлургии сходятся во мнении, что определение уплотняемости, пористости, формовочных и стержневых смесей является основным критерием при получении качественных отливок, отвечающих современным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуляев, Б. Б.* Формовочные процессы / Б. Б. Гуляев, О. А. Корнюшкин, А. В. Кузин. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 264 с.

2. *Илларионов, И. Е.* Формовочные материалы и смеси : в 2 ч. Ч. 1 / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары : Изд-во ЧГУ, 1992. – 223 с.

3. *Илларионов, И. Е.* Формовочные материалы и смеси : в 2 ч. Ч. 2 / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары : Изд-во ЧГУ, 1995. – 288 с.

УДК 621.74

МЕТАЛЛОФОСФАТНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ И СМЕСИ, ОСОБЕННОСТИ ИХ ОТВЕРЖДЕНИЯ

METALPHOSPHATE BINDERS AND COMPOUNDS, PECULIARITIES OF CURING

И. Е. Илларионов[1], И. А. Стрельников[1], Н. В. Петрова[2], А. Ф. Журавлев[1], А. А. Моляков[2], С. Г. Макаров[2]

I. E. Illarionov[1], I. A. Strelnikov[1], N. V. Petrova[2], A. F. Zhuravlev[1], A. A. Molyakov[2], S. G. Makarov[2]

[1]Чебоксарский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина», г. Чебоксары,

[2]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Рассмотрены некоторые особенности применения металлофосфатных связующих и смесей и принципы управления их свойствами для получения отливок из черных и цветных металлов и сплавов.

Abstract. The article considers some peculiarities of application of metalphosphate binders and compounds and the principles for manipulating their properties to get ferrous and non-ferrous metals and alloys.

Ключевые слова: *технологический процесс, холоднотвердеющие смеси, металлофосфатные связующие и смеси, трепел, отходы металлургического производства, торф низкой степени разложения, теплоизоляционные покрытия, отливки.*

Keywords: *technological process, cold hardening mixtures, metalphosphate binders and mixtures, tripoli, metal production waste, peat of low degree of decomposition, low-conductivity coats, foundry goods.*

Актуальность исследуемой проблемы. В последние годы интенсивно ведутся разработки смесей для получения холоднотвердеющих смесей и смесей, отверждаемых при кратковременной тепловой обработке с использованием неорганических связующих на основе водных растворов ортофосфорной кислоты (ОК), алюмофосфатного (АФ), алюмоборфосфатного (АБФ), алюмохромфосфатного (АХФ), алюмомагнийфосфатного (АМФ) связующих, отверждаемых оксидами железа или магния. Широко применяются фосфатные смеси для изготовления литейных форм и стержней, отверждение которых происходит в холодной оснастке и при нагреве [2].

Разработано связующее для изготовления литейных форм и стержней, а также формовочных масс, содержащее в своем составе шлам конвертерного производства стали и обработку фосфатного раствора динамной стали. Сочетание 15–16 % ортофосфорной

кислоты с 40–85 % металлургической пыли (отходы производства при выплавке чугуна и стали в электродуговых печах, а также применение магнезитового и хромомагнезитового порошков совместно с жидким стеклом в виде водного раствора и огнеупорной массы) позволяет ускорить процесс отверждения металлофосфатной смеси.

Установлено, что активность фосфорной кислоты возрастает от SiO_2 к TiO_2, Al_2O_3, Zn_2O_2, Cr_2O_3, Fe_2O_3, CuO, FeO, MgO, CaO, BaO. Химическую активность жидкой фазы смесей уменьшают, используя вместо ортофосфорной кислоты металлофосфатные связующие, получаемые частичной нейтрализацией H_3PO_4 оксидами или гидроксидами алюминия, магния, цинка и других металлов.

В процессе приготовления смесей, формообразования, отверждения, выдержки, заливки, выбивки и охлаждения синтетические смоляные связующие и смеси выделяют высокотоксичные, канцерогенные вещества, отравляют окружающую среду (водный и воздушный бассейны), требуют установления специальной вытяжной вентиляции и 10–15-кратного обмена воздуха, а также обезвреживания или сжигания отходов производства отливок [2].

Для теплоизоляции прибылей отливок в формах из песчано-глинистых и других смесей авторами разработаны теплоизоляционные металлофосфатные смеси, отличающиеся наличием новых ингредиентов, а также высокими физико-механическими и теплоизоляционными свойствами [6], [7]. Использование металлофосфатных связующих в составах теплоизоляционных материалов, разработка методов их применения позволяют повысить свойства смесей, их термостойкость и улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

К настоящему времени исследованы закономерности проявления связующих свойств большого числа исходных металлофосфатных ингредиентов (порошка и жидкости). Установлены большие возможности влияния их химического состава на свойства готовых изделий. Считается, что связующие композиции формируются главным образом условиями протекания в их составах химических процессов, а не видом и природой исходных ингредиентов [11].

Для литейного производства рекомендуется множество металлофосфатных связующих композиций, анализ которых позволяет сформулировать их определение. Металлофосфатными связующими композициями являются такие системы, которые в исходном состоянии представляют собой порошки оксидов металлов и водный фосфатный раствор, содержащий фосфатные функциональные группы, обеспечивающие образование кристаллогидратов (гидратов) и, как следствие, твердение композиции. Однако в одних случаях твердение связующих композиций проявляется в нормальных условиях, а в других – требуется нагревание. Условия твердения фосфатных связующих композиций зависят от работы выхода электрона в оксиде и значения его ионного потенциала [12]. По этим величинам оксиды разделяются на три группы:

– медленно реагирующие оксиды с работой выхода электрона свыше 4,5 эВ (SiO_2, TiO_2, ZrO_2, AI_2O_3, Cr_2O_3, Co_2O_3), их твердение в сочетании с ортофосфорной кислотой происходит в результате нагрева;

– оксиды, реагирующие в нормальных условиях с образованием хороших связующих свойств и имеющие работу выхода электрона от 3,0 до 4,5 эВ (FeO, MgO, BeO, CuO), их твердение в сочетании с кислотой осуществляется без нагрева;

– бурно реагирующие оксиды с работой выхода электрона до 2 эВ (BaO, Na_2O, CaO), их твердение сопровождается сильным разогревом и образованием саморассыпающихся систем.

Чем меньше работа выхода электрона из оксида, тем он интенсивнее реагирует с ортофосфорной кислотой. Современная теория не позволяет пока точно вычислить работу выхода электрона в оксиде, являющемся основным компонентом металлофосфатных связующих композиций [10]. Поэтому представляет теоретический и практический интерес установление факторов, влияющих на работу выхода электрона из оксидов, так как знание этих факторов позволяет управлять твердением металлофосфатных связующих композиций через воздействие на работу выхода электронов из их компонентов. Работа выхода электрона из твердого тела наиболее полно изучена для металлов [10]. Она определяется кристаллографической структурой поверхности, причем, чем плотнее «упакована» грань кристалла, тем выше работа выхода электрона. Например, чистый вольфрам имеет работу выхода электрона, равную 4,3 эВ, а с гранью – 5,35 эВ. Здесь возрастание работы выхода в зависимости от плотности «упаковки» граней соответствует увеличению потенциала ионизации. Наименьшее значение работы выхода электронов (2 эВ) выявлено у щелочных металлов (К), а наибольшее (5,5 эВ) – у металлов группы Pt. Вместе с тем энергия, затрачиваемая на удаление электрона из вещества, наиболее чувствительна к дефектам структуры поверхности. Например, неупорядоченно расположенные атомы на плотно упакованной грани оксида уменьшают работу выхода электрона, поверхностные электроотрицательные примеси повышают энергию на удаление электрона, а поверхностные электроположительные – ее понижают. Существует также оптимальная концентрация примесей, при которой работа выхода электрона минимальна [10].

Таким образом, работа выхода электрона в оксиде в сочетании с фосфатным раствором является величиной, характеризующей способность металлофосфатной связующей композиции самопроизвольно твердеть. При таком твердении работа выхода электрона в оксиде является фактором интенсивности, а фактором экстенсивности служит масса оксида, связывающая фосфатный раствор в твердое состояние. Кроме того, избыток массы оксида препятствует как достижению равновесия в металлофосфатной связующей композиции, так и образованию кристаллогидратов, то есть в металлофосфатных связующих композициях с химическим взаимодействием высокая начальная массовая доля порошка оксида металла в фосфатном растворе (это соотношение условно обозначим как Т/Ж), химическое связывание фосфатного раствора и образование металлофосфатных кристаллогидратов с большой удельной поверхностью создают стесненные условия. По данным [2], [4], [5], [12], без стесненных условий металлофосфатных связующих композиций их твердение невозможно, ибо значительный избыток исходного порошка оксида обеспечивает непрерывный подвод в раствор вещества и при одновременном связывании жидкости в кристаллогидраты в связующей композиции создает условия для пересыщения и кристаллизации кристаллогидратов. Поэтому твердение связующей композиции возможно при условии, если Т/Ж в связующем больше некоторой критической величины (КВ), т. е. необходимы граничные значения:

$$Т/Ж >> КВ, \quad (1.1)$$

$$КВ << ТЖ < В_н, \quad (1.2)$$

где $В_н$ – некоторая величина.

Условие Т/Ж<$В_н$ не связано с твердением и является технологическим условием использования связующей композиции, которое известно под термином «живучесть». Живучесть металлофосфатных связующих композиций, по данным Л. Г. Судакаса [11], является практической кинетической характеристикой, которая определяет их применимость. Поэтому принципы управления свойствами металлофосфатных связующих композиций в нашей работе решались прежде всего относительно живучести – времени, в течение которого свойства связующей композиции (смеси) остаются неизменными или изменяются в пределах, допускающих осуществление процессов приготовления и уплотнения смесей. Изложенное подтверждается анализом уравнения А. Н. Колмогорова, впервые примененного В. Б. Ратиновым [8], [9] для описания свойств связующих композиций:

$$V_\tau = V_0(1 - e\frac{-\pi \cdot B_к c^3 \tau^4}{3}), \qquad (1.3)$$

где V_τ – закристаллизовавшаяся часть объема связующего в смеси за время τ; V_0 – начальный объем; B_K – вероятность образования центров кристаллизации; c – линейная скорость центра новой фазы.

Расчеты по уравнению (1.3) показывают, что величина V_τ / V_0 характеризует твердение связующих и, как следствие, их живучесть.

Общепринятого расчетного уравнения живучести связующих композиций (смесей) до сих пор не установлено. Известно, что живучесть $\tau_{ж}$ определяется индукционным периодом твердения [3], а ее показатель устанавливается выражением [1]:

$$K_{ж} = \frac{\tau_{ж}}{\tau_{м}}, \qquad (1.4)$$

где $\tau_м$ – время достижения смесью «манипуляторной» прочности.

Смесь оптимальна, если $K_{ж} \to 1$ [3]. Требуемое соотношение устанавливается путем подбора состава металлофосфатного связующего.

Материал и методика исследований. В качестве связующего формовочных и стержневых смесей, а также теплоизоляционных смесей применялись фосфаты алюминия и магния, магнийалюмофосфатное (МАФ), АХФ и другие связующие.

Предлагаются к применению новые запатентованные составы теплоизоляционных металлофосфатных смесей [6], [7], служащие для теплоизоляции прибылей отливок. Исследование ([6], [7]) направлено на улучшение физико-механических и теплоизоляционных свойств теплоизолирующей смеси. Смесь содержит АХФ связующее ТУ 6-18-166-83 в количестве 3–5 %, отход вагранoчного производства (состав мас. %: SiO_2 40–50, CaO 18–25, Al_2O_3 9–18, FeO 4–8, MnO 2–5, MgO 1–4, S 0,05–0,1) и дополнительно трепел при следующем соотношении компонентов (мас. %): АХФ связующее – 8–12, трепел – 5–10, отход вагранoчного производства – остальная часть. Предлагаемый состав отличается введением в смесь трепела Первомайского месторождения Алатырского района Чувашской Республики. В результате приготовления смеси трепел природного происхождения за счет порошкообразной структуры совместно с фосфатным связующим образует массу, которая обволакивает частицы отхода вагранoчного производства, обеспечивает хорошую формуемость смеси и термостабильность при оптимальном расходе связующего. Теплоизоляционную смесь готовят следующим образом: отход вагранoчного производст-

ва, металлофосфатное связующее и трепел в указанных по результатам исследований количествах загружают в смеситель и перемешивают в течение 5–10 мин. Отверждение образцов производят в печи при температуре 150–200 °С в течение 20–40 мин.

Результаты исследований и обсуждение. Для холоднотвердеющих смесей и смесей, отверждаемых при кратковременной тепловой обработке, применяемых в литейном производстве, разработаны и находятся в стадии широкого внедрения МАФ, АФ, АБФ и другие фосфатные связующие, представляющие собой водный раствор фосфатов магния, алюминия, бора, цинка, кальция и других металлов, которые отверждаются пылью (отходом) электросталеплавильного производства, трифолином, крокусом и другими оксидами [1]. Отвердителями служат мелкодисперсные порошки (с удельной поверхностью 250–550 $м^2$/кг), содержащие оксиды основного металла (железа, магния, цинка и др.), а в случае кратковременной подсушки при температуре 180–250 °С не требуется наличия отвердителей. Разработанные металлофосфатные связующие обладают длительным сроком хранения (не менее 6 месяцев), низкой стоимостью (по сравнению с синтетическими связующими) и экологической безопасностью. Предлагаемая технология обеспечивает соблюдение санитарно-гигиенических условий труда, высокую термостойкость, низкую газотворную способность (не более 5 $см^3$ на 1 г смеси при температуре 950 °С).

Смеси, содержащие 3,5 мас. части связующего и 2,5–3,0 мас. части порошкообразного отвердителя, имеют определенные физико-механические и технологические свойства (табл. 1). В качестве порошкообразного отвердителя применяли отход электросталеплавильного производства Чебоксарского завода промышленных тракторов, улавливаемый системой «Бейкхауз». В качестве металлофосфатных связующих применялись АФ, АМФ, алюмокальциймагнийфосфатные и другие связующие и ОК. Синтез металлофосфатных связующих проводили в литейной лаборатории кафедры «Технология конструкционных материалов и литейное производство» Чебоксарского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина». В табл. 1 приведены свойства холоднотвердеющих смесей (ХТС) с некоторыми фосфатными связующими.

Данные смеси прошли производственные испытания в условиях Чебоксарского завода промышленных тракторов. Для изготовления смеси могут быть использованы смесители любых типов как отечественного, так и зарубежного производства. Желательно производить предварительное смешивание необходимой доли отходов электросталеплавильного производства с кварцевым песком или другим наполнителем, т. е. необходимо предварительно приготовить базовую смесь, которая при необходимости будет смешиваться с металлофосфатными связующими (плакирование песка) и выпускаться из смесителей, готовая к употреблению для ХТС.

Время приготовления смеси 3–5 мин. Смеси не имеют запаха, так как не содержат вредных, токсичных и отравляющих веществ. В составе металлофосфатных связующих отсутствуют фенол, формальдегид и другие токсичные вещества.

Смесь хорошо выбивается (высыпается) из внутренних полостей отливок. Полученные отливки не имеют поверхностных дефектов. Ввиду того, что смесь обладает высокой термостойкостью, отливки получаются без пригара.

Применение данного технологического процесса позволяет уменьшить брак отливок по пригару, ситовидной и газовой пористости, горячим трещинам и другим дефектам. Выбиваемость смесей находится на уровне песчано-глинистых смесей.

Таблица 1

Технологические и физико-механические свойства ХТС

Характеристики	Компоненты		
	Ортофосфорная кислота	**Алюмомагний-фосфатное связующее**	**Алюмофосфатное связующее**
Содержание в смеси, %	3,5	3,5	3,5
Влажность смеси, %	1,5	1,5	1,5
Живучесть, мин	6–8	8–12	10–15
Газопроницаемость, ед.	свыше 200	свыше 200	свыше 200
Осыпаемость, %	0,1	0,03	0,05
Прочность при растяжении, кгс/см^2			
через 0,5 ч	3,5	1,0	1,6
через 1,0 ч	4,2	2,4	4,4
через 4,0 ч	7,5	8,5	9,6
через 24,0 ч	8,0	13,6	9,1
Прочность на изгиб, кг			
через 0,5 ч	2,0	1,3	1,6
через 1,0 ч	3,8	2,4	4,5
Деформация при изгибе, мм, через 0,5 ч	0,19	1,25	0,51
Газотворность смеси при 1200 °С, см^3/г	меньше 2	меньше 2	меньше 2

Для приготовления ХТС можно применять обогащенные и необогащенные (глинистые) пески.

Варьируя соотношение «связующее – отвердитель», можно изменять живучесть смеси и прочность на различных этапах отверждения.

Внедрение разработанного технологического процесса возможно на любых машиностроительных и металлургических предприятиях страны.

В качестве отвердителей фосфатных ХТС успешно можно применять и отходы металлургического (кузнечного, прокатного, кислородно-конверторного) и других производств определенной дисперсности и влажности с заданным химическим составом.

Согласно техническим условиям МАФ связующее имеет следующий химический состав: фосфорный ангидрид – 38–42 %, оксид магния – 4,5–5,5 %, оксид алюминия – 4,0–5,0 % [2].

Разработанные технологии [6], [7] приготовления теплоизоляционных смесей на основе металлофосфатных связующих обладают существенным преимуществом по сравнению с известными аналогами теплоизоляционных смесей. Подобранная совокупность компонентов и их количественные соотношения обеспечивают увеличение теплоизолирующего эффекта смеси при достаточных физико-механических свойствах, необходимых для изготовления теплоизоляционной оболочки. Свойства улучшаются за счет порошкообразной структуры трепела и торфа низкой степени разложения для повышения теплоизоляционных характеристик и содержания в нем оксидов различных металлов, которые хорошо совместимы с оксидами, находящимися в вагранoчном шлаке, что способствует повышению теплостойкости смеси. Наиболее приемлемыми для изготовления теплоизоляционных смесей, как показывает практика, являются металлофосфатные связующие – АХФС и МАФС. Они обладают высокой термостойкостью, стабильностью свойств, низкими токсичностью, газотворностью и осыпаемостью [2], [6], [7].

Резюме. Разработанные и предлагаемые металлофосфатные связующие и смеси для получения отливок из черных металлов и сплавов, а также теплоизоляционные смеси для утепления прибылей отливок обладают хорошими физико-механическими, технологическими и теплоизоляционными свойствами. При этом улучшается экологическая обстановка в литейных цехах за счет утилизации отходов металлургического производства и снижается себестоимость получаемых отливок в результате использования промышленных отходов, природного трепела и металлофосфатных связующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жуковский, С. С.* Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей / С. С. Жуковский, А. М. Лясс. – М. : Машиностроение, 1978. – 224 с.

2. *Илларионов, И. Е.* Металлофосфатные связующие и смеси / И. Е. Илларионов, Е. С. Гамов, Ю. П. Васин, Е. Г. Чернышевич. – Чебоксары : Изд-во ЧГУ, 1995. – 524 с.

3. *Илларионов, И. Е.* Разработка интенсивных технологий и оптимизация составов активированных песчано-глинистых и фосфатных смесей : автореф. дис. … д-ра тех. наук : 05.16.04 / И. Е. Илларионов. – Л., 1989. – 40 с.

4. *Копейкин, В. А*. Огнеупорные растворы на фосфатных связующих / В. А. Копейкин, В. С. Климентьева, В. Л. Красный. – М. : Металлургия, 1986. – 102 с.

5. *Копейкин, В. А.* Материалы на основе металлофосфатов / В. А. Копейкин, А. П. Петрова, Н. Л. Рашкован. – М. : Химия, 1976. – 200 с.

6. *Патент* 2356688 Российская Федерация. Теплоизоляционная смесь для утепления прибылей отливок / И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников, Н. В. Петрова, А. Ф. Журавлев ; заявители и патентообладатели. – Заявл. 15.09.2009 ; опубл. 27.05.2010. Бюл. № 15.

7. *Патент* 2455108 Российская Федерация. Теплоизоляционная смесь для утепления прибылей отливок / И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников, А. Ф. Журавлев ; заявители и патентообладатели. – № 2011117816/02 ; заявл. 03.05.2011 ; опубл. 10.07.2012. Бюл. № 19.

8. *Ратинов, В. Б.* Химия в строительстве / В. Б. Ратинов, Ф. М. Иванов. – М. : Стройиздат, 1969. – 200 с.

9. *Ратинов, В. Б.* Добавки в бетон / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг. – М. : Стройиздат, 1973. – 207 с.

10. *Советский* энциклопедический словарь. – М. : Советская энциклопедия, 1983. – 1600 с.

11. *Судакас, Л. Г.* Теория и практика управления свойствами фосфатных вяжущих систем : автореф. дис. … д-ра тех. наук : 05.17.11 / Л. Г. Судакас. – Л., 1984. – 35 с.

12. *Сычев, М. М.* Твердение вяжущих веществ / М. М. Сычев. – Л. : Стройиздат, 1974. – 80 с.

УДК 539.374

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В АНИЗОТРОПНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ПЛАСТИНЕ ПРИ РАВНОМЕРНОМ РАСТЯЖЕНИИ

ON DETERMINING DISPLACEMENT IN ANISOTROPIC RING PLATE AT UNIFORM STRETCH

А. П. Кержаев

A. P. Kerzhaev

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Рассматривается равномерное растяжение тонкой кольцевой пластины, ограниченной двумя окружностями радиусов a и b. Материал предполагается упругоидеальнопластическим, в пластической области имеет место трансляционная анизотропия. В нулевом и первом приближениях определено перемещение в упругой и пластической областях.

Abstract. The article considers the uniform stretch of thin circular plate limited to two circles of radiuses a and b. The material is supposed to be elastic and perfectly plastic, translational anisotropy takes place in plastic area. The displacement in elastic and plastic areas in zeroth and first approximations is determined.

Ключевые слова: *перемещение, упругость, пластичность, трансляционная анизотропия, равномерное растяжение, кольцевая пластина.*

Keywords: *displacement, elasticity, plasticity, translational anisotropy, uniform stretch, circle plate.*

Актуальность исследуемой проблемы. Задачи определения упругопластического напряженно-деформированного состояния тел вблизи отверстий, полостей и других концентраторов напряжений с учетом трансляционной анизотропии принадлежат к числу актуальных в машиностроении, строительной механике, горном деле, при расчете элементов конструкций, работающих в условиях предельных нагрузок.

Материал и методика исследований. В работе используется фундаментальный материал по теории идеальной пластичности и метод малого параметра.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассмотрим деформированное состояние анизотропной кольцевой пластины под действием равномерных растягивающих усилий. Напряженное состояние рассмотрено в работе [2].

Определим перемещение в пластической и упругой областях. Характер изменения деформированного состояния в процессе нагружения представляется следующим образом: вначале возрастают упругие деформации; затем, когда граница упругопластического состояния материала достигает некоторой области тела, процесс изменения упругих деформаций в ней переходит при дальнейшем возрастании нагрузок в пластическую деформацию.

Ранее в работе [3] был рассмотрен вариант анизотропии по Мизесу–Хиллу. В настоящей работе предложен вариант трансляционной анизотропии.

Для определения перемещений u и v предполагаем для нулевого приближения одной из компонент значение $v^{(0)} = 0$.

Согласно [1] и [2] определим перемещение в упругой зоне. Будем считать материал несжимаемым, коэффициент Пуассона $\mu = \frac{1}{2}$,

$$u^{(0)e} = \frac{1}{2\left(\beta^2 - 1\right)E}\left[\left(q\beta^2 - 1 + \frac{\alpha}{\rho}\right)\rho + 3\left(q - 1 + \frac{\alpha}{\rho}\right)\frac{\beta^2}{\rho}\right],\ v^{(0)e} = 0, \tag{1}$$

где E – безразмерный модуль упругости, отнесенный к пределу текучести $2k$.

В пластической зоне согласно [2] из ассоциированного закона имеем

$$e_\rho^{(0)p} = \lambda\frac{\partial f}{\partial \sigma_\rho} = 0,\ e_\theta^{(0)p} = \lambda\frac{\partial f}{\partial \sigma_\theta} = \lambda. \tag{2}$$

Для упругих деформаций имеют место соотношения

$$e_\rho^e = \frac{1}{E}\left(\sigma_\rho - \frac{1}{2}\sigma_\theta\right),\ e_\theta^e = \frac{1}{E}\left(\sigma_\theta - \frac{1}{2}\sigma_\rho\right),\ e_{\rho\theta}^e = \frac{\tau_{\rho\theta}}{2G}. \tag{3}$$

На основе общей теории [2] из соотношений (3) находим

$$e_\rho^{(0)e} = \frac{1}{2E}\left(1 - \frac{2\alpha}{\rho}\right),\ e_\theta^{(0)e} = \frac{1}{2E}\left(1 + \frac{\alpha}{\rho}\right). \tag{4}$$

Из общей теории деформации [1] имеем

$$e_\rho = \frac{\partial u^{(n)}}{\partial \rho},\ e_\theta = \frac{1}{\rho}\frac{\partial v^{(n)}}{\partial \theta} + \frac{u^{(n)}}{\rho},\ e_{\rho\theta} = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial v^{(n)}}{\partial \rho} - \frac{v^{(n)}}{\rho} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial u^{(n)}}{\partial \theta}\right]. \tag{5}$$

Тогда из (5) в нулевом приближении получаем

$$e_\rho^{(0)} = \frac{\partial u^{(0)}}{\partial \rho}, e_\theta^{(0)} = \frac{u^{(0)}}{\rho}, e_{\rho\theta}^{(0)} = 0. \tag{6}$$

Далее соотношения (2), (4), (6) позволяют найти компоненты перемещения в пластической области

$$u^{(0)p} = \frac{1}{2E}\left[\rho - 2\alpha\ln\rho\right] + C,\ v^{(0)p} = 0. \tag{7}$$

Условия сопряжения на упругопластической границе имеют вид

$$u^p\Big|_{\rho=1} = u^e\Big|_{\rho=1};\ v^p\Big|_{\rho=1} = v^e\Big|_{\rho=1}. \tag{8}$$

Следовательно, в пластической области с учетом условий сопряжения (8), из (1) и (7) получаем

$$u^{(0)p} = \frac{1}{2E}\left[\rho - 2\alpha\ln\rho\right] + \frac{1}{2\left(\beta^2 - 1\right)E}\left[4q\beta^2 + 3\alpha\beta^2 + \alpha - 4\beta^2\right],\ v^{(0)p} = 0. \tag{9}$$

Из (2), (4), (6) определяем $\lambda^{(0)}$:

$$\lambda^{(0)} = \frac{1}{2E}\left[-\frac{2\alpha\ln\rho}{\rho} - \frac{\alpha}{\rho}\right] + \frac{1}{2\left(\beta^2 - 1\right)E\rho}\left[4q\beta^2 + 3\alpha\beta^2 + \alpha - 4\beta^2\right]. \tag{10}$$

Рассмотрим первое приближение в упругой и пластической областях.

Для упругой области согласно общей теории [1] и [2] перемещения $u^{(I)e}$, $v^{(I)e}$ в первом приближении будут

$$u^{(I)e} = -\frac{(1-\alpha)(k_1' + k_2')}{2(\beta^2 - 1)E}\left[(1-\mu)\rho + (1+\mu)\frac{\beta^2}{\rho}\right] + \frac{\beta}{E}\left[-2(1+\mu)\tilde{C}_1\frac{\rho}{\beta} + \right.$$

$$\left. + 2(1+\mu)\tilde{C}_2\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{-3} - 4\mu\tilde{C}_3\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{3} + 4\tilde{C}_4\frac{\beta}{\rho}\right](1 - 3\alpha + 2\alpha^2)P'\cos 2(\theta+\mu) +$$

$$+ \frac{\beta}{E}\left[-2(1+\mu)\overline{C}_1\frac{\rho}{\beta} + 2(1+\mu)\overline{C}_2\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{-3} - 4\mu\overline{C}_3\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{3} + 4\overline{C}_4\frac{\beta}{\rho}\right](\alpha^2 - 1)P'\cos 2(\theta+\mu), \quad (11)$$

$$v^{(I)e} = \frac{\beta}{E}\left[2(1+\mu)\tilde{C}_1\frac{\rho}{\beta} + 2(1+\mu)\tilde{C}_2\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{-3} + (6+2\mu)\tilde{C}_3\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{3} + (-2+2\mu)\tilde{C}_4\frac{\beta}{\rho}\right]\times$$

$$\times(1 - 3\alpha + 2\alpha^2)P'\sin 2(\theta+\mu) + \frac{\beta}{E}\left[2(1+\mu)\overline{C}_1\frac{\rho}{\beta} + 2(1+\mu)\overline{C}_2\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{-3} + (6+2\mu)\overline{C}_3\left(\frac{\rho}{\beta}\right)^{3} + \right.$$

$$\left. + (-2+2\mu)\overline{C}_4\frac{\beta}{\rho}\right](\alpha^2 - 1)P'\sin 2(\theta+\mu),$$

где

$$\tilde{C}_1 = \frac{-1 + 2\beta^2 - \beta^{-4}}{2N},\ \tilde{C}_2 = \frac{-3 + 2\beta^2 + \beta^4}{6N}\beta^{-4},$$

$$\tilde{C}_3 = \frac{-3 + 2\beta^{-2} + \beta^{-4}}{6N}\beta^2,\ \tilde{C}_4 = \frac{-1 + 2\beta^{-2} - \beta^4}{2N}\beta^{-2}.$$

$$\overline{C}_1 = \frac{4 - 4\beta^2}{4N},\ \overline{C}_2 = \frac{4\beta^2 - 4\beta^4}{12N}\beta^{-4},$$

$$\overline{C}_3 = \frac{3 - 4\beta^{-2} + \beta^{-4}}{12N}\beta^2,\ \overline{C}_4 = \frac{-1 + \beta^4}{2N}\beta^{-2}.$$

В пластической зоне на основании [2] и ассоциированного закона имеют место следующие соотношения:

$$\begin{aligned} e_\rho &= e_\rho^p = \lambda[\sigma_\theta - A + P'\cos 2(\theta+\mu)], \\ e_\theta &= e_\theta^p = \lambda[\sigma_\rho - A - P'\cos 2(\theta+\mu)], \\ e_{\rho\theta} &= e_{\rho\theta}^p = \lambda[P'\sin 2(\theta+\mu) - \tau_{\rho\theta}]. \end{aligned} \quad (12)$$

Подставляя в соотношения (12) выражения разложений по малому безразмерному параметру δ величин λ, σ, τ, получаем компоненты деформации в первом приближении

$$\begin{aligned} e_\rho^{(I)p} &= \lambda^{(0)}\left(\sigma_\theta^{(I)} + P'\cos 2(\theta+\mu)\right), \\ e_\theta^{(I)p} &= \lambda^{(0)}\left(\sigma_\rho^{(I)} - P'\cos 2(\theta+\mu)\right) + \lambda^{(I)}\left(\sigma_\rho^{(0)} - 1\right), \\ e_{\rho\theta}^{(I)p} &= \lambda^{(0)}\left(P'\sin 2(\theta+\mu) - \tau_{\rho\theta}^{(I)}\right). \end{aligned} \quad (13)$$

На основании общей теории [1] из (5) с учетом (3) и (13) получаем дифференциальные уравнения для определения перемещения в пластической области в первом приближении

$$\frac{\partial u^{(I)}}{\partial \rho} = \frac{1}{2E}\left[\left(1-\frac{\alpha}{\rho}\right)\left(k_1' + k_2'\right) + 2\left(\frac{3}{2} - \frac{3\alpha}{\rho} + \frac{2\alpha^2}{\rho^2}\right)P'\cos 2(\theta+\mu) - \right.$$

$$\left. - \frac{k_1' + k_2'}{2}\right] + \left(\frac{1}{2E}\left(-\frac{2\alpha\ln\rho}{\rho} - \frac{\alpha}{\rho}\right) + \frac{1}{2\left(\beta^2-1\right)E\rho}\left(4q\beta^2 + 3\alpha\beta^2 + \alpha - 4\beta^2\right)\right)\frac{k_1' + k_2'}{2}, \tag{14}$$

$$\frac{\partial v^{(I)}}{\partial \rho} - \frac{v^{(I)}}{\rho} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial u^{(I)}}{\partial \theta} = P'\sin 2(\theta+\mu)\left(\frac{1}{G}\left(\frac{\alpha^2}{\rho^2} - 1\right) + \left(\frac{1}{E}\left(-\frac{2\alpha\ln\rho}{\rho} - \frac{\alpha}{\rho}\right) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{\left(\beta^2-1\right)E\rho}\left(4q\beta^2 + 3\alpha\beta^2 + \alpha - 4\beta^2\right)\right)\left(2 - \frac{\alpha^2}{\rho^2}\right)\right).$$

Из уравнений (14) определяются компоненты перемещения в пластической области в первом приближении.

$$u^{(I)p} = C_1(\theta) + \frac{1}{4E}\left(\rho - 3\alpha\ln\rho - \alpha\ln^2\rho + 2C\ln\rho\right)\left(k_1' + k_2'\right) +$$

$$+ \frac{1}{E}\left(\frac{3\rho}{2} - 3\alpha\ln\rho - \frac{2\alpha^2}{\rho}\right)P'\cos 2(\theta+\mu), \tag{15}$$

$$v^{(I)p} = C_2(\theta)\rho - \frac{P'\sin 2(\theta+\mu)}{EG}\left(-3G\rho\ln\rho - 10G\alpha\ln\rho + \right.$$

$$\left. - 12G\alpha - \frac{2G\alpha^2}{\rho} + \frac{E\alpha^2}{2\rho} + E\rho\ln\rho + \frac{2}{3\rho^2}G\alpha^3\ln\rho + \frac{5}{9\rho^2}G\alpha^3 + 4GEC - \frac{2}{3\rho^2}GEC\alpha^2\right),$$

где

$$C = \frac{1}{2\left(\beta^2-1\right)E}\left[4q\beta^2 + 3\alpha\beta^2 + \alpha - 4\beta^2\right].$$

Из (11), (15) и условий сопряжения (8) определяются коэффициенты $C_1(\theta)$ и $C_2(\theta)$. Таким образом, деформированное состояние полностью определено.

Резюме. Решена задача о деформированном состоянии анизотропной кольцевой пластины под действием равномерных растягивающих усилий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивлев, Д. Д.* Метод возмущений в теории упругопластического тела / Д. Д. Ивлев, Л. В. Ершов. – М. : Наука, 1978. – 208 с.

2. *Кержаев, А. П.* Упругопластическое состояние тонкой кольцевой пластины при наличии трансляционной анизотропии при равномерном растяжении / А. П. Кержаев // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2012. – № 2 (12). – С. 95–101.

3. *Павлова, Т. Н.* Упругопластическое состояние тонкой пластины из анизотропного материала, ослабленной отверстием под действием растягивающих усилий / Т. Н. Павлова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева.– 2010. – № 2 (66). – С. 112–122.

УДК 536.46

ДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ В ПРОДУКТАХ ГОРЕНИЯ ПОРОХОВ

DISPERSED PARTICLES IN GUNPOWDER COMBUSTION PRODUCTS

С. И. Ксенофонтов, А. Н. Лепаев

S. I. Ksenofontov, A. N. Lepaev

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Приведены режимы горения частиц алюминия и титана в фейерверочном пламени с образованием оксидов и нитридов металлов. Показано, что при гетерогенном горении в крупных частицах-комплексах, содержащих металл и окислитель, образуется жидкая фаза нитрида металла, а в парофазном пламени – как частицы оксида, так и нитрида металлов.

Abstract. The combustion modes of aluminium and titanium particles in fireworks flame with the formation of metal oxides and nitrides are given. It is shown that the liquid phase of metal nitride is formed large particle complexes in heterogeneous combustion. And the particles of oxide and metal nitride are formed in vapour-phase flame.

Ключевые слова: *форс, пламя, частица, оксид, нитрид.*

Keywords: *force, flame, particle, oxide, nitride.*

Актуальность исследуемой проблемы. В кислородосодержащей окислительной среде металл, сгорая, образует оксиды. Например, порошок алюминия образует почти сферические частицы оксида алюминия. Высокодисперсный дым оксида магния образуется при горении частиц магния. При этом частицы кубической формы образуются из паровой фазы [5]. Другие окислители с металлом могут образовать газообразные продукты.

В азотосодержащей среде возможно образование нитридов металлов. Образование нитридов металлов зависит от природы металла. Например, нитрид железа в пламени не образуется, так как эта реакция почти не экзотермична. Нитрид магния при высокой температуре является неустойчивым соединением. Алюминий и титан, которые часто используются в качестве энергетических добавок к топливам, могут образовать нитриды [10].

В среде, в которой содержатся в качестве окислителей кислород и азотосодержащие соединения, возможно образование как оксидов, так и нитридов металлов. Скорость той или иной реакции определяется главным образом гетерогенностью системы, температурой среды и энергией активации той или другой реакции.

Материал и методика исследований. В работе изучалось горение легких металлов в азотосодержащей среде в присутствии активного кислорода. Данная система выступает как искристо-форсовые пламена. Горение частиц металла в фейерверочных пламенах изучено недостаточно полно. Искристо-форсовые пламена выделяют в особую группу фейерверочных пиротехнических составов [1].

Металлическое горючее с окислителем помещается в пороховую массу. Металлическая частица в составе пороха горит не так, как в газовой однородной окислительной среде. Это прежде всего связано с изменением температуры и химического состава пламени, как по высоте, так и в радиальном направлении. Частица, двигаясь по потоку, проходит все стадии изменения свойств продуктов горения и вынуждена изменить режим своего горения. Изменение режима горения частицы происходит с некоторым временным сдвигом.

При механической мешке состава возможно равномерное по объему распределение частиц всех компонентов. На самом деле вероятность осуществления данной ситуации не велика. Чаще всего возможны другие варианты. В одном из вариантов одиночная частица металла или окислителя окружена частицами пороха, в другом – несколько частиц металла или окислителя окружены частицами пороха, в третьем – частицы металла и окислителя вперемешку окружены частицами пороха. В последнем варианте соотношение между числом частиц металла и окислителя может меняться. В качестве матрицы может служить пироксилиновый порох [9].

Основной состав содержит 52 % пироксилинового пороха в виде зерен, 25 % порошка алюминия (ПА-2), 15 % калиевой селитры, 8 % порошка магния (МПФ-4). Технологические добавки, которые входят сверх ста процентов, не превышают 2 % по массе. Готовый состав запрессовывался в картонную оболочку под удельным давлением 1500 кГ/см^2. Сжигание образцов проводилось при комнатных условиях.

Результаты исследований и их обсуждение. Количество пороха в составе достаточно большое по массе, а по объему соотношение пороха к остальным компонентам увеличивается в сторону пороха. По этой причине матрицей состава является порох, а остальные компоненты являются добавками. Упаковка частиц металла и окислителя в такой системе удовлетворяет теории «карманов» [9]. Пламя искристо-форсового состава протяженностью ~1,6 м состоит из трех составляющих: яркого пламени пироксилина и одиночных частиц металла высотой ~0,3 м; форса, представляющего собой сноп крупных горящих частиц; дымки, заполняющей пространство между частицами форса. В работе применены оптические методы диагностики пламени с применением современных компьютерных технологий и контактные методы пробоотбора с последующим микроскопическим анализом продуктов сгорания [6], [7].

Температура поверхности горения пироксилинового пороха при нормальных условиях составляет T = 552 K [5]. При этой температуре порох сильно газифицируется и диспергирует. Дисперсные частицы пороха выгорают на некоторой высоте над поверхностью горения. По мере движения по потоку продукты разложения пороха претерпевают изменения. В пламени обнаружены молекулы и радикалы: CO_2, CO, C_2, CN, NO, H_2, O_2, OH, N_2, NH. Максимальная температура пламени пороха достигается на высоте нескольких сантиметров и составляет 1850 K [5]. С повышением давления максимальная температура повышается до 2400 K. В интервале давлений 1–30 атм состав продуктов горения и температура пламени пороха сильно отличаются от равновесного. При низких давлениях имеет место неполнота сгорания, когда содержание окиси азота в продуктах на несколько порядков превосходит равновесное [5]. Самым медленным химическим процессом при горении пороха является расходование азота.

Добавки металлического магния могут значительно повысить температуру пламени пороха, так как для воспламенения частиц магния температура достаточная. Для данного состава достигнута максимальная температура 2300 K. Одиночные частицы алюминия на поверхности горения пороха еще не способны воспламениться ($T_{воспл}$ = 1400 K), но по-

верхностное окисление частиц происходит. Воспламенение частиц несколько запаздывает по температуре из-за увеличения толщины окисного слоя. Одиночные частицы алюминия ($\overline{d_p} \approx 172$ мкм) сгорают в пламени пороха. Основными продуктами горения являются частицы оксида алюминия размерами 10÷25 мкм и нитрида алюминия примерно таких же размеров. В работах [2], [5], [8] наличие частиц нитридов металлов не отмечено. В экспериментах, проведенных А. П. Ильиным [3], [4], в азотосодержащей среде (в воздухе) отмечено образование нитрида алюминия.

Пробоотбор, проведенный методом проноса стеклянной подложки над пламенем, позволил обнаружить частицы нитрида алюминия в виде прозрачных объектов. Фотографии участков подложки приведены на рис. 1. В отраженных лучах (рис. 1 а) видны непрозрачные частицы, а в проходящем поляризованном свете того же участка (рис. 1 б) обнаруживается множество прозрачных частиц. Образование нитрида магния и сохранение его как частицы маловероятно, так как при температуре 1773 К он распадается [10].

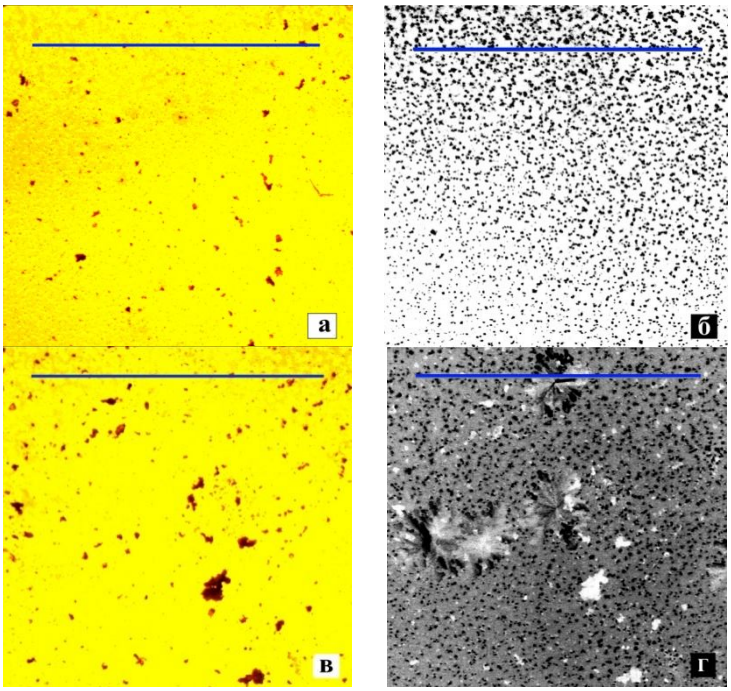
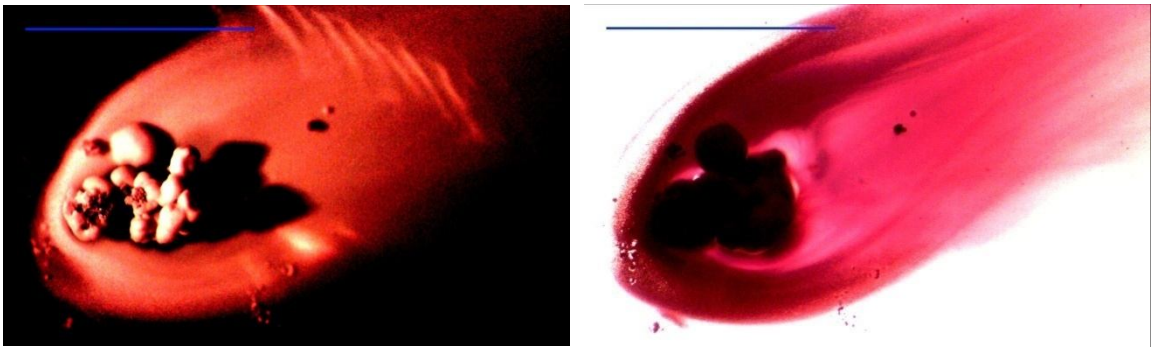


Рис. 1. ***Участки поверхности пробоотборника: а, в – в отраженном свете, б, г – в проходящем поляризованном свете. Длина реперной линии 1 мм***

Наличие дополнительного окислителя (KNO_3) в пламени пироксилинового пороха повышает химическую активность среды. Разложение соли калия начинается при температуре 673 К. Однако из-за сильной газификации пороха часть частиц выносится в пламя, где процесс разложения частиц продолжается. В процессе разложения образуется облако пара окислителя, где химическая активность среды высокая. Скорость же химических реакций парообразного окислителя и горючего ограничивается диффузионными потоками окислителя и горючего. На поверхности пробоотборника можно обнаружить процессы сублимации окислителя в виде поверхностных кристаллов причудливой формы, визуализируемых в поляризованном свете (рис. 1 г).

Крупные частицы-комплексы, состоящие из множества одинаковых металлических частиц, ведут себя в пламени по-иному. Теплоемкость таких крупных образований значительна, а внешняя поверхность частицы, определяющая теплообмен с газовой средой, небольшая. С увеличением числа частиц в комплексе внешняя поверхность стремится к поверхности некоторой сферы, огибающей внешние контуры комплекса. При движении через высокотемпературное пламя происходит нагрев комплекса. Частицы металла, особенно с внешней стороны комплекса, оплавляются, принимая почти сферическую форму, скрепляются между собой. Часть частиц при этом воспламеняется. Диффузионное пламя образуется на некотором отдалении от частицы-комплекса. Внешние размеры пламени светящейся частицы составляют 2÷3 мм. Яркостная температура светящейся частицы, измеренная фотопирометрическим методом [6], оказалась равной 1540÷1610 К, независимо от координаты нахождения частицы в пламени. Частицы, находящиеся внутри основного потока и выпавшие из него, имеют одну и ту же температуру.

Продукты горения образуют облако, состоящее из более мелких частиц, концентрация которых меняется вдоль радиуса пламени. Ширина зоны конденсации вновь рождаемых (дочерних) частиц значительна. По своим физическим свойствам эти частицы делятся на две группы. Одни частицы являются сильно поглощающими свет объектами, другие – оптически прозрачны и могут быть обнаружены только в поляризованном свете. Область локализации частиц вдоль радиуса также различна, например, первые частицы находятся на значительном расстоянии, и их концентрация уменьшается с уменьшением расстояния от частицы, а концентрация прозрачных частиц почти постоянна. Непосредственно у поверхности частицы-комплекса концентрация дочерних частиц почти минимальна.



а) б)

Рис. 2. ***Участок поверхности пробоотборника: а – в отраженном свете, б – в проходящем поляризованном свете. Длина реперной линии 1 мм***

Симметричное пламя, характерное для многих изученных частиц, наблюдается в основном потоке. Частицы, выпавшие из основного потока, продолжают гореть, образуя несимметричное пламя. По этой причине такое крупное образование начинает вращаться, оставляя за собой спиралевидный светящийся трек. Частицы, горящие более активно, создают свои потоки паров, которые выделяются в общем потоке вокруг частицы-комплекса. Эти особенности возможно выделить лишь в проходящем поляризованном свете (рис. 2 а, б). По мере выгорания металла парциальное давление паров металла уменьшается, уменьшается и концентрация дочерних дисперсных частиц вокруг частицы-комплекса.

Частицы-комплексы, имеющие почти равное количество частиц металла и окислителя, сгорают со своими отличиями. При прохождении высокотемпературной зоны частица воспламеняется, и горение происходит как с образованием диффузионного пламени вокруг нее, так и гетерогенно внутри и на поверхности комплекса. При этом на поверхности комплекса создается куполообразная поверхность продуктов сгорания, по внешней форме похожая на часть сферической поверхности (рис. 3 а). С другого конца частицы-комплекса накапливается прозрачная жидкая масса. Центр массы такого комплекса всегда смещен в сторону жидкой массы. Площадь сферической поверхности по мере выгорания металла увеличивается. Купол, вырастая, образует почти сферическую частицу. При контакте с пробоотборником происходит изменение формы сферы независимо от размера частицы. Верхняя часть сферы деформируется, прогибается вовнутрь, образуя вмятину неправильной формы (рис. 3 б).

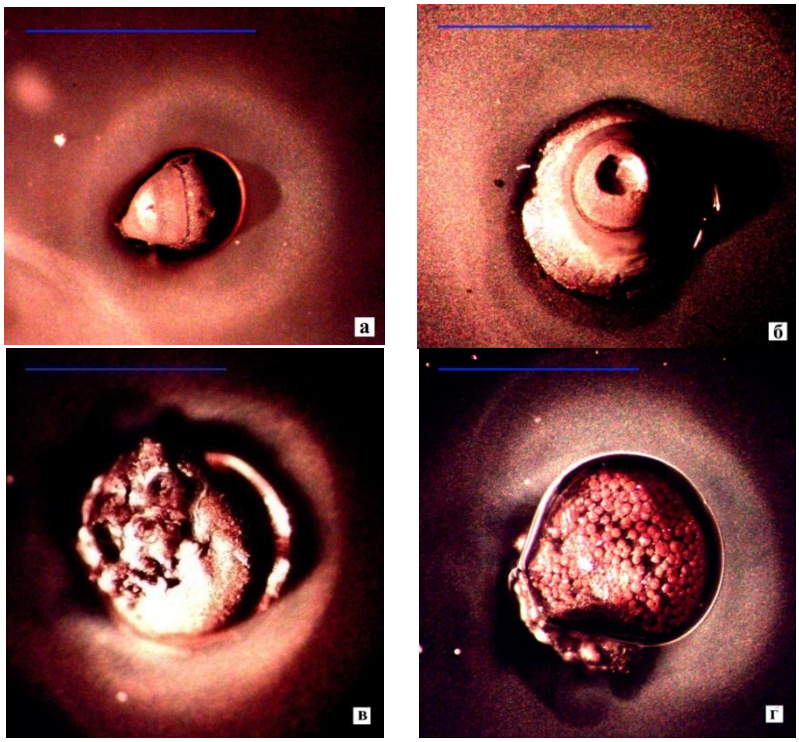


Рис. 3. ***Снимки частиц-комплексов при горения алюминия: а – начало развития купола, б – конечная форма частицы, в – вид частицы сверху, г – вид частицы с оборотной стороны. Длина реперной линии 1 мм***

Некоторые частицы при столкновении разрушаются, и в изломе можно увидеть структуру стенки сферы. Стенка сферы толщиной 50÷60 мкм сложена из двух слоев частиц сферической формы белого цвета диаметром 10÷12 мкм, и они скреплены между собой какой-то массой. Структура укладки стенки удивляет правильностью своего образования.

На границе купола и жидкости образуются газообразные продукты разложения. Эти пузырьки газа хорошо просматриваются через слой жидкой массы. Контакт жидкой

массы со стеклянной поверхностью пробоотборника довольно прочный, и разъединить частицу механически довольно сложно. Жидкая масса в воде и в кислотах при комнатной температуре не растворяется. Судя по литературным данным, прозрачная жидкость представляет собой нитрид алюминия [3], [4]. В иных случаях верхняя часть частицы имеет искаженную сферическую поверхность с крупными трещинами или наплывами (рис. 3 в). Однако с другого конца частицы также образуется прозрачная жидкая масса, пространственно разделенная слоем пузырьков. Вокруг частицы-комплекса всегда существует облако из более мелких дочерних частиц.

Таким образом, в пределах частицы-комплекса происходит пространственное разделение продуктов реакции или их поляризация, притом жидкая масса оказывается почти без примесей. Описание поляризации продуктов реакции в пределах частицы-комплекса в литературе отсутствует.

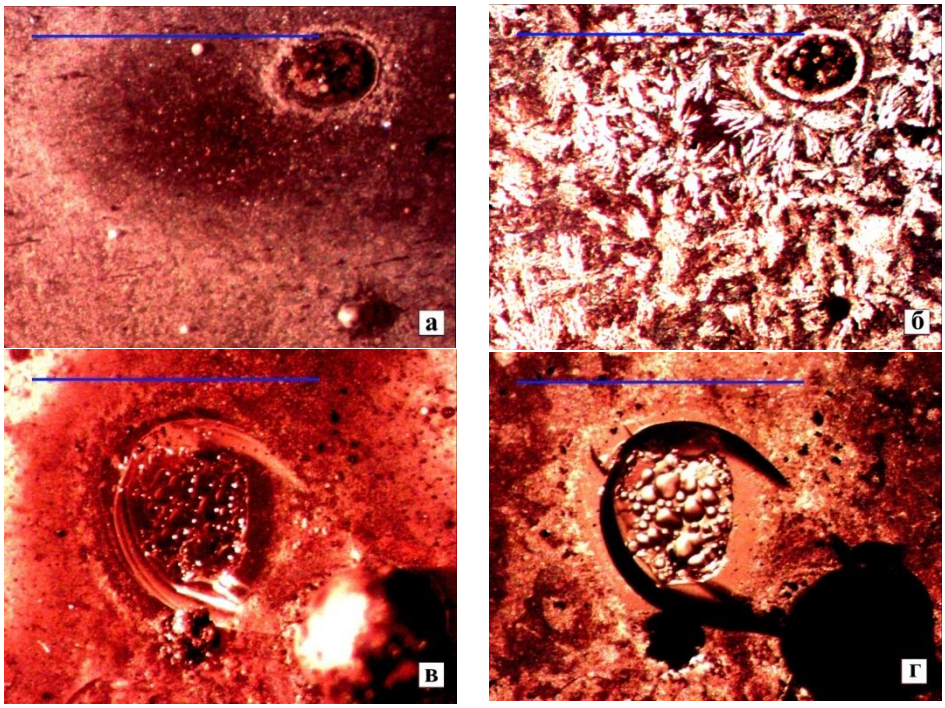


Рис. 4. ***Участки поверхности пробоотборника при горения титана: а, в – в отраженном свете, б, г – в проходящем поляризованном свете. Длина реперной линии 1 мм***

Замена алюминия на титан в аналогичном составе приводит к увеличению температуры поверхности горения пороха и пироксилинового пламени. Дисперсные частицы, образующиеся в пламени, состоят из оксида титана и, оседая на поверхность пробоотборника, образуют характерное для оксида титана TiO_2 структуры в виде игловидных кристаллов (рис. 4 б). Кроме оксида титана в пламени образуется и нитрид титана. Особенно это хорошо видно в частицах-комплексах в виде прозрачной жидкости с «замороженными» пузырьками газа (рис. 4 в, г). Однако в отличие от алюминия образование сферических частиц не наблюдается. Образование нитрида титана может начинаться при температурах выше 1300 К [9]. Однако в среде кислорода при температурах выше 1000 К

нитрид титана TiN сгорает с образованием оксида титана. Такое же превращение TiN возможно в среде углекислого газа. Образовавшийся нитрид титана в других средах является устойчивым соединением с температурой плавления $T_{пл}$ = 3203 К.

Частицы железа в аналогичном составе хотя и образуют форсовые частицы, но образование нитрида железа не происходит.

Резюме. В пламени пороховых составов с высоким содержанием азота имеет место образование частиц, содержащих нитрид алюминия или титана. В процессе диспергирования происходит вынос в факел исходных частиц, разных по размеру и составу, а воспламенение частиц металла происходит в газовой фазе. Обнаружена поляризация продуктов реакции внутри частицы-комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аликин, В. Н.* Пороха, топлива, заряды : в 2 т. Т. 2. Заряды народнохозяйственного назначения / В. Н. Аликин, А. М. Липанов, С. Ю. Серебренников, М. И. Соколовский, В. Н. Стрельников. – М. : Химия, 2004. – 204 с.

2. *Гетерогенное* горение / под ред. В. А. Ильинского и И. Н. Садовского. – М. : Мир, 1967. – 520 с.

3. *Ильин, А. П.* О горении сверхтонкого алюминия в воздухе / А. П. Ильин, А. А. Громов, В. И. Верещагин и др. // Физика горения и взрыва. – 2001. – Т. 37. – № 6. – С. 56–60.

4. *Ильин, А. П.* Продукты горения смесей нанопорошков алюминия и вольфрама в воздухе / А. П. Ильин, Л. О. Толбанова // Физика горения и взрыва. – 2007. – Т. 43. – № 4. – С. 59–65.

5. *Мальцев, В. М.* Основные характеристики горения / В. М. Мальцев, М. И. Мальцев, Л. Я. Кашпоров. – М. : Химия, 1977. – 320 с.

6. *Порфирьев, А. М.* Программа «Flame-temperature» для определения температуры пламени / А. М. Порфирьев, С. И. Ксенофонтов. – Свидетельство об отраслевой регистрации № 16035 – Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование», 2010. – 1024 Мбт.

7. *Порфирьев, А. М.* Частица / А. М. Порфирьев, С. И. Ксенофонтов, А. Н. Лепаев. – Свидетельство об отраслевой регистрации № 15858 – Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование», 2010. – 3 Гбт.

8. *Похил, П. Ф.* Горение порошкообразных металлов в активных средах / П. Ф. Похил, А. Ф. Беляев, Ю. В. Фролов, В. С. Логачев, А. И. Коротков. – М. : Наука, 1972. – 294 с.

9. *Рашковский, С. А.* Статистическое моделирование процессов горения гетерогенных конденсированных смесей : автореф. дис. … д-ра физ.-мат. наук : 01.04.17 / С. А. Рашковский. – М., 2004. – 30 с.

10. *Самсонов, Г. В.* Нитриды / Г. В. Самсонов. – Киев : Наукова думка, 1969. – 390 с.

УДК 636.084.12; 591.362; 574.24

ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКИХ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ СВИНЕЙ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ПОСТНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА

DYNAMICS OF BIOCHEMICAL AND IMMUNOLOGICAL INDICES OF BLOOD IN PIGS DURING VARIOUS PERIODS OF POST-NATAL ONTOGENESIS

М. Н. Лежнина, Л. Н. Ефимова, В. Н. Еремеев

M. N. Lezhnina, L. N. Efimova, V. N. Eremeev

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлены онтогенетические особенности биохимического и иммунологического профилей крови у хрячков и боровков при комбинированном назначении иммунокорректоров «Комбиолакс» и «Селенопиран» с учетом биогеохимических особенностей Присурья Чувашской Республики.

Abstract. The ontogenetic peculiarities of biochemical and immunological profile of the blood in boars and hogs by the combined prescription of immune correctors «Kombiolax» and «Selenopiran» taking into account the biogeochemical features of the Prisurye of the Chuvash Republic have been established.

Ключевые слова: *хрячки, боровки, постнатальный онтогенез, «Комбиолакс», «Селенопиран», обмен веществ, естественная резистентность.*

Keywords: *boars, hogs, postnatal ontogenesis, «Kombiolax», «Selenopiran», metabolism, natural resistance.*

Актуальность исследуемой проблемы. Современный этап развития свиноводства базируется на использовании достижений научно-технического прогресса и высокопродуктивных животных в отрасли, что сопровождается комплексностью воздействия абиотических и биотических факторов среды обитания на физиологическое состояние организма в различные периоды постнатального онтогенеза. В этих условиях весьма актуальной остается проблема успешной реализации генетического потенциала резистентности и продуктивности свиней [2], [3], [6], [7].

Поэтому разработка, испытание и научное обоснование применения отечественных биогенных соединений нового поколения, характеризующихся высокой профилактической и лечебной эффективностью, а также экологической безвредностью для организма, представляют актуальную проблему современной биологии и биотехнологии [1], [4], [5], [8], [9], [10].

В этой связи целью исследования является изучение онтогенетических особенностей биохимической и иммунологической картины крови у хрячков и боровков в биогеохимических условиях Присурья Чувашии с назначением биопрепаратов «Комбиолакс» и «Селенопиран».

Материал и методика исследований. Проведена серия научно-хозяйственных опытов и лабораторных экспериментов с использованием 20 поросят-сосунов, для чего их подбирали по принципу аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, породы, возраста, пола, живой массы по 10 животных в каждой группе.

Поросят обеих групп с 2- до 59-дневного возраста выращивали вместе с подсосными свиноматками. Затем после кастрации боровков первой группы (контроль) с 60- до 300-дневного возраста (продолжительность исследований) содержали на основном рационе (ОР); животным второй группы на фоне ОР ежедневно скармливали «Комбиолакс» в дозе 1 мл/кг массы тела (м. т.) в течение каждых 20 дней с 10-дневными интервалами до 240-дневного возраста, а в 60-, 180-, 240-дневном возрасте дополнительно вводили внутримышечно «Селенопиран» в дозе 0,1 мг Se/кг м. т.

В ходе опытов у 5 животных из каждой группы на 2-, 15-, 60-, 240- и 300-й день жизни (соответственно периоды новорожденности, молочного типа кормления, полового созревания, физиологического созревания) изучали биохимические и иммунологические показатели крови по общепринятым в физиологии современным тестам.

Результаты исследований и их обсуждение. При анализе характера изменений биохимического профиля крови установлено, что в течение исследований у хрячков и боровков интактной и опытной групп уровень аутобляшкообразующих клеток (АБОК) волнообразно изменялся в возрастном аспекте от 1,10±0,12−1,12±0,08 до 2,21±0,03−2,27±0,05 % (P>0,05).

Выявлено, что концентрация общего белка в сыворотке крови животных обеих групп значительно возрастала от 2- до 15-дневного возраста (56,3±0,56–56,5±0,53 против 65,4±0,20–65,5±0,24 г/л) с последующим волнообразным понижением к концу наблюдений до 62,6±0,90 в первой группе и волнообразным повышением до 66,3±1,18 г/л – во второй.

Выявлено, что уровень общего белка у 240- и 300-дневных опытных животных был выше по сравнению с таковым у сверстников контрольной группы соответственно на 5,5 и 5,6 % (P<0,05; рис. 1).

Иная закономерность отмечена в динамике содержания альбуминовой фракции общего белка, которое у хрячков и боровков сопоставляемых групп волнообразно увеличивалось по мере их взросления от 15,9±0,07–16,1±0,11 до 24,7±0,43–27,2±0,23 г/л. Причем показатели 240- и 300-дневных опытных животных по данному биохимическому показателю превышали контрольные значения на 8,1–10,0 % (P<0,05).

Установлено, что концентрация α- и β-глобулинов постепенно увеличивалась к концу наблюдений без достоверной разницы в межгрупповом разрезе (9,7±0,12–9,9±0,09 г/л против 14,0±0,71–14,4±0,13 и 7,7±0,09–7,8±0,10 против 9,4±0,33–9,9±0,49 г/л соответственно).

Другая закономерность обнаружена в динамике уровня γ-глобулинов, который у животных обеих групп от 2- до 60-дневного возраста понижался от 22,7±0,36–23,0±0,48 до 13,2±0,58–13,5±0,89 г/л, а затем повышался в возрастном аспекте (13,2±0,58–13,5±0,89 против 14,0±0,40–15,5±0,81 г/л). При этом 240-, 300-дневные боровки опытной группы достоверно превосходили по данному иммунокомпетентному фактору контрольных сверстников.

Уровень общего кальция у исследуемых животных к концу исследований волнообразно повышался от 1,44±0,02−1,45±0,01 до 2,05±0,03−2,18±0,04 ммоль/л и у 240-, 300-дневных боровков второй группы был значительно выше по сравнению с таковым у их контрольных сверстников (P<0,05–0,001).

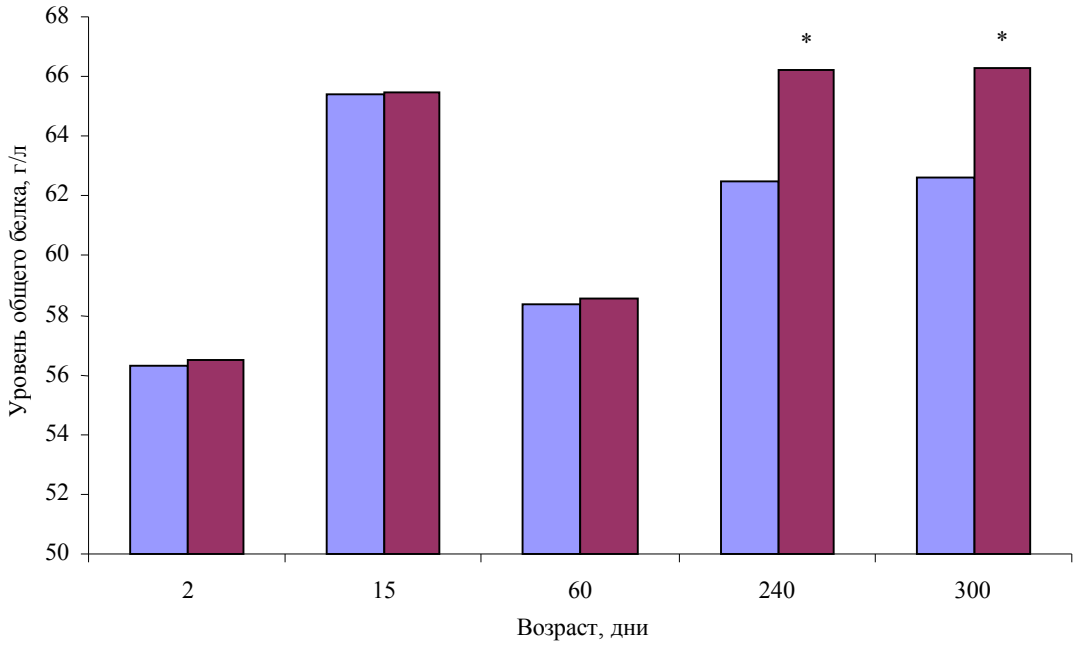


Рис. 1. ***Динамика концентрации общего белка животных:***

1; 2 групп

Примечание: * – здесь и далее знак достоверности между животными контрольной и опытной групп

Характер изменений концентрации неорганического фосфора у исследуемых животных в целом соответствовал динамике уровня общего кальция (0,67±0,02−0,68±0,02 против 1,74±0,01−1,82±0,01 ммоль/л), и ее показатели в 240-, 300-дневном возрасте опытных боровков были выше контрольных значений на 3,8–4,4 % (P<0,05).

Установлено, что активность перекисного окисления липидов (ПОЛ) у подопытных животных по мере взросления волнообразно снижалась от 5,59±0,01–5,61±0,01 до 4,73±0,25–5,25±0,11 mV. При этом в периоды их полового и физиологического созревания (240- и 300-й день) показатели боровков второй группы превышали по данному биохимическому показателю контрольные значения на 8,2−9,9 % (P<0,05).

Аналогичная закономерность выявлена в динамике активности антиоксидантной системы (АОС), которая у 240-, 300-дневных боровков опытной группы также была достоверно выше, чем в контроле.

Отмечено, что уровень пероксидазы в крови подопытных хрячков и боровков от 2- до 300-дневного возраста заметно снижался (100,0±0,75–100,0±0,63 против 20,6±0,68–22,6±0,95 у. е.). При этом у животных опытной группы в изучаемые периоды постнатального онтогенеза он был ниже в сравнении с таковым у их контрольных сверстников (P>0,05).

Иная закономерность выявлена в динамике активности щелочной фосфатазы, которая у подопытных животных по мере взросления волнообразно увеличивалась от 1,63±0,02±0,02–1,64±0,01 до 2,25±0,04–2,29±0,07 ммоль/ч·л. Разница в ней на протяжении наблюдений носила недостоверный характер.

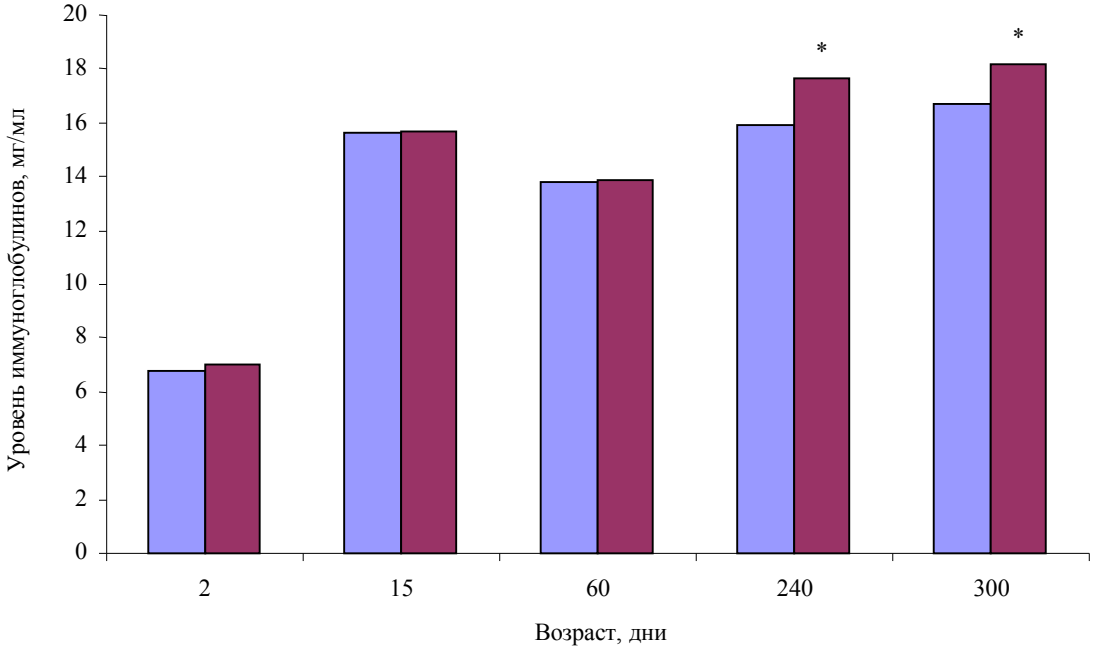


Рис. 2. ***Динамика концентрации иммуноглобулинов животных:***

1; 2 групп

Если уровень кислотной емкости в сыворотке крови животных интактной группы волнообразно снижался в возрастном аспекте (276±2,45 против 240±10,02 мг/%), то у их сверстников второй группы, содержавшихся при назначении «Комбиолакса» совместно с «Селенопираном», наоборот, повышался от 2- до 300-дневного возраста (274±1,87 против 288±16,04 мг/%). Показатели кислотной емкости у 240- и 300-дневных боровков второй группы были достоверно выше контрольных значений.

Установлено, что концентрация иммуноглобулинов у исследуемых животных неуклонно возрастала по мере их взросления от 6,8±0,12−7,0±0,10 до 16,7±0,21−18,2±0,24 мг/мл. Следует отметить, что 240- и 300-дневные боровки опытной группы значительно превосходили по данному иммуннокомпетентному фактору животных контрольной группы (P<0,05–0,001; рис. 2).

При анализе данных биохимической и иммунологической картины у контрольных животных в онтогенетическом разрезе выявлено, что уровень АБОК за периоды новорожденности, молочного типа кормления, полового и физиологического созревания мозаично изменялся (31,7, 39,9, 14,6 и 0,9 % соответственно). Отсюда следует, что изучаемый показатель был максимальным в фазу молочного типа кормления и минимальным – в фазу физиологического созревания.

Аналогичная закономерность имела место в динамике уровня общего белка, который за исследуемые периоды постнатального онтогенеза составил 56,3±0,56, 65,4±0,20, 58,4±0,69, 62,5±0,81 и 62,6±0,90 г/л (13,9, 10,7, 6,6 и 0,2 %) соответственно.

Выявлено, что концентрация альбуминов в сыворотке крови интакных животных заметно увеличивалась от периода новорожденности (15,9±0,07 г/л) к началу периодов

молочного типа кормления (24,0±0,13 г/л), физиологического созревания (24,5±0,28 г/л) соответственно на 33,8 и 17,6 % (P<0,05–0,001), а к концу периода физиологического созревания составила 24,7±0,43 г/л (0,8 %).

Отмечено, что уровень α-, β- и γ-глобулинов заметно повысился от фазы новорожденности к началу фаз молочного типа кормления и полового созревания на 8,3–31,8 %.

Иная закономерность у контрольных животных выявлена в динамике уровня общего кальция и неорганического фосфора, который к концу периода молочного типа кормления по отношению к периоду новорожденности возрос соответственно на 35,7 и 50,7 % (1,44±0,02 против 2,24±0,04 тыс./мкл; 0,67±0,02 против 1,36±0,02 тыс./мкл).

Если активность ПОЛ была минимальной к концу фазы полового созревания, то активность АОС, наоборот, – максимальной.

Выявлено, что активность пероксидазы в возрастном аспекте увеличилась к концу периодов молочного типа кормления и полового созревания на 46,3 и 46,1 % соответственно.

Другая закономерность была обнаружена в активности щелочной фосфатазы, которая была наибольшей к концу периода полового созревания (1,64±0,01 против 2,32±0,07 ммоль/ч·л).

Уровень кислотной емкости в возрастном аспекте повысился от фазы новорожденности (2-дневный возраст) к началу фазы молочного типа кормления на 25,2 %, а затем снизился к началу фазы полового созревания на 38,2 %.

Отмечено, что если уровень иммуноглобулинов заметно повысился от начала периода новорожденности к началу периода молочного типа кормления на 56,4 % (6,8±0,12 против 15,6±0,13 мг/мл), то к концу периода физиологического созревания – только на 4,8 %.

Онтогенетические особенности динамики биохимических и иммунологических показателей у контрольных животных в целом соответствовали таковым у их опытных сверстников и были на более высоком обменном уровне, что обусловлено совместным назначением биопрепаратов «Комбиолакс» и «Селенопиран».

Резюме. В биогеохимических условиях Присурья Чувашской Республики выявлена причинно-следственная связь между комбинированным назначением хрячкам и боровкам иммунокорректоров «Комбиолакс» и «Селенопиран» и особенностями биохимического и иммунологического профилей крови в постнатальном онтогенезе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гарипов, Т. В.* Направленный синтез химических соединений − основной путь создания новых лекарственных средств / Т. В. Гарипов и соавт. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. − 2003. − С. 27−33.

2. *Дунин, И.* Реализация Национального проекта «Развитие АПК»: производство говядины / И. Дунин, Х. Амерханов, А. Кочетков // Молочное и мясное скотоводство. – 2007. – № 8. – С. 2–5.

3. *Коростелев, А. И.* Физиологическое состояние организма и продуктивные качества бычков в онтогенезе при различных эколого-хозяйственных условиях выращивания : автореф. дис. … д-ра биол. наук : 03.03.01; 03.02.08 / А. И. Коростелев. − М., 2011. − 43 с.

4. *Кочиш, И. И.* Экологически безопасные способы стимуляции роста и развития бройлеров в онтогенезе / И. И. Кочиш и соавт. – М. : МГАВМиБ им. Скрябина ; ОНО ППЗ «Конкурсный», 2007. – 104 с.

5. *Лысов, В. Ф.* Физиология и этология животных / В. Ф. Лысов, Т. В. Ипполитова, В. И. Максимов. − М. : КолосС, 2004. − 568 с.

6. *Сусликов, В. Л.* Геохимическая экология болезней : в 3 т. Т. 3 / В. Л. Сусликов. – М. : Гелиос АРВ, 2002. – 670 с.

7. *Файзрахманов, Д. И.* Инновационные технологии в свиноводстве : учебное пособие / Д. И. Файзрахманов, Ф. С. Сибагатуллин, М. Г. Нуртдинов и соавт. – Казань : Идел-Пресс, 2011. – 352 с.

8. *Федоров, Ю. Н.* Иммунокоррекция: применение и механизм действия иммуномодулирующих препаратов / Ю. Н. Федоров // Ветеринария. – 2005. – № 2. – С. 3−6.

9. *Williams, R. J. P.* The distribution of elements in cells / R. J. P. Williams, J. J. R. Frausto da Silva // Coord. Chem. Rev., 2000. – V. 200 (202). – P. 247−348.

10. *Wyers, R.* Spreading Probiotics / R. Wyers // World Food Ingredient. – 2004. – № 3. – P. 26−27.

УДК 664.6.002

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПО ОБЪЕМУ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ЭНДОГЕННОМ НАГРЕВЕ

STUDY ON HEAT FLOW DISTRIBUTION BY THE AMOUNT OF BAKER'S YEAST UNDER ENDOGENOUS HEATING

Д. В. Лукина, М. В. Белова

D. V. Lukina, M. V. Belova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Приведены результаты исследования распределения теплового потока в объеме сырья, подвергавшегося воздействию электромагнитного поля сверхвысокой частоты в перфорированной сферической резонаторной камере в процессе центрифугирования.

Abstract. The article gives the results of the study on heat flow distribution in the amount of raw materials that are exposed to the super high frequency electromagnetic field in a perforated spherical resonator chamber during centrifugation.

Ключевые слова: *бродильный процесс, сферическая резонаторная камера, дрожжи, тепловизор.*

Keywords: *fermentation process, spherical resonator chamber, yeast, thermal imager.*

Актуальность исследуемой проблемы. В сельских хлебопекарнях, куда доставляются хлебопекарные дрожжи со специализированных заводов-производителей, не всегда удается поддерживать необходимый микроклимат в холодильных камерах, что приводит к ухудшению бродильных свойств дрожжей. Поэтому разработка технологий и технических средств, обеспечивающих активацию бродильных процессов, позволяющих сохранить качество хлебобулочных изделий, актуальна. В связи с этим нами исследованы тепловые процессы, происходящие при воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на хлебопекарные дрожжи.

Материал и методика исследований. В исследованиях применены основы теории электромагнитного поля, теории процесса диэлектрического нагрева. Основные расчеты и обработка результатов экспериментальных исследований выполнялись с применением методов математической статистики и регрессионного анализа. Качество продукта оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что КПД СВЧ-установки во многом зависит от добротности резонаторной камеры, являющейся одним из элементов электродинамической системы. Добротность резонатора определяется формулой $Q = \omega_o \cdot Wo/P$, где $\omega_o = 2\pi f$, W – энергия, запасенная в резонаторе, Дж; P − мощность потерь, Вт; f – частота электромагнитного поля, равная 2450 МГц. Добротность резонатор-

ной камеры будет тем выше, чем меньше ее поверхность при заданном объеме. Максимальная добротность возможна при конструктивном исполнении резонаторной камеры в виде сферы. Поэтому в разработанной установке для тепловой обработки хлебопекарных дрожжей предусмотрена сферическая резонаторная камера, выполненная из двух полусфер. Изготовленный лабораторный образец отличается от первого схемного решения, где функции резонаторной камеры и шнека совмещены [1]. Данная установка обеспечивает процесс центрифугирования обработанных дрожжей за счет перфорации нижней полусферы, установленной на вал электродвигателя. На рис. 1 представлено реальное исполнение установки для тепловой обработки хлебопекарных дрожжей, а также отдельные комплектующие узлы. Сферическая перфорированная резонаторная камера (рис. 1 а) выполняет следующие функции: обеспечивает эндогенный нагрев; центрифугирует только те частицы сырья, которые подверглись достаточной дозе воздействия ЭМП СВЧ. Причем диаметр перфорации согласован с вязкостью обработанных в ЭМП СВЧ дрожжей с учетом максимального снижения мощности потока излучений через резонаторную камеру.

Рис. 1. ***Установка для тепловой обработки хлебопекарных дрожжей:***
а) общий вид; б) нижняя перфорированная полусфера в экранном корпусе;
в) сферическая резонаторная камера в цилиндрическом экранном корпусе;
г) цилиндрический экранный корпус без крышки и генераторного блока;
д) верхняя полусфера, жестко закрепленная к верхней крышке установки

Результаты предварительного исследования распределения теплового потока приведены ниже. Исследования температурных полей (рис. 2), проведенные с помощью тепловизора FLIR B365, показывают, что воздействие ЭМП СВЧ позволяет снизить неравномерность эндогенного нагрева до 3…5°С по сравнению с воздействием в стационарном режиме, где отклонение температуры по поверхности обработанных дрожжей достигает 18…20°С. Следовательно, неравномерность нагрева продукта при центрифугировании снижается в 4 раза.

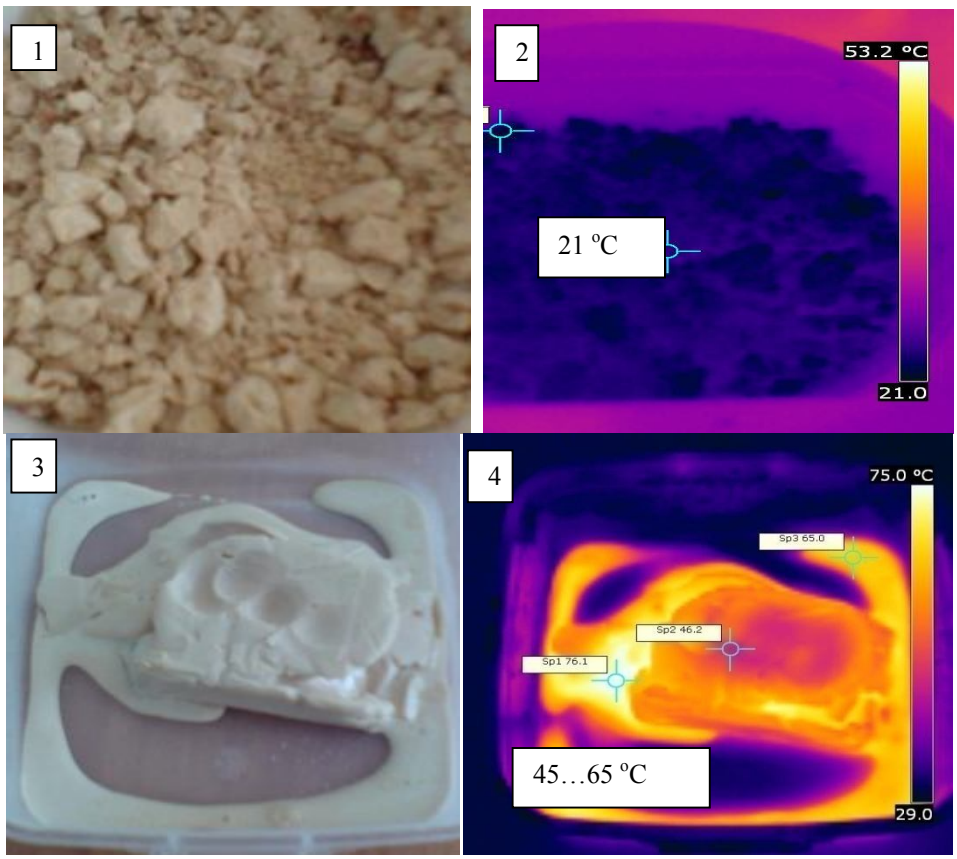


Рис. 2. ***Распределение теплового потока по поверхности сырья в процессе тепловой обработки с СВЧ-энергоподводом при удельной мощности 4 Вт/г и продолжительности воздействия 60 с: 1 – измельченные дрожжи до обработки; 2, 4 – распределение теплового потока до начала воздействия и после него соответственно; 3 – не измельченные дрожжи в начале тепловой обработки***

Резюме. Совмещение функций резонаторной камеры и центрифуги в одном узле, выполненном в виде сферы, нижняя половина которой перфорирована и является быстровращающимся элементом, позволит снизить неравномерность эндогенного нагрева сырья и обеспечит поточность процесса активирования бродильных процессов в хлебопекарных дрожжах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лукина, Д. В.* Сверхвысокочастотный активатор дрожжей / Д. В. Лукина, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 101–103.

УДК 664.6.002

УСТАНОВКА ДЛЯ АКТИВАЦИИ БРОДИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

SUPER HIGH FREQUENCY YEAST ACTIVATOR

Д. В. Лукина, М. В. Белова

D. V. Lukina, M. V. Belova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Описан принцип действия установки, обеспечивающей активацию бродильных процессов хлебопекарных дрожжей путем воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Abstract. The article describes the principle of operation of the installation which provides activating baker's yeast fermentation processes by means of ultra super frequency electromagnetic field.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотный генератор, сферическая перфорированная резонаторная камера, активатор дрожжей, центробежная сила.*

Keywords: *super high frequency generator, perforated spherical resonator chamber, yeast activator, centrifugal force.*

Актуальность исследуемой проблемы. По результатам 2011 года объем рынка дрожжей в России составил 90000 тонн, а по Чувашской Республике – в пределах 787 тонн. В настоящее время актуальным является поиск энергосберегающих технологий, обеспечивающих улучшение качества хлебобулочных изделий, так как в процессе хранения хлебопекарных дрожжей (30 суток при температуре 8…12 ^{o}C) их бродильные свойства снижаются, что отрицательно влияет на конечный продукт. В связи с этим целью настоящей работы является разработка и обоснование параметров установки для тепловой обработки хлебопекарных дрожжей, что обеспечит улучшение качества хлебобулочных изделий.

Материал и методика исследований. На основе существующих закономерностей процесса эндогенного нагрева диэлектриков решена научно-техническая задача – разработана поточная установка, обеспечивающая эффективные теплообменные процессы, активизирующие жизнедеятельность дрожжевых микроорганизмов за счет воздействия электрического поля СВЧ-диапазона.

Были выявлены закономерности процесса тепловой обработки хлебопекарных дрожжей в быстровращающейся сферической перфорированной резонаторной камере СВЧ-генератора.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе исследования решались следующие научные задачи:

– разработать методику воздействия электромагнитного поля СВЧ на хлебопекарные дрожжи для ускорения процессов брожения;

– разработать алгоритм расчета с программным решением, позволяющий согласовать конструкционно-технологические параметры установки;

– создать и испытать в производственных условиях установку для активации бродильных процессов хлебопекарных дрожжей с оценкой их органолептических, микробиологических и физико-химических показателей;

– выявить эффективные режимы работы установки;

– оценить технико-экономическую эффективность применения установки.

Техническая новизна установки для активации бродильных процессов хлебопекарных дрожжей (рис. 1) заключается в том, что содержит внутри экранного цилиндрического корпуса 7 сферическую резонаторную камеру СВЧ-генератора, выполненную из двух полусфер 5, 10, причем нижняя перфорированная вращающаяся полусфера 10 насажена на вал электродвигателя 9 поверх лопастной мешалки 11.

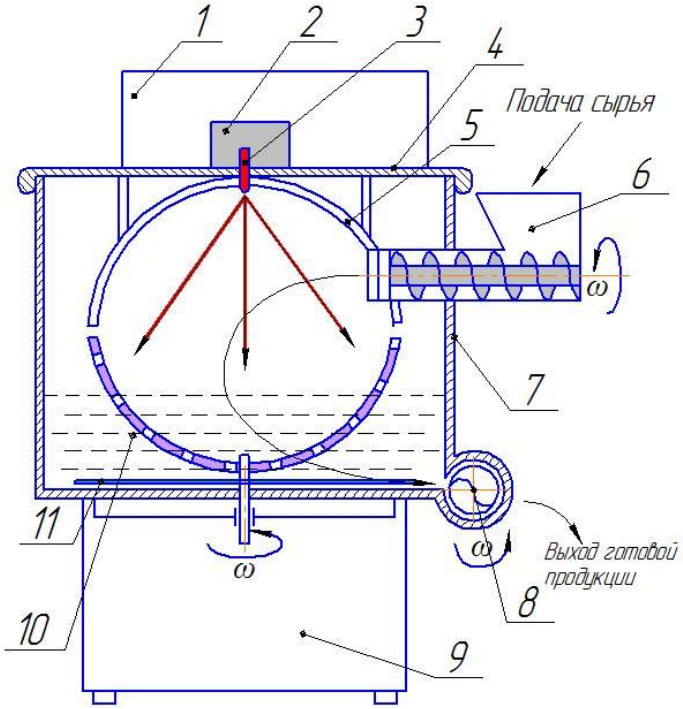


Рис. 1. ***Схема установки для активации хлебопекарных дрожжей:***
1 – сверхвысокочастотный генераторный блок, 2 – магнетрон, 3 – излучатель,
4 – крышка экранного корпуса, 5 – половина сферической резонаторной камеры, 6 – волчок,
7 – цилиндрический экранный корпус, 8 – выгрузной шнек, 9 – электроприводной модуль,
10 – перфорированная половина сферической резонаторной камеры, 11 – лопастная мешалка

На крышке экранного корпуса 4 установлен генераторный блок 1, излучатель 3 которого направлен внутрь верхней полусферы 5, жестко закрепленной с внутренней стороны крышки 4. Через боковую поверхность экранного корпуса 7 к верхней полусфере 5 вмон-

тирован волчок 6. На стыке боковой поверхности и нижнего основания экранного корпуса имеется прорезь, куда установлен выгрузной шнек 8. Нижняя полусфера по центру насажена на вал электродвигателя 9 и вращается в горизонтальной плоскости. Верхняя полусфера 5 жестко закреплена с внутренней стороны крышки 4 экранного корпуса 7 и по центру имеет отверстие, предназначенное для монтажа излучателя 3 с магнетроном 2. Установка содержит волчок 6 для измельчения и подачи сырья в сферическую резонаторную камеру. Для этого имеется отверстие на боковой поверхности верхней полусферы, куда жестко вмонтирован измельчающий механизм волчка. Генераторный блок 1 жестко закреплен с верхней стороны крышки 4. На стыке основания и боковой поверхности экранного корпуса имеется отверстие, предназначенное для выгрузки готовой продукции. Для этого в отверстие установлен выгрузной шнек 8, вращающийся в полуцилиндрическом корпусе, обеспечивающем ограничение излучения потока СВЧ-энергии. На валу электропривода 9, под перфорированной частью резонаторной камеры 10, находится лопастная мешалка 11, позволяющая перемещать готовую продукцию к выгрузному шнеку 8.

Бродильные процессы сырья активируются следующим образом. Хлебопекарные дрожжи загружаются в волчок 6, где измельчаются до определенной консистенции и попадают в резонаторную камеру 5, 10. За счет токов поляризации измельченное сырье эндогенно нагревается, уменьшается его вязкость. Благодаря центробежной силе в процессе вращения нижней части резонаторной камеры продукт процеживается через перфорации и попадает в экранный корпус 7. Далее вязкий продукт перемещается к выгрузному шнеку 8 при помощи лопастей мешалки 11. Шнек 8 выводит готовую продукцию за пределы установки.

Оценка поглощающей способности образца-сырья и потери энергии за счет теплопередачи окружающему воздуху и теплового излучения показывает, что суммарные потери энергии намного меньше подводимой к образцу СВЧ-энергии [1]. Выявлена критическая напряженность электрического поля для микроорганизмов, позволяющая добиться примерного равенства между поглощаемой и отдаваемой за счет теплопередачи и теплового излучения энергии, т. е. в таком электрическом поле становится возможным сильный нагрев микроорганизмов. В электрическом поле при напряженности 50…150 В/см не происходит губительного нагрева одиночных микроорганизмов, а, наоборот, интенсифицируется их жизнедеятельность. Известно, что добротность резонаторной камеры будет тем выше, чем меньше ее поверхность при заданном объеме. Такой конструкцией обладает сферическая резонаторная камера, поэтому объемный резонатор выполнен из двух полусфер. Диаметр сферы должен быть равным целому числу полуволн [2]. Изготовленный лабораторный образец установки для тепловой обработки хлебопекарных дрожжей производительностью 10…15 кг/ч позволяет выявить эффективные конструкционно-технологические параметры и режимы работы.

Резюме. Выявлено эффективное конструктивное исполнение установки для тепловой обработки хлебопекарных дрожжей, позволяющей активировать бродильные процессы, что повышает качество хлебобулочных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Патент* № 2161505 Российская Федерация. Способ стерилизации материалов при помощи СВЧ-излучения с высокой напряженностью поля и устройство для реализации способа / Корчагин Ю. В. ; заявитель и патентообладатель – № 99114320/13 ; заявл. 06.07.1999 ; опубл. 10.01.2001. Бюл. № 16.

2. *Пчельников, Ю. Н.* Электроника сверхвысоких частот / Ю. Н. Пчельников, В. Т. Свиридов. – М. : Радио и связь, 1981. – 96 с.

УДК 539.374

ОБ ОБЩИХ СООТНОШЕНИЯХ ТЕОРИИ КРУЧЕНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ СТЕРЖНЕЙ

ON GENERAL RATIOS OF THEORY OF TORSION OF ANISOTROPIC BARS

Б. Г. Миронов, Е. А. Деревянных

B. G. Mironov, E. A. Derevyannykh

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В работе рассматриваются соотношения теории идеальной пластичности при кручении. Исследовано напряженно-деформированное состояние анизотропных цилиндрических и призматических стержней при произвольном условии пластичности. Получены уравнения для определения характеристик, соотношения вдоль характеристик. В работе показано, что характеристики уравнений, определяющих предельное состояние стержня в случае кручения, ортогональны вектору градиента поверхности текучести и вектору скорости деформации.

Abstract. The article considers the ratios of the theory of ideal plasticity under torsion. The stress and strain state of anisotropic cylindrical and prismatic bars under arbitrary condition of plasticity has been studied. The equations for determining characteristics, ratio along the characteristics have been obtained. The work demonstrates that characteristics of the equations, which determine the limiting state of a bar under torsion, are orthogonal to a gradient vector of a surface of fluidity and a velocity vector of strain.

Ключевые слова: *пластичность, перемещения, деформация, напряжение.*

Keywords: *plasticity, displacement, strain, stress.*

Актуальность исследуемой проблемы. Использование новых методов пластической деформации является одним из наиболее перспективных направлений в создании мелкокристаллических материалов с уникальными свойствами. В качестве способа деформации часто выбирают кручение.

Материал и методика исследований. В работе используются апробированные модели механического поведения тел и математические методы исследования, результаты не противоречат исследованиям других авторов. Кручение изотропных цилиндрических и призматических стержней в случае, когда боковая поверхность стержней свободна от касательных нагрузок, а также в случае, когда боковая поверхность стержня находится под действием внешнего переменного давления, рассмотрено в [2], [6]. Кручение анизотропных цилиндрических и призматических стержней исследовано в [1], [4], [5]. В [3] определено предельное состояние сектора анизотропного кругового кольца при кручении.

В настоящей статье рассматривается предельное состояние анизотропных тел при кручении.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассмотрим цилиндрический или призматический стержень, ориентированный в прямоугольной декартовой системе координат x, y, z. Ось z направим параллельно образующей стержня. Предположим, что стержень закручивается вокруг оси z.

Напряженное состояние стержня характеризуется в общем случае условием пластичности

$$f\left(\tau_{xz}, \tau_{yz}\right) = 0 \tag{1}$$

и условиями

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{xy} = 0, \tag{2}$$

где τ_{xz}, τ_{yz} – касательные напряжения, зависящие от x и y.

Уравнения равновесия в этом случае имеют вид

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = 0. \tag{3}$$

Продифференцируем уравнение (1) по переменной x и получим

$$\frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}} \cdot \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}} \cdot \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = 0. \tag{4}$$

Из (3), (4) следует

$$-\frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}} \cdot \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}} \cdot \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = 0. \tag{5}$$

Система уравнений для определения характеристик (5) примет вид

$$\frac{dx}{-\dfrac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}} = \frac{dy}{\dfrac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}} = \frac{d\tau_{yz}}{0}. \tag{6}$$

Решая (6), получим

$$y = -\frac{\dfrac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}}{\dfrac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}} \cdot x + C, \tag{7}$$

где C – $const$.

Из (6) следует, что вдоль характеристики выполняется соотношение

$$\tau_{yz} = const. \tag{8}$$

Учитывая (8), из (1) имеем

$$\tau_{xz} = const. \tag{9}$$

Рассмотрим вектор касательного напряжения

$$\bar{\tau} = \tau_{xz}\bar{i} + \tau_{yz}\bar{j}\,, \tag{10}$$

где $\bar{i}$, $\bar{j}$ − единичные орты осей x и y.

Из (8), (9) следует, что $\bar{\tau} = const$ вдоль характеристики (7).

Рассмотрим вектор градиента к поверхности текучести (1):

$$\overline{grad}\, f(\tau_{xz}, \tau_{yz}) = \frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}} \cdot \bar{i} + \frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}} \cdot \bar{j}\,. \tag{11}$$

Обозначим через

$$tg\alpha = \frac{\dfrac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}}{\dfrac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}}\,. \tag{12}$$

С учетом условия (12) уравнения характеристик (7) примут вид:

$$y = -ctg\alpha \cdot x + C = tg\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) + C\,, \tag{13}$$

где α − угол наклона вектора градиента к оси Oz.

В силу (12), (13) характеристики (7) ортогональны вектору градиента к поверхности текучести.

На рис. 1, 2 показан способ построения поля характеристик l для цилиндрического стержня по произвольной поверхности текучести.

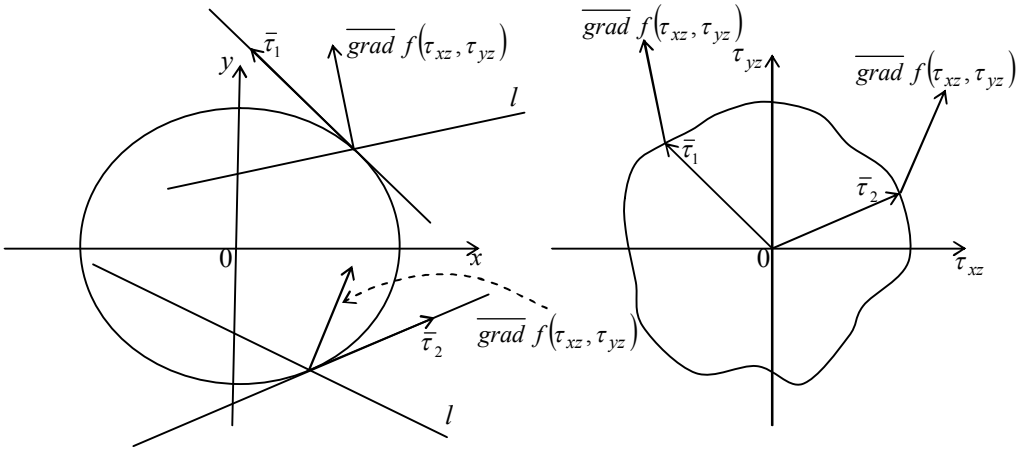


Рис. 1 **Рис. 2**

Соотношения ассоциированного закона пластического течения определяются из экстремума функционала

$$A = 2\left(\varepsilon_{xz}\tau_{xz} + \varepsilon_{yz}\tau_{yz}\right) - \lambda \cdot f\left(\tau_{xz}, \tau_{yz}\right) \tag{14}$$

и имеют вид:

$$2\varepsilon_{xz} = \lambda \frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}, \; 2\varepsilon_{yz} = \lambda \frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}. \tag{15}$$

Рассмотрим вектор скорости деформации

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{xz}\bar{i} + \varepsilon_{y}\bar{j}. \tag{16}$$

Согласно (15) вектор (16) примет вид:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\lambda}{2}\left(\frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}\bar{i} + \frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}\bar{j}\right). \tag{17}$$

Из (11), (17) следует, что вектор скорости деформации ортогонален характеристике. Предположим, что компоненты скоростей перемещений имеют вид:

$$u = \theta y z, \; v = -\theta x z, \; w = w(x, y), \tag{18}$$

где θ – крутка.

Согласно (18) компоненты скоростей деформации удовлетворяют условиям

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_z = \varepsilon_{xy} = 0, \tag{19}$$

$$\varepsilon_{xz} = \frac{1}{2}\left(\theta y + \frac{\partial w}{\partial x}\right), \; \varepsilon_{yz} = \frac{1}{2}\left(-\theta x + \frac{\partial w}{\partial y}\right). \tag{20}$$

В силу (15), (20) имеем

$$\begin{aligned} \theta y + \frac{\partial w}{\partial x} &= \lambda \frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}, \\ -\theta x + \frac{\partial w}{\partial y} &= \lambda \frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}. \end{aligned} \tag{21}$$

Из (21) следует

$$\frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}} \cdot \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}} \cdot \frac{\partial w}{\partial y} = -\theta\left(y\frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}} + x\frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}\right). \tag{22}$$

Соответствующие уравнения для определения характеристик примут вид:

$$\frac{dx}{\frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}} = \frac{dy}{-\frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}} = \frac{dw}{-\theta\left(y\frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}} + x\frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}\right)}.$$

(23)

Из (23) получим уравнения характеристик соотношения (22):

$$y = -\frac{\frac{\partial f}{\partial \tau_{xz}}}{\frac{\partial f}{\partial \tau_{yz}}} \cdot x + \tilde{C}, \qquad (24)$$

где $\tilde{C} - const$.

Сопоставляя (7), (24), заключаем, что характеристики уравнений, определяющих деформированное состояние, совпадают с характеристиками уравнений, определяющих напряженное состояние.

Резюме. В работе показано, что характеристики уравнений, определяющих предельное деформированное состояние стержня в случае кручения, ортогональны вектору градиента поверхности текучести и вектору скорости деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивлев, Д. Д.* О соотношениях трансляционной идеальнопластической анизотропии при кручении / Д. Д. Ивлев, Б. Г. Миронов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия : Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). – С. 576–579.

2. *Ивлев, Д. Д.* Теория идеальной пластичности / Д. Д. Ивлев. – М. : Наука, 1966. – 231 с.

3. *Козлова, Л. С.* Кручение сектора анизотропного кругового кольца при действии переменного давления / Л. С. Козлова, Б. Г. Миронов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2010. – № 4 (68). – С. 132–136.

4. *Козлова, Л. С.* Предельное состояние призматических стержней при кручении / Л. С. Козлова ; Чуваш. гос. пед ун-т им. И. Я. Яковлева. – М., 2010. – 7 с. – Библиогр.: 3 назв. – Рус. – Деп. в ВИНИТИ 29.04.10, № 232-В2010.

5. *Миронов, Б. Г.* Деформированное состояние трансляционно-анизотропных тел при кручении / Б. Г. Миронов, Т. В. Митрофанова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2011. – № 4 (72). – С. 57–60.

6. *Миронов, Б. Г.* О кручении призматических стержней, находящихся под действием давления, линейно меняющегося вдоль образующей / Б. Г. Миронов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2006. – № 1 (48). – С. 98–101.

УДК 512.075.8

УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕЙ И ЧЕТВЕРТОЙ СТЕПЕНЕЙ НАД КОЛЬЦОМ ДВОЙНЫХ ЧИСЕЛ

CUBIC AND QUARTIC EQUATIONS OVER A RING OF DUAL NUMBERS

А. Н. Михайлова

A. N. Mikhailova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Исследованы уравнения над кольцом двойных чисел. Доказана теорема о том, что уравнение n-й степени над кольцом двойных чисел имеет n^2 корней.

Abstract. The equations over the ring of dual numbers are studied. The theorem on the n-degree equation over a ring of dual numbers having n^2 of roots is proved.

Ключевые слова: *двойные числа, уравнения над кольцом двойных чисел, количество корней.*

Keywords: *dual numbers, equations over a ring of dual numbers, quantity of roots.*

Актуальность исследуемой проблемы. Уравнения над различными полями (полями действительных или рациональных чисел, полем комплексных чисел) достаточно хорошо изучены. Известно, что любое уравнение n-й степени над полем имеет не более n корней. А уравнения над кольцами, которые не являются областью целостности, в алгебре почти не изучены. Известно, что любое коммутативное кольцо, содержащее поле действительных чисел, элементы которого имеют вид $a+bi$, где i не является действительным числом, является либо полем комплексных чисел, либо кольцом двойных чисел, либо кольцом дуальных чисел. Если свойства поля комплексных чисел исследованы очень подробно [3], [4], [5], [6], то двойные и дуальные числа изучены недостаточно.

Материал и методика исследований. В работе используются метод Кардано для решения кубических уравнений и графический метод.

Результаты исследований и их обсуждение. Важно отметить, что в литературе по данной теме вводятся лишь понятия двойных и дуальных чисел, арифметических операций над ними, рассматривается представление данных чисел при помощи точек на соответствующей поверхности второго порядка, приводится их тригонометрическая форма, дается историческая справка [1], [2]. В статье [7] автор различает понятия модуля и нормы числа, определяет двойные и дуальные числа как системы без деления.

Определение [4]. *Кольцом двойных чисел* называется коммутативное кольцо с единицей $\langle D_1, +, \cdot, i_1 \rangle$, содержащее поле действительных чисел $\langle R, +, \cdot \rangle$ и элемент $i_1 \notin R$, для которого выполняется условие $i_1^2 = 1$. Всякий элемент из D_1 представим в виде $a+bi_1$, где $a, b \in R$. Элементы из D_1 называются *двойными числами*, а запись двойного числа в виде $a+bi_1$ – его *алгебраической формой*.

Операции сложения, вычитания, умножения и деления в кольце двойных чисел $\langle D_1, +, \cdot, i_1 \rangle$ определяют обычным образом, причем

$$\frac{a+bi_1}{c+di_1} = \frac{(a+bi_1)(c-di_1)}{(c+di_1)(c-di_1)} = \frac{ac-bd}{c^2-d^2} + \frac{bc-ad}{c^2-d^2} i_1, \text{ где } (c \neq \pm d).$$

Нетрудно доказать, что делителями нуля в кольце двойных чисел являются числа вида $z_1 = a \pm ai_1, z_2 = b \mp bi_1$, в которых $a \neq 0, b \neq 0$. В силу существования делителей нуля кольцо двойных чисел не является полем.

Рассмотрим кубическое уравнение вида

$$x^3 + px^2 + qx + r = 0, \text{ где } p = a + bi_1, q = c + di_1, r = e + f\, i_1,\ a,b,c,d,e,f \in R. \quad (1)$$

Решение ищем в виде $x = m + ni_1$, где $m, n \in R$. Подставив $m + ni_1$ в исходное уравнение и приведя подобные слагаемые, получим

$$\begin{cases} m^3 + 3mn^2 + am^2 + an^2 + 2mnb + cm + dn + e = 0, \\ 3m^2n + n^3 + 2amn + m^2b + n^2b + cn + md + f = 0; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} (m+n)^3 + (a+b)(m+n)^2 + (c+d)(m+n) + (e+f) = 0, \\ (m-n)^3 + (a-b)(m-n)^2 + (c-d)(m-n) + (e-f) = 0. \end{cases}$$

Введем обозначения $U = m + n,\ V = m - n,$ причем $U, V \in R$, так как $m, n \in R$. Тогда последняя система уравнений будет равносильна системе

$$\begin{cases} U^3 + (a+b)U^2 + (c+d)U + (e+f) = 0, \\ V^3 + (a-b)V^2 + (c-d)V + (e-f) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, решение уравнения (1) можно записать в виде

$$x = \frac{U+V}{2} + \frac{U-V}{2} i_1, \quad (3)$$

где каждая пара $(U;V)$ является решением системы (2) в поле действительных чисел.

Пример 1. Найдем корни кубического уравнения $x^3 - 2x - 11 + 10i_1 = 0$.

Решение. $a = 0, b = 0, c = -2, d = 0, e = -11, f = 10$. Согласно (2) получим систему

$$\begin{cases} U^3 - 2U - 1 = 0, \\ V^3 - 2V - 21 = 0. \end{cases}$$

Тогда или $U = -1$, или $U = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$, или $U = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$; $V = 3$. Таким образом, в силу (3) найдутся корни $x_1 = 1 - 2i_1, x_2 = \frac{7+\sqrt{5}}{4} + \frac{\sqrt{5}-5}{4} i_1, x_3 = \frac{7-\sqrt{5}}{4} - \frac{\sqrt{5}+5}{4} i_1$.

Хочется заметить, что мы «привыкли» раскладывать многочлен на множители и приравнивать каждый множитель к нулю. В кольце двойных чисел данный метод неприменим (это связано с наличием в данном кольце делителей нуля). Подтвердим данный факт последним примером. Если считать первый корень уравнения $x_1 = 1 - 2i_1$ известным, то исходное уравнение представим в виде

$$(x - (1 - 2i_1))(x^2 + (1 - 2i_1)x + (3 - 4i_1)) = 0. \quad (4)$$

Уравнение $x^2+(1-2i_1)x+(3-4i_1)=0$ не имеет корней над кольцом двойных чисел. Несложно проверить, что числа $x_2=\frac{7+\sqrt{5}}{4}+\frac{\sqrt{5}-5}{4}i_1$ и $x_3=\frac{7-\sqrt{5}}{4}-\frac{\sqrt{5}+5}{4}i_1$ не являются корнями квадратного уравнения $x^2+(1-2i_1)x+(3-4i_1)=0$, но при этом удовлетворяют исходному кубическому уравнению. Все это объясняется тем, что подстановка именно этих чисел в уравнение (4) приведет к произведению двух делителей нуля, результатом которого будет нуль. Практически эти два корня можно найти следующим образом: если делители нуля в кольце двойных чисел имеют вид $a\pm ai_1$ и $b\mp bi_1$, то мы найдем такие числа $x=m+ni_1, m,n\in R$, при подстановке которых в уравнение (4) в первой скобке получится число вида $a\pm ai_1$, а во второй – $b\mp bi_1$. Отсюда придем к системе уравнений:

$$\begin{cases} m-1=\pm(n+2), \\ m^2+n^2+m-2n+3=\mp(2mn+n-2m-4); \end{cases} \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} x=\frac{7+\sqrt{5}}{4}+\frac{\sqrt{5}-5}{4}i_1, \\ x=\frac{7-\sqrt{5}}{4}-\frac{\sqrt{5}+5}{4}i_1. \end{array}\right.$$

Итак, в ходе решения данной системы мы как раз и нашли «недостающие» корни.

Замечание. Как известно, в поле действительных чисел любое уравнение третьей степени имеет не более трех корней. Возникает вопрос: каким образом в кольце двойных чисел кубическое уравнение может иметь шесть решений (даже, как будет рассмотрено далее, и девять решений)? Это все также связано с наличием в данном кольце делителей нуля. По аналогии с предыдущим примером, считая три корня $x_4=2+i_1$, $x_5=2-3i_1$ и $x_6=1-2i_1$ известными, представим исходное уравнение в виде

$$(x-(2+i_1))(x-(2-3i_1))(x-(1-2i_1))=0.$$

Далее будем искать такие числа $x=m+ni_1, m,n\in R$, при подстановке которых в уравнение в одной из трех скобок получится число вида $a\pm ai_1$, а во второй – вида $b\mp bi_1$. Заметим, что тогда найдем «недостающие» корни $x_1=-i_1$, $x_2=4-i_1$ и $x_3=3$.

Пример 2. Найдем корни кубического уравнения

$$x^3-(2+4i_1)x^2-(10-6i_1)x+(-4+28i_1)=0.$$

Решение. $a=-2, b=-4, c=-10, d=6, e=-4, f=28$. При использовании (4) имеем систему: $\begin{cases} U^3-6U^2-4U+24=0, \\ V^3+2V^2-16V-32=0. \end{cases}$

Тогда из (3) найдем корни уравнения:

$$x_1=-1+3i_1,\ x_2=3-i_1, x_3=2i_1,\ x_4=1+5i_1,\ x_5=5+i_1,$$
$$x_6=2+4i_1, x_7=-3+i_1, x_8=1-3i_1, x_9=-2.$$

Справедлива

Теорема 1. Кубическое уравнение (3) над кольцом двойных чисел имеет 1, 2, 3, 4, 6 или 9 корней.

Доказательство данной теоремы опирается на метод Кардано [8] для кубических уравнений над полем действительных чисел. В зависимости от количества действительных корней I и II уравнений системы (2) найдем количество корней уравнения (1). Варианты комбинаций количества корней уравнения представлены в табл. 1.

Таблица 1

II \ I	1 ($D_1 > 0$)	2 ($D_1 = 0$)	3 ($D_1 < 0$)
1 ($D_2 > 0$)	1	2	3
2 ($D_2 = 0$)	2	4	6
3 ($D_2 < 0$)	3	6	9

В данной таблице приняты обозначения

$$D_1 = B^2 + \frac{4}{27}A^3,\ D_2 = D^2 + \frac{4}{27}C^3, \text{ где}$$

$$A = c + d - \frac{(a+b)^2}{3},\ C = c - d - \frac{(a-b)^2}{3},$$

$$B = \frac{2}{27}(a+b)^3 - \frac{1}{3}(a+b)(c+d) + e + f,$$

$$D = \frac{2}{27}(a-b)^3 - \frac{1}{3}(a-b)(c-d) + e - f.$$

Пример 3. Рассмотрим кубическое уравнение над кольцом двойных чисел:

$$x^3 - (2+4i_1)x^2 - (10-6i_1)x + (-4+28i_1) = 0. \quad (5)$$

Как указано выше, найдем его корни:

$$x_1 = 5+i_1,\ x_2 = 3-i_1, x_3 = 1-3i_1,\ x_4 = 1+5i_1, x_5 = -1+3i_1,$$
$$x_6 = -3+i_1, x_7 = 2+4i_1, x_8 = 2i_1, x_9 = -2.$$

Изобразим корни на координатной плоскости (рис. 1). Заметим, что все корни лежат на прямых вида $y = \pm x + b$, где $b \in R$.

1. Возьмем любые три корня, например, $x_1 = 5+i_1$, $x_3 = 1-3i_1$, $x_9 = -2$, и составим с ними новое кубическое уравнение:

$$(x-x_1)(x-x_3)(x-x_9) = x^3 + (3-5i_1)x^2 + (8-12i_1)x + (12-4i_1) = 0. \quad (6)$$

Решив это уравнение, получим четыре корня:

$$x_1 = 5+i_1,\ x_2 = 1-3i_1,\ x_3 = -2,\ x_4 = 2+4i_1,$$

т. е. получили эти же три корня и еще один $x_4 = 2+4i_1$.

Если провести на координатной плоскости (рис. 2) через точки x_1, x_3, x_9 прямые вида $y = \pm x + b$, то они пересекутся в точке $x_4 = 2+4i_1$, которая является корнем уравнения (6).

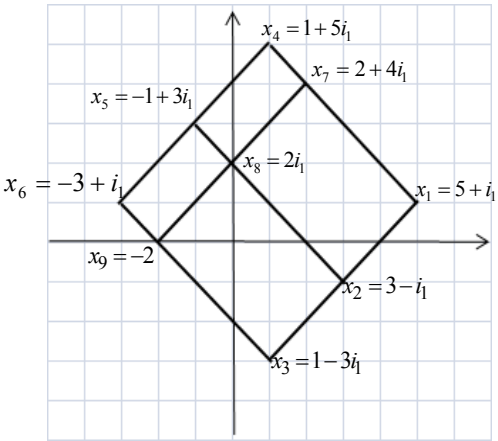


Рис. 1

2. Возьмем другие три корня, например $x_5 = -1+3i_1$, $x_2 = 3-i_1$, $x_8 = 2i_1$, и составим с ними новое кубическое уравнение:

$$(x-x_5)(x-x_2)(x-x_8) =$$
$$= x^3 - (2+4i_1)x^2 + (-2+14i_1)x + (-20+12i_1) = 0.$$

Корнями этого кубического уравнения будут числа $x_5 = -1+3i_1$, $x_2 = 3-i_1$, $x_8 = 2i_1$. Изобразим их на координатной плоскости (рис. 3).

3. Возьмем другие три корня, например $x_5 = -1+3i_1$, $x_2 = 3-i_1$, $x_8 = 2i_1$, и составим с ними новое кубическое уравнение:

$$(x-x_5)(x-x_2)(x-x_8) = x^3 - (2+4i_1)x^2 + (-2+14i_1)x + (-20+12i_1) = 0.$$

Корнями этого кубического уравнения будут числа $x_5 = -1 + 3i_1$, $x_2 = 3 - i_1$, $x_8 = 2i_1$. Изобразим их на координатной плоскости (рис. 3).

Все три числа $x_5 = -1 + 3i_1$, $x_2 = 3 - i_1$, $x_8 = 2i_1$ лежат на одной прямой, поэтому дополнительные корни не появятся.

4. Возьмем еще три корня: $x_2 = 3 - i_1$, $x_6 = -3 + i_1$, $x_7 = 2 + 4i_1$. Составим кубическое уравнение:

$$(x - x_2)(x - x_6)(x - x_7) = x^3 - (2 + 4i_1)x^2 - (10 - 6i_1)x + (-4 + 28i_1) = 0.$$

Получили кубическое уравнение (5), которое, как указано выше, имеет девять корней.

Оказалось, что эта иллюстрация расположения корней уравнения над кольцом двойных чисел справедлива и в общем случае.

Теорема 2. Каждый корень уравнения n-й степени в кольце двойных чисел на координатной плоскости является точкой пересечения прямых вида $y = \pm x + b$ ($b \in R$), проходящих через два других корня этого уравнения.

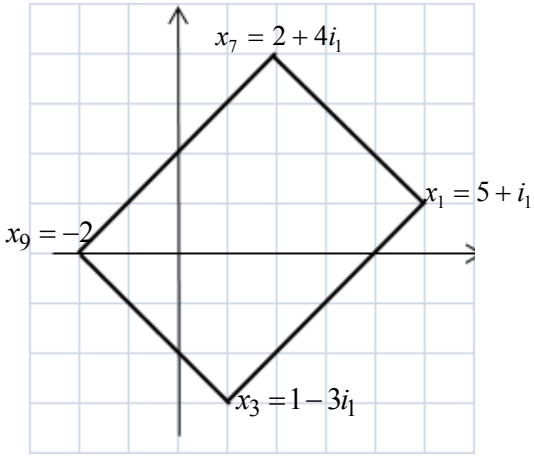


Рис. 2

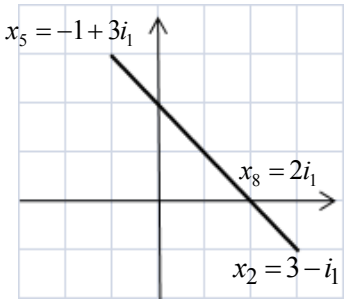


Рис. 3

Доказательство. Достаточно доказать эту теорему для двух множителей, входящих в уравнение любой степени. Возьмем две точки на координатной плоскости с координатами (a,b) и (c,d). Они будут соответствовать двойным числам $a + bi_1$ и $c + di_1$. Проведем через точки (a,b) и (c,d) прямые, параллельные прямым $y = \pm x$.

Через точку (a,b) проходят прямые: l_1: $y = x + (b - a)$ и m_1: $y = -x + (b + a)$, а через точку (c,d) будут проходить прямые: l_2: $y = x + (d - c)$ и m_2: $y = -x + (d + c)$.

Точки пересечения прямых $m_1 \cap l_2 = A\left(\frac{a+b+c-d}{2}; \frac{a+b-c+d}{2}\right)$, $m_2 \cap l_1 = B\left(\frac{a-b+c+d}{2}; \frac{-a+b+c+d}{2}\right)$. Числу $\frac{a+b+c-d}{2} + \frac{a+b-c+d}{2} i_1$ соответствует точка A, а точка B – числу $\frac{a-b+c+d}{2} + \frac{-a+b+c+d}{2} i_1$.

Вычислим значение многочлена $(x-(a+bi_1))(x-(c+di_1))$ в точках A и B:

$$\left(\frac{a+b+c-d}{2}+\frac{a+b-c+d}{2}i_1-\left(a+bi_1\right)\right)\left(\frac{a+b+c-d}{2}+\frac{a+b-c+d}{2}i_1-\left(c+di_1\right)\right)=$$

$$=\left(\frac{-a+b+c-d}{2}+\frac{a-b-c+d}{2}i\right)\left(\frac{a+b-c-d}{2}+\frac{a+b-c-d}{2}i\right)=0,$$

$$\left(\frac{a-b+c+d}{2}+\frac{-a+b+c+d}{2}i_1-\left(a+bi_1\right)\right)\left(\frac{a-b+c+d}{2}+\frac{-a+b+c+d}{2}i_1-\left(c+di_1\right)\right)=$$

$$=\left(\frac{-a-b+c+d}{2}+\frac{-a-b+c+d}{2}i\right)\left(\frac{a-b-c+d}{2}+\frac{-a+b+c-d}{2}i\right)=0.$$

Значение многочлена $(x-(a+bi_1))(x-(c+di_1))$ в точках A и B будет равно нулю при $\forall a,b,c,d\in R$. Следовательно, числа $\frac{a+b+c-d}{2}+\frac{a+b-c+d}{2}i_1$ и $\frac{a-b+c+d}{2}+\frac{-a+b+c+d}{2}i_1$, наряду с числами $a+bi_1$ и $c+di_1$, также будут являться корнями множителя $(x-(a+bi_1))(x-(c+di_1))$.

Теорема будет справедлива и для уравнений высших степеней.

Следствие 1. Уравнение n-й степени над кольцом двойных чисел будет иметь не более чем n^2 корней.

Следствие 2. Если уравнение над кольцом двойных чисел составлено из чисел $a+bi_1, c+di_1,\ldots$, где $a,b,c,d\in Q$, то все корни этого уравнения будут вида $m+ni_1$, где $m,n\in Q$.

Следствие 3. Если уравнение над кольцом двойных чисел составлено из чисел $a+bi_1, c+di_1,\ldots$, где $a,b,c,d\in Z$, то все его корни будут вида $m+ni_1$, где $2m,2n\in Z$.

Следствие 4. При подстановке в $(x-x_i)(x-x_j)\cdots(x-x_k)=0$ вместо $x_i,x_j,\cdots x_k$ разных наборов значений из множества корней конкретного уравнения n-й степени получаем различные уравнения, при этом множество корней этих уравнений замкнуто.

Пример 4. Рассмотрим расположение корней уравнения четвертой степени над кольцом двойных чисел. Возьмем четыре числа $x_1=-3+2i_1, x_2=2+6i_1$, $x_3=2+2i_1$, $x_4=3-i_1$ и из них составим уравнение четвертой степени:

$$\begin{gathered}(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)=\\ =x^4+(-4-9i_1)x^3+(13+29i_1)x^2+(-44+36i_1)x+(-32-32i_1)=0.\end{gathered}\tag{7}$$

Все точки, являющиеся точками пересечения прямых, проходящих через точки $x_1=-3+2i_1, x_2=2+6i_1, x_3=2+2i_1, x_4=3-i_1$ параллельно прямым $y=\pm x$, будут корнями данного уравнения четвертой степени (можно убедиться подстановкой в (7)):

$x_1=-3+2i_1$,	$x_5=-1.5+3.5i_1$,	$x_9=-1+3i_1$,	$x_{13}=4+4i_1$,
$x_2=2+6i_1$,	$x_6=-0.5+4.5i_1$,	$x_{10}=4i_1$,	$x_{14}=1.5-2.5i_1$,
$x_3=2+2i_1$,	$x_7=1.5+6.5i_1$,	$x_{11}=-0.5-0.5i_1$,	$x_{15}=4$,
$x_4=3-i_1$,	$x_8=-2.5+1.5i_1$,	$x_{12}=1+i_1$,	$x_{16}=6+2i_1$.

Изобразим их на координатной плоскости (рис. 4).

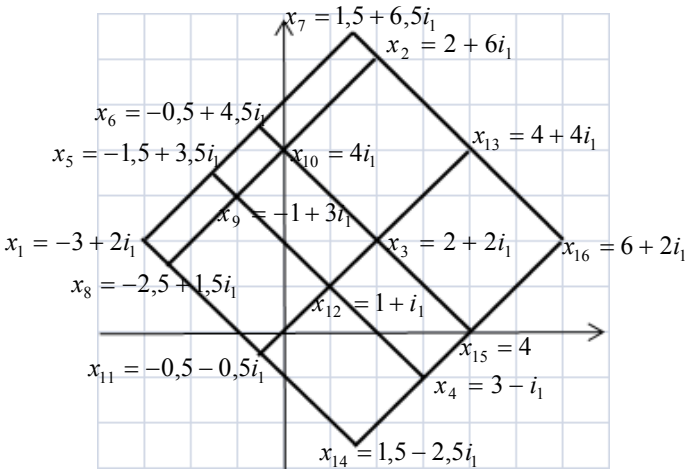


Рис. 4

Резюме. В работе доказано, что количество корней уравнения равно квадрату степени уравнения. Реализован графический метод нахождения корней уравнения над кольцом двойных чисел.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивлев, Д. Д.* Короли и академики / Д. Д. Ивлев. – Чебоксары : Чувашия, 1999. – 93 с.

2. *Ивлев, Д. Д.* О двойных числах и их функциях / Д. Д. Ивлев // Математическое просвещение. – М. : ГИФМЛ, 1961. – С. 197–203.

3. *Куликов, Л. Я.* Алгебра и теория чисел : учебное пособие для педагогических институтов / Л. Я. Куликов. – М. : Высшая школа, 1979. – 559 с.

4. *Ларин, С. В.* Числовые системы : учебное пособие для студентов педагогических вузов / С. В. Ларин. – М. : Академия, 2001. – 160 с.

5. *Сборник* задач по алгебре : учебное пособие / под ред. А. И. Кострикина. – М. : Факториал, 1995. – 454 с.

6. *Сидоров, Н. Н.* Аксиоматические теории числовых систем : учебное пособие для студентов педагогических вузов, обучающихся по специальности «Математика» / Н. Н. Сидоров. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та им. И. Я. Яковлева, 1998. – 185 с.

7. *Сильвестров, В. В.* Системы чисел / В. В. Сильвестров. – Режим доступа: http://www.pereplet.ru/cgi/soros/readdb.cgi?f=ST561.

8. *Солодовников, А. С.* Задачник-практикум по алгебре. Ч. IV / А. С. Солодовников, М. А. Родина. – М. : Просвещение, 1985. – 127 с.

УДК 636.5.033; 591.44; 574.24

ОЦЕНКА ГИСТОКАРТИНЫ ОРГАНОВ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У БРОЙЛЕРОВ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

ASSESSMENT OF HISTOLOGY PICTURE OF THE IMMUNE SYSTEM ORGANS IN BROILERS WHEN PRESCRIBING NATURAL ZEOLITES

А. О. Муллакаев, А. А. Шуканов

A. O. Mullakaev, A. A. Shukanov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Назначение бройлерам природных цеолитов «Шатрашанит» и «Пермаит» сопровождалось становлением и развитием морфофизиологического статуса тимуса, фабрициевой сумки и селезенки.

Abstract. The prescription of the natural zeolites «Shatrashanit» and «Permait» to broilers was accompanied by formation and development of morphophysiological status of thymus, bursal sac and spleen.

Ключевые слова: *бройлеры, вилочковая железа, фабрициева сумка, селезенка, «Шатрашанит», «Пермаит», структурно-функциональный статус.*

Keywords: *broilers, thymus, bursal sac, spleen, «Shatrashanit», «Permait» structural and functional status.*

Актуальность исследуемой проблемы. Одним из основных направлений, позволяющих максимально реализовать генетический потенциал птицы, является совершенствование полноценного кормления в направлении применения высокоэффективных добавок, способствующих повышению продуктивности птицы. В настоящее время кормовые добавки стали неотъемлемой частью современных рационов, они применяются для балансирования кормов, повышения усвояемости питательных веществ и снижения токсичности ингредиентов комбикорма. Конечными целями применения кормовых добавок являются улучшение продуктивности и сохранности птицы [1], [2].

В условиях все более продолжающегося техногенного и антропогенного загрязнения окружающей природной среды одним из факторов, снижающих экологическую нагрузку на организм человека и животных, служат естественные цеолиты. Они обладают уникальным сочетанием адсорбционных, ионообменных, каталитических, детоксикационных, дезодорирующих и пролонгирующих свойств. Данные свойства цеолитовых туфов позволяют использовать их с высокой эффективностью во многих отраслях народного хозяйства, в том числе как компоненты восполнения дефицита минеральной недостаточности в общем балансе местных кормовых ресурсов. Применение цеолитов в живот-

новодстве с учетом природного районирования территорий способствует снижению степени экологического риска проявления эколого-географических предпосылок заболеваемости человека и животных [3], [4], [5], [7], [8], [9].

В последние годы значительный интерес проявляется к использованию цеолитов различных месторождений регионов Поволжья, катионный состав которых значительно отличается от известных и хорошо изученных месторождений вулканического и вулканогенного типов. Поэтому обоснование спектра биогенного влияния этих цеолитов в сочетании с другими биологически активными добавками на организм продуктивных животных с учетом биогеохимических особенностей различных экологических субрегионов Поволжья является актуальной проблемой современной биологии и биотехнологии.

В этой связи целью исследования является изучение микроморфологии вилочковой железы, фабрициевой сумки, селезенки у бройлеров в условиях назначения естественных цеолитов «Шатрашанит» и «Пермаит».

Материал и методика исследований. Проведена серия научно-хозяйственных опытов и лабораторных экспериментов с использованием 60 цыплят-бройлеров. Их подбирали по принципу аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста, породы, пола, массы тела по 20 петушков в каждой группе.

Бройлеров первой группы (контроль) с 7- до 56-суточного возраста (продолжительность исследований) содержали на основном рационе (ОР). Петушкам второй группы на фоне ОР скармливали «Шатрашанит» Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан; третьей группы – «Пермаит» Алатырского месторождения Чувашской Республики в дозе 2 % от массы сухого вещества кормового рациона ежедневно до конца исследований.

У петушков, декапитированных в 56-суточном возрасте, определяли гистоструктуру тимуса, фабрициевой сумки, селезенки по общепринятым в гистологии современным методам. Для этого кусочки исследуемых органов фиксировали в спирт-формалине (9:1) и 10 %-м нейтральном растворе формалина. Уплотнение фиксированных кусочков органов проводили путем заливки в парафин по стандартной методике [6]. Гистосрезы толщиной 4…6 мкм окрашивали гематоксилин-эозином и по Романовскому-Гимзе. Содержание РНК определяли по Броше, кислой и щелочной фосфатазы – по Гомори. Для оценки специфичности гистохимических реакций ставили соответствующие контроли.

Результаты исследований и их обсуждение. При оценке гистокартины вилочковой железы было установлено, что в целом микроскопическое строение тимуса у бройлеров контрольной группы сохранено. Вместе с тем выявлено, что корковое вещество изучаемой железы было представлено плотно расположенными тимоцитами. Отношение коркового вещества к мозговому составило 1:1. В мозговом веществе было обнаружено небольшое количество одноклеточных и многоклеточных форм тимусных телец, которые имели признаки разрушения.

Установлено, что у бройлеров второй группы, выращенных с применением цеолита «Шатрашанит», гистоструктура вилочковой железы была сохранена. Тимус характеризовался хорошо выраженным корковым и мозговым веществом. В корковом веществе очень плотно располагались тимоциты. В большинстве долек корковое вещество по отношению к мозговому составляло 1,5:1, а в некоторых дольках прослойка коркового вещества по отношению к мозговому равнялась 2:1. В мозговом веществе выявлено небольшое количество тимусных телец, среди которых мало одноклеточных форм, а также незначительное число многоклеточных форм еще недегенерируемых клеток.

Гистологическое исследование тимуса бройлеров, получавших с ОР природный минерал «Пермаит», показало, что рисунок строения органа хорошо сохранен. В его гистоструктуре отмечено сильное расширение зоны коркового вещества по сравнению с контролем, которое по отношению к мозговому веществу составило 3:1. Толщина коркового вещества тимуса была больше, чем у птицы опытной группы в условиях назначения цеолита «Шатрашанит». Выявлено, что в корковом веществе тимоциты расположены компактно и очень плотно. В мозговом веществе тимусных телец выявлено мало, среди них – небольшое количество одноклеточных форм и совсем не обнаружено многоклеточных. Венозные сосуды мозгового вещества содержали большое число тимоцитов.

Установлено, что у контрольных петушков в фабрициевой сумке были выражены дольки и фолликулы. Корковое вещество фолликулов занимало малую площадь, а мозговое вещество, наоборот, – большую. Эти же зоны характеризовались изреженностью лимфоцитами. Кроме того, было обнаружено образование клеточных элементов соединительной ткани между дольками и фолликулами, особенно лимфобластов. При этом отмечена белковая дистрофия эпителия.

У бройлеров второй группы фабрициевая бурса имела хорошо выраженное дольчатое строение. Так, в дольках были обнаружены крупные фолликулы. Отмечено, что в корковом веществе лимфоциты расположены очень плотно, а в мозговом веществе преимущественно преобладали эпителиальные клетки.

Выявлено, что у петушков третьей группы фабрициевая сумка имела отчетливое дольчатое строение с хорошей выраженностью коркового и мозгового вещества, лимфоидные фолликулы которых имели вытянутую форму и были крупных размеров. В корковом веществе обнаружены плотно расположенные лимфоциты малых размеров и митотически делящиеся клетки. При этом в мозговом веществе были установлены большие и средние лимфоциты.

Микроскопическое исследование селезенки интактной птицы показало, что она имела малое число хорошо различимых белых пульп в виде лимфоидных фолликулов. Вокруг пенициллярных артерий выявлены большие клеточные инфильтраты. В то же время красная пульпа по занимаемой площади была больше, чем белая, и характеризовалась малым числом эритроцитов, макрофагов с гемосидерином и единичными ретикулярными клетками.

У бройлеров второй группы, содержавшихся при назначении естественного минерала «Шатрашанит», в гистоструктуре селезенки ярко выраженных изменений не обнаружено. В то же время отмечено уменьшение количества и размеров фолликулов на 20 % по сравнению с таковыми у птицы, получавшей «Пермаит» (3 группа). Фолликулы также имели лимфобласты, дендритные клетки, макрофаги и были окружены лимфоцитарной зоной. В красной пульпе установлена густая сеть артериол, капилляров и венозных синусов.

В селезенке петушков третьей группы белая пульпа была представлена многочисленными лимфоидными фолликулами с расширенными герминативными центрами, число которых находилось в диапазоне от 4 до 10, тогда как у птицы контрольной группы – от 1 до 2. Фолликулы имели лимфобласты, многие из которых находились в стадии митоза, дендритные клетки и макрофаги. Фолликулы были окружены плотной лимфоцитарной зоной. Красная пульпа состояла из эритроцитов, ретикулярной ткани с находящимися в ней свободными клеточными элементами: клетками крови, макрофагами и многочисленными плазмоцитами, обогащенными РНК. В красной пульпе наблюдалось увеличение количества артериол, капилляров и своеобразных венозных синусов.

На основании изложенного выше следует, что структурно-функциональное состояние иммунокомпетентных органов у птицы интактной группы характеризовалось ранней возрастной инволюцией тимуса, фабрициевой бурсы и повышенной делимфатизацией селезенки, свидетельствующих о незначительных отклонениях в становлении и развитии этих органов.

В то же время у бройлеров опытных групп имела место хорошо выраженная гистокартина вилочковой железы, фабрициевой сумки и селезенки, обусловленная скармливанием природных минералов «Шатрашанит» и «Пермаит».

При этом в морфологической картине органов иммунной системы петушков в условиях применения биогенного вещества «Пермаит» отмечены сильно выраженная лимфопоэтическая реакция селезенки, расширение коркового вещества тимуса с большим количеством тимоцитов, лимфоидно-клеточная реакция фабрициевой бурсы с увеличением размеров фолликулов по сравнению с таковой у птицы как контрольной, так и опытной групп, получавшей естественный цеолит «Шатрашанит».

Резюме. Выявлено, что назначение бройлерам с основным рационом природных минералов «Шатрашанит» и «Пермаит» сопровождалось значительным стимулированием структурно-функциональной организации тимуса, фабрициевой сумки и селезенки. Причем морфофизиологический эффект был более выраженным в условиях применения петушкам цеолита «Пермаит».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боряев, Г. И.* Влияние комплекса антиоксидантных препаратов на продуктивность птицы родительского стада и качество инкубационных яиц / Г. И. Боряев, Е. В. Здоровьева, Ю. Н. Федоров, Ю. В. Кравченко // Нива Поволжья. – 2012. – № 3 (24). – С. 49–55.

2. *Егоров, И.* Эффективная кормовая добавка для бройлеров / И. Егоров, Е. Андрианова, Л. Присяжная, И. Голубов // Птицеводство. – 2011. – № 7. – С. 19–20.

3. *Ежков, В. О.* Особенности морфологии некоторых органов цыплят-бройлеров при применении разных доз цеолитсодержащих кормовых добавок / В. О. Ежков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2006. – Т. 190. – С. 34–41.

4. *Кочиш, И. И.* Экологически безопасные способы стимуляции роста и развития бройлеров в онтогенезе / И. И. Кочиш и соавт. – М. : МГАВМиБ им. Скрябина ; ОНО ППЗ «Конкурсный», 2007. – 104 с.

5. *Кудряшов, Л. С.* Влияние природных цеолитов на продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров / Л. С. Кудряшов, С. И. Кучерук // Мясная индустрия. – 2008. – № 9. – С. 16–19.

6. *Ромейс, Б.* Фиксация, окраска гистологического материала / Б. Ромейс // Микроскопическая техника. – М., 1954. – С. 81–175.

7. *Шадрин, А. М.* Роль природных и модифицированных цеолитов в профилактике кормовых и экологических стрессов у животных и птиц / А. М. Шадрин, В. А. Синицын, Н. М. Белоусов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2006. – № 6. – С. 43–49.

8. *Myklestad, A.* Soil, site and management components of variation in species composition of agricultural grasslands in western Norway / A. Myklestad // Grass and forage science. – 2008. – Vol. 59. – No. 2. – P. 136–143.

9. *O' Doherty, J. V.* The effects of lactose inclusion and seaweed extract derived from Laminaria spp. on performance, digestibility of diet components and microbial populations in newly weaned pigs / J. V. O' Doherty et al. // Animal feed science and technology. – 2010. – Vol. 157. – No. 3. – P. 173–180.

УДК 66.041.6

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ТВОРОЖНОГО СЫРЬЯ

ASSESSMENT OF EFFECTIVE APPLICATION OF MICROWAVE INDUCTION UNIT FOR CURD THERMAL TREATMENT

О. В. Науменко

O. V. Naumenko

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Приведены результаты оценки экономической эффективности применения СВЧ-индукционной установки в сравнении с существующими техническими средствами, используемыми в настоящее время для термообработки творожного сырья.

Abstract. The article adduces the results of assessment of effective application of the microwave induction unit in comparison with other existing technical equipment used for curd thermal treatment at present.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотная индукционная установка, экономическая эффективность, термообработка.*

Keywords: *microwave induction unit, economic effectiveness, thermal treatment.*

Актуальность исследуемой проблемы. По статистическим данным объем производства творога в 2011 г. по Российской Федерации (РФ) и по Чувашской Республике (ЧР) составил 381 и 11 млн кг/год соответственно [4]. Из этого объема до 20 % (76 млн кг – по РФ и 2 млн кг – по ЧР) идет на термообработку творожного сырья различного ассортимента. При этом удельные энергетические затраты на производство творожных изделий остаются достаточно высокими. Поэтому поиск энергосберегающей технологии производства творожных изделий является актуальным.

Материал и методика исследований. В данной работе определение годового экономического эффекта основывается на сопоставлении затрат по базовой и новой технике.

Рассматривается метод определения интегрального показателя технико-экономического уровня работ и системы показателей, обобщением которых он является, а именно: технического уровня организации работ; экономического уровня работ; уровня организации труда; социального уровня.

Результаты исследований и их обсуждение. При решении сложных задач по ускорению научно-технического прогресса очень важно с помощью системы соответствующих показателей всесторонне оценить технико-экономический уровень и определить перспективы и основные направления дальнейшего повышения этого уровня.

При подсчете экономической эффективности необходимо учитывать четыре возможных направления:

– применение новых технологических процессов изготовления продукции;

– производство и использование новых средств и условий труда;

– использование новых или усовершенствованных предметов труда;

– производство новой продукции или продукции повышенного качества.

Годовые эксплуатационные затраты на выполнение работ состоят из следующих статей расходов: заработной платы работающих с начислением; отчислений на социальное страхование; оплаты расходов на энергию, необходимую для функционирования оборудования; отчислений на амортизацию и текущий ремонт оборудования; дополнительных расходов, связанных с потерями продукта и другими причинами.

В настоящее время для термообработки творожного сырья используют:

– жарочно-пекарные шкафы периодического действия с расстоечной камерой ЭШП-11, предназначенные для расстойки и выпечки хлебобулочных и кондитерских изделий, мощностью до 10,4 кВт, производительностью 75…120 кг/ч;

– печи кондитерские конвейерные разных типоразмеров с цепным (марки ПКМ-5/2…ПКМ-5/6) и сеточным (марки ПКМ-5/3…ПКМ-5/7) транспортерами для выпечки продукции на подовых листах мощностью 34…98 кВт, производительностью 115…345 кг/ч. Печь состоит из нескольких пекарных камер с трубчатыми электронагревателями. Непрерывное перемещение полуфабрикатов через все пекарные камеры обеспечивает транспортер, скорость движения которого и, соответственно, продолжительность выпечки регулируются за счет системы управления [2].

При термообработке творожного сырья в жарочно-пекарных шкафах происходит кондуктивный (поверхностный нагрев), характерной особенностью которого является встречная направленность градиентов температуры и влаги из продукта. Этот нагрев характеризуется большими энергетическими и эксплуатационными затратами [3].

С целью снижения энергетических затрат и улучшения качества продукции нами предлагается комбинировать воздействие потоков энергии электромагнитных излучений разных диапазонов волн.

С учетом электрофизических параметров сырья и их спектрального анализа и на основе операционно-технологической схемы разработана СВЧ-индукционная установка для термообработки творожного сырья [1].

СВЧ-индукционная установка предусматривает термообработку творожного сырья в поточной линии с одновременным экзо-эндогенным нагревом. Установка обеспечивает регулирование дозы воздействия в широком диапазоне за счет изменения мощности источников энергии и скорости перемещения обрабатываемого продукта через рабочую камеру. Технический результат заключается в снижении энергетических затрат, ускорении процесса термообработки творожного сырья и улучшении качества продукции.

Установка имеет монтажный каркас 1, на котором установлен круглый стол 8 из ферромагнитного материала, с тыльной стороны которого по периферии размещены индукторы 4. Пульты управления находятся за пределами стола, поверх которого расположена круглая диэлектрическая поверхность 6, имеющая сквозные радиально расположенные отверстия в зоне резонаторных камер СВЧ-генераторов 3 и рабочих поверхностей индукционных плит. Для загрузки и выгрузки изделия имеется люк 5 в экранном цилиндрическом корпусе. Вращение круглой диэлектрической поверхности осуществляется за счет мотора-редуктора 2, установленного на монтажном каркасе (рис. 1).

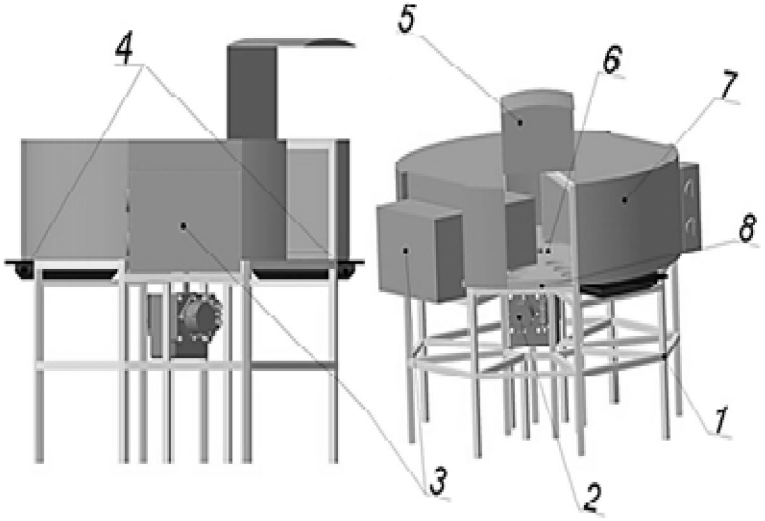


Рис. 1. ***Пространственное изображение СВЧ-индукционной установки для термообработки творожного сырья: 1 – монтажный каркас, 2 – мотор-редуктор, 3 – СВЧ-генераторы, 4 – индукторы, 5 – загрузочный люк, 6 – круглая плоскость из диэлектрического материала, 7 – экранный корпус, 8 – круглый стол из ферромагнитного материала***

Нагрев изделия происходит в поточном режиме с чередованием воздействий электромагнитного излучения разного диапазона с учетом предусмотренного между ними периода паузы. При этом продолжительность паузы должна быть выше или равна продолжительности нагрева, т. е. скваженность процесса – меньше или равна 0,5. Это обеспечит выравнивание градиентов давления, влажности и температуры по всей структуре изделия. Исследования распределения теплового потока с помощью тепловизора FLIR B365 показывают, что неравномерность нагрева по поверхности изделия в стационарном режиме достигает 20…25 ^{o}C, а при поточном режиме – 5…6 ^{o}C. Это позволяет получить однородную структуру готового изделия, соответствующего требованиям нормативно-технической документации.

Проведен контроль биологически опасных электромагнитных излучений (напряженности и плотности потока энергии) СВЧ-установки в испытательной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Чувашской Республике – Чувашии» (протокол испытаний № Ф-098 Д-2012 от 20.08.2012 г.). Проведена оценка пищевой ценности творожного изделия опытного и контрольного образцов в ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Чувашской Республике» (протокол испытаний № 1418 от 17.09.2012 г.).

Сравнение технико-экономических показателей по базовому варианту (с использованием жарочно-пекарных шкафов) и проектному варианту (с использованием СВЧ-индукционной установки) представлено в таблице 1.

Экономический эффект от внедрения СВЧ-индукционной установки для термообработки творожного сырья производительностью 20 кг/ч составляет 460521,6 руб./год.

Таблица 1

Технико-экономические показатели внедрения СВЧ-индукционной установки для термообработки творожного сырья в сравнении с базовым вариантом

Показатели	**При использовании жарочно-пекарных шкафов**	**При использовании СВЧ-индукционной установки**
Балансовая стоимость, *руб.*	40000	29700
Производительность установки, *кг/ч*	17	20
Потребляемая электроэнергия, *кВт·ч/кг*	1	0,307
Эксплуатационные расходы на выпечку творожных изделий, *руб./месяц*	**54176,13**	**25351,75**
Себестоимость расходов на выпечку творожных изделий, *руб./кг*	16,25	6,47
Цена смеси, *руб./кг*	181,6	181,6
Себестоимость творожных изделий, *руб./кг*	197,86	188,07
Цена реализации творожных изделий, *руб./кг*	210	210
Прибыль, *руб./кг* (чистый доход)	12,14	21,93
Объем выработанной продукции, *кг/месяц*	3332	3920
Капитальные затраты, *руб./(кг/месяц)*	12,00	7,57
Экономическая эффективность, *руб./месяц*	38376,8 руб./месяц 460521,6 руб./год	
Рентабельность, % (чистый доход/себестоимость продукции)·100	6,14	11,67
Рентабельно при объеме выпускаемой продукции свыше, *кг/месяц*	–	3920
Срок окупаемости, *год*		0,1

СВЧ-индукционная установка для термообработки творожного сырья рекомендуется к внедрению на перерабатывающих предприятиях пищевой отрасли средней и малой мощности для производства мелкоштучных творожных и мучных кондитерских изделий.

Резюме. Анализ результатов исследований показал, что применение энергии электромагнитных излучений является наиболее перспективной из существующих технологий, используемых для термообработки творожного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гинзбург, А. С.* Расчет и конструирование сушильных установок пищевой промышленности / А. С. Гинзбург. – М. : Пищевая промышленность, 1985. – 336 с.

2. *Драгилев, А. И.* Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства / А. И. Драгилев, Я. М. Сезанаев. – М. : Колос, 2000. – 496 с.

3. *Кавецкий, И. Ф.* Процессы и аппараты пищевых производств / И. Ф. Кавецкий. – М. : Колос, 2008. – 304 с.

4. *ООО «Экспресс-Обзор»* – компания, специализирующаяся на маркетинговых исследованиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.e-o.ru/

УДК 636.03:615.038

ВЕТЕРИНАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕЛЯТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИММУНОМОДУЛЯТОРОВ ПС-6 И ПС-7

VETERINARY AND HYGIENIC JUSTIFICATION FOR BREEDING CALVES WHEN USING IMMUNOMODULATORS PS-6 AND PS-7

Д. А. Никитин

D. A. Nikitin

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приводятся результаты клинического испытания новых иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7, разработанных учеными Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. Доказано, что ПС-6 и ПС-7 способствуют более интенсивному росту и развитию телят, профилактике кишечных и респираторных заболеваний, активизации клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма, кроме того, их применение экономически эффективно.

Abstract. The article gives the results of clinical test of the new immunomodulators PS-6 and PS-7, which have been developed by the scientists of the Chuvash State Agricultural Academy. It is proved that PS-6 and PS-7 promote a more intensive growth and development of calves, prevention of intestinal and respiratory diseases, activation of cellular and humoral factors of nonspecific resistance of an organism. Moreover, the use of these immunomodulators is profitable.

Ключевые слова: *телята, иммуномодуляторы, неспецифическая резистентность.*

Keywords: *calves, immunomodulators, nonspecific resistance.*

Актуальность исследуемой проблемы. В результате воздействия негативных факторов окружающей среды и ухудшения экологической обстановки существенно изменилось состояние здоровья животных. Кроме того, длительное пребывание их в закрытых помещениях при отсутствии инсоляции и ультрафиолетового облучения приводит к нарушениям оптимальных параметров микроклимата, воздействуя на организм многочисленными стресс-факторами, негативно влияющими на физиологическое состояние животных, особенно телят. При этом снижается уровень неспецифической резистентности организма, возникают вторичные иммунодефициты и, как следствие, массовые желудочно-кишечные и респираторные заболевания. Происходят глубокие изменения физиологических процессов, таких как газообмен, кровообращение, дыхание, обмен веществ, терморегуляция, потребление корма и воды, и все это в конечном счете сказывается на продуктивности животных [1], [5]. Поэтому обеспечение эффективной защиты животных от болезней было и остается одной из главных задач ветеринарной науки и практики. Только от здоровых животных можно получить большее количество и лучшее санитарное качество животноводческой продукции [4].

В условиях нарастающего экологического и технологического прессинга на организм актуальность фармакокоррекции иммунологической недостаточности в ветеринарной практике приобретает все большее значение [3]. В связи с этим формируются условия для создания новых фармакологических веществ, значительно расширяющих возможности фармакотерапии и профилактики заболеваний продуктивных животных [2], [6].

Опираясь на опыт проведенных исследований, теоретические знания и практическую потребность, нами созданы иммуномодулирующие препараты ПС-6 и ПС-7, которые представляют собой водные суспензии, содержащие полисахаридный комплекс дрожжевых клеток, иммобилизированных в агаровом геле, с добавлением производного бензимидазола и антибиотиков групп аминогликозидов и пенициллина соответственно. Данные препараты обладают комплексным иммуностимулирующим, антибактериальным и противовирусным действием.

Целью нашей работы явилось ветеринарно-гигиеническое обоснование выращивания телят с применением иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7.

Материал и методика исследований. Объектами исследований были телята черно-пестрой породы с момента рождения до 180-дневного возраста. По принципу пар-аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста и живой массы были подобраны три группы новорожденных телят (1-я опытная, 2-я опытная и контрольная) по 10 животных в каждой группе. Для оценки воздействия иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 на физиологическое состояние, неспецифическую резистентность и биологический потенциал телят опытным группам животных на первый, четвертый и седьмой дни жизни внутримышечно инъецировали указанные иммуномодуляторы в дозировке 0,1 мл на 1 кг живой массы. Животным контрольной группы биопрепараты не вводили. В течение опытного периода фиксировали показатели роста и развития телят, заболеваемости и сохранности, а также производили отбор проб крови для гематологических и иммунологических исследований.

Результаты исследований и их обсуждение. Параметры микроклимата в помещениях для содержания телят представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры микроклимата в помещениях для содержания телят

Показатель		Помещение	
		профилакторий	телятник
Температура, °С		17,96±0,90	15,56±0,73
Относительная влажность, %		69,4±2,29	72,2±3,87
Воздухообмен, $м^3$/ч на 1 животное	лето	81,0±3,21	109,8±2,8
	зима	19,6±1,29	20,6±0,93
Скорость движения воздуха, м/с	лето	0,34±0,04	0,38±0,14
	зима	0,07±0,01	0,06±0,01
Концентрация загрязнителей воздушной среды	микроорганизмы, тыс./$м^3$	12,4±1,81	21,6±2,29
	пыль, мг/$м^3$	0,96±0,19	1,86±0,34
	углекислый газ, %	0,13±0,01	0,14±0,01
	аммиак, мг/$м^3$	5,96±0,46	6,60±0,43
	сероводород, мг/$м^3$	1,78±0,24	2,16±0,28
Освещенность, лк	световой коэффициент	1:12,7	1:13,8
	искусственная освещенность, лк	61,60±3,25	57,80±3,28

Из данных табл. 1 следует, что показатели микроклимата животноводческих помещений находились в пределах зоогигиенических норм.

Исследования клинико-физиологического состояния организма телят свидетельствуют о том, что внутримышечное введение иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 в первые дни постнатального онтогенеза не оказывает влияния на температуру тела, частоту дыхания и сердечных сокращений.

Динамика живой массы и среднесуточных приростов телят приведена в табл. 2.

Таблица 2

Динамика роста телят

Возраст, дни	Группа животных		
	1-я опытная	2-я опытная	контрольная
Живая масса, кг			
1	30,4±0,51	30,6±0,51	30,6±0,40
30	47,2±0,20	47,4±0,40	47,0±0,55
60	68,2±0,58	68,2±0,73	67,0±0,32
90	89,8±0,58*	90,2±0,73*	87,8±0,58
120	111,6±0,51*	111,8±0,97*	108,8±0,73
150	135,8±1,16**	135,4±1,03**	131,0±0,71
180	159,4±0,68***	159,2±0,86***	153,6±0,51
Среднесуточный прирост, г			
30	560,0±12,47	560,0±28,67	546,7±8,16
60	700,0±14,91	693,3±32,32	666,7±14,91
90	720,0±29,06	733,3±44,72	693,3±16,33
120	726,7±33,99	720,0±42,95	700,0±10,54
150	806,7±45,22	786,7±29,06	740,0±6,67
180	786,7±42,95	793,3±26,67	753,3±13,33

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01, *** – P<0,001.

Внутримышечное введение иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 телятам в первые дни жизни способствовало повышению у них живой массы к концу опытного периода на 5,8 и 5,6 кг. Среднесуточный прирост в среднем за весь период исследований составил 4,8 и 4,4 %. Следовательно, иммуномодуляторы ПС-6 и ПС-7 обладают ростостимулирующим эффектом.

Заболеваемость и сохранность телят контрольной и опытных групп представлены в табл. 3.

Таблица 3

Заболеваемость и сохранность телят

Показатель	Группа животных		
	1-я опытная	2-я опытная	контрольная
Количество телят, гол.	10	10	10
Заболели	1	2	5
Выздоровели	1	2	5
Продолжительность болезней, сут.	2,0±0,00	3,0±1,00	5,6±0,81
Заболеваемость, %	10	20	50
Сохранность, %	100	100	100

Как видно из табл. 3, за период исследований, проведенных в опытных и контрольной группах, спорадически возникали заболевания телят. В 1-й опытной группе было одно кишечное заболевание, которое длилось двое суток. Во 2-й опытной группе выявлены два случая заболеваний: одно кишечное и одно респираторное, которые длились соответствен-

но 2 и 4 суток. В контрольной группе возникло пять случаев заболеваний: три кишечных и два респираторных, средняя продолжительность которых составила 5,6±0,81 суток. Средняя продолжительность болезней у телят 1-й и 2-й опытных групп была ниже на 3,6 и 2,6 суток соответственно.

Таким образом, внутримышечное введение иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 телятам на первый, четвертый и седьмой дни жизни способствовало снижению количества кишечных и респираторных заболеваний и сокращению продолжительности болезней.

Морфологический состав крови телят представлен на рис. 1.

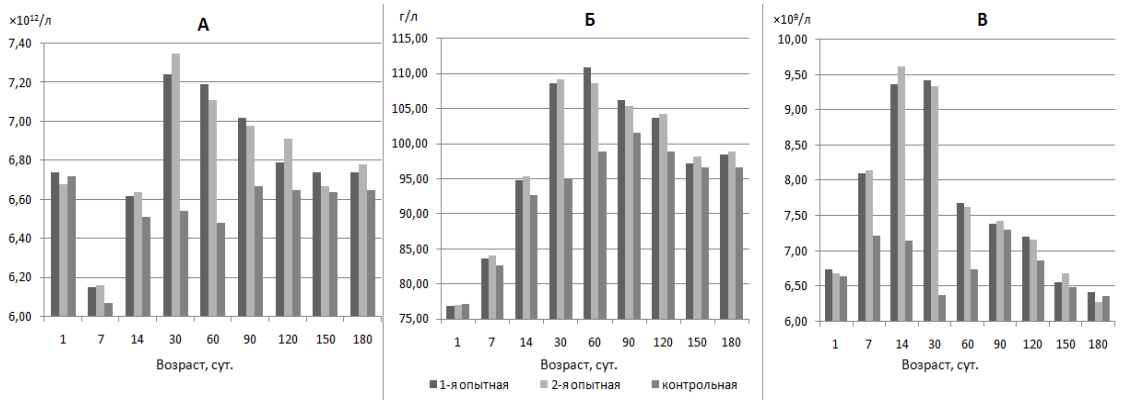


Рис. 1. ***Морфологический состав крови телят:***
А – количество эритроцитов; Б – концентрация гемоглобина; В – количество лейкоцитов

Исследование морфологического состава крови выявило достоверное повышение концентрации гемоглобина у телят 1-й и 2-й опытных групп, начиная с 30-дневного возраста, на 14,3 и 15,0 %, количества эритроцитов – на 11,0 и 12,4 % соответственно. Концентрация гемоглобина в одном эритроците у подопытных групп животных не имела существенной разницы. Следовательно, внутримышечное введение телятам иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 в первые дни жизни способствует повышению концентрации гемоглобина за счет нарастания числа эритроцитов, т. е. происходит стимуляция гемопоэза.

В 1-й и 2-й опытных группах выявлен лейкоцитоз, не превышающий физиологические нормы с 7- до 60-дневного возраста. Так, количество лейкоцитов в крови телят опытных групп было достоверно выше контрольного показателя в 7-дневном возрасте на 12 и 13 %, в 14-дневном – на 31 и 35 %, в 30-дневном – на 48 и 46 % и в 60-дневном – на 14 и 13 % соответственно. Начиная с 90-дневного возраста и до конца опытного периода, в количестве лейкоцитов в крови подопытных животных достоверных различий не выявлено.

При анализе структуры лейкоцитарной формулы телят опытных и контрольной групп в разные сроки исследований выявлены достоверное увеличение относительного количества базофилов, снижение доли нейтрофилов с ядерным сдвигом вправо, повышение доли лимфоцитов и некоторое понижение количества моноцитов.

Динамика фагоцитарной активности нейтрофилов, бактерицидной активности сыворотки и лизоцимной активности плазмы крови телят на фоне внутримышечного инъецирования иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 представлена на рис. 2.

Показатели неспецифической резистентности организма телят опытных групп были достоверно выше контрольных данных. Так, начиняя с 30-дневного возраста, повышение фагоцитарной активности нейтрофилов крови телят опытных групп относительно кон-

трольного показателя составило от 3,8 до 8,6 %, лизоцимной активности плазмы крови – от 4,2 до 5,5 % и бактерицидной активности сыворотки крови, начиная с 7-дневного возраста, – от 3,6 до 8,0 %. Данный эффект свидетельствует о повышении напряженности клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма телят под воздействием препаратов.

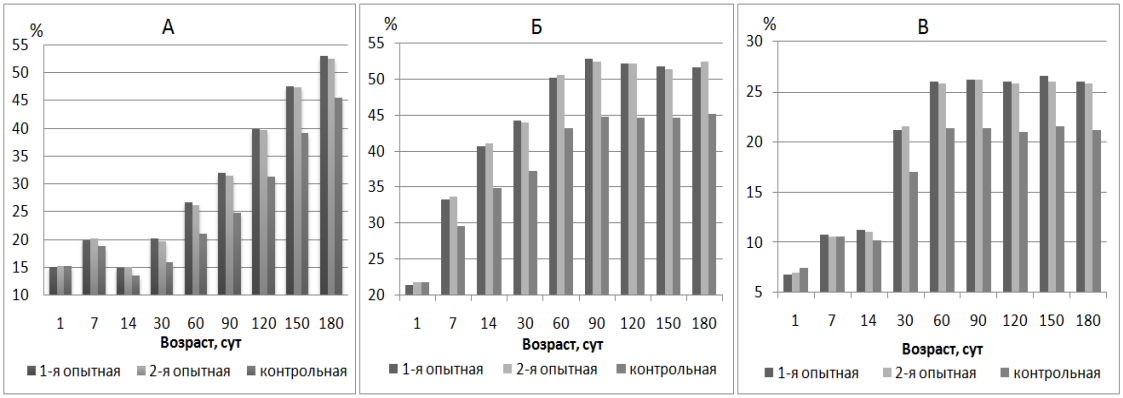


Рис. 2. ***Клеточные и гуморальные факторы неспецифической резистентности организма телят: А – фагоцитарная активность нейтрофилов крови; Б – бактерицидная активность сыворотки крови; В – лизоцимная активность плазмы крови***

Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы телят при применении ПС-6 и ПС-7 оказались ниже по сравнению с контрольными данными на 0,22 и 0,20 ЭКЕ соответственно. Условная прибыль от одного животного контрольной группы составила 2703,0 руб., 1-й опытной группы – 2805,4 руб. и 2-й опытной группы – 2801,9 руб. Из расчета на 1 руб. дополнительных затрат было 5,97 и 5,76 руб. соответственно.

Резюме. По результатам исследований можно сделать следующий вывод, что внутримышечное инъецирование телятам иммуномодуляторов ПС-6 и ПС-7 способствует более интенсивному их росту и развитию, профилактике кишечных и респираторных заболеваний, активизации клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма, кроме того, доказана экономическая целесообразность применения данных биопрепаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурдов, Л. Г.* К мониторингу зеараленона в кормах Удмуртской Республики / Л. Г. Бурдов, А. М. Тремасова // Ветеринарный врач. – 2011. – № 5. – С. 12–13.

2. *Гуськова, Т. А.* Зависимость безопасности клинических испытаний противоопухолевых препаратов от качества доклинических токсикологических исследований / Т. А. Гуськова, Ф. И. Комаров, Л. М. Чувильская, З. В. Елисеева // Российский биотерапевтический журнал. – 2004. – Т. 3. – № 2. – С. 65–66.

3. *Петрянкин, Ф. П.* Полисахариды – как стимуляторы иммунитета / Ф. П. Петрянкин // Роль высшей школы в реализации проекта «Живое мышление – стратегия Чувашии» : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2010. – С. 160–164.

4. *Смирнов, А. М.* Роль ветеринарной науки в обеспечении благополучия животноводства страны / А. М. Смирнов // Ветеринарный консультант. – 2008. – № 17–18. – С. 3–13.

5. *Тюрин, В. Г.* Нормативные зоогигиенические требования на молочно-товарных фермах крупного рогатого скота / В. Г. Тюрин, Ч. К. Авылов, Н. Н. Потемкина // Повышение интенсивности конкурентоспособности отраслей животноводства : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Жодина, 2011. – С. 361–364.

6. *Хабриев, Р. У.* Качество лекарственных средств на российском фармацевтическом рынке: основные тенденции / Р. У. Хабриев, Р. И. Ягудина // Фармация. – 2005. – № 4. – С. 22–23.

УДК 517.95:515.172.22

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГОЛОМОРФНОСТИ

APPROXIMATE SOLUTION FOR A NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATION IN THE REGION OF HOLOMORPHY

В. Н. Орлов, А. З. Пчелова

V. N. Orlov, A. Z. Pchelova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Рассматривается нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение с подвижными особыми точками, в общем случае неразрешимое в квадратурах. Предлагается приближенное решение уравнения как с точными, так и с возмущенными значениями начальных условий в области голоморфности. Полученные результаты иллюстрируются расчетами.

Abstract. The article considers an ordinary nonlinear differential equation with movable special points which cannot be solved in the quadrature in general case. It suggests the approximate solution for the equation both with exact and approximate values of initial conditions in the region of holomorphy. The obtained results are illustrated by the calculations carried out.

Ключевые слова: *подвижная особая точка, нелинейное дифференциальное уравнение, приближенное решение, область голоморфности.*

Keywords: *movable special point, nonlinear differential equation, approximate solution, region of holomorphy.*

Актуальность исследуемой проблемы. Рассматриваемое нелинейное дифференциальное уравнение обладает подвижными особыми точками. Их наличие не позволяет применять к уравнению известные аналитические и численные приближенные методы решения, так как они не адаптированы к этой категории особых точек. В связи с этим задача нахождения приближенного решения указанного уравнения является актуальной.

Материал и методика исследований. Применяется метод построения приближенных решений нелинейных дифференциальных уравнений с подвижными особыми точками, представленный в работах [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Он основан на методах аналитической теории дифференциальных уравнений, вычислительной математики и математического анализа. Рассматривается случай в области голоморфности.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассмотрим нелинейное дифференциальное уравнение

$$w'(z) = f_0 + f_1\, w(z) + f_2\, w^2(z) + f_3\, w^3(z) + f_4\, w^4(z) + f_5\, w^5(z), \qquad (1)$$

где f_i $(i = 0, 1, \ldots, 5)$ – функции комплексной переменной z, в общем случае неразрешимое в квадратурах, решение которого обладает подвижными особыми точками.

С помощью замены переменных $w = v(z)\,u(\xi) - \dfrac{f_4}{5f_5}$, при условиях $\dfrac{f_4}{5f_5} = \dfrac{f_3}{2f_4} = \dfrac{f_2}{f_3}$, где $v = \exp\int\left(f_1 - \dfrac{f_2 f_4}{10 f_5}\right)dz$, $\xi = \int f_5\, v^4 dz$, уравнение (1) приводится к виду

$$u'(\xi) = u^5(\xi) + I(z), \tag{2}$$

при этом $f_5\, v^5 I = \dfrac{d}{dx}\left(\dfrac{f_4}{5f_5}\right) + f_0 - \dfrac{1}{5}\dfrac{f_1 f_4}{f_5} + \dfrac{4}{5^5}\dfrac{f_4^5}{f_5^4}$. Уравнение (2) будем называть нормальной формой уравнения (1).

Имеем задачу Коши

$$w'(z) = w^5(z) + r(z), \tag{3}$$

$$w(z_0) = w_0\,. \tag{4}$$

Теорема 1. *Пусть функция* $r(z)$ *задачи (3)–(4) удовлетворяет следующим условиям:* 1) $r(z) \in C^1$ *в области* $|z - z_0| < \rho_1$, *где* $\rho_1 = const > 0$; 2) $\exists M_1 : \dfrac{\left|r^{(n)}(z_0)\right|}{n!} \le M_1$, *где* $M_1 = const,\ n = 0, 1, \ldots$. *Тогда решение этой задачи является голоморфной функцией*

$$w(z) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n \tag{5}$$

в области $|z - z_0| < \rho_2$, *где* $\rho_2 = \min\left\{\rho_1, \dfrac{1}{2^2 (M_2 + 1)^4}\right\}$, $M_2 = \max\left\{|w_0|, \sup\limits_n \dfrac{\left|r^{(n)}(z_0)\right|}{n!}\right\}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$.

Доказательство. Из условия теоремы имеем

$$r(z) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n (z - z_0)^n. \tag{6}$$

Подставляя ряд (5) в уравнение (3), учитывая выражение (6), получим

$$\left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n\right)' = \left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n\right)^5 + \sum_{n=0}^{\infty} A_n (z - z_0)^n\,.$$

Выполнив соответствующие преобразования, будем иметь

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_n n\,(z - z_0)^{n-1} = \sum_{n=0}^{\infty} \hat{D}_n (z - z_0)^n + \sum_{n=0}^{\infty} A_n (z - z_0)^n \quad \text{или}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_n n\,(z - z_0)^{n-1} = \sum_{n=0}^{\infty} (\hat{D}_n + A_n)(z - z_0)^n\,, \tag{7}$$

где $\hat{D}_n = \sum\limits_{i=0}^{n} C_{n-i} D_i^*$, $D_n^* = \sum\limits_{i=0}^{n} D_{n-i} D_i$, $D_n = \sum\limits_{i=0}^{n} C_{n-i} C_i$, $n = 0, 1, 2, \ldots$.

Соотношение (7) будет тождеством при условиях

$$n\,C_n = \hat{D}_{n-1} + A_{n-1},\ n = 1, 2, \dots\ . \tag{8}$$

Это рекуррентное соотношение позволяет однозначно определить все коэффициенты C_n. Таким образом, получили формальное единственное представление решения задачи (3)–(4) в некоторой окрестности точки z_0 в виде степенного ряда (5).

На основании соотношения (8) для коэффициентов структуры решения (5) имеем выражение $C_n = P_{4n+1}(C_0, A_0, A_1, \dots, A_{n-1})$, $n = 1, 2, \dots$, где правая часть соотношения представляет собой полином степени $(4n+1)$ с положительными коэффициентами.

Докажем сходимость ряда (5) в области $|z - z_0| < \rho_2$.

Обозначим $M_2 = \max\left\{ |w_0|, \sup\limits_n \dfrac{\left| r^{(n)}(z_0) \right|}{n!} \right\}$, $n = 0, 1, 2, \dots$.

Согласно методу математической индукции для коэффициентов C_n имеем оценку

$$|C_n| \le \frac{1}{n} 2^{2n-1}\, M_2\, (M_2 + 1)^{4n},\ n = 1, 2, \dots\ . \tag{9}$$

Рассмотрим ряд $M_2 + \sum\limits_{n=1}^{\infty} \dfrac{1}{n} 2^{2n-1} M_2\, (M_2 + 1)^{4n} |z - z_0|^n$, являющийся мажорирующим для ряда (5). На основании признака Даламбера получаем сходимость этого ряда в области $|z - z_0| < \dfrac{1}{2^2 (M_2 + 1)^4}$. Следовательно, эта область будет являться областью сходимости и для ряда (5).

Полагая $\rho_2 = \min\left\{ \rho_1, \dfrac{1}{2^2 (M_2 + 1)^4} \right\}$, получаем, что ряд (5) сходится в области $|z - z_0| < \rho_2$.

Таким образом, доказательство теоремы завершено.

Оценки, полученные в теореме 1 для коэффициентов C_n ряда (5), позволяют построить приближенное решение

$$w_N = \sum_{n=0}^{N} C_n (z - z_0)^n \tag{10}$$

задачи Коши (3)–(4).

Теорема 2. *Пусть выполняются условия 1 и 2 теоремы 1, тогда в области* $|z - z_0| < \rho_2$ *для приближенного решения (10) задачи Коши (3)–(4) справедлива оценка погрешности* $|w - w_N| \le \dfrac{1}{N+1} 2^{2N+1} M_2\, (M_2 + 1)^{4N+4} |z - z_0|^{N+1} \dfrac{1}{1 - 2^2 (M_2 + 1)^4 |z - z_0|}$, *где*

$$\rho_2 = \min\left\{ \rho_1, \frac{1}{2^2 (M_2 + 1)^4} \right\},\ M_2 = \max\left\{ |w_0|, \sup_n \frac{\left| r^{(n)}(z_0) \right|}{n!} \right\},\ n = 0, 1, 2, \dots\ .$$

Доказательство. С учетом оценок для коэффициентов C_n, полученных в теореме 1, имеем

$$|w - w_N| = \left|\sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n - \sum_{n=0}^{N} C_n (z - z_0)^n\right| = \left|\sum_{n=N+1}^{\infty} C_n (z - z_0)^n\right| \le$$

$$\le \sum_{n=N+1}^{\infty} \frac{1}{n} 2^{2n-1} M_2 (M_2 + 1)^{4n} |z - z_0|^n \le$$

$$\le \frac{1}{N+1} 2^{2N+1} M_2 (M_2 + 1)^{4N+4} |z - z_0|^{N+1} \frac{1}{1 - 2^2 (M_2 + 1)^4 |z - z_0|}.$$

Пример 1. Найдем приближенное решение задачи Коши (3)–(4), где $r(z) = 0,\ w(i) = \frac{1}{2\sqrt[4]{3}} \cdot \left(\sqrt{2 + \sqrt{2}} + i\sqrt{2 - \sqrt{2}}\right)$.

Эта задача имеет точное решение $w(z) = \frac{1}{\sqrt[4]{i - 4z}}$.

Вычислим радиус голоморфности с учетом начального условия задачи Коши $\rho_2 = 0{,}026064628$.

Выберем значение $z = 0{,}01 + 1{,}015i$, принадлежащее области голоморфности $|z - z_0| < \rho_2$. В табл. 1 приведены расчеты для одного листа римановой поверхности.

Таблица 1

Оценка приближенного решения уравнения в случае точных значений начальных условий в области голоморфности

z	w	w_3	Δ	Δ_1	Δ_2
$0{,}01 + 1{,}015i$	$0{,}697565752 + {}$ $+0{,}291615421i$	$0{,}697565761 + {}$ $+0{,}291615443i$	$2{,}37465 \cdot 10^{-8}$	0,070494431	$8 \cdot 10^{-5}$

Здесь w – значение точного решения, w_3 – значение приближенного решения; Δ, Δ_1 и Δ_2 – абсолютная, априорная и апостериорная погрешности соответственно.

С помощью теоремы 2 можно решить обратную задачу теории погрешности – определить значение N по заданной точности приближенного решения ε. Для случая $\varepsilon = 8 \cdot 10^{-5}$ получаем значение $N = 17$. Фактически для $N = 4, 5, \ldots 17$ получаем уточнения приближенного решения, которые в общей сумме не превышают требуемой точности ε. Следовательно, мы можем ограничиться в структуре приближенного решения значением $N = 3$. При этом получаем апостериорную погрешность Δ_2 для приближенного решения w_3, равную значению $\varepsilon = 8 \cdot 10^{-5}$.

При построении приближенного решения нелинейного дифференциального уравнения, в общем случае неразрешимого в квадратурах, как правило, приходится осуществлять аналитическое продолжение, которое приводит к задаче исследования влияния возмущения начальных данных на приближенное решение.

Рассматривается задача Коши

$$w'(z) = w^5(z) + r(z), \tag{11}$$

$$\widetilde{w}(z_0) = \widetilde{w}_0, \tag{12}$$

для которой представленная ниже теорема позволяет построить приближенное решение

$$\widetilde{w}_N(z) = \sum_{n=0}^{N} \widetilde{C}_n (z - z_0)^n, \tag{13}$$

где $\widetilde{C}_n$ – возмущенные значения коэффициентов.

Теорема 3. *Пусть функция* $r(z)$ *задачи Коши (11)–(12) удовлетворяет следующим условиям:* 1) $r(z) \in C^1$ *в области* $|z - z_0| < \rho_1$, *где* $\rho_1 = const > 0$; 2) $\exists\, M_1 : \dfrac{\left| r^{(n)}(z_0) \right|}{n!} \le M_1$, *где* $M_1 = const$, $n = 0, 1, \ldots$; 3) *известна оценка погрешности* $|\widetilde{w}_0 - w_0| = \Delta \widetilde{w}_0$. *Тогда для приближенного решения (13) этой задачи справедлива оценка погрешности* $\Delta \widetilde{w}_N(z) \le \Delta_1 + \Delta_2$ *в области* $|z - z_0| < \rho_5$, *где*

$$\Delta_1 \le \frac{1}{N+1} 2^{2N+1} M_3 (M_3 + 1)^{4N+4} |z - z_0|^{N+1} \frac{1}{1 - 2^2 (M_3 + 1)^4 |z - z_0|},$$

$$\Delta_2 \le \Delta M \left(1 + \frac{2^3 (M_3 + \Delta M + 1)^4 |z - z_0|}{1 - 2^2 (M_3 + \Delta M + 1)^4 |z - z_0|} \right),$$

$$\Delta M = \Delta \widetilde{w}_0, \; M_3 = \max\left\{ |\widetilde{w}_0|, \sup_n \frac{\left| r^{(n)}(z_0) \right|}{n!} \right\}, \; n = 0, 1, 2, \ldots,$$

$$\rho_5 = \min\{\rho_3, \rho_4\}, \; \rho_3 = \min\left\{ \rho_1, \frac{1}{2^2 (M_3 + 1)^4} \right\}, \; \rho_4 = \frac{1}{2^2 (M_3 + \Delta M + 1)^4}.$$

Доказательство. Используя классический подход (метод треугольника), получаем

$$\Delta \widetilde{w}_N(z) = |w(z) - \widetilde{w}_N(z)| \le |\widetilde{w}(z) - \widetilde{w}_N(z)| + |\widetilde{w}(z) - w(z)| =$$

$$= \left| \sum_{n=0}^{\infty} \widetilde{C}_n (z - z_0)^n - \sum_{n=0}^{N} \widetilde{C}_n (z - z_0)^n \right| + \left| \sum_{n=0}^{\infty} \widetilde{C}_n (z - z_0)^n - \sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n \right| =$$

$$= \left| \sum_{n=N+1}^{\infty} \widetilde{C}_n (z - z_0)^n \right| + \left| \sum_{n=0}^{\infty} (\widetilde{C}_n - C_n)(z - z_0)^n \right| \le \sum_{n=N+1}^{\infty} \left| \widetilde{C}_n \right| \cdot |z - z_0|^n + \sum_{n=0}^{\infty} \Delta \widetilde{C}_n \, |z - z_0|^n =$$

$$= \Delta_1 + \Delta_2,$$

где $\left| \widetilde{C}_n - C_n \right| = \Delta \widetilde{C}_n$.

Для выражения Δ_1, с учетом оценки (9) для коэффициентов C_n, по теореме 2 имеем $\Delta_1 \le \dfrac{1}{N+1} 2^{2N+1} M_3 (M_3 + 1)^{4N+4} |z - z_0|^{N+1} \dfrac{1}{1 - 2^2 (M_3 + 1)^4 |z - z_0|}$.

Методом математической индукции для величины $\Delta\widetilde{C}_n$ получаем оценку $\Delta\widetilde{C}_n \le 2^{2n+1}\Delta M\,(M_3+\Delta M+1)^{4n}$, $n=1, 2, \ldots$, где $\Delta M = \Delta\widetilde{w}_0$.

Таким образом, для выражения Δ_2 следует оценка

$$\Delta_2 = \sum_{n=0}^{\infty}\Delta\widetilde{C}_n\left|z-z_0\right|^n = \Delta\widetilde{C}_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\Delta\widetilde{C}_n\left|z-z_0\right|^n \le$$

$$\le \Delta M + \sum_{n=1}^{\infty}2^{2n+1}\,\Delta M\,(M_3+\Delta M+1)^{4n}\left|z-z_0\right|^n = \Delta M\left(1+\frac{2^3(M_3+\Delta M+1)^4\left|z-z_0\right|}{1-2^2(M_3+\Delta M+1)^4\left|z-z_0\right|}\right).$$

Эта оценка справедлива в области $\left|z-z_0\right| < \rho_4$, где $\rho_4 = \dfrac{1}{2^2\,(M_3+\Delta M+1)^4}$.

С учетом области действия оценки для Δ_1 окончательно для выражения $\Delta\widetilde{w}_N(z)$ получаем область $\left|z-z_0\right| < \rho_5$, где $\rho_5 = \min\{\rho_3, \rho_4\}$, $\rho_3 = \min\left\{\rho_1, \dfrac{1}{2^2(M_3+1)^4}\right\}$.

Пример 2. Построим первое аналитическое продолжение для приближенного решения задачи Коши, рассмотренной в примере 1.

Начальные условия задачи Коши:

$$z_0 = 0{,}01+1{,}015\,i,\ \widetilde{w}_0 = 0{,}697565761+0{,}291615443i.$$

Величина возмущения не превышает $\varepsilon = 2{,}37\cdot 10^{-8}$.

Задача имеет точное решение $y = \dfrac{1}{\sqrt[4]{i-4z}}$. Вычислим радиус голоморфности $\rho_5 = 0{,}026289088$. Выберем значение $z = 0{,}02+1{,}03\,i$, принадлежащее области голоморфности $\left|z-z_0\right| < \rho_5$. В табл. 2 представлены расчеты для соответствующего листа римановой поверхности.

Таблица 2

Оценка приближенного решения уравнения в случае возмущенных значений начальных условий в области голоморфности

z	w	$\widetilde{w}_3$	Δ	Δ_1^*	Δ_2^*
$0{,}02+1{,}03i$	$0{,}693230492+$ $+0{,}292364475i$	$0{,}693230507+$ $+0{,}292364518i$	$4{,}48449\cdot 10^{-8}$	0,066506078	$2\cdot 10^{-5}$

Здесь w – значение точного решения, $\widetilde{w}_3$ – значение приближенного решения; Δ, Δ_1^* и Δ_2^* – абсолютная, априорная и апостериорная погрешности соответственно.

С помощью теоремы 3 можно решить обратную задачу теории погрешности – определить значение N по заданной точности приближенного решения ε. Для случая $\varepsilon = 2\cdot 10^{-5}$ получаем $N = 20$. Фактически для $N = 4, 5, 6, \ldots 20$ получаем уточнения

приближенного решения, которые в общей сумме не превышают требуемой точности ε. Следовательно, можно ограничиться в структуре приближенного решения значением $N = 3$. При этом получаем апостериорную погрешность Δ_2^* для приближенного решения $\widetilde{w}_3$, равную значению $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-5}$.

Резюме. Доказана теорема существования решения нелинейного дифференциального уравнения определенного типа в области голоморфности. Построено приближенное решение рассматриваемого уравнения в области голоморфности. Исследовано влияние возмущения начальных условий на приближенное решение. Приведены примеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Орлов, В. Н.* Исследование приближенного решения второго уравнения Пенвеле / В. Н. Орлов, Н. А. Лукашевич // Дифференциальные уравнения. – 1989. – Т. 25. – № 10. – С. 1829–1832.

2. *Орлов, В. Н.* Математическое моделирование решения дифференциального уравнения / В. Н. Орлов, С. А. Редкозубов // Известия института инженерной физики. – 2010. – № 3 (17). – С. 2–3.

3. *Орлов, В. Н.* Метод приближенного решения дифференциального уравнения Риккати / В. Н. Орлов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 4. – С. 102–108.

4. *Орлов, В. Н.* Метод приближенного решения скалярного и матричного дифференциальных уравнений Риккати / В. Н. Орлов. – Чебоксары : Перфектум, 2012. – 112 с.

5. *Орлов, В. Н.* Об одном конструктивном методе построения первого и второго мероморфных трансцендентных Пенвеле / В. Н. Орлов, В. П. Фильчакова // Симетрійні та аналітичні методи в математичній фізиці. Т. 19. – Киев, 1998. – С. 155–165.

6. *Орлов, В. Н.* Об одном методе приближенного решения матричных дифференциальных уравнений Риккати / В. Н. Орлов // Вестник Московского авиационного института. – 2008. – Т. 15. – № 5. – С. 128–135.

7. *Орлов, В. Н.* О приближенном решении первого уравнения Пенвеле / В. Н. Орлов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2008. – № 2. – С. 42–46.

8. *Орлов, В. Н.* Точные границы для приближенного решения дифференциального уравнения Абеля в окрестности приближенного значения подвижной особой точки в комплексной области / В. Н. Орлов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). – С. 399–405.

9. *Орлов, В. Н.* Точные границы области применения приближенного решения дифференциального уравнения Абеля в окрестности приближенного значения подвижной собой точки / В. Н. Орлов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5. – № 10. – С. 192–195.

УДК 612-057.875

МИКРОЭЛЕМЕНТНАЯ КОРРЕКЦИЯ АНТРОПОМЕТРИИ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ 1–2 КУРСОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

MICROELEMENT CORRECTION OF ANTHROPOMETRY AND CARDIOVASCULAR SYSTEM OF FIRST-YEAR AND SECOND-YEAR STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITY

А. В. Панихина, И. Ю. Пахомова, Н. М. Ремизова

A. V. Paniknina, I. Y. Pakhomova, N. M. Remizova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Экспериментально доказано стабилизирующее влияние биопрепарата «Селенес+» на показатели антропометрии и состояние сердечно-сосудистой системы студентов младших курсов технического вуза при адаптации к условиям обучения в вузе.

Abstract. It is experimentally substantiated that the biological preparation «Selenes+» influences the anthropometry parameters and the state of cardiovascular system of first-year and second-year students of technical universities in a stabilizing way in terms of their adaptation to studying at an institute of higher education.

Ключевые слова: *студенты младших курсов, биопрепарат «Селенес+», антропометрия, сердечно-сосудистая система, адаптация.*

Keywords: *first-year and second-year students, biological preparation «Selenes+», anthropometry, cardiovascular system, adaptation.*

Актуальность исследуемой проблемы. Известно, что адаптация студентов младших курсов к комплексу факторов, специфичных для высшего образования, представляет собой сложный многоуровневый морфофизиологический процесс, который сопровождается значительным напряжением компенсаторно-приспособительных механизмов организма [1]. Особенно большую нагрузку испытывают на себе студенты технических специальностей. Поэтому физиологическая эффективность адаптации организма к условиям обучения в вузе во многом зависит от полноценности пищевого рациона студентов, насыщенности его макро- и микроэлементами.

На территории Чувашской Республики выделяют 7 экологических районов, почва и вода которых отличаются по микроэлементному составу. При этом вся территория Чувашии относится к району с дефицитом такого важного микроэлемента, как селен. Положение усугубляется одновременной недостаточностью йода. Установлено, что селен оказывает непосредственное влияние на синтез и функциональную активность тиреоидных гормонов, входя в состав йодтиронин-5-дейодиназы. Дефицитное поступление в орга-

низм селена вызывает нарушение обмена веществ, в том числе липидного метаболизма, снижение иммунитета и нарушение функционирования щитовидной железы, а также угнетение организма в целом на почве расстройств как в скелетных мышцах, так и миокарде [2], [3], [4].

В связи с вышеизложенным целью работы является изучение динамики антропометрических параметров и сердечно-сосудистой системы студентов младших курсов вуза для обоснования микроэлементной коррекции адаптогенеза организма к условиям обучения в высшей школе.

Материал и методика исследований. Проведены две серии экспериментов и лабораторных исследований в течение I, II, III, IV учебных семестров (1–2 курсы) с привлечением 30 студентов-юношей в возрасте 17–20 лет факультета «Автомобили и автомобильное хозяйство» Чебоксарского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина», разделенных на три группы по 10 человек в каждой. По результатам медицинского осмотра в МУЗ «Городская больница № 2» г. Чебоксары и индивидуального опроса все юноши были зачислены в основную медицинскую группу.

В обеих сериях опытов у студентов сравниваемых групп в начале (сентябрь, февраль), конце (декабрь, май) теоретического обучения, в периоды зимних (январь) и летних (июнь) экзаменационных сессий I–IV учебных семестров проводили оценку динамики соматометрических параметров, а также состояния сердечно-сосудистой системы (ССС). Студентам за один месяц до начала экзаменационных сессий (декабрь, май) назначали плацебо (II группа) и биопрепарат «Селенес+» (III группа) согласно рекомендациям Министерства здравоохранения и социального развития РФ перорально по 1 драже ежедневно. Студенты I группы препаратов не получали (контроль).

Для описания состояния антропометрии и сердечно-сосудистой системы (ССС) использовали следующие методы исследований: определение роста, массы тела, индекса Кетле (ИК); определение частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического ($АД_с$) и диастолического ($АД_д$) артериального давления, систолического (СОК) и минутного (МОК) объемов кровообращения, пульсового давления (ПД), среднединамического давления (СДД), двойного произведения (ДП), индекса функциональных изменений (ИФИ), коэффициента выносливости (КВ).

Полученные в ходе исследований данные подвергали статистической обработке. Для сравнения значений переменных использовали U-критерий Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия при $p<0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что в первой серии экспериментов рост исследуемых студентов постепенно увеличивался по мере их взросления от 173,10±4,33–174,30±2,76 до 173,67±4,33–175,06±2,78 см без достоверной разницы в межгрупповом сопоставлении.

Масса тела у студентов сравниваемых групп волнообразно колебалась на протяжении 1 курса с тенденцией к увеличению в возрастном аспекте. Так, у юношей контрольной группы данный показатель в начале (сентябрь) и в конце (июнь) учебного года менялся в диапазоне 64,75±5,14–65,16±5,03 кг; в условиях применения плацебо – 66,05±5,67–66,16±5,86 кг, биопрепарата «Селенес+» – 65,90±4,15–65,99±4,23 кг соответственно ($P>0,05$).

Индекс Кетле (ИК), характеризующий физиологическую избыточность или недостаточность массы тела, у исследуемых студентов по мере их взросления варьировался от 21,53±1,15–21,71±1,37 до 21,49±1,10–21,52±1,40 у. е., находясь в пределах колебаний физиологической нормы для данной возрастной категории (P>0,05). Межгрупповые различия в данном показателе были недостоверны.

При оценке состояния ССС выявлено, что ЧСС у исследуемых юношей волнообразно повышалась в возрастном аспекте от 70,40±3,689–73,40±4,941 до 77,10±2,361–82,10±4,803 уд./мин (P>0,05). Мы считаем, что увеличение ЧСС свидетельствует о мобилизации функции кровообращения и, как следствие, указывает на определенное напряжение механизмов адаптации.

Изучение динамики значений ДП, характеризующего уровень потребления кислорода миокардом, показало, что у исследуемых первокурсников эти показатели повышались от начала к концу учебного года (74,85±4,24–80,96±5,18 против 96,46±4,33–107,32±7,92 у. е.) без достоверной разницы в межгрупповом сравнении. Причем значения ДП у исследуемых студентов были максимальными в течение как зимней, так и летней экзаменационных сессий.

Аналогичная закономерность выявлена в характере изменений ПД, которое у юношей сравниваемых групп волнообразно повышалось по мере их взросления от 38,0±3,91–41,8±2,88 до 46,5±3,36–52,5±3,92 мм рт. ст. При этом максимальные значения ПД у исследуемых студентов отмечены в периоды обеих экзаменационных сессий 1 курса (P>0,05).

Показатели $АД_с$ студенческой молодежи всех групп зигзагообразно повышались в возрастном аспекте (107,00±6,727–110,80±4,521 против 124,50±4,535–130,50±4,250 мм рт. ст.), имея максимальные значения в ходе зимней и летней экзаменационных сессий. Разница между показателями студентов всех групп была недостоверной.

Динамика параметров $АД_д$ всецело соответствовала характеру изменений таковых $АД_с$.

Показатели СДД у изучаемых студентов повышались от начала обоих семестров (сентябрь, февраль) к их завершению (январь, июнь) от 81,00±4,890–82,93±3,625 до 94,83±3,106–99,17±2,589 и от 85,33±3,114–85,53±3,042 до 92,13±1,893–95,50±2,299 мм рт. ст. соответственно (P>0,05).

При анализе динамики значений СОК, характеризующих количество выбрасываемой желудочками крови за период одной систолы, выявлено, что у исследуемых они нелинейно менялись от начала к концу первого учебного года (68,34±2,655–70,24±2,574 против 66,83±1,949–69,77±2,398 мл; P>0,05). Следует отметить, что показатели СОК у студентов контрольной группы на протяжении первой серии наблюдений были выше таковых у их сверстников III группы, что, по нашему мнению, свидетельствует о состоянии повышенного напряжения деятельности ССС организма первых.

Оценка динамики МОК, характеризующего выбрасываемое сердцем в аорту или легочную артерию общее количество крови в течение 1 мин, показала, что у изучаемых первокурсников он волнообразно увеличивался по мере взросления (4912,26±401,466–5166,40±411,454 против 5281,34±368,452–5727,98±387,797 мл) без достоверного различия в межгрупповом аспекте.

Установлено, что ИФИ, отражающий адаптационные возможности организма, у исследуемых юношей увеличивался от начала первого курса к его концу (1,81±0,127–1,90±0,102 против 2,20±0,080–2,36±0,108 у. е.). При этом максимальные значения ИФИ отмечены во время зимней и летней экзаменационных сессий (2,37±0,159–2,54±0,130 и 2,20±0,080–2,36±0,108 у. е. соответственно).

Исследование характера изменений КВ, выражающего ослабление или усиление возможностей ССС, показало, что у первокурсников его значения в целом соответствовали динамике ИФИ (P>0,05).

Итак, на основании полученных результатов в первой серии экспериментов следует резюмировать, что в течение и теоретического обучения, и экзаменационных сессий студенты III группы, принимавшие биогенное соединение «Селенес+», находились в состоянии менее выраженного напряжения деятельности ССС, обусловленном микроэлементной коррекцией липидного обмена и, как следствие, оптимизацией биоравновесия между реакциями свободнорадикальной оксидации и активности антиоксидантной защиты организма.

Во второй серии экспериментов выявлено, что у студентов сравниваемых групп рост и масса тела увеличивались от 173,97±4,330–175,23±2,791 до 174,39±4,231–175,43±2,695 см и от 65,85±5,368–66,72±6,184 до 67,13±5,222–68,44±6,356 кг соответственно (P>0,05).

Установлено, что у изучаемых второкурсников ИК неравномерно повышался от начала экспериментов к их концу (21,49±0,784–21,66±1,527–21,98±1,063–22,12±1,604 у. е.) без достоверного различия в межгрупповом сопоставлении. При этом значения ИК находились в пределах физиологической нормы для данной возрастной группы.

Анализ динамики ЧСС показал, что у исследуемых юношей 2 курса она постепенно увеличивалась в возрастном аспекте от 76,60±5,325–75,20±6,147 до 76,50±1,847–82,30±3,834 уд./мин (P>0,05). Причем в ходе как зимней (январь), так и летней (июнь) экзаменационных сессий у студентов всех групп имели место признаки тахикардии, что свидетельствует о напряженной деятельности ССС организма.

Значения ПД колебались в течение 2 курса, имея тенденцию к увеличению в периоды сессий.

Аналогичная закономерность обнаружена в динамике значений $АД_с$, которые у студентов анализируемых групп с возрастом менялись от 120,60±4,314–125,40±3,444 до 121,70±1,566-127,00±1,643 мм рт. ст. (P>0,05).

Характер изменений параметров $АД_д$ в целом соответствовал динамике значений $АД_с$. Следует отметить, что у исследуемых юношей значения $АД_д$ были максимальными в периоды зимней и летней сессий, что косвенно говорит о склонности мелких кровеносных сосудов организма к системному спазму в условиях экзаменационного стресса.

Исследования показали, что у наблюдаемой студенческой молодежи значения СОК в начале III (сентябрь) и в конце IV (июнь) учебных семестров лежали в диапазонах 63,82±3,081–67,81±2,463 и 65,77±1,733–70,10±1,738 мл соответственно.

Параметры МОК студентов изучаемых групп волнообразно увеличивались по мере их взросления от 4757,61±330,623–5202,56±432,134 до 5356,04±131,132–5536,86±335,022 мл (P>0,05).

Выявлено, что во все сроки исследований у второкурсников контрольной группы значения ДП были выше таковых у сверстников III группы, применявших биопрепарат «Селенес+». Этот факт опосредованно свидетельствует о более интенсивной работе сердечной мышцы у контрольных юношей в условиях меньшего потребления кислорода миокардом.

Установлено, что значения СДД у исследуемых второкурсников в сравниваемых группах волнообразно увеличивались в возрастном аспекте от 91,43±5,022–93,33±2,721 до 89,30±1,861–95,33±1,839 мм рт. ст. и были максимальными в период зимней экзаменационной сессии. Так, в январе студенты I группы превосходили по изучаемому показателю ССС ровесников III группы на 3,5 %, а в июне – на 6,8 % (P<0,05).

При оценке динамики ИФИ выявлено, что у второкурсников сопоставляемых групп он волнообразно повышался в ходе исследований (2,14±0,141–2,23±0,090 против 2,16±0,060–2,34±0,052 у. е.) и находился в пределах колебаний физиологической нормы, что, по нашему мнению, отражает состояние удовлетворительной адаптации организма к режиму обучения в высшей школе.

КВ у исследуемых юношей зигзагообразно менялся в течение 2 курса от 1,61±0,135–1,88±0,245 до 1,58±0,072–1,73±0,139 у. е. (P>0,05).

Резюме. В условиях микроэлементной коррекции морфофизиологического состояния студентов экспериментально доказано стабилизирующее влияние селеноорганического биопрепарата «Селенес+» на состояние антропометрии и сердечно-сосудистой системы студентов младших курсов технического вуза в период адаптации к условиям обучения в вузе. Средние значения по изучаемым антропометрическим показателям и состоянию ССС между студентами I (контроль) и III («Селенес+») групп занимали сверстники II (плацебо) группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баранов, А. А.* Фундаментальные и прикладные исследования по проблемам здоровья студенческой молодежи / А. А. Баранов // Российский педиатрический журнал. – 2000. – № 5. – С. 5–12.

2. *Гмошинский, И. В.* Селен в питании человека / И. В. Гмошинский // Приложение № 14 к Российскому журналу гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии «Материалы XVI сессии Академической школы-семинара имени А. М. Уголева “Современные проблемы физиологии и патологии пищеварения”». – 2001. – Т. XI. – № 4. – С. 121–127.

3. *Голубкина, Н. А.* Характеристика пищевой цепи переноса селена в условиях Чувашии / Н. А. Голубкина, Д. В. Широков // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – № 2. – С. 11–15.

4. *Тарасова, Л. В.* Селен, марганец и цинк в сыворотке крови больных язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки / Л. В. Тарасова, Е. А. Хохлова, Т. Е. Степашина // Казанский медицинский журнал. – 2010. – Т. 91. – № 3. – С. 366–371.

УДК 612-057.875

ОЦЕНКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ КУРСОВ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА

ASSESSMENT OF HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FRESHMEN AND SOPHOMORES IN CONDITIONS OF APPLICATION OF SELENIUM PREPARATION

А. В. Панихина, И. Ю. Пахомова

A. V. Paniknina, I. Y. Pakhomova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Доказано, что назначение студентам младших курсов биогенного соединения «Селенес+» сопровождается биобалансом интенсивности реакций свободнорадикального окисления и активности антиоксидантной системы организма и, как следствие, высокими гематологическими и биохимическими параметрами, что способствует эффективной адаптации организма к условиям обучения в вузе.

Abstract. It is proved that the prescription of the biogenic compound «Selenes+» to freshmen and sophomores is accompanied by the biological balance of intensity of reactions of free-radical oxidation and the activity of antioxidant system of the organism, and as a consequence, by the high hematological and biochemical parameters, which contributes to the effective adaptation of the organism to the conditions of studying at the university.

Ключевые слова: *студенты младших курсов, биопрепарат «Селенес+», гематологические и биохимические параметры, адаптация.*

Keywords: *freshmen and sophomores, biological preparation «Selenes+», hematological and biochemical parameters, adaptation.*

Актуальность исследуемой проблемы. Наблюдаемое в последние два десятилетия повышение уровня заболеваемости студенческой молодежи, особенно на младших курсах обучения, приобретает выраженную социально-экономическую значимость. Поэтому научное обоснование и внедрение инновационных методов и средств оздоровления обучающихся являются актуальной проблемой современной физиологии, валеологии и биотехнологии [3].

Известно, что Чувашская Республика характеризуется как дефицитный регион по содержанию в почве и воде многих важнейших микроэлементов, в том числе селена. Поэтому становится очевидной необходимость коррекции селенового статуса жителей Чувашии этим микроэлементом. Особенно это актуально для таких категорий населения, как дошкольники, школьники, студенты и беременные женщины [2].

Эссенциальный микроэлемент селен, входя в состав глутатионпероксидазы, способствует снижению концентрации перекисных продуктов, что лежит в основе целого ряда биологических эффектов – антидистрофического, радиопротекторного, гемопоэтического, повышению в целом пролиферативных потенций различных видов тканей [1], [3], [4], [5], [6].

В связи с изложенным выше цель нашей работы – изучить гематологические и биохимические профили студентов младших курсов в условиях применения биоактивной добавки «Селенес+».

Материал и методика исследований. В исследованиях приняли участие 30 студентов-юношей 1–2 курсов в возрасте 17–20 лет факультета «Автомобили и автомобильное хозяйство» Чебоксарского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина», разделенных на три группы по 10 человек в каждой. По результатам медосмотра все студенты были зачислены в основную медицинскую группу. В обеих сериях экспериментов у юношей сравниваемых групп в начале (сентябрь, февраль), конце (декабрь, май) теоретического обучения, в периоды зимних (январь) и летних (июнь) экзаменационных сессий I–IV учебных семестров изучали следующие параметры: гематологические – определение в крови количества эритроцитов (млн/мкл), уровня гемоглобина (г/л), числа лейкоцитов (тыс./мкл); биохимические – определение в сыворотке крови концентрации селена, активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной системы (АОС).

Студентам за один месяц до начала экзаменационных сессий (декабрь, май) назначали плацебо (II группа) и биопрепарат «Селенес+» (III группа) согласно рекомендациям Министерства здравоохранения и социального развития РФ перорально по 1 драже ежедневно. Студенты I группы препаратов не получали (контроль).

Обработку результатов проводили методом вариационной статистики с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Значимость различий считали достоверной при $P<0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ характера колебаний гематологического спектра показал, что если количество эритроцитов в крови у первокурсников I и II групп незначительно колебалось в возрастном аспекте от 5,16±0,08–5,17±0,12 до 5,19±0,13–5,23±0,14 млн/мкл, то у их однокурсников III группы оно волнообразно повышалось от 5,17±0,12 до 5,30±0,15 млн/мкл. Причем максимальное число эритроцитов у исследуемых студентов было зафиксировано в пред- и экзаменационный периоды (декабрь, январь, май, июнь).

Следует отметить, что юноши III группы в условиях применения биопрепарата «Селенес+» достоверно превосходили по исследуемому гематологическому параметру сверстников I и II групп в конце 1 курса.

Аналогичная закономерность выявлена в динамике концентрации гемоглобина. Так, в течение экспериментов первокурсники III группы превосходили сверстников контрольной и II групп по данному гематологическому показателю на 0,3–5,9 % ($P>0,05$).

Выявлено, что число лейкоцитов у наблюдаемых студентов постепенно снижалось от начала к концу первого учебного года и находилось в пределах колебаний физиологической нормы (6,70±0,56–6,84±0,63 против 6,43±0,42–6,62±0,57 тыс./мкл; $P>0,05$).

При оценке динамики биохимического профиля установлено, что если у юношей I и II групп уровень селена в сыворотке крови постепенно снижался по мере их взросления от 67,14±4,28–67,22±3,20 до 65,35±3,41–66,28±2,64 мкг/л, то у их ровесников

III группы он повышался (67,08±3,21 против 84,17±1,86 мкг/л). Его колебания находились в прямой зависимости от назначения биопрепарата, достигая нормальных физиологических значений для лиц данного возраста к январю и июню.

Причем важным является выявленный нами факт, что первокурсники III группы (рис. 1), начиная с зимней экзаменационной сессии (январь) и до завершения учебного года (июнь), превосходили однокурсников I и II групп по изучаемому биохимическому показателю соответственно на 20,1–28,8 и 17,5–27,1 % (P<0,05–0,001).

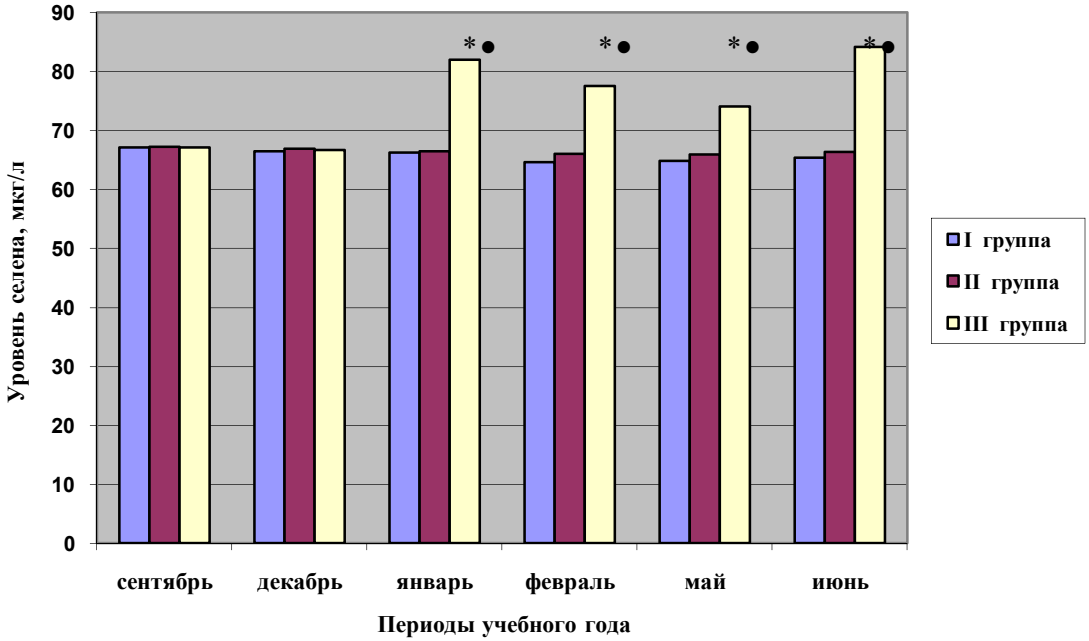


Рис. 1. ***Динамика концентрации селена у студентов 1 курса***

Примечание: здесь и далее знак достоверных различий * – между показателями студентов контрольной и опытной; ● – опытных групп

Отмечено, что активность ПОЛ у студентов исследуемых групп заметно увеличивалась от начала теоретического обучения первого семестра (сентябрь) к концу второго семестра (июнь) от 4,53±0,158–4,59±0,078 до 4,48±0,055–4,80±0,032 mV. При этом юноши I, II групп существенно превосходили по данному биохимическому параметру ровесников III группы в июне (P<0,05–0,005).

Иная закономерность обнаружена в динамике активности АОС. У первокурсников всех групп она постепенно увеличивалась от начала к концу учебного года (1,26±0,067–1,30±0,073 до 1,36±0,019–1,44±0,024 mV/c). Причем студенты III группы в конце первого года обучения по активности АОС достоверно превосходили ровесников из I (контроль) и II (плацебо) групп.

Установлено, что во второй серии опытов число эритроцитов в крови второкурсников I и II групп медленно уменьшалось по мере их взросления от 5,32±0,148–5,40±0,298 до 5,25±0,062–5,29±0,113 млн/мкл, в то время как у их ровесников III группы оно осталось примерно на том же уровне к концу учебного года (5,43±0,256 против

5,43±0,051млн/мкл). При этом юноши III группы при назначении биогенного соединения «Селенес+» достоверно превосходили по данному гематологическому показателю студентов I группы в июне (P<0,05).

Характер колебаний уровня гемоглобина в целом соответствовал динамике числа эритроцитов. Так, у наблюдаемой студенческой молодежи он повышался в возрастном аспекте от 148,80±5,928–152,60±3,938 до 148,70±1,484–155,00±2,145 г/л.

Выявлено, что число лейкоцитов в крови студентов сравниваемых групп неравномерно менялось в течение всего 2 курса и было в диапазоне 6,02±0,268–6,49±0,294 тыс./мкл). Разница в данном показателе во все сроки исследований была недостоверной.

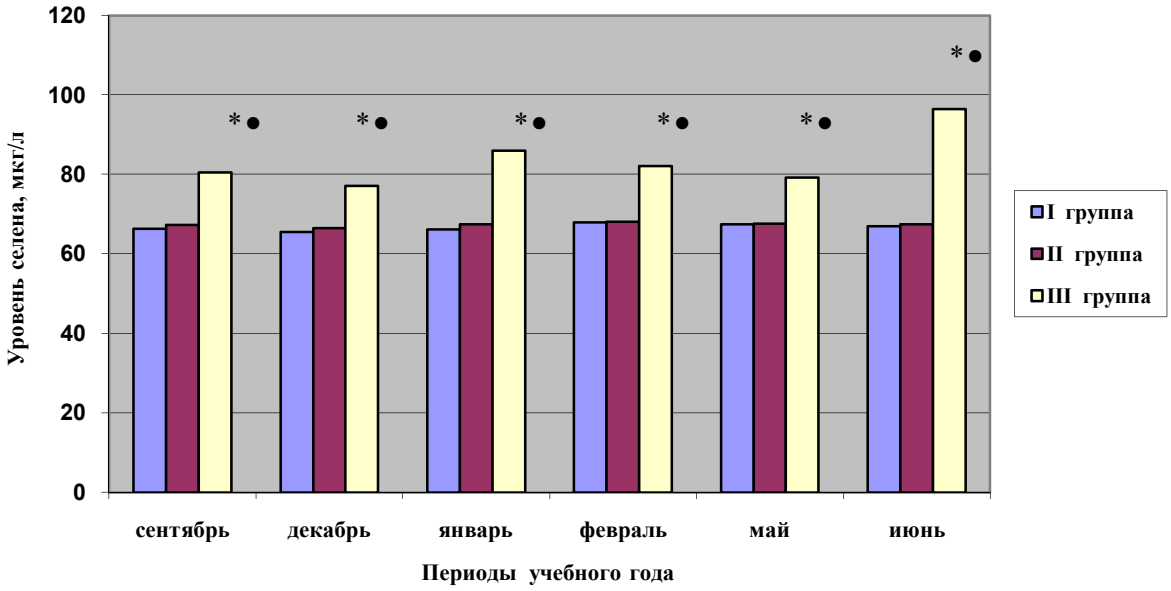


Рис. 2. ***Динамика концентрации селена у студентов 2 курса***

При изучении динамики биохимического профиля крови установлено, что в течение второго учебного года концентрация селена в сыворотке крови наблюдаемой студенческой молодежи находилась в диапазоне от 66,41±3,725–80,51±1,257 до 67,02±2,694–96,55±1,230 мкг/л (рис. 2). Причем показатели студентов III группы («Селенес+») на всех этапах исследований имели достоверное превосходство по отношению к контрольным (P<0,05–0,001).

Анализ характера изменений активности ПОЛ студентов показал тенденцию к ее волнообразному изменению по мере их взросления с пиками возрастания в периоды сессий. Активность ПОЛ у студенческой молодежи в начале и конце 2 курса составляла 4,37±0,189–4,71±0,172 и 4,63±0,049–4,96±0,091 mV соответственно. Причем юноши III группы заметно уступали по данному биохимическому показателю сверстникам контрольной и II групп в декабре, мае и июне (P<0,05–0,01).

Активность АОС у второкурсников всех групп волнообразно менялась в течение учебного года, понижаясь к середине III и IV семестров и увеличиваясь к их концу. Следует отметить, что активность АОС у юношей III группы в сравнении с таковой у их ровесников I и II групп в период летней экзаменационной сессии была выше на 12,9 и 7,5 % соответственно (P<0,05).

Резюме. Доказано, что в экспериментальных условиях к концу 2 курса студенты III группы превосходили ровесников контрольной группы по антропометрическим параметрам на 4,2–7,7 % (P<0,05), числу эритроцитов, концентрации гемоглобина в крови, уровню селена, активности антиоксидантной системы в кровяной сыворотке – на 4,2–44,1 %, а по активности перекисного окисления липидов в ней, напротив, уступали на 4,3–6,7 % (P<0,05–0,01).

Промежуточное положение по изучаемым показателям соматометрии, гематологической и биохимической картины между студентами I (контроль) и III («Селенес+») групп занимали их ровесники II (плацебо) группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гмошинский, И. В.* Микроэлемент селен: роль в процессах жизнедеятельности / И. В. Гмошинский, Е. К. Мазо, В. А. Тутельян, С. Л. Хотимченко // Экология моря : сб. науч. тр. – Архангельск, 2005. – Вып. 54. – С. 5–19.

2. *Голубкина, Н. А.* Характеристика пищевой цепи переноса селена в условиях Чувашии / Н. А. Голубкина, Д. В. Широков // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – № 2. – С. 11–15.

3. *Сабурцев, С. А.* Анализ адаптационных возможностей студентов медицинского колледжа по данным кардиоинтервалографии / С. А. Сабурцев, А. В. Савельева // Материалы II Региональной научно-практической конференции «Адаптация учащихся всех ступеней образования в условиях современного образовательного процесса». – Арзамас, 2008. – С. 120–123.

4. *Тутельян, В. А.* Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе / В. А. Тутельян, В. А. Княжев, Н. А. Голубкина. – М. : Изд-во РАМН, 2002. – 224 с.

5. *Burk, R. F.* Selenoprotein P: an extracellular protein with unique physical characteristics and a role in selenium homeostasis / R. F. Burk, K. E. Hill // Annu Rev. Nutr. – 2005. – Vol. 25. – P. 215–235.

6. *Rayman, M. P.* Selenium and Vitamin E Supplementation for Cancer Prevention / M. P. Rayman, G. F. Jr. Combs, D. Waters // JAMA. – 2009. – Vol. 301 (18). – P. 1876.

УДК 581.526.45

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛУГОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

CURRENT ENVIRONMENTAL CONDITION OF FLORA AND VEGETATION OF MEADOWS IN THE CENTRAL PART OF THE VOLGA RIVER BASIN UPLAND

И. А. Панченкова

I. A. Panchenkova

ГБОУ СПО «Ульяновский фармацевтический колледж» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, г. Ульяновск

Аннотация. В статье приводятся сведения о современном экологическом состоянии, видовом биоразнообразии флоры лугов центральной части Приволжской возвышенности. Проведен экологический анализ флоры данной территории.

Abstract. The article gives information on the current environmental condition, species diversity of flora of meadows in the central part of the Volga Upland. The environmental analysis of the flora of the area is given.

Ключевые слова: *биоразнообразие, флора лугов, гидроморфные группы, мезофиты, гигрофиты, ксеромезофиты, мезоксерофиты, ксерофиты, гигромезофиты, мезогигрофиты.*

Keywords: *biodiversity, flora of meadows, hydromorphic groups, mesophytes, hygrophytes, xeromesophytes, masoxerofytes, xerofytes, hygromesophytes, mezohygrofytes.*

Актуальность исследуемой проблемы. Экстенсивное использование природных ресурсов без соответствующих мер их охраны и возможности восстановления, интенсивное и все возрастающее загрязнение экотопов приводят к необратимым изменениям экосистем, катастрофическим явлениям в биосфере [2], [3]. В настоящее время проблема сохранения лугов носит глобальный характер, так как их площадь и биоразнообразие с каждым годом уменьшаются, а это порождает целый ряд экологических и хозяйственных проблем.

Материал и методика исследований. Исследование проводилось на территории центральной части Приволжской возвышенности. Были охвачены Ульяновский, Барышский, Теренгульский и Кузоватовский районы. В процессе исследований использовался маршрутно-экскурсионный метод. По ходу маршрута в характерных сообществах закладывались геоботанические площадки для изучения флоры и растительности, проводился учет встретившихся видов.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате многолетних исследований флоры лугов центральной части Приволжской возвышенности был выявлен видо-

вой состав флоры. Современный состав флоры лугов представлен 641 видом сосудистых растений, входящим в состав 61 семейства. Ведущими семействами являются Compositae, Gramineae, Fabaceae.

В зависимости от требований растений лугов к увлажнению экологический анализ луговой флоры центральной части Приволжской возвышенности позволил выявить семь основных гидроморфных групп луговых растений: мезофиты, гигрофиты, ксеромезофиты, мезоксерофиты, ксерофиты, гигромезофиты, мезогигрофиты [2].

Таблица 1

Гидроморфная структура луговой флоры центральной части Приволжской возвышенности

Экологические группы	Луговая флора (вместе с потенциальными луговыми видами)		Собственно луговая флора	
	Кол-во видов	% от всей флоры	Кол-во видов	% от всей флоры
Мезофиты	256	39,9	68	52,3
Гигрофиты	123	19,2	27	20,8
Ксеромезофиты	118	18,4	3	2,3
Мезоксерофиты	34	5,3	1	0,8
Ксерофиты	32	5	-	-
Гигромезофиты	57	8,9	25	19,2
Мезогигрофиты	21	3,3	6	4,6
Итого:	641	100,0	130	100,0

Типичные представители луговых мезофитов: *Stellaria graminea, Leontodon autumnalis, Plantago lanceolata, Campanula patula, Achillea millefolium, Leucanthemum vulgare, Melampytum nemorosum* и др. Гигромезофиты: *Juncus effuses, Coronaria flos-cuculi, Lysimachia vulgaris, Carex leporina* и др. Наличие мезофильных растений, а это 39,9 % от общего числа видов всей флоры, свидетельствует о наиболее благоприятных условиях для произрастания на этой территории видов, требующих достаточного увлажнения.

Луговая растительность центральной части Приволжской возвышенности представлена разнообразными типами луговых фитоценозов. В Барышском, Теренгульском, Кузоватовском районах был заложен ряд репрезентативных геоботанических площадок в основных типах луговых сообществ, за которыми в течение нескольких лет велись экологические и фенологические наблюдения. Благодаря проведенным исследованиям было выяснено, что на изучаемой территории наиболее типичны и распространены злаковые, злаково-разнотравные и злаково-осоково-разнотравные луга, на сильно переувлажненных участках – злаково-осоковые и осоковые луга.

В данных типах лугов при нормальном увлажнении из злаков доминируют *Bromopsis inermis (Leys.) Holub., Festuca pratensis Huds., Poa angustifolia L., Poa pratensis L., Alopecurus pratensis L.* На переувлажненных участках обильны и обычны *Deschampsia caespitosa (L.) Beauv.,* образующая характерный кочковатый микрорельеф, а также *Alopecurus arundinaceus Pair., Phalaroides arundinaceae (L.) Rauscher.u Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.,* легко выдерживающие постоянное подтопление во время весенних паводков.

Наблюдения показывают, что в последние годы рядом с населенными пунктами с флорой лугов происходят негативные изменения в видовом разнообразии растений. При

визуальном осмотре высота травостоя гораздо ниже там, где активно проводится выпас скота (луга около с. Попова Мельница, с. Красный Барыш). На лугах постоянно увеличивается видовой состав сорных растений (22 % от общего видового состава), уменьшается количество типичных луговых видов-антропофобов. В Ульяновском районе в настоящее время из-за сильного антропогенного воздействия луга представлены злаково-разнотравными, мятликово-полынными, хвощевыми и клеверными сообществами. Наблюдается постепенное восстановление клеверных лугов по берегам реки Свияги в районе региональной особо охраняемой территории экологического парка «Черное озеро», где благодаря охранному режиму запрещены выпас скота и сенокошение. Кроме того, несмотря на антропогенную трансформацию флоры лугов, на исследуемых участках встречаются редкие виды растений. В районе с. Белый Ключ обнаружен *Melica transsilvanica Schur.,* занесенный в Красную книгу Ульяновской области (2005). В Барышском районе около с. Новый Дол обнаружены *Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soo., Dactylorhiza incarnata (L.) Soo.,* в Цильнинском районе – *Fritillaria meleagroides Patrin et Schult. Et Schult.*

На основе полевых наблюдений составлен список видов, обладающих той или иной степенью редкости и нуждающихся в охране в изучаемом регионе.

Для оценки редкости того или иного вида растения используется классификация по редким и исчезающим видам Международного союза охраны природы, согласно которой различаются несколько категорий видов в зависимости от степени редкости и подверженности угрозе исчезновения [1].

В составленном списке редких видов луговых растений приняты следующие обозначения [1]:

0 – вероятно, исчезнувшие виды;

1 – виды, находящиеся под угрозой исчезновения. Таксоны и популяции, численность особей которых уменьшилась до критического уровня таким образом, что в ближайшее время они могут исчезнуть с территории без специальных мер охраны;

2 – сокращающиеся в численности виды. Таксоны и популяции с неуклонно сокращающейся численностью, которые при дальнейшем воздействии факторов, снижающих численность, могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения;

3 – редкие виды. Таксоны и популяции, которые имеют малую численность и распространены на ограниченной территории или спорадически распространены на значительных территориях.

Alisma lanceolatum With. – 3;
Althaea officinalis L. – 1;
Astragalus sulcatus L. – 2;
Carex distans L. – 2;
Centaurea ruthennica Lam. – 2;
Dactylorhiza incarnate (L.) Soo. – 2;
Dactylorhiza longifolia (L. Neum.) Aver. – 2;
Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soo. – 2;
Dianthus versicolor Fisch. Ex Link. – 3;
Equisetum ramosissimum Desf. – 3;
Fritillaria meleagroides Patrin et Schult. Et Schult. – 1;
Gentianella amarelle (L.) Boern. – 3;

Gladiolus imbricatus L. – 2;
Gratiola officinalis L. – 2;
Iris halophila Pall. – 2;
Melica transsilvanica Schur. – 3;
Ononis arvensis L. – 2;
Orchis militaris L.– 3;
Parnassia palustris L. – 2;
Salvia pratensis L. – 2;
Scutellaria. hastifolia L. – 1;
Stipa pennata L. – 2;
Tulipa biebersteiniana Schult. et Schult. fil. – 1;
Valeriana rossica P.Smirn – 2.

Резюме. Уменьшение количества площадей пойменных лугов ведет к уменьшению биоразнообразия экосистем бассейнов рек, что снижает устойчивость речных экосистем и способствует их деградации, выражающейся в исчезновении растений пойменных лугов и резком уменьшении продуктивности пойменных сообществ.

Основными факторами, влияющими на изменение структуры и видового состава флоры лугов центральной части Приволжской возвышенности, являются: строительство водохранилищ, дорог, непродуманная мелиорация, сенокошение, выпас скота, пожары, антропогенное воздействие и другие виды хозяйственной деятельности. Для того чтобы прекратить процесс дальнейшего сокращения числа видов луговых растений и синантропизации луговых сообществ, необходимо создание сети научно обоснованных особо охраняемых природных луговых территорий разного ранга, а также осуществление ряда практических мероприятий по сохранению и восстановлению биоразнообразия луговых экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Красная* книга Ульяновской области. Растения : в 2 т. Т. 2 / под науч. ред. Н. С. Ракова. – Ульяновск : УлГУ, 2005. – 219 с.
2. *Лархер, В.* Экология растений / В. Лархер. – М. : Мир, 1978. – 352 с.
3. *Рациональное* использование природных ресурсов и охрана природы : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. М. Константинов и др. – М. : Академия, 2009. – 272 с.

УДК 613.6+615.831+616 – 003.725

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ И БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛИ СТУДЕНТОК МЛАДШИХ КУРСОВ В МОДЕЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROFILES OF FIRST AND SECOND-YEAR GIRL STUDENTS IN SIMULATED CONDITIONS OF EXPERIMENTS

Т. А. Привалова, С. Г. Табаков, В. Г. Григорьев

T. A. Privalova, S. G. Tabakov, V. G. Grigoryev

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Комплексное назначение студенткам 1–2 курсов биопрепарата «Селенес+» с профилактическим фотосеансом сопровождается стимулированием гемопоэза и антиоксидантной защиты организма.

Abstract. The complex prescription of biopreparation «Selenes +» along with phototherapy to first and second-year girl students is accompanied with stimulation of haemopoiesis and antioxidant defence of the body.

Ключевые слова: *студентки младших курсов, биопрепарат «Селенес+», фотосеанс, кровь, адаптация.*

Keywords: *first and second-year girl students, biopreparation «Selenes+», phototherapy, blood, adaptation.*

Актуальность исследуемой проблемы. Известно, что адаптация студентов к комплексу факторов, специфичных для высшего и среднего специального образования, представляет собой сложный многоуровневый морфофизиологический процесс, который сопровождается значительным напряжением компенсаторно-приспособительных механизмов организма [4].

В условиях нервно-психического напряжения у студентов 1 и 2 курсов обнаруживаются выраженные индивидуальные различия в устойчивости к эмоциональному стрессу, связанные с изменением механизмов регуляции гомеостаза и в конечном итоге эффективной адаптацией или ее срывом. При этом может возникнуть дисбаланс между скоростью образования активных форм кислорода, реакциями свободнорадикального окисления и уровнем функциональной активности антиоксидантной системы организма [1], [2], [3].

В этом контексте разработке и применению инновационных методов оздоровления обучающихся уделяется недостаточно внимания. Следовательно, разработка и внедрение комплекса оздоровительных мероприятий, направленных на оптимизацию адаптогенеза студентов младших курсов в условиях обучения в вузе, являются актуальной проблемой современной физиологии и биотехнологии.

В связи с вышеизложенным целью нашей работы явилось изучение динамики гематологических и биохимических показателей у студенток 1–2 курсов в условиях комплексного применения биогенного вещества «Селенес+» с фотохромосеансом.

Материал и методика исследований. В исследованиях участвовали 36 здоровых студенток 1–2 курсов ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», разделенных на I (контрольную), II и III (опытные) группы по 12 человек в каждой. По данным медицинского осмотра исследуемые девушки были отнесены к основной медицинской группе (ОМГ). За 1 месяц до начала экзаменационных сессий (декабрь, май) студенткам II и III групп назначали «Селенес+» согласно рекомендациям Минздравсоцразвития РФ перорально по 1 драже ежедневно. Девушки III группы в указанные сроки дополнительно проходили оздоравливающий двухнедельный фотохромосеанс светотехническим устройством «Аверс-Лайт» ежедневно в течение 20–25 минут. Светосеанс осуществлялся путем чрезкожного освещения области кубитальной вены в локтевом сгибе.

В начале (сентябрь, февраль), конце (декабрь, май) теоретического обучения, в периоды зимней (январь) и летней (июнь) экзаменационных сессий 1–4 учебных семестров у студенток сравниваемых групп изучали гематологические показатели: количество эритроцитов (млн/мкл) – турбидиметрическим методом, уровень гемоглобина (г/л) – колорометрически гемиглобинцианидным методом с использованием гематологического анализатора Mini-Screen/P, число лейкоцитов (тыс./мкл) – с использованием счетной камеры Горяева; биохимические параметры сыворотки крови: концентрацию селена – флюориметрическим методом с использованием флюориметра «Флюорат-02-3М»; активность перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной системы (АОС) – методом индуцированной хемилюминесценции на биохемилюминометре БХЛ-06. Забор крови осуществлялся квалифицированными специалистами в условиях лаборатории МУЗ «Городская больница № 2» с добровольного письменного согласия исследуемых студенток и их родителей.

Результаты исследований и их обсуждение. Оценка полученных гематологических данных показала, что количество лейкоцитов (рис. 1) у наблюдаемых студенток волнообразно возрастало от начала к концу первого года обучения (6,15±1,71 против 6,53±1,12–7,95±1,29 тыс./мкл). При этом первокурсницы III группы в условиях комплексного назначения биопрепарата «Селенес+» и профилактического фотохромосеанса в периоды зимней (январь) и летней (июнь) экзаменационных сессий достоверно превосходили контрольных ровесниц по данному гематологическому фактору, их показатели находились в пределах колебаний физиологической нормы для данной возрастной категории.

Если число эритроцитов у студенток I группы в течение наблюдений находилось в узком диапазоне колебаний (4,26±0,09–4,24±0,15 млн/мкл), то у их ровесниц опытных групп оно зигзагообразно повышалось от 4,23±0,09–4,31±0,08 до 4,38±0,16–4,59±0,08 млн/мкл. Причем изучаемый параметр у девушек III группы в январе и июне превышал контрольные значения соответственно на 6,3 и 6,9 % ($P<0,05$).

Аналогичная закономерность выявлена в динамике концентрации гемоглобина в крови. Так, у студенческой молодежи III группы в январе, феврале, июне она достоверно превосходила таковую у их сверстниц контрольной группы.

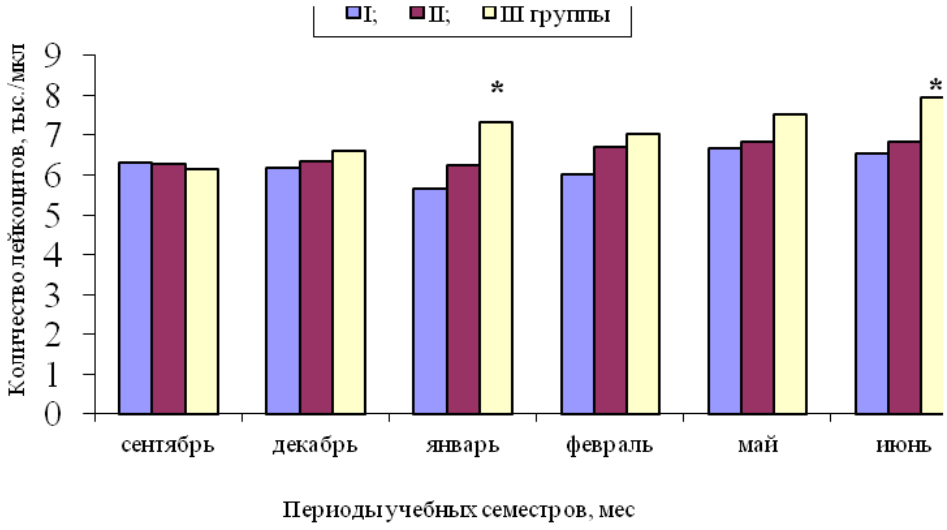


Рис. 1. ***Динамика числа лейкоцитов у первокурсниц***

Примечание: * *– здесь и далее знак достоверных различий между студентками контрольной и опытных групп*

Промежуточное положение по числу лейкоцитов, эритроцитов, уровню гемоглобина между девушками I (ОМГ) и III групп занимали их сокурсницы II группы (ОМГ+биопрепарат «Селенес+»).

При анализе биохимического профиля выявлено, что если уровень селена в сыворотке крови первокурсниц контрольной группы по мере их взросления не претерпевал больших колебаний (60,00±2,34–62,15±1,86 мкг/л), то у их ровесниц опытных групп он волнообразно возрастал, достигая максимальных значений в периоды зимней и летней экзаменационных сессий (соответственно 80,43±2,03–87,34±2,53 и 89,98±3,81–92,04±4,76 мкг/л), что обусловлено применением биогенного соединения «Селенес+». При этом в течение января-июня изучаемый биохимический параметр у девушек II и III групп был значительно выше по сравнению с таковым у их сокурсниц I группы (P<0,05).

Установлено, что активность ПОЛ у студенческой молодежи I группы волнообразно увеличивалась в возрастном аспекте от 4,71±0,21 до 4,88±0,22 mV, а у первокурсниц опытных групп она зигзагообразно снижалась (4,51±0,13–4,54±0,16 против 4,27±0,22–4,45±0,14 mV). Следует отметить, что данный биохимический показатель у контрольных студенток в обозначенные сроки исследований был выше такового у их ровесниц II и III групп, разница в нем к концу 1 курса была достоверной.

Иная закономерность выявлена в характере колебаний активности АОС. Так, если у девушек I группы она зигзагообразно уменьшалась по мере взросления (1,29±0,07 против 1,13±0,03 mV/c), то у их ровесниц опытных групп – неуклонно увеличивалась от 1,32±0,07–1,34±0,11 до 1,74±0,08–1,86±0,04 mV/c. Причем студентки II и III групп в течение 2 семестра 1 курса по исследуемому параметру значительно превосходили однокурсниц контрольной группы (P<0,05).

Снижение активности ПОЛ на фоне повышения активности АОС у студенток опытных групп обусловлено, на наш взгляд, антиоксидантным действием компонентов биопрепарата «Селенес+»: селена, входящего в состав ключевых ферментов АОС – глутатионпероксидазы и супероксиддисмутазы, а также низкомолекулярных антиоксидантов – аскорбиновой кислоты и токоферола.

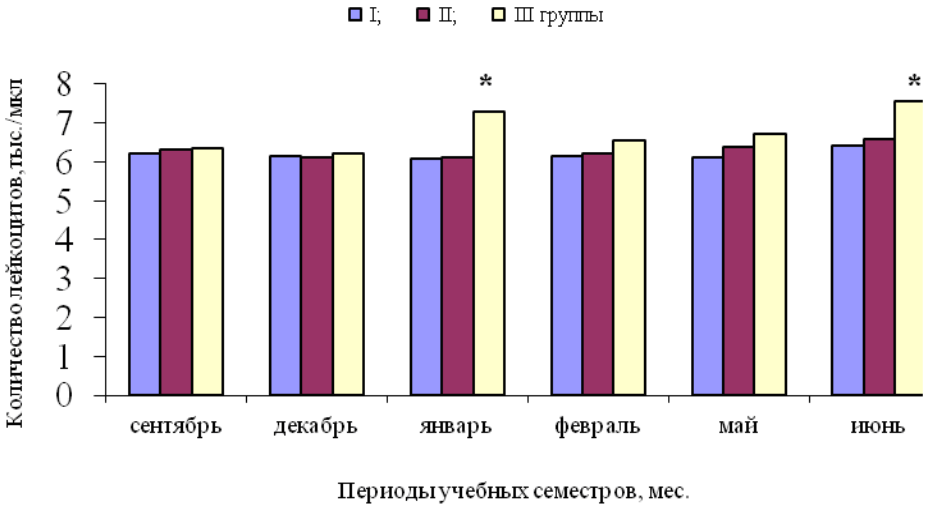


Рис. 2. ***Динамика числа лейкоцитов у второкурсниц***

Изучение динамики числа лейкоцитов показало (рис. 2), что у испытуемых второкурсниц оно зигзагообразно увеличивалось от начала к концу учебного года (6,20±1,57–6,34±1,16 против 6,41±2,48–7,57±1,78 тыс./мкл). Причем девушки III группы существенно превосходили контрольных ровесниц по данному гематологическому показателю в периоды как зимней, так и летней экзаменационных сессий (P<0,05). Следует отметить, что повышение числа лейкоцитов носило кратковременный характер и было обусловлено воздействием на организм фотосеанса в синей области спектра.

Данный эффект лежит в основе механизма иммуностимулирующего действия фототерапии, отмечен в медицинской практике и в настоящее время научно обоснован.

Установлено, что если число эритроцитов у девушек контрольной группы волнообразно уменьшалось от начала к концу учебного года (4,27±0,06 против 4,25±0,08 млн/мкл), то у их ровесниц опытных групп оно повышалось от 4,31±0,09–4,32±0,06 до 4,37±0,17–4,53±0,06 млн/мкл. При этом по данному параметру второкурсницы III группы в январе и июне достоверно превосходили сверстниц контрольной группы.

Динамика уровня гемоглобина в целом соответствовала характеру изменений количества эритроцитов. У студенток, принимавших биопрепарат «Селенес+» в комплексе с фотосеансом, уровень гемоглобина в периоды обеих экзаменационных сессий был значительно выше контрольных значений (P<0,05).

Отмечено, что концентрация селена в крови второкурсниц I группы в течение наблюдений колебалась в узких пределах – от 58,70±2,86 до 63,42±4,12 мкг/л. В то же время у сокурсниц II и III групп она волнообразно нарастала (72,24±3,56–73,05±3,41 против 88,16±3,66–93,11±4,36 мкг/л), достоверно превышая контрольные параметры во все периоды исследований.

Если активность ПОЛ у студенток I и III групп зигзагообразно повышалась в возрастном аспекте (4,24±0,15–4,28±0,31 против 4,38±0,10–4,42±0,11 mV), то у их сверстниц II группы – снижалась от 4,21±0,17 до 4,16±0,08 mV. При этом девушки в условиях назначения биоактивной добавки «Селенес+» (II группа) достоверно уступали ровесницам контрольной и III групп по изучаемому биохимическому фактору соответственно в июне и январе, июне.

Другая закономерность отмечена в динамике активности АОС, которая у исследуемых второкурсниц волнообразно возрастала от 1,26±0,07 до 1,27±0,03 mV/c в I группе, от 1,32±0,06 до 1,59±0,06 – во II, от 1,30±0,06 до 1,68±0,07 mV/c – в III группе. Следует отметить, что студентки опытных групп по этому показателю превосходили своих сокурсниц контрольной группы, начиная с декабря и до конца исследований ($P<0,05$).

Резюме. Установлено, что при комплексном назначении студенткам младших курсов биопрепарата «Селенес+» и профилактического фотосеанса происходят стабилизация биоравновесия процессов свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы, а также активизация лейкопоэза, которые способствуют оптимальной адаптации организма к условиям обучения в вузе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горохов, М. М.* О некоторых методологических подходах к решению проблемы мониторинга общественного здоровья / М. М. Горохов, С. Б. Пономарев, В. А. Тененев, А. Б. Александров, А. А. Половникова, А. В. Серебренников // Интеллектуальные системы в производстве. – 2007. – № 2. – С. 142–144.

2. *Блинков, И. Л.* Микроэлементы : краткая клиническая энциклопедия / И. Л. Блинков, А. К. Стародубцев, С. Ш. Сулейманов, Е. В. Ших. – Хабаровск : Центр, 2004. – 210 с.

3. *Голубкина, Н. А.* Характеристика пищевой цепи переноса селена в условиях Чувашии / Н. А. Голубкина, Д. В. Широков // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – № 2. – С. 11–15.

4. *Александров, М. Т.* Лазерная клиническая биофотометрия (теория, эксперимент, практика) / М. Т. Александров. – М. : Техносфера, 2008. – 584 с.

УДК 536.46

СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ ДИФФУЗИОННОГО ПЛАМЕНИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

EMISSIVITY FACTOR OF DIFFUSION FLAME OF HYDROCARBON FUEL

Р. Р. Санатуллов, С. И. Ксенофонтов

R. R. Sanatullov, S. I. Ksenofontov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Предложен метод измерения степени черноты зон диффузионного пламени углеводородного топлива с применением современных информационно-коммуникационных технологий. Выделена в пламени зона с максимальным значением степени черноты, локализованной в центре пламени и составляющей 30 % от площади всего пламени.

Abstract. The method of measuring the emissivity factor of diffusion flame zones of hydrocarbon fuel using modern information and communication technologies is suggested. The flame zone with a maximum value of emissivity is revealed. This zone is localized in the center of the flame. It occupies about 30 % of the area of the flame.

Ключевые слова: *пламя, неоднородность, температура, степень черноты.*

Keywords: *flame, heterogeneity, temperature, emissivity factor.*

Актуальность исследуемой проблемы. Измерение температуры пламени относится к числу важных и трудных технических задач. Использование оптических методов имеет ряд преимуществ перед контактными методами, которые вносят искажения в температурное поле пламени. Однако, как при измерении яркостной или цветовой температур, встает вопрос о получении истинной температуры пламени. Истинная температура пламени может быть рассчитана через измеренную температуру, если известна степень черноты (испускательная способность) участка пламени – $\varepsilon_{\lambda,T}$, которая в свою очередь является функцией длины волны и температуры. В работах по изучению структуры пламени всегда подчеркивается, что любое пламя имеет температурные неоднородности [5], тогда и степень черноты является непостоянной величиной.

Для прозрачного пламени в пределах ширины спектральной линии излучения степень черноты считается равной единице [1]. Интенсивность спектральной линии меняется при переходе от одной зоны к другой, меняется и степень черноты пламени.

Материал и методика исследований. В экспериментах изучалось пламя осветительного керосина марки КО-20 молекулярной массой 222,6 г/моль [2]. Керосин подавался через хлопчатобумажный фитиль цилиндрической горелки диаметром 16,5 мм. Диффузионное пламя по форме представляет боковую поверхность конуса. Светящая часть пламени излучает сплошной спектр. Свечение частиц углерода начинается у основания пламени и исчезает при понижении температуры в вершине пламени. Часть углеродных частиц при этом догорает, другая часть – претерпевает коагуляцию. Диффузионное пламя имеет не только температурные, но и яркостные неоднородности.

В работе Кадышевича [3] предлагается метод выравнивания яркостей для измерения испускательной способности выделенного участка пламени. Сущность метода заключается в том, что выравнивается монохроматическая яркость лампы накаливания и совместного излучения пламени и лампы, частично поглощенного при прохождении через пламя. Монохроматичность лучей обеспечивается светофильтром с определенной спектральной шириной $\Delta\lambda < \lambda$.

В методе обращения спектральных линий спектральная ширина $\Delta\lambda << \lambda$ ограничена шириной линии излучения, поэтому требуется применение приборов высокой разрешающей способности. В этом методе в пределах ширины спектральной линии излучения пламени коэффициент поглощения пламени $\alpha_{\lambda,T}^{погл}$ равняется испускательной способности пламени $\varepsilon_{\lambda,T}$ при этой же длине волны.

В методе выравнивания яркостей происходит усреднение коэффициента поглощения и испускательной способности пламени в диапазоне длин волн, пропускаемых светофильтром.

Когда метод выравнивания яркостей применить невозможно, например, для нестационарного пламени, испускательную способность пламени и истинную температуру можно получить путем измерения яркости пламени, источника сравнения и суммарного излучения пламени и источника сравнения, частично поглощенного пламенем, по уравнениям [3]:

$$\varepsilon = 1 - \frac{L_{пл+л} - L_{пл}}{L_л}, \tag{1}$$

$$\frac{1}{T_{ист}} = \frac{1}{T_{яр}} - \frac{\lambda}{c_2}\ln\varepsilon. \tag{2}$$

Точность измерения температуры зависит от величины испускательной способности пламени. Но при том же значении $\varepsilon_{\lambda,T}$ точность измерения температуры будет меньше, чем при применении метода выравнивания яркостей или обращения спектральных линий, когда происходит выравнивание измеряемых величин.

Результаты исследований и их обсуждение. В данной работе поставлена задача определения степени черноты по всему полю пламени с целью выявления тех зон пламени, с которых происходит наибольшее излучение. В ранних работах [4] измерена степень черноты пламени плоской горелки в конкретных точках. Для решения поставленной задачи создана экспериментальная установка (рис. 1).

Излучение галогенной лампы (1), проходя через конденсор (2, 3), формирует расходящийся пучок. В фокусе конденсора установлена диафрагма (4), позволяющая управлять световым потоком. Линза коллиматора (5) установлена таким образом, чтобы преломленные лучи формировали параллельный пучок. Исследуемое пламя (6) находится в параллельных лучах. Дисперсионный светофильтр (7) типа КС-14 выделяет из сплошного спектра красные лучи длиной волны 670 нм, шириной 40 нм. Объектив (8) формирует резкое изображение пламени на плоскости ПЗС-матрицы (9). Все детали установлены на оптической скамье. Первый снимок получают без пламени, то есть регистрируется распределение яркости лампы по полю зрения $L_л$. Второй снимок регистрирует изображе-

ние пламени $L_{пл+л}$, просвечиваемое лампой. Третий снимок – только изображение пламени $L_{пл}$, при этом шторка (10) перекрывает излучение лампы. Путем регулирования диаметра ирисовой диафрагмы (4) можно добиться, чтобы яркость участка пламени совпадала с яркостью лампы, как в методе выравнивания яркостей.

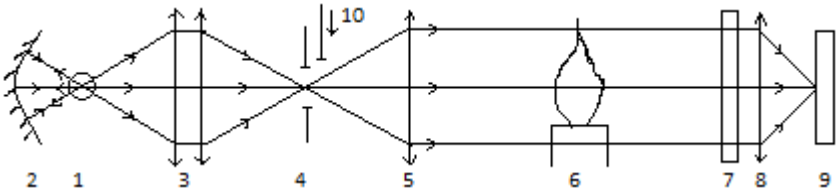


Рис. 1. ***Блок-схема экспериментальной установки***

Все снимки вводятся в компьютер и хранятся в *bmp*-формате. Специально разработанные на языке C# пакета Visual Studio программы позволяют рассчитать по уравнению (1) степень черноты пламени. Для этого необходимо обрабатывать все три фотографии совместно. В процессе обработки изображение разбивается на строки и элементы в строках. В принятых стандартах число элементов в строке равно 1024, а число строк в кадре – 740. Полученные элементы изображения – пикселя – обладают определенным уровнем яркости. В черно-белом варианте или для монохромного изображения различают 256 уровней градации яркости. В работе для удобства принято 100 условных единиц яркости. Полученные изображения, таким образом, оцифровываются по-новому, и данные хранятся в виде отдельного массива. Каждый пиксель обрабатывается согласно уравнению (1).

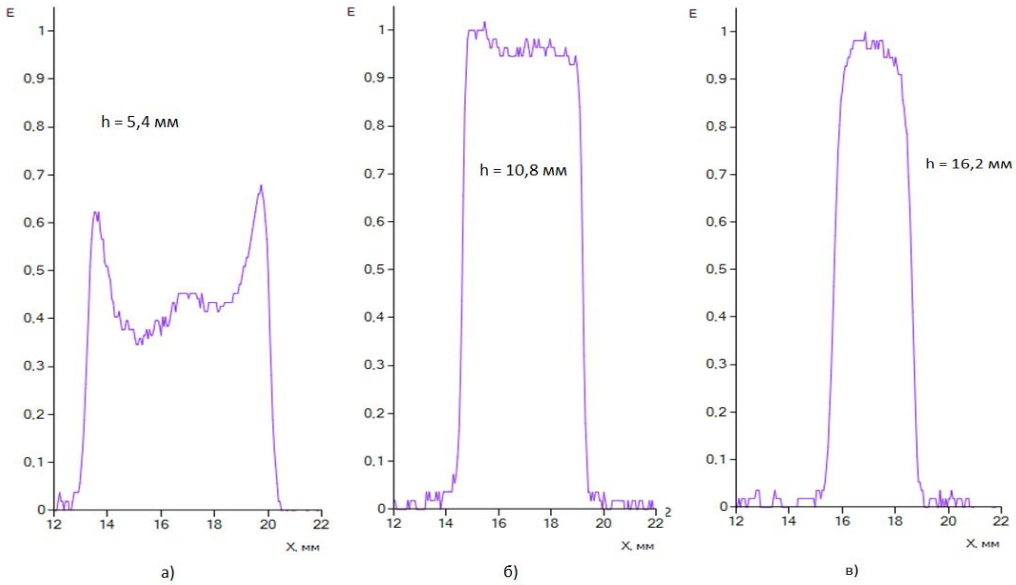


Рис. 2. ***Распределение степени черноты пламени*** $\varepsilon(x)$ ***вдоль оси OX.***
Высота сканирования h, в мм: а – 5.4; б – 10,8; в – 16,2

В полученных массивах можно выделить распределение степени черноты $\varepsilon(x)$ вдоль горизонтального направления для любой высоты или вдоль вертикального направления.

Распределения $\varepsilon(x)$ представлены на рис. 2. Вдоль оси *ox* отложена координата пламени в мм, а цифры, рядом с распределением, указывают высоту сканирования над горелкой. Из рисунка видно, что у основания пламени функция $\varepsilon(x)$ имеет седловидное распределение с острыми максимумами на периферийных участках пламени (рис. 2 а). В центральных зонах пламени ε уменьшается до 0,4 и не постоянна. С увеличением высоты над горелкой степень черноты увеличивается до единицы, исчезает двугорбость в распределении $\varepsilon(x)$ (рис. 2 б). С дальнейшим увеличением высоты функция $\varepsilon(x)$ видоизменяется, однако максимальное значение $\varepsilon(x)$ сохраняется в пределах единицы.

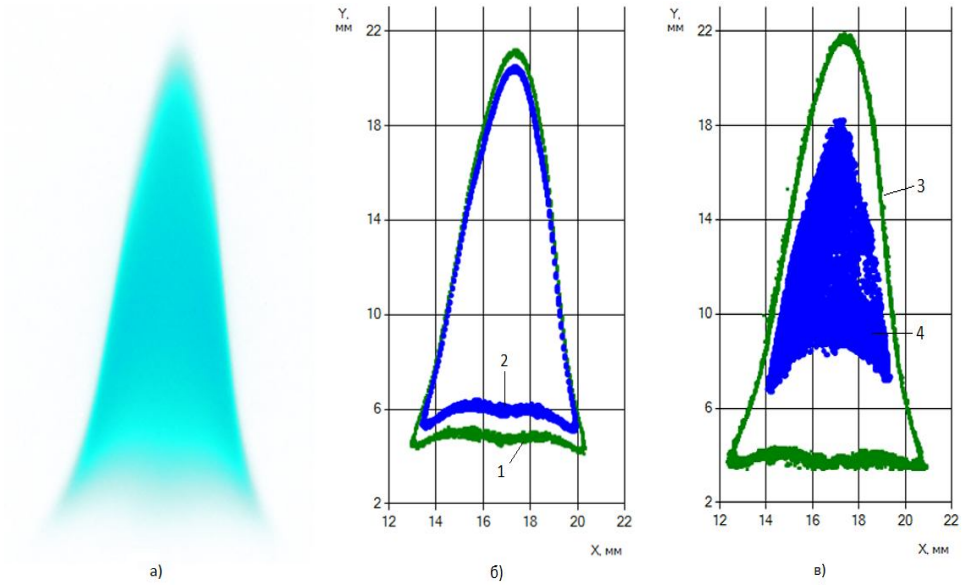


Рис. 3. ***Фотография пламени (а) и изолинии степени черноты пламени (б, в). Значения ε : 1 – 0,3; 2 – 0,6; 3 – 0,1; 4 – 1,0.***

Программа также позволяет выделить в плоскости пикселя с постоянным значением $\varepsilon = const$. Последовательность пикселей с одинаковым значением ε представляет собой изолинию. На рис. 3 представлена фотография пламени и ряд изолиний. Последовательные изолинии позволяют выделить в изображении пламени зону с определенным значением степени черноты и рассчитать площадь выделенной зоны. В табл. 1 приведены значения площадей выделенных зон и указано их процентное отношение к площади светящего пламени ($S_{пл}$ = 131, 8 мм^2).

Таблица 1

Площади зон пламени одинаковой степенью черноты

ε	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
S_i , мм^2	45,2	7,7	5,8	4,7	3,8	3,8	4,1	4,3	7,2	14,5	30,7
$S_i / S_{пл}$,%	34,32	5,84	4,4	3,56	2,88	2,88	3,1	3,26	5,46	11,0	23,3

Анализ табличных значений показывает, что наибольшая площадь составляет 45,2 мм^2 с наименьшим значением степени черноты ε = 0,1. Эта зона примыкает к горелке. Явного свечения пламени в этой области в красной части спектра нет, и эта зона является «плохим» излучателем. Наибольшее излучение происходит с зоны со степенью черноты, стремящейся к единице: $\varepsilon \to 1$. Площади этих зон также значительны, а сами зоны локализованы в центральной части пламени (рис. 3 в). Анализ последовательных изолиний показывает, что максимальные изменения площадей зон происходят у основания пламени (рис. 3 в).

Резюме. Разработана программа, позволяющая выделять в пламени зоны с максимальным значением степени черноты (ε), которые расположены в центральной части светящего пламени. Расчеты показали, что площади выделенных зон с максимальным значением ε составляют около трети от площади всего пламени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гейдон, А. Г.* Пламя, его структура, излучение и температура / А. Г. Гейдон, Х. Г. Вольфгард. – М. : Металлургия, 1969. – 364 с.

2. *Дубовкин, Н. Ф.* Справочник по углеводородным топливам / Н. Ф. Дубовкин. – М. : ГЭИ, 1962. – 184 с.

3. *Кадышевич, А. Е.* Измерение температуры пламени / А. Е. Кадышевич. – М. : Государственное науч.-техн. изд-во лит-ры по черной и цветной металлургии, 1961. – 219 с.

4. *Ксенофонтов, С. И.* Измерение температуры коптящего пламени углеводородов / С. И. Ксенофонтов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2002. – № 6 (30). – С. 82–92.

5. *Фристром, Р. М.* Структура пламени / Р. М. Фристром, А. А. Вестенберг. – М. : Металлургия, 1969. – 364 с.

УДК 574.24

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН*

PARTICULARITIES OF ELEMENTAL STATUS OF JUNIOR SCHOOL AGE CHILDREN OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Н. В. Святова, Е. С. Егерев, Ф. Г. Ситдиков

N. V. Svyatova, E. S. Egerev, F. G. Sitdikov

ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

Аннотация. Проблема распространенности дисбаланса макро- и микроэлементов у детей различных регионов России, в том числе и в Республике Татарстан, является актуальной и до настоящего времени остается недостаточно изученной. Выявлены особенности элементного статуса детей 7–8 лет, позволяющие научно обосновать оздоровительные мероприятия. Для всех обследуемых детей характерен высокий риск возникновения дефицита Co, K, Mg, Se и Zn. Выявлены достоверные корреляционные связи между ростом, массой тела, окружностью грудной клетки, жизненной емкостью легких и содержанием в волосах детей Co, Mg, Zn, Fe, I, K.

Abstract. The problem of imbalance prevalence of macro- and micronutrients in children in different regions of Russia, and also in the Republic of Tatarstan, is still relevant nowadays and isn't sufficiently studied. The features of elemental status of seven- and eight-year-old children are revealed. These features allow to scientifically substantiate recreational activities. All the surveyed children are at high risk of deficiency of Co, K, Mg, Se and Zn. There also have been revealed significant correlations between height, weight, chest circumference, vital capacity of lungs, and Co, Mg, Zn, Fe, I, K content in children's hair.

Ключевые слова: *дети, микроэлементы, волосы, физическое развитие.*

Keywords: *children, micronutrients, hair, physical development.*

Актуальность исследуемой проблемы. В настоящее время хорошо известно, что для поддержания жизни и сохранения здоровья организм человека нуждается в определенном количестве эссенциальных макро- и микроэлементов, участвующих в регуляции всех процессов жизнедеятельности, роста и развития. Развитию микроэлементозов способствует природный дисбаланс ряда биоэлементов на фоне антропогенного загрязнения окружающей среды, кроме того, дефицит макро- и микроэлементов является безусловным спутником социально-экономического неблагополучия [4]. Следует отметить, что дефицит микронутриентов может развиться на фоне достаточной обеспеченности организма углеводами, белками и жирами [6].

* Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (гранты РГНФ № 09-06-29606 а/В, № 11-16-16004 а/В)

Особенно актуальна проблема гипо- и гипермикроэлементозов детского организма, отличающегося от взрослого незавершенностью процессов биологического и психического развития [3], [13]. Дисбаланс биоэлементов в организме детей влечет за собой задержку умственного, физического и полового развития, снижение иммунитета, развитие хронических заболеваний [4], [12]. Непосредственное участие многих элементов в большинстве биохимических процессов, связанных с развитием и ростом, делает проблему их изучения чрезвычайно актуальной для педиатрии и физиологии [4].

Таким образом, проблема распространенности дисбаланса макро- и микроэлементов у детей различных регионов России, в том числе и в Республике Татарстан (РТ), является актуальной и до настоящего времени остается недостаточно изученной, поэтому целью нашего исследования является изучение особенностей баланса важнейших микро- и макроэлементов в организме девочек младшего школьного возраста, проживающих в РТ, и оценка взаимосвязи между элементным статусом и физическим развитием детей.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в общеобразовательных школах г. Казани и сельских общеобразовательных школах РТ. Для исследования были сформированы группы девочек 7–8-летнего возраста 1 и 2 групп здоровья. Для отбора контингента детей применялся метод анкетирования с использованием анкет, разработанных Институтом возрастной физиологии РАО [2]. Все дети должны были иметь примерно одинаковое социально-экономическое положение, хорошую психологическую атмосферу в семье.

Для изучения физического развития использовали общепринятые методики определения соматических показателей: роста, массы, окружности грудной клетки (ОГК); физиометрических показателей: жизненной емкости легких (ЖЕЛ), мышечной силы сжатия правой и левой кисти. Рассчитывали индекс Кетле 2 (ИМТ), характеризующий степень гармоничности физического развития и телосложения [8].

Для оценки микроэлементного статуса детей в качестве биосубстратов использовали волосы, учитывая, что концентрация химических элементов в волосах наиболее полно отражает их тканевое содержание и хорошо коррелирует с элементным профилем внутренней среды организма [4], [7], [11], [13]. Показано, что химический состав волос – интегральный показатель и подвержен более выраженным изменениям, чем цельная кровь, что определяет ценность данного биосубстрата, в том числе и на стадии донозологической диагностики [5].

Отбор проб проводили по общепринятой методике. Определение 25 химических элементов в волосах детей проводилось методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в АНО «Центр биотической медицины». Количественное содержание микроэлементов в волосах детей оценивалось путем сопоставления с биологически допустимым уровнем (БДУ) по данным ВОЗ [10], [15].

Статистическая обработка полученных результатов исследований и определение достоверности различий осуществлялись по критерию Стьюдента. Для определения взаимосвязи между признаками применялся корреляционный анализ Спирмена [9].

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенного исследования установлена значительная распространенность как гипо-, так и гипермикроэлементозных состояний у девочек 7–8 лет, проживающих на территории РТ (табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что 89 % девочек имели низкое содержание кобальта (Co) ($p<0,001$), что на 38 % меньше нижней границы БДУ, установленного ВОЗ (табл. 1). И лишь у 11 % девочек содержание Co в волосах было в пределах нижней

границы нормы (табл. 1). Co является кофактором витамина B_{12}, который входит в состав S-аденозил-метионин-B12-метилтрансферазы, участвующей в процессе метилирования ДНК и липидов, входящих в состав миелинового вещества. Co активирует ряд ферментов, способствует регуляции синтеза и кинетики катехоламинов при посредничестве Ca и Mg, участвует в процессах кроветворения и регенерации, продукции тиреоидных гормонов и биосинтеза миелина, стимулирует лейкопоэз. В последние годы появились новые данные о роли Co в нейропротекторных механизмах [10].

Таблица 1

Дисбаланс биоэлементов в волосах девочек младшего школьного возраста

Название микроэлемента	Биологически допустимый уровень (БДУ) (мкг/г) [10], [15]	Среднее содержание микроэлементов в волосах девочек 7–8 лет (мкг/г)		Значимость различий (p)
Алюминий (Al)	1–20	избыток (n = 19)	29,231±1,91	p<0,001
		норма (n = 28)	13,36±0,54	
Ртуть(Hg)	0,05–0,2	избыток (n = 28)	0,398±0,03	p<0,001
		норма (n = 19)	0,124±0,01	
Йод (I)	0,27–4,2 [14]	избыток (n = 11)	10,18±2,22	p<0,01
		норма (n = 36)	1,21±0,16	
Железо (Fe)	5–25	избыток (n = 16)	33,95±1,54	p<0,001
		норма (n = 31)	17,95±0,76	
Калий (K)	150–663 [14]	избыток (n = 10)	1766,43±366,45	p<0,01
		норма (n = 18)	336,46±40,55	
Калий (K)	150–663 [14]	недостаток (n = 19)	66,167±8,67	p<0,001
		норма (n = 18)	336,46±40,55	
Магний (Mg)	19–163 [14]	недостаток (n = 5)	15,29±0,36	p<0,001
		норма (n = 38)	79,86±7,18	
Селен (Se)	0,5–1,5	недостаток (n = 37)	0,369±0,014	p<0,001
		норма (n = 9)	0,608±0,026	
Цинк (Zn)	100–250	недостаток (n = 10)	75,64±7,43	p<0,001
		норма (n = 35)	142,73±4,83	
Кобальт (Co)	0,05–0,5	недостаток (n = 42)	0,019±0,001	p<0,001
		норма (n = 5)	0,058±0,002	

При изучении взаимосвязи содержания Co в волосах девочек 7–8-летнего возраста с показателями физического развития были обнаружены значимые отрицательные корреляционные зависимости с ростом (r = -0,53) (рис. 1), массой (r = -0,48) (рис. 1), ОГК (r = -0,51) (рис. 2) и силой мышечного сокращения кисти (r = -0,82) (рис. 3).

79 % детей имели низкое содержание селена (Se), тогда как у 19 % детей содержание Se находилось в пределах БДУ (табл. 1). Этот микроэлемент стимулирует в организме иммунитет, является антиоксидантом и обладает защитным влиянием на цитоплазматические мембраны, не допуская их повреждения и генетического нарушения. Он способствует нормальному развитию клетки. Se наряду с Co и Mg является фактором, который противодействует нарушению хромосомного аппарата. Дефицит этого микроэлемента обычно вызывается эндемическим заболеванием, иногда развивается при заболеваниях кишечника вследствие нарушенного усвоения. Одной из причин недостаточности Se является скудное и однообразное питание, отсутствие морепродуктов в рационе. В организме Se проявляет антагонизм по отношению к тяжелым металлам [10].

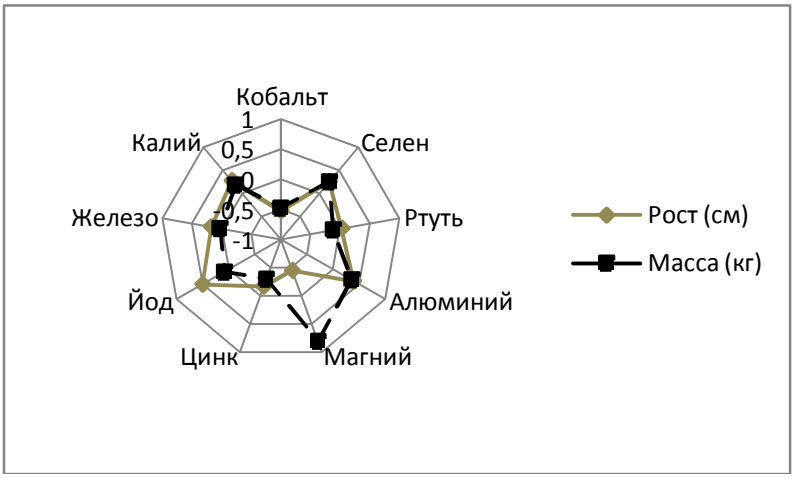


Рис. 1. ***Корреляционные связи параметров роста (см) и массы тела (кг) девочек 7–8 лет на фоне дисбаланса микроэлементов***

Повышенное содержание ртути (Hg) было обнаружено у 60 % обследованных детей, тогда как у остальных 40 % детей Hg находилась в пределах БДУ (табл. 1).

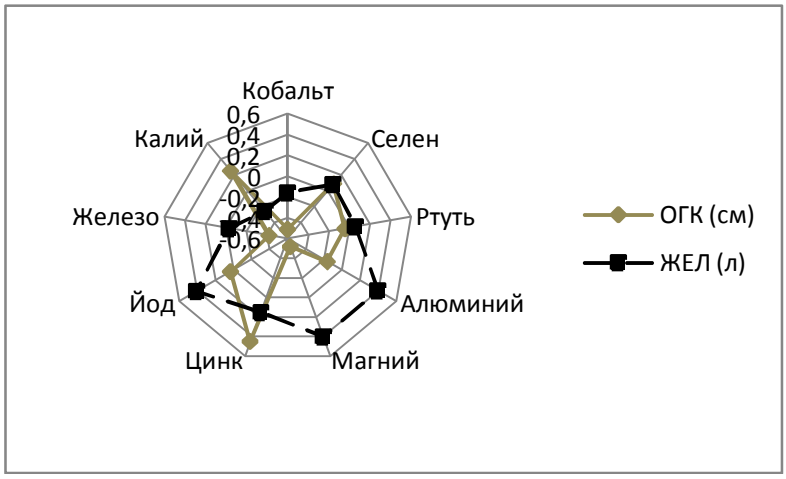


Рис. 2. ***Корреляционные связи параметров ОГК (см) и ЖЕЛ (л) девочек 7–8 лет на фоне дисбаланса микроэлементов***

Токсичность и особенно нейротоксичность Hg была известна на протяжении многих веков. Избыток Hg клинически проявляется поражением нервной, костной, кроветворной систем. Пути поступления Hg хорошо известны: вода, пища (морская рыба, морепродукты), вдыхание паров Hg, контакт с кожей и слизистыми [10].

В наших исследованиях было обнаружено повышенное содержание алюминия (Al) у 40 % девочек, тогда как содержание алюминия в пределах БДУ было характерно для 60% детей (табл. 1). Al играет в организме важную физиологическую роль – он участвует в образовании фосфатных и белковых комплексов; процессах регенерации костной, соединительной и эпителиальной ткани; оказывает, в зависимости от концентрации, тормозящее или активирующее действие на пищеварительные ферменты; способен влиять на

функцию околощитовидных желез. Al в небольших количествах необходим для организма, но в случае избытка этот металл может представлять серьезную опасность для здоровья [14]. Избыток Al провоцирует нарушения со стороны костной системы, в том числе развитие витамин D-резистентного рахита, может приводить к микроцитарной анемии. Избыток Al клинически проявляется поражением нервной системы в виде снижения памяти, способности к концентрации внимания, снижения критичности, контроля за поведением, склонностью к суициду и т. п. [10].

Проведенный анализ корреляционной взаимосвязи содержания Al в волосах девочек 7–8 лет и параметров физического развития детей выявил достоверную корреляционную связь с массой тела (r = 0,4) (рис. 1), ЖЕЛ (r = 0,4) (рис. 2), силой мышечного сокращения кисти (r = 0,4) (рис. 3).

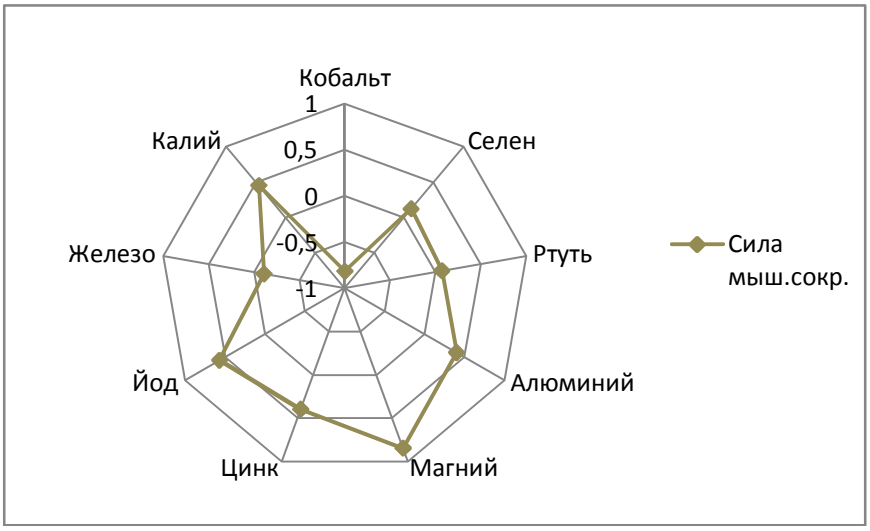


Рис. 3. ***Корреляционные связи параметров силы мышечного сокращения кисти (кг) девочек 7–8 лет на фоне дисбаланса микроэлементов***

Магнийдефицитные состояния зарегистрированы у 11 % девочек (табл. 1). Известно, что магнийдефицитные состояния характерны для людей, находящихся в состоянии хронического стресса, и могут явиться одной из причин развития синдрома хронической усталости [14].

Анализ корреляционной взаимосвязи содержания Mg в волосах девочек 7–8 лет с показателями физического развития детей выявил значимую корреляцию с ростом (r = -0,44) (рис. 1), массой (r = 0,81) (рис. 1), ОГК (r = -0,52) (рис. 2), ЖЕЛ (r = 0,4) (рис. 2), силой мышечного сокращения кисти (r = 0,85) (рис. 3), ИМТ (r = 0,88) (рис. 4). Вероятно, выраженная зависимость концентраций Mg от антропометрических параметров в значительной степени обусловлена их участием в построении скелета и деятельности мускулатуры [5].

Широко распространенным по России микроэлементозом является дефицит цинка (Zn) [1]. Содержание Zn в пределах БДУ было характерно для 74 % девочек, у 22 % обследованных детей была обнаружена цинковая недостаточность (табл. 1).

В настоящее время Zn выявлен почти в 200 ферментах, которые определяют течение различных метаболических процессов, включая синтез и распад углеводов, жиров, белков и нуклеиновых кислот. Zn является кофактором эндонуклеаз, осуществляющих

специфическую рестрикцию ДНК, в том числе генов, поврежденных различными мутагенами и канцерогенами. Zn оказывает влияние на рост и деление клеток, он контролирует экспрессию генов в процессе клеточного цикла, оказывает влияние на остеогенез, кератогенез, участвует в иммунитете, в реакциях антиоксидантной защиты, защите эндотелия сосудов, кроветворении, сперматогенезе, в процессах репарации и регенерации, в процессах развития мозга. Zn содержится в молекулах кортикостероидов, которые регулируют адаптационно-приспособительные реакции организма. Ведущими причинами дефицита Zn являются: алиментарная недостаточность, алкоголизм, нарушение всасывания микроэлементов, болезни почек, кишечника, печени, псориаз, воздействие тяжелых металлов, лучевая терапия, несбалансированное питание, голодание, курение, наркомания, воздействие ионизирующей радиации. Вторичный дефицит Zn может развиться вследствие повышенной экскреции [10].

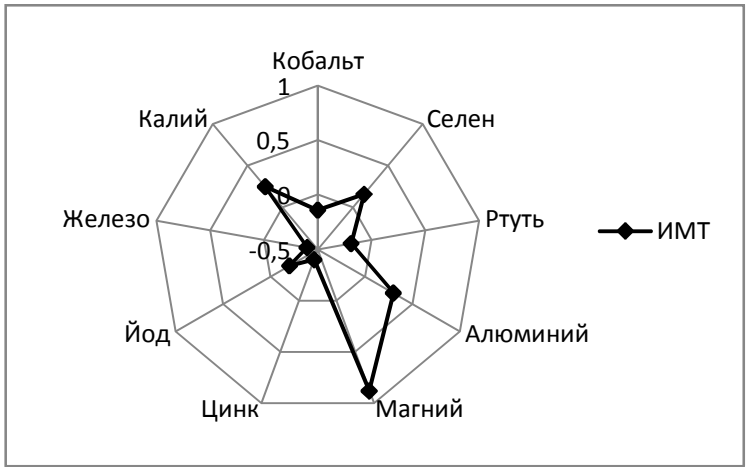


Рис. 4. ***Корреляционные связи параметров ИМТ (усл. ед.) девочек 7–8 лет на фоне дисбаланса микроэлементов***

Данные корреляционного анализа позволили выявить значимые корреляции между пониженным содержанием Zn в волосах девочек 7–8 лет и такими показателями, как: ОГК (r = 0,45) (рис. 2), сила мышечного сокращения кисти (r = 0,4) (рис. 3), ИМТ (r = -0,4) (рис. 4).

В проведенном исследовании нормальное содержание йода (I) имело место у 77 % девочек, вместе с тем у 23 % детей было обнаружено повышенное содержание этого элемента (табл. 1). Биологическая роль I хорошо изучена и определяется участием этого микроэлемента в синтезе гормонов щитовидной железы. I является эндемическим микроэлементом. Потребность в I зависит от возраста и физиологического состояния организма. У детей и подростков йодная недостаточность вызывает задержку нервно-психического развития, снижение работоспособности, плохую успеваемость, нарушение полового развития, склонность к хроническим заболеваниям. Избыток I в организме может возникнуть при передозировке медикаментозных препаратов I [10].

При изучении взаимосвязи содержания I в волосах девочек 7–8-летнего возраста и показателей физического развития были обнаружены значимые положительные корреляционные зависимости от роста (r = 0,51) (рис. 1), ЖЕЛ (r = 0,41) (рис. 2), силы мышечного сокращения кисти (r = 0,57) (рис. 3).

Основной функцией Fe в организме является перенос кислорода и участие в окислительных процессах. Fe играет важную роль в процессах выделения энергии, в ферментативных реакциях, в обеспечении иммунных функций, в метаболизме холестерина [14]. Как дефицит, так и избыток Fe отрицательно влияют на состояние здоровья человека. Отложение Fe в организме может быть обусловлено избыточным (неконтролируемым) применением препаратов Fe, однако чаще это связано с нарушением обменных процессов в организме [10].

В проведенном нами исследовании содержание Fe в волосах девочек в 66 % случаев находилось в пределах БДУ. Особую тревогу вызывает повышенный уровень данного элемента у 34 % обследованных детей (табл. 1).

Проведенный анализ корреляционной зависимости содержания Fe в волосах девочек 7–8 лет от показателей, характеризующих физическое развитие детей, выявил значимую корреляционную связь с ОГК (r = - 0,42) (рис. 2) и ИМТ (r = - 0,44) (рис. 4).

В результате проведенного исследования были выявлены нарушения баланса основного элемента каждой живой клетки – калия (K). Так, у 22 % девочек было обнаружено повышенное содержание K, что практически в 2,5 раза больше нижней границы БДУ (табл. 1). У 40 % детей был обнаружен недостаток этого элемента. И у 38 % девочек содержание K находилось в пределах БДУ (табл. 1). K участвует в обеспечении прохождения электрических нервных импульсов, контролирует сокращения мышц, в том числе и миокарда, обеспечивает стабильность артериального давления. K поддерживает осмотическое давление и кислотно-щелочное равновесие организма, нормализует работу мышц, участвует в проведении нервного импульса к мышцам, способствует выведению из организма воды и Na, активирует ряд ферментов и участвует в важнейших метаболических процессах [10].

Проведенный анализ корреляционной зависимости содержания K в волосах девочек 7–8 лет от показателей физического развития детей выявил значимую корреляционную связь только с силой мышечного сокращения кисти (r = 0,45) (рис. 3).

Основными причинами дефицита K являются продолжительное применение некоторых медицинских препаратов – мочегонных, гормональных, кофеина, обильные рвоты, поносы, обильное потоотделение. При дефиците K могут наблюдаться патологические состояния, такие как утомляемость, снижение работоспособности, бессонница, депрессия, угревая сыпь, низкое артериальное давление, аритмии, замедление заживления ран, судороги, задержка роста у детей. Повышение уровня K в волосах может означать избыточное накопление в организме или перераспределение этого элемента между тканями, дисбаланс электролитов или дисфункцию коры надпочечников. Повышенный уровень в волосах K и Na обычно рассматривается как отражение нарушения водно-солевого обмена, функции симпато-адреналовой системы [10].

Резюме. Были выявлены отклонения в элементном составе организма девочек 7–8 лет, проживающих в РТ, у 100 % обследованных детей.

Для всех детей 7–8-летнего возраста, проживающих на изученных территориях РТ, характерен высокий риск возникновения дефицита Co, K, Mg, Se и Zn. Низкая концентрация в волосах этих элементов составила от 11 до 89 %.

Выявлены достоверные корреляционные связи между ростом, массой тела, ОКГ, силой мышечного сокращения кисти, ЖЕЛ и содержанием в волосах детей Co, Mg, Zn, Fe, I, K. ИМТ положительно коррелирует с Mg (r = 0,88) и отрицательно – с Zn (r = -0,4) и Fe (r = -0,44). Полученные данные позволяют сделать вывод, что для нормального роста и

развития детского организма важен положительный баланс между эссенциальными элементами, с одной стороны, и потенциально токсичными микроэлементами – с другой. Выявленные особенности элементного статуса детей 7–8-летнего возраста позволяют научно обосновать оздоровительные мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авцын, А. П.* Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш, Л. С. Строчкова. – М. : Медицина, 1991. – 496 с.

2. *Безруких, М. М.* Здоровьесберегающие технологии в общеобразовательной школе: методология анализа, формы, методы, опыт применения : методические рекомендации / М. М. Безруких, В. Д. Сонькина. – М. : Триада-фарм, 2002. – 117 с.

3. *Ермоленко, Г. В.* Особенности функционирования ведущих адаптационных систем и психофизиологический статус подростков, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.13 / Г. В. Ермоленко. – М., 2007. – 21 с.

4. *Лещенко, Я. А.* Содержание эссенциальных металлов нутриентов в организме, состояние здоровья и уровень развития подростков / Я. А. Лещенко, А. В. Боева, Л. Г. Лисецкая, О. Я. Лещенко, В. Ю. Голубев, М. В. Сафонова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 5 (43). – С. 66–71.

5. *Лобанова, Ю. Н.* Особенности элементного статуса детей из различных регионов России : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.13 / Ю. Н. Лобанова. – М., 2007. – 18 с.

6. *Маймулов, В. Г.* Питание и здоровье детей / В. Г. Маймулов, И. Ш. Якубова, Т. С. Чернякина. – СПб. : СПбГМА им. И. И. Мечникова, 2003. – 354 с.

7. *Михайлов, А. Н.* Оценка баланса химических элементов у детей и подростков, проживающих на расстоянии 5 км от медеплавильного предприятия / А. Н. Михайлов, Н. П. Сетко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 4 (110). – С. 112–114.

8. *Нотов, О. С.* Зависимость элементного статуса от некоторых показателей физического развития / О. С. Нотов, И. Э. Алиджанова // Вестник Оренбургского государственного университета. Приложение «Биоэлементология». – 2006. – № 12. – С. 179–181.

9. *Петухов, В. И.* Корреляционный анализ данных спектрометрии волос: новый подход к оценке элементного гомеостаза / В. И. Петухов, Е. В. Дмитриев, И. Я. Калвиньш, Л. Х. Баумане, А. П. Шкестерс, Е. В. Лакарова, А. В. Холод, А. В. Скальный // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 12. – С. 128–135.

10. *Ребров, В. Г.* Витамины, макро- и микроэлементы. Обучающие программы РСЦ института микроэлементов ЮНЕСКО / В. Г. Ребров, О. А. Громова – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 954 с.

11. *Ревич, Б. А.* Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды / Б. А. Ревич // Гигиена и санитария. – 1990. – № 3. – С. 55–59.

12. *Решетник, Л. А.* Клинико-гигиеническая оценка микроэлементных дисбалансов у детей Прибайкалья : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.07, 14.00.03 / Л. А. Решетник. – Иркутск : ИГМУ, 2000. – 43 с.

13. *Ситдиков, Ф. Г.* Показатели микроэлементного статуса детей, проживающих в сельской местности / Ф. Г. Ситдиков, Н. В. Святова, Е. С. Егерев // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – № 7. – С. 15–17.

14. *Скальный, А. В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека / А. В. Скальный. – М. : Издательский дом «ОНИКС 21 век» ; Мир, 2004. – 215 с.

15. *Bertram, H. P.* Spurenelemente: Analytik, okotoxikologische und medizinisch – klinische Bedeutung / H. P. Bertram. – Munchen, Wien, Baltimore : Urban und Schwarzenberg, 1992. – 207 p.

УДК 614.1:314.422(470.344)

СРЕДНИЙ ВОЗРАСТ СМЕРТИ НАСЕЛЕНИЯ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

AVERAGE AGE OF DEATH OF ABLE-BODIED POPULATION IN THE CHUVASH REPUBLIC

Л. В. Стекольщиков

L. V. Stekolschikov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. В статье дается анализ и оценка среднего возраста смерти населения трудоспособного возраста в Чувашской Республике по основным причинам смерти.

Abstract. The article analyses and estimates the average age of death of able-bodied population in the Chuvash Republic taking into account the main reasons for death.

Ключевые слова: *трудоспособный возраст, средний возраст смерти, причины смерти.*

Keywords: *able-bodied age, average age of death, reasons for death.*

Актуальность исследуемой проблемы. Тенденция формирования медико-демографических процессов среди населения трудоспособного возраста в настоящее время имеет особую актуальность в связи с масштабами и причинами смертности в этой группе населения, особенно сверхсмертности мужчин. Высокий уровень смертности населения трудоспособного возраста подрывает производственные силы общества, поэтому задача сохранения трудовых ресурсов рассматривается как приоритет государственной социальной политики [4].

В цель данного исследования входят анализ и оценка среднего возраста смерти (СВС) населения трудоспособного возраста в Чувашской Республике (ЧР) и выработка предложений по реализации региональной демографической политики.

Материал и методика исследований. Первичной информацией для анализа явились данные формы С-51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти за 2009 год» Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по ЧР. СВС рассчитывался методом вариационной статистики и представлен в виде M±m, полученные результаты рассматривались как статистически значимые при $p<0,01$. Достоверность разности между средними величинами и экстенсивными коэффициентами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Достоверность разности в СВС в трудоспособном возрасте между мужчинами и женщинами не определялась, так как у них разная величина трудоспособного периода жизни.

Согласно законодательству Российской Федерации (РФ) [8], [9] трудоспособный возраст у женщин составляет 16–54, у мужчин – 16–59 лет, но поскольку в статистических формах все демографические показатели представлены по 5-летним интервальным группам, то СВС рассчитывался в возрастных группах 15–54 и 15–59 лет соответственно.

Результаты исследований их обсуждение. Для оценки смертности населения в трудоспособном возрасте с экономических позиций необходимо знать не только уровень и структуру смертности, но и СВС [2, 5]. Показатели СВС представлены в табл. 1. Проанализируем СВС по наиболее значимым классам болезней среди причин смертности.

Внешние причины (ВП). Данные исследований показывают, что от ВП в трудоспособном возрасте погибло 77,9±0,89 % (p<0,01) мужчин и 42,5±1,74 % (p<0,01) женщин. Среди всех умерших самые интенсивные уровни смертности у лиц обоих полов находятся в возрастном интервале 15–49 лет [7, 441–442].

Из всего класса ВП смерти прежде всего обращает на себя внимание СВС при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП). Всего в 2009 г. в ДТП, по данным Чувашстата, погибло 246 человек, из них в трудоспособном возрасте – 85,3±2,25 % (p<0,01) (оба пола), мужчин – 91,2±2,12 % (p<0,01), женщин – 67,6±5,93 % (p<0,01). Гендерная разница в удельном весе погибших в ДТП в трудоспособном возрасте достоверна (t=3,74). Мужчины в автомобиле, пострадавшие в ДТП в 2009 г., погибли в среднем в 33,6 лет, женщины – в 32 года, мужчины-пешеходы погибли в 39 лет, женщины-пешеходы – в 33 года. ДТП со смертельным исходом, в зависимости от того, пешеход это или лицо в автомобиле, сократили жизнь мужчин трудоспособного возраста на 23,89–27,29, женщин – на 42,3–43,3 года в сопоставлении с ожидаемой продолжительностью жизни (ОПЖ) при рождении в 2009 г. (см. табл. 1).

Таблица 1

Средний возраст смерти населения трудоспособного возраста в Чувашской Республике (2009 г.) (M+m, p<0,01)

Причины смерти (классы МКБ-10)	Мужчины (15–59 лет)	Женщины (15–54 лет)
Все причины, в том числе:	46,0±0,16	42,6±0,31
I. Некоторые инфекционные и паразитарные болезни,	43,2±0,8	40,6±1,9
из них туберкулез	45,6±0,8	40,0±2,6
II. Новообразования.	51,5±0,4	45,2±0,6
Локализация опухоли:		
- губа, полость рта, глотка;	54,0±1,0	50,8±2,0
- пищевод;	51,7±1,6	50,0±3,5
- желудок;	51,7 ±0,9	43,6±1,9
- ободочная кишка;	51,2±2,6	48,0±2,0
- прямая кишка;	53,8±1,2	48,7±1,7
- печень, желчный пузырь, желчные протоки;	47,5±5,6	*
- поджелудочная железа;	53,3±1,2	43,7±3,6
- гортань;	56,0±0,8	*
- трахеи, бронхи, легкие;	52,8±0,5	48,0±2,1
- молочная железа;	-	45,6±1,3
- шейка матки;	-	41,7±1,9
- тело матки;	-	50,6±1,4
- яичники, придатки матки;	-	46,4±2,2
- предстательная железа;	55,4±1,0	-
- почка;	55,8±1,0	*

Причины смерти (классы МКБ-10)	Мужчины (15–59 лет)	Женщины (15–54 лет)
- мочевой пузырь;	48,5±4,5	*
- лейкемия	37,5±4,5	36,0±4,2
IV. Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ,	39,8±4,4	46,9±3,3
из них сахарный диабет	45,3±4,6	46,1±3,7
IX. Болезни системы кровообращения, из них:	50,1±0,2	46,5±0,6
- гипертония;	50,62±1,9	49,8±1,8
- ишемическая болезнь сердца;	51,3±0,35	48,8±0,7
- острый инфаркт миокарда;	51,7±0,9	46,2±3,7
- ревматические болезни сердца;	49,3±1,2	50,252,5
- цереброваскулярные болезни	51,76±0,5	46,8±0,9
X. Болезни органов дыхания, из них:	48,5±0,4	40,9±1,3
- бактериальная пневмония;	43,9±1,5	40,5±4,9
- пневмония без уточнения возбудителя;	48,1±0,5	41,2±1,6
- хроническая обструктивная болезнь легких;	52,7±0,7	44,6±2,3
- бронхиальная астма	53,7±2,7	*
XI. Болезни органов пищеварения, из них:	47,3±0,5	45,3±0,7
- язва желудка;	47,2±1,9	*
- болезни печени;	46,9±0,6	46,0±0,8
- алкогольные болезни печени;	45,6±2,2	46,7±2,0
- цирроз печени;	47,0±0,7	46,2±0,9
- панкреатит	46,5±1,3	42,8±2,0
XIV. Болезни мочеполовой системы	46,5±2,5	42,9±3,4
XX. Внешние причины (всего), из них:	41,9±0,27	39,5±0,5
- пешеходы, пострадавшие в ДТП;	39,0±4,3	33,0±1,0
- лица в автомобиле, пострадавшие в ДТП;	35,6±1,0	32,0±1,0
- случайное падение;	40,6±1,4	40,0±2,5
- случайное утопление;	40,3±1,2	36,1±3,4
- случайное удушение;	46,0±0,8	44,1±2,4
- случайное отравление алкоголем;	46,90,5	44,6±0,9
- прочие случайные отравления;	43,75±0,8	39,8±1,5
- самоубийства;	38,4±0,5	37,6±1,45
- убийства	39,9±1,0	37,6±1,4
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в 2009 г.**	62,89	75,28

Примечание: * – зарегистрирован только 1 случай, ** – источник: Демографический ежегодник ЧР. 2010 : стат. сб. / Чувашстат. – Чебоксары, 2010. – С. 45.

Самоубийства, которые определяют пятую часть смертности населения в ЧР от ВП, также существенно сокращают жизнь мужчин и женщин. Из всех покончивших жизнь самоубийством в 2009 г. можно выделить 82,4±1,73 % ($p<0,01$) мужчин и 52,4±4,92 % ($p<0,01$) женщин, которые были в трудоспособном возрасте (разница по половому признаку в удельном весе достоверна, $t=5,7$). В результате суицида трудоспособные женщины в среднем «уходят» из жизни в 37,6±1,45 ($p<0,01$), мужчины – в 38,4±0,5 ($p<0,05$) лет, что сокращает у них трудовой период жизни на 17,4 и 21,6 лет соответственно. Утрата жизненного потенциала составляет еще больший срок – соответственно 37,68 и 24,99 лет. Показатели СВС в связи с самоубийством свидетельствуют, что суицид является серьезной проблемой для населения ЧР. В целом (без гендерной дифференциации), в 2009 г. число самоубийств в трудоспособном возрасте в ЧР было в 1,7 раза выше, чем в РФ, и на 25,4 % больше, чем в Приволжском федеральном округе (ПФО) [5, 18].

Убивают трудоспособных лиц обоих полов также в очень молодом возрасте (СВС мужчин – 39,9 лет, женщин – 37,6). По литературным данным [1, 15], 55–66 % суицидов и примерно ¾ убийств в стране связаны со злоупотреблением алкоголем, а потребление чистого алкоголя в год составляет 14–15 литров на взрослого человека [1, 18]. Всемирная организация здравоохранения рассматривает уровень потребления алкоголя выше 8 литров на душу населения как критический, за которым следует резкий рост смертности.

Несколько выше в трудоспособном возрасте СВС при случайном отравлении алкоголем (СОА) (у мужчин – 46,9 лет, женщин – 44,6). Анализ показал, что смертность при СОА – вторая по значимости, после суицида, среди причин смертности трудоспособного населения в ЧР, а СОА мужчин в трудоспособном возрасте случаются в 4,5 раза чаще, чем у женщин. СВС при других ВП представлен в табл. 1.

Болезни системы кровообращения (БСК). Смертность от БСК по интенсивности – вторая по значимости среди всех причин смертности мужчин республики в трудоспособном возрасте, у женщин она находится на третьей позиции [7, 442]. СВС от БСК у мужчин – 50,1 лет, женщин – 46,5. Ведущей причиной смерти среди БСК у мужчин является ишемическая болезнь сердца (ИБС), затем следуют цереброваскулярные болезни (ЦВБ), у женщин ситуация обратная. При ИБС мужчины в среднем умирают в 51,3 лет, при ЦВБ – в 51,76, женщины – в 48,8 и 46,8 лет соответственно. Наиболее рано в трудоспособном возрасте мужчины в среднем умирают от ревматической болезни сердца (в 49,3 лет), женщины – от острого инфаркта миокарда (в 46,2 лет).

Злокачественные новообразования (ЗНО) стоят на втором месте среди причин смертности женщин трудоспособного возраста (19,3 %), у мужчин – на четвертом (9,3 %) [6, 443]. В классе новообразований как у мужчин, так и у женщин наименьший СВС при лейкемии – соответственно 37,5 и 36,0 лет без достоверной разности ($t<2$). Даже в возрастном интервале 15–59 лет СВС у женщин при лейкемии не имеет достоверной разности с мужчинами (38,75±4,59 лет, $p<0,01$, $t<2$). СВС в трудоспособном возрасте при ЗНО у лиц обоих полов существенно не отличается от СВС при болезнях других классов (табл. 1), но интенсивность смертности, особенно у женщин, при ЗНО опережает многие другие болезни [7, 443].

Болезни органов дыхания (БОД). БОД находятся на третьей позиции (10,1 %) среди причин смертности мужчин трудоспособного возраста. Уровень смертности женщин от БОД в трудоспособном возрасте в 6,6 раза ниже, чем у мужчин, соответственно они в структуре смертности у женщин находятся только на пятом месте [7, 443]. От БОД мужчины в трудоспособном возрасте в среднем умирают в 48,5 лет, женщины – в 40,9. Бактериальная пневмония раньше других болезней данного класса становится причиной смерти (СВС у женщин – 40,5 лет, у мужчин – 43,9). Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) у лиц обоих полов в трудоспособном возрасте позже других болезней данного класса «приводит» к смерти, у мужчин так же действует бронхиальная астма. Необходимо отметить, что среди БОД ХОБЛ – это причина смерти людей пожилого и старческого возраста [6, 508].

Болезни органов пищеварения (БОП). В трудоспособном возрасте в структуре причин смертности данный класс у мужчин находится на пятом месте (7,3 %), у женщин – на четвертом (12,0 %). Болезни печени алкогольной этиологии (алкогольная болезнь (АБП) и цирроз печени) в среднем и мужчин, и женщин «уносят» из жизни в одном и том же возрасте (табл. 1), хотя трудовой период у женщин на пять лет короче. Данное обстоя-

тельство, видимо, объясняется тем, что женский пол является независимым фактором риска АБП: женщины в два раза более чувствительны к гепатотоксическому действию алкоголя, чем мужчины [3, 5].

Резюме. Цифры СВС по основным причинам смертности населения трудоспособного возраста показывают, что проблема смертности населения трудоспособного возраста – это, прежде всего, вопросы преждевременности и предотвратимости. В трудоспособном возрасте наиболее рано умирают от ВП. СВС от ВП у мужчин – 41,9 лет, у женщин – 39,5, то есть в связи с преждевременной смертью от ВП в трудоспособном возрасте мужчины в среднем теряют 20,99 лет жизненного и 18,1 лет трудового потенциала, женщины – 35,7 и 15,5 лет соответственно.

Экзогенные причины смерти (травмы, отравления, убийства и самоубийства, инфекции), от которых население республики погибает в очень молодом возрасте, вполне предотвратимы при системном использовании правовых, социальных, медицинских и экономических мер на современном уровне. Эндогенные причины (БСК, ЗНО) также предотвратимы в трудоспособном возрасте современными средствами профилактики. Современный уровень медицинской помощи позволяет практически исключить вероятность смерти в трудоспособном возрасте при большинстве болезней органов дыхания и пищеварения. Смерть от этих причин в возрастном интервале 40–54 лет не является естественной, поскольку в этом возрасте организм человека еще не исчерпал свой биологический адаптационный потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Данишевский, К. Д.* Наиболее важные для России приоритеты в области здоровья населения трудоспособного возраста / К. Д. Данишевский // Проблемы управления здравоохранением. – 2010. – № 5. – С. 13–19.

2. *Комаров, Ю. М.* Высокая смертность как ведущая причина депопуляции / Ю. М. Комаров // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2007. – № 5.– С. 4–7.

3. *Маевский, М. В.* Алгоритм ведения пациентов с алкогольной болезнью печени / М. В. Маевский, М. А. Морозова, В. Т. Ивашкин // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2011. – Т. 21. – № 1. – С. 4–10.

4. *Об утверждении* Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года / Указ Президента РФ от 09.10.2007 №1351 // Собрание законодательства РФ. – 2007. – Ст. 5009.

5. *Основные* показатели здоровья населения и деятельности учреждений здравоохранения ЧР в 2009 году : стат. сб. – Чебоксары : Медицинский информационно-аналитический центр, 2011. – 132 с.

6. *Стекольщиков, Л. В.* Болезни органов дыхания как причины смерти населения трудоспособного возраста / Л. В. Стекольщиков // Вестник Чувашского университета. – 2012. – № 3. – С. 507–512.

7. *Стекольщиков, Л. В.* Смертность населения трудоспособного возраста Чувашской Республики / Л. В. Стекольщиков // Вестник Чувашского университета. – 2011. – № 3. – С. 439–444.

8. *Трудовой* кодекс РФ. – Гл. 11. Ст. 63. – Режим доступа: http://www.zakonrf.info/tk/63/

9. *Федеральный* закон «О трудовых пенсиях в Российской Федерации» от 17.12.2001 № 173-ФЗ. – Гл. 2. Ст. 7. П. 1. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/popular/pensia/60_2.html.

УДК 616-036.885:614.1(470.344)

УТРАТА ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В СВЯЗИ С ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЙ СМЕРТНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА

LABOUR POTENTIAL LOSS IN CONNECTION WITH PREMATURE MORTALITY OF ABLE-BODIED POPULATION

Л. В. Стекольщиков

L. V. Stekolchshikov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. Статья посвящена анализу утраты трудового потенциала Чувашской Республики в связи с преждевременной смертностью населения трудоспособного возраста. Отмечены главные причины утраты трудового потенциала по половому признаку. Оценена численность условно умерших мужчин и женщин в трудовом возрасте.

Abstract. The article is devoted to the analysis of labour potential loss in the Chuvash Republic in connection with premature mortality of able-bodied population. The main reasons for the labour potential loss are given. The number of conditionally deceased able-bodied men and women is calculated.

Ключевые слова: *утрата трудового потенциала, трудоспособный возраст, смертность, недожитые человеко-годы.*

Keywords: *labour potential loss, able-bodied age, mortality, unattained man-years.*

Актуальность исследуемой проблемы. Трудовой потенциал страны, который определяется численностью населения в трудоспособном возрасте, прямо влияет на темпы социально-экономического развития страны. В связи с этим снижение смертности населения в трудоспособном возрасте, особенно сверхсмертности мужчин, что приводит к заметному сокращению экономически активного населения, является приоритетом демократической политики страны в настоящее время [2], [3].

Цель исследования – оценить утраченный трудовой потенциал Чувашской Республики (ЧР) в связи с преждевременной смертностью населения в трудоспособном возрасте и выработать предложение по реализации региональной демографической программы.

Материал и методика исследований. В работе в качестве первичной информации использовались данные таблицы С-51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти за 2009 год» Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по ЧР. Анализ проводился по возрастно-половым группам и причинам смерти по МКБ-10 в пятилетнем интервале.

Потерю трудового потенциала (ТП) от смертности в трудовом возрасте рассчитывали по формуле [1, 35]:

$$R = \Sigma Rx = \Sigma(L - rx)nx = \Sigma wxnx,$$

где Rx – утраченный трудовой потенциал в возрасте x; Σ – знак суммирования; L – пограничный возраст (мужчины – 60 лет, женщины – 55 лет); rx – средний возраст интервала x; Wx = (L – rx) – недожитые годы; nx – число умерших в возрасте x.

Численность условно умерших в трудоспособном возрасте (n) определялась как отношение утраченного трудового потенциала (R) к длительности экономически активного периода жизни, для мужчин это 44 года (60 – 16 = 44), для женщин – 39 лет (55 – 16 = 39).

Результаты исследований и их обсуждение. Данные расчета утраченного ТП в связи со смертностью в трудоспособном возрасте по всем причинам смерти представлены в табл. 1. Аналогичные расчеты были проведены по всем основным классам причин смертности населения, итоговые результаты занесены в табл. 2.

Из табл. 1 видно, что из-за высокой смертности мужчин в трудоспособном возрасте республика в 2009 г. утратила ТП в 4,9 раза больше, чем в связи со смертностью женщин (56982,5 утраченных человеко-лет жизни против 11630). Как у мужчин, так и у женщин на самый экономически активный возраст (мужчины – 20–54 лет, женщины – 20–49) приходятся наибольшие потери ТП (у мужчин – 92,0, у женщин – 89,9 %). При этом республика больше всего ТП теряет в связи с преждевременной смертностью мужчин в 45–49 лет (16,5 %), а женщин – в возрасте 30–34 лет (16,6 %).

Таблица 1

Утраченный трудовой потенциал (R) Чувашской Республики в связи со смертью населения трудоспособного возраста в 2009 г.

Возраст, годы (x)	Середина возрастного интервала (rx)	Недожитые годы (Wx)	Число умерших (nx)	Число потерянных человеко-лет жизни (Rx)
Мужчины				
15–19	17,5	42,5	54	2295,0
20–24	22,5	37,5	150	5625,0
25–29	27,5	32,5	193	6272,5
30–34	32,5	27,5	293	8057,0
35–39	37,5	22,5	362	8145,0
40–44	42,5	17,5	483	8452,5
45–49	47,5	12,5	751	9387,5
50–54	52,5	7,5	859	6442,5
55–59	57,5	2,5	922	2305,0
Всего			N=4067	R=ΣRx=56982,5
Женщины				
15–19	17,5	37,5	16	600,0
20–24	22,5	32,5	47	1527,5
25–29	27,5	27,5	62	1705,0
30–34	32,5	22,5	86	1935,0
35–39	37,5	17,5	102	1735,0
40–44	42,5	12,5	142	1775,0
45–49	47,5	7,5	225	1687,5
50–54	52,5	2,5	266	665,0
Всего			N=946	R=ΣRx=11630

Цифры в табл. 1 показывают, что во всех возрастных группах абсолютное количество умерших мужчин заметно выше, чем женщин. Соответственно, это существенно влияет на число потерянных человеко-лет жизни по половому признаку.

По распределению утраченного ТП (табл. 2) по основным классам причин смертности видно, что внешние причины лидируют. На их долю у мужчин приходится 53,3, а у женщин – 45,3 %. В абсолютном количестве утраченных человеко-лет жизни наблюдается перевес мужчин в 5,7 раза (30355 человеко-лет против 5275).

Таблица 2

Утраченный трудовой потенциал Чувашской Республики в 2009 г. по основным причинам смерти

Классы причин смерти (МКБ-10)	Утраченный трудовой потенциал (человеческой жизни)			Число условно умерших (человек)		
	Муж. P±m, p<0,01	Жен. P±m, p<0,01	Оба пола P±m, p<0,01	Муж.	Жен.	Оба пола
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни:	2032,5	375	2407,5	46,2	9,6	55,8
% к итогу	3,6±0,08	3,2±0,16	3,5±0,07			
Новообразования:	3305	1785	5090	75,1	45,7	120,8
% к итогу	5,8±0,09	15,3]0,3	7,4±0,1			
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушение обмена веществ:	262,5	65	327,5	6	1,7	7,7
% к итогу	0,5±0,03	0,6±0,07	0,5±0,02			
Болезни системы кровообращения:	9665	1322,5	10987,5	219,7	33,9	253,6
% к итогу	17,0±0,15	11,4±0,3	16,0±0,1			
Болезни органов дыхания:	4705	832,5	5537,5	106,9	21,3	128,2
% к итогу	8,2±0,1	7,1±0,2	8,0±0,1			
Болезни органов пищеварения:	3785	1097,5	4882,5	86	28,1	114,1
% к итогу	6,6±0,1	9,4±0,3	7,1±0,09			
Болезни мочеполовой системы:	270	132,5	402,5	6,1	3,4	9,5
% к итогу	0,5±0,03	1,1±0,09	0,6±0,03			
Внешние причины смерти:	30555	5275	35630	689,9	135,3	825,2
% к итогу	53,3±0,2	45,3±0,4	51,9±0,2			
Прочие:	2606,5	745	3347,5	59,1	19,1	78,2
% к итогу	4,5±0,08	6,6±0,2	5,0±0,08			
Всего:	56982,5	11630	68612,5	1295	298,1	1593,1
% к итогу	100	100	100			

В классе внешних причин более четверти утраченного ТП приходится на смертность от самоубийств (26,9 %), и это является отличительной особенностью республики. В первую очередь потери связаны с мужским суицидом. Республика от суицида мужчин теряет почти столько же ТП, сколько от смертности при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), от случайных отравлений алкоголем и убийств вместе взятых. Утрата ТП в связи с самоубийствами женщин в 9,2 раза ниже, чем мужчин. Наибольшие потери ТП наблюдаются среди женщин от смертности при ДТП (19,3 %), вместе с тем утрата ТП от смертности при ДТП у женщин в 3,9 раза ниже, чем у мужчин. По половому признаку наибольшая разница по утрате ТП в связи со смертностью от случайных удушений (в 12,2 раза перевес в сторону мужчин).

По другим классам причин смертности структура утраченного ТП между мужчинами и женщинами во многом отличается. На смертность от болезней системы кровообращения (БСК) у мужчин приходится 17,0 % (2-е место), у женщин – 11,4 % (3-е место). При этом в связи со смертностью мужчин в трудоспособном возрасте от БСК республика утратила ТП в 7,3 раза больше, чем от смертности женщин по этому классу (9665 человеко-лет против 1322,5). Из всех БСК наибольшую утрату ТП у мужчин дает смертность от ишемической болезни сердца – 3325 человеко-лет жизни (34,4 %), а у женщин преобладают цереброваскулярные болезни – 437,5 человеко-лет жизни (33,1 %).

Вторую позицию в структуре у женщин занимают новообразования (15,3 %), у мужчин этот класс только на пятом месте (5,8 %). Количество утраченных человеко-лет жизни у мужчин на 85,1 % больше, чем у женщин (3305 человеко-лет против 1785).

На третьем месте в структуре утраты ТП у мужчин находятся болезни органов дыхания (БОД), они занимают 8,2 %, у женщин они находятся на пятом месте (7,1 %). В структуре в процентном отношении БОД у мужчин и женщин мало отличаются, но согласно данным (табл. 2) из-за смертности мужчин от БОД республика утратила в 5,6 раза больше ТП, чем из-за смертности женщин (4705 человеко-лет против 832,5).

Болезни органов пищеварения (БОП) как у мужчин, так и у женщин занимают четвертое место в структуре – соответственно 6,6 и 9,4 %. Однако мужчины в абсолютных цифрах опережают женщин в 3,4 раза (3785 человеко-лет против 1097,5).

Среди основных причин утраты ТП смертность от инфекционных и паразитарных болезней у лиц обоих полов находится на шестой позиции (табл. 2). При этом в абсолютных величинах утраченный ТП в связи со смертностью от этого класса болезней у мужчин в 5,4 раза больше, чем у женщин (2032,5 человеко-лет против 375,0).

Резюме. Если рассматривать структуру утраченного ТП по классам причин смертности у обоих полов вместе, то очевидно влияние смертности у мужчин. Первые три класса совпадают с данной структурой у мужчин (внешние причины, БСК, БОД), только высокий удельный вес утраты ТП в связи со смертностью от новообразований у женщин выводит этот класс на четвертую позицию.

Больше всего ТП республика теряет в связи со смертностью от внешних причин, БОК, БОП, БОД, новообразований. Все основные причины смертности в трудоспособном возрасте как у мужчин, так и у женщин относятся к предотвратимым, а факторы риска заболеваемости по этим классам болезней – к управляемым. Совершенно очевидно, что при системной профилактике, ранней диагностике и соответствующем лечении этих болезней во множестве случаев можно предупредить смертельный исход. К примеру, можно снизить смертность от травм и отравлений, особенно у мужчин. Важную роль здесь играет межсекторальное сотрудничество. Для женщин очень важны профилактика и ранняя диагностика злокачественных новообразований половых органов.

Преждевременная смертность населения ЧР в трудоспособном возрасте приводит к сокращению ТП республики. У мужчин на утрату ТП в связи со смертностью в возрастном интервале 30–54 лет приходится 71,0 % от общего количества потерянных человеко-лет жизни, у женщин на возрастной интервал 30–49 лет – 61,3 %. Это те возрастные группы, в которых работники, имея достаточный стаж и опыт работы, являются высококвалифицированными специалистами и приносят предприятию или учреждению наибольший доход.

В целом по республике в 2009 г. в связи с преждевременной смертностью населения в экономически активном возрасте условно умерли 1593 человека. Валовый региональный продукт (ВРП) на душу населения в том же году составил 109067,7 руб. Выходит, что в связи с преждевременной смертностью населения в трудовом возрасте экономика республики в 2009 г. недополучила ВРП на сумму более чем на 173,74 млн руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аксель, Е. М.* Применение методов стандартизации «утраченного жизненного потенциала» в связи со смертностью от злокачественных новообразований / Е. М. Аксель, В. В. Дворин // Советское здравоохранение. – 1987. – № 10. – С. 35–38.

2. *Об утверждении* Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года / Указ Президента РФ от 09.10.2007 №1351 // Собрание законодательства РФ. – 2007. – Ст. 5009.

3. *Чувашия* в цифрах : крат. стат. сб. / Чувашстат. – Чебоксары, 2011. – 245 с.

УДК 662.382

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

ADVANCED TECHNOLOGIES OF ULTRA HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC TREATMENT OF MATERIALS

В. А. Филиппов[1], Б. В. Филиппов[2]

V. A. Filippov[1], B. V. Filippov[2]

[1]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары,

[2]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. Рассматриваются вопросы использования перспективных процессов термообработки сверхвысокочастотными электромагнитными колебаниями, предлагается применение пенопеска в качестве основного материала, который в процессе производства позволяет сохранить основные свойства пеностекла.

Abstract. The article considers the issues of using advanced thermal ultra high frequency electromagnetic treatment processes. It suggests using foam sand as the main material which provides keeping the key features of foam glass in the process of production.

Ключевые слова: *перспективные материалы, свойства, камерная микроволновая установка, технология термической обработки.*

Keywords: *advanced materials, features, microwave chamber installation, technology of thermal treatment.*

Актуальность исследуемой проблемы. Заслуживают внимания способы интенсификации технологических процессов за счет использования энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) в качестве источника тепла [2], [3], [4]. Применение электромагнитного излучения диапазона миллиметровых длин волн открывает возможности создания перспективных композиционных материалов: соединения и спекания керамических материалов между собой и с металлами, обработки ультрадисперсных и наноструктурных материалов, создания покрытий различного функционального назначения и др.

Возникает необходимость разработки методов обработки материалов, которые наряду с ускорением физико-химических процессов обеспечивали бы сохранение и улучшение их свойств. Одним из широко распространенных процессов термообработки является нагрев материалов посредством энергии сверхвысокочастотного электромагнитного поля. Актуальными становятся исследования процессов, источником энергии в которых является электромагнитное излучение.

Материал и методика исследований. Для проведения исследований сконструирована специализированная камерная установка (базовой моделью является СВЧ-печь) с

возможностью регулирования уровня мощности и продолжительности процесса обработки материалов (рис. 1). Выходная мощность излучения установки составляет 800 Вт на рабочей частоте 2,45 ГГц. Работу сопровождает интенсивное магнитное поле, создаваемое током промышленной частоты 50 Гц, протекающим в системе электропитания печи. В данной установке предусмотрено проведение фиксируемых во времени кратковременных перерывов для анализа структурных изменений в материале за счет встроенной системы управления. Рабочее пространство выполнено в виде замкнутой металлической камеры, которая обеспечивает концентрацию энергии в материале и оптимизацию режима термообработки.

Рис. 1. ***Специализированная камерная СВЧ-установка с панелью управления***

Преимуществом данной установки является отсутствие теплоносителя, нагревающих элементов и возможность точного регулирования теплового воздействия на обрабатываемый материал, что позволяет осуществить сверхчистый нагрев. При высокочастотной обработке термические функции выполняет электромагнитное поле. Подбор частоты колебаний позволяет преобразовать СВЧ-обработку в тепловую энергию, за счет чего можно получить относительно равномерное выделение тепла по объему тела [1]. Поскольку энергия потребляется только обрабатываемым материалом, процесс нагрева проводится с очень высоким КПД, определяемым в основном коэффициентом преобразования энергии сети в СВЧ-энергию. СВЧ-импульсы приводят к изменению структуры и физико-механических свойств материалов.

При СВЧ-нагреве открываются возможности многократного ускорения ряда технологических процессов. Обычно передача тепла осуществляется за счет конвекции, теплопроводности и излучения. Отсюда неизбежен температурный градиент от поверхности в

глубину материала. Уменьшить или почти устранить большой градиент температуры можно за счет увеличения времени обработки. Во многих случаях только за счет медленного нагрева удается избежать перегрева поверхностных слоев обрабатываемого материала. Следует учесть, что диэлектрические характеристики зависят от температуры, изменяющейся в процессе термообработки, от состава и структуры материала. Изменение температуры определяется тепловыми характеристиками материала (теплоемкостью, теплопроводностью и теплопередачей). Кроме того, прохождение термического процесса зависит от сопротивления, оказываемого материалом. При этом все его теплотехнические характеристики изменяются с изменением температуры.

По сравнению с традиционными технологиями термической обработки использование СВЧ-нагрева дает следующие преимущества:

- управляемый нагрев материалов в объеме вне зависимости от их геометрических размеров, форм и коэффициента теплопроводности;
- уменьшение потерь в процессе термообработки за счет отсутствия тепловой инерции нагревателя;
- отсутствие контакта обрабатываемого материала с теплоносителем;
- возможность концентрации высоких энергий в небольших объемах.

Результаты исследований и их обсуждение. В качестве основного материала для создания композиций использовали пенопесок (остекленный песок), полученный пеноспениванием в ОАО «Газоочистка», состоящий почти на 100 % из песчаных ячеек и имеющий распределенную мелкопористую структуру размером 0,1–0,5 мм. Пенопесок в процессе производства позволяет сохранить основные характеристики пеностекла (при значительном снижении цены: песок очень дешевое и доступное сырье, технология пенообразования тоже дешевая). Этот материал обладает высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, легко подвергается механической обработке и способен конкурировать с пеностеклом постоянством объема, гигиеничности, устойчивости к химическому воздействию и др. (рис. 2). Предел прочности при сжатии пенопеска составляет 0,57–0,61 МПа. Средняя плотность в сухом состоянии – 173 кг/м³. Поглощение воды – по объему не более 4,6 %. Применение фосфатных связующих позволяет получать материалы по СВЧ-технологии.

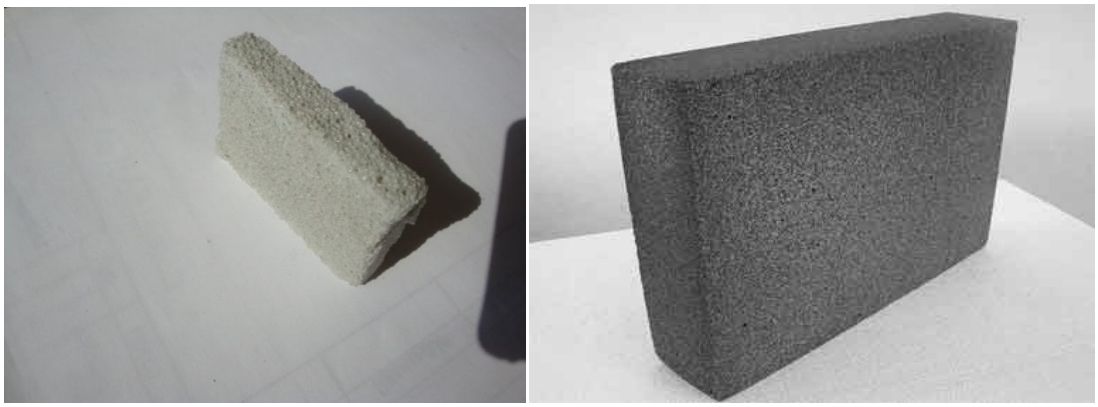


Рис. 2. ***Образцы пенопесока и пеностекла, полученные пеноспениванием***

Образцы (рис. 3), полученные в рамках настоящего исследования, могут быть использованы в разных отраслях промышленности как композиционные материалы. В качестве армирующего компонента выступали асбест, экологическая вата, металлический порошок и др. Исследование адгезионных характеристик композиций, полученных на основе фосфатных связующих, показало, что прочность сцепления с подложкой зависит от вида и количества вводимого связующего.

Рис. 3. ***Образцы композиционных материалов из пенопеска с фосфатными связующими после СВЧ-электромагнитной обработки***

Резюме. Полученные экспериментальные данные позволяют с высокой степенью точности прогнозировать процесс СВЧ-электромагнитной обработки композиционных материалов из пенопеска. Целесообразно применение СВЧ-электромагнитной энергии по следующим показателям:

- бесконтактный экологически чистый подвод энергии;
- высокий КПД преобразования СВЧ-обработки в тепловую энергию с высокой интенсивностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архангельский, Ю. С.* Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов / Ю. С. Архангельский, И. И. Девяткин. – Саратов : Изд-во Саратовского университета, 1983. – 140 с.

2. *Гонтарев, Г. Г.* Микроволновое технологическое оборудование и приборы / Г. Г. Гонтарев, Б. Н. Глазырин, Г. В. Лысов // Обзоры по электронной технике. – М. : Электроника, 1992. – 74 с. – (Сер. 1: Электроника СВЧ ; вып. 10 (1681)).

3. *Мамонтов, А. В.* Микроволновые технологии / А. В. Мамонтов, И. В. Назаров, В. Н. Нефедов, Т. А. Потапова. – М. : НИИ ПМТ, 2008. – 308 с.

4. *Низкоинтенсивные* СВЧ-технологии (проблемы и реализация) / под ред. Г. А. Морозова и Ю. Е. Седельникова. – М. : Радиотехника, 2003. – 112 с.

УДК 612.1-057.87

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОК В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

GIRL STUDENTS' HEART RATE VARIABILITY DURING ADAPTATION TO STUDYING AT AN INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION

Н. В. Хураськина

N. V. Huraskina

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) у студенток первого курса в середине учебного года и в условиях экзаменационного стресса. Изучены особенности регуляции сердечного ритма.

Abstract. The article presents the results of comparative analysis of heart rate variability (HRV) in first-year girl students in the middle of a school year and under stress during examination. The peculiarities of regulation of heart rate have been studied.

Ключевые слова: *студентки, вариабельность сердечного ритма, регуляция ритма сердца, экзаменационный стресс.*

Keywords: *students, heart rate variability, regulation of heart rate, stress during examination.*

Актуальность исследуемой проблемы. Адаптация студентов вуза происходит на фоне интенсификации процесса обучения, увеличения учебной нагрузки, изменения методик преподавания, педагогических требований и сопровождается повышенной нагрузкой на регуляторные системы организма, отражается на умственной деятельности. Наиболее распространенным методом оценки функционального состояния организма и регуляторных систем является метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР), позволяющий идентифицировать уровень стресс-реакции организма [1], [2], [3]. В связи с этим научного анализа требует изучение адаптивных возможностей студентов в период обучения в высшем учебном заведении.

Цель работы – изучить показатели ВСР у девушек в условиях адаптации к учебной нагрузке в течение первого года обучения в университете.

Материал и методика исследований. Объектом исследования стали 46 студенток первого курса художественно-графического факультета Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Обследуемый контингент был разделен на три группы в зависимости от возраста: I группа – 17 лет, II группа – 18 лет, III группа – 19 лет. Обследование проводилось в середине учебного семестра, перед экзаменом по возрастной физиологии и психофизиологии, а также после него.

Сердечный ритм у студенток регистрировали в положении лежа на спине с помощью программно-аппаратного комплекса «Поли-спектр 8Е». Перед началом записи ВСР исследуемые находились в положении лежа в течение 5–10 минут. Во время исследования были устранены все помехи, приводящие к эмоциональным воздействиям (разговоры, телефонные звонки и т. д.). У девушек было исключено проведение регистрации ритмограмм в менструальный период, учитывая, что в этот период происходящие гормональные изменения в организме отражаются на состоянии показателей ВСР. Анализировались показатели временного анализа ВСР (SDNN, RMSSD, pNN50, SI), спектрального частотного анализа (TP, VLF, LF, HF, LF/HF), кардиоинтервалографии (КИГ) (ЧСС, Мо, АМо, ИВР, ПАПР, ВПР). Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием статистического пакета профессиональной статистики «Statistica 7.0 for Windows».

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ результатов изучения структуры сердечного ритма у обследуемых студенток позволил выявить некоторые различия между группами. Они касаются частоты сердечных сокращений (ЧСС) и активности парасимпатического компонента регуляции сердечного ритма. В обычных условиях обучения у большинства студенток показатели ЧСС находятся в пределах общепринятых физиологических норм, но с некоторым отклонением в сторону тахикардии. Наиболее высокие значения этого показателя выявлены у 17-летних студенток (79,5±2,7 уд./мин), что указывает на значительное увеличение адренергических влияний на сердечный ритм (рис. 1). У студенток всех групп увеличивается ЧСС перед сдачей экзамена. Следует отметить, что после экзамена в фоновой пробе ЧСС студенток I и II групп снижается практически одинаково, что не наблюдается в старшей возрастной группе.

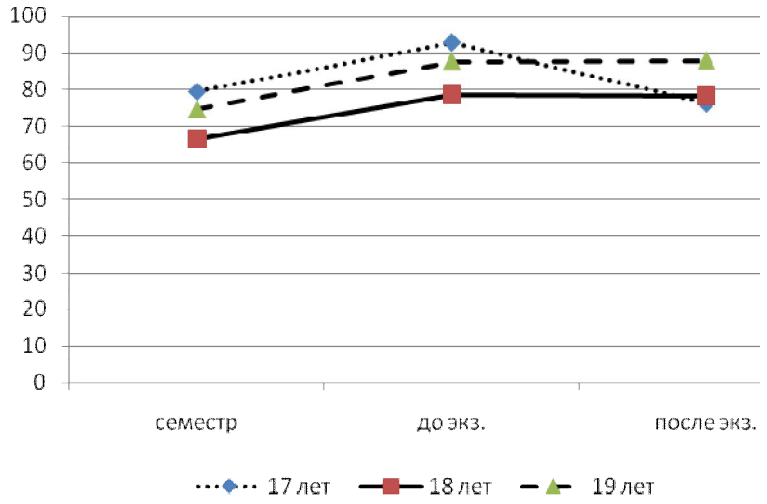


Рис. 1. ***Динамика частоты сердечных сокращений у студенток в течение учебного семестра в состоянии покоя***

Изучение индивидуальных показателей временного и спектрального анализа ВСР позволяет установить, что чем меньше значения pNN50 и больше SI, тем меньше показатель суммарной мощности спектра (TP) и волновой структуры спектра (LF, HF, VLF). Структура спектра у студенток всех групп имеет повышенную суммарную мощность спектра (TP) и умеренно повышенную суммарную мощность волн LF, HF, VLF.

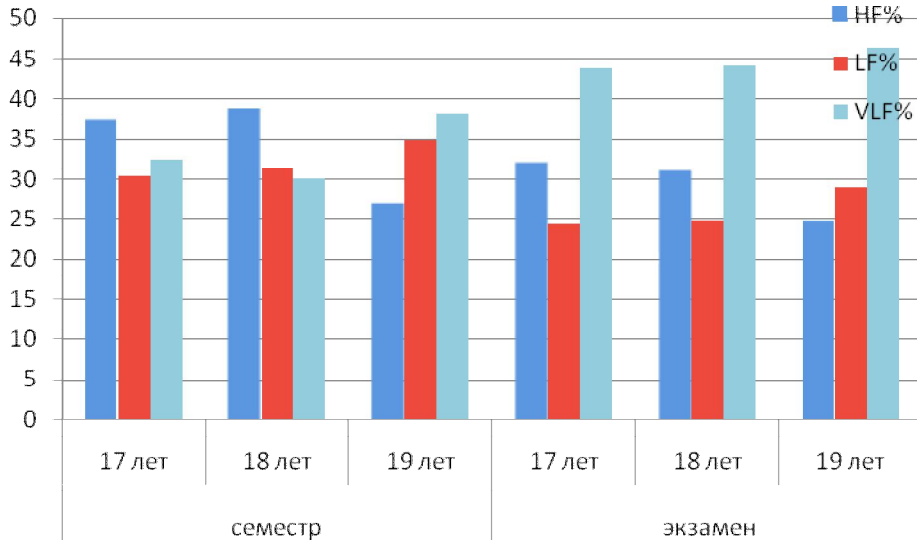


Рис. 2. ***Динамика относительных значений составляющих спектра ВСР у студенток в середине учебного семестра и перед экзаменом***

Известно, что вагусная активность является основной составляющей высокочастотного спектра. Это характеризует показатель суммарной мощности дыхательных волн сердечного ритма (HF). Средние значения этого показателя составили 24–38 %, что указывает на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания центрального контура управления сердечным ритмом. Снижение HF перед экзаменом свидетельствует о повышении влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) у всех студенток. Особенно выражен прирост этого влияния у студенток 17–18 лет. Нами выявлено, что у студенток III группы суммарная мощность вазомоторных волн (LF, мс^2) преобладает над дыхательными (HF, мс^2) как в середине учебного семестра, так и во время экзаменационного стресса (рис. 2), что указывает, по данным [3], на осуществление регуляции сердечного ритма у этих студенток с участием неспецифических механизмов. Эти данные согласуются с увеличением мощности «очень» низкочастотной составляющей спектра (VLF) в этой же группе студенток. В условиях экзаменационного стресса происходит достоверное увеличение этого показателя во всех группах, что характеризует мобилизацию энергетических и метаболических резервов при психоэмоциональном воздействии. В то же время VLF в III группе в середине учебного года снижается, что может быть показателем постнагрузочного энергодефицита у обследуемых студенток.

Показатель отношения низкочастотного и высокочастотного компонента ВСР (LF/HF) увеличивается во время экзаменационного стресса, что характеризует относительную активность подкоркового симпатического центра. Однако выявлено, что среднее значение LF/HF в III группе перед экзаменом не изменяется, а после него увеличивается ($p \leq 0.05$).

Экзаменационный стресс сопровождается усилением симпатической активности и центральных механизмов регуляции сердечного ритма. На это указывают достоверные повышения показателя симпатического звена регуляции (AMo), индекса вегетативного равновесия (ИВР), индекса напряжения (SI) у студенток 17–18 лет (рис. 3).

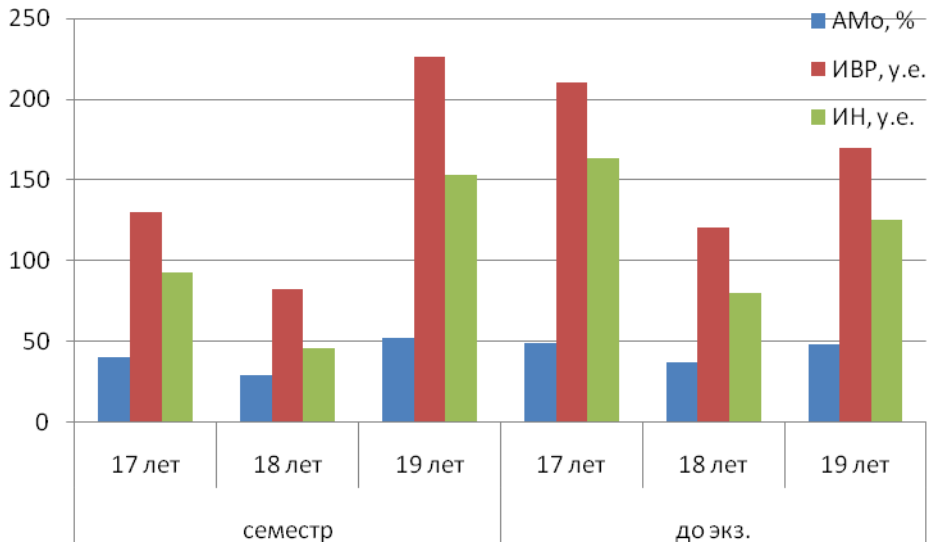


Рис. 3. ***Показатели кардиоинтервалографии студенток в середине учебного года и во время экзаменационного стресса***

Нами выявлено, что в середине семестра в III группе эти показатели выше, поэтому в условиях экзаменационного стресса наблюдается их недостоверное снижение. Вегетативный показатель ритма (ВПР) в середине семестра меньше во II группе, что свидетельствует о повышении активности автономного центра регуляции у студенток этой группы. Перед экзаменом он повышается, особенно в I группе, что указывает на снижение активности парасимпатического отдела ВНС и усиление центральных механизмов регуляции сердечного ритма.

Резюме. Таким образом, в процессе адаптации к условиям обучения в вузе на динамику показателей ВСР и вегетативного гомеостаза влияют особенности учебной деятельности (текущая образовательная деятельность и экзамен) студенток. Активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС является результатом многоуровневой и многоконтурной реакции системы регуляции кровообращения, изменяющей во времени свои показатели для достижения оптимального приспособительного ответа, отражающего адаптивную реакцию целостного организма на воздействие экзаменационного стресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баевский, Р. М.* Физиологическая норма и концепция здоровья / Р. М. Баевский // Российский физиологический журнал. – 2003. – Т. 89. – № 4. – С. 473–489.

2. *Димитриев, Д. А.* Оценка вегетативной регуляции сердечного ритма у студентов старших курсов в течение учебного года / Д. А. Димитриев, Н. В. Хураськина, Л. А. Александрова // Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение : материалы V всероссийск. симп. – Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2011. – С. 53–56.

3. *Шлык, Н. И.* Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов // Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 255 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Алексеев Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры математических и инструментальных методов экономики Чебоксарского кооперативного института, г. Чебоксары

Alekseev, Victor Vasilyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical and Instrumental Methods of Economics, Cheboksary Cooperative Institute, Cheboksary

Алексеев Евгений Петрович – ассистент кафедры эксплуатации сельскохозяйственной техники Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Alekseev, Evgeny Petrovich – Assistant, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Аникина Ирина Юрьевна – аспирант кафедры детских болезней Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, врач первой категории, г. Чебоксары

Anikina, Irina Yuryevna – Post-graduate Student, Department of Childhood Diseases, I. Ulyanov Chuvash State University, Doctor, Cheboksary

Балашникова Анжелика Вениаминовна – аспирант кафедры математического анализа Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Balashnikova, Anzhelika Veniaminovna – Post-graduate Student, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Басыйров Айзат Миркасимович – старший преподаватель кафедры биоэкологии Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань

Basyirov, Ayzat Mirkasimovich – Senior Lecturer, Department of Bioecology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Белов Александр Анатольевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и механизация переработки сельскохозяйственной продукции» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Belov, Aleksandr Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Белова Марьяна Валентиновна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и механизация переработки сельскохозяйственной продукции» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Belova, Maryana Valentinovna – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Блинова Алена Дмитриевна – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Blinova, Alena Dmitrievna – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Васильев Алексей Иванович – младший научный сотрудник научно-исследовательской части Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Vasilyev, Alexey Ivanovich – Junior Research Associate, Scientific and Research Department, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Васильев Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и автомобильное хозяйство» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Vasilyev, Sergey Anatolyevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automobiles, Tractors and Automobile Industry, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Ваткина Марина Анатольевна – инженер-конструктор 1 категории отдела низковольтной аппаратуры управления и защиты ОАО «ВНИИР-Прогресс», г. Чебоксары

Vatkina, Marina Anatolyevna – Design Engineer, Department of Low Voltage Control and Protection Equipment, JSC «VNIIR- Progress», Cheboksary

Воронов Леонид Николаевич – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Voronov, Leonid Nikolaevich – Doctor of Biology, Professor, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Герасимов Арсентий Евгеньевич – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Gerasimov, Arsenty Evgenyevich – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Григорьев Анатолий Алексеевич – заведующий кабинетом кафедры машиноведения Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Grigoryev, Anatoly Alekseevich – Office-room Executive, Department of Machine Science, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Григорьев Венямин Геннадьевич – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Grigoryev, Venyamin Gennadyevich – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Деревянных Евгения Анатольевна – аспирант кафедры математического анализа Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Derevyannykh, Evgenia Anatolyevna – Post-graduate Student, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Димитриев Дмитрий Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и гигиены человека Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Dimitriev, Dmitry Alekseevich – Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Anathomy, Physiology and Human Hygiene, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Егерев Евгений Сергеевич – аспирант кафедры анатомии, физиологии и охраны здоровья человека Института физической культуры, спорта и восстановительной медицины Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань

Egerev, Evgeny Sergeevich – Post-graduate Student, Department of Human Anatomy, Physiology and Health Care, Institute of Physical Culture, Sports and Restorative Medicine of the Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Егорова Юлия Владимировна – ассистент кафедры инфекционных и кожно-венерических болезней Ульяновского государственного университета, г. Ульяновск

Egorova, Yulia Vladimirovna – Assistant, Department of Infectious and Skin and Venereal Diseases, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk

Еремеев Владимир Николаевич – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Eremeev, Vladimir Nikolaevich – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary.

Ефимова Людмила Николаевна – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Efimova, Lyudmila Nikolaevna – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary.

Журавлев Андрей Федорович – аспирант кафедры «Технология конструкционных материалов и литейное производство» Чебоксарского политехнического института (филиала) Московского государственного открытого университета им. В. С. Черномырдина, г. Чебоксары

Zhuravlev, Andrey Fedorovich – Post-graduate Student, Department of Technology of Constructional Materials and Foundry Manufacture, Cheboksary Polytechnical Institute (branch) of V. Chernomyrdin Moscow State Open University, Cheboksary

Зотова Алена Николаевна – студентка факультета естествознания и дизайна среды Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Zotova, Alena Nikolaevna – Student, Faculty of Natural Science and Environmental Design, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Илларионов Илья Егорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология конструкционных материалов и литейное производство» Чебоксарского политехнического института (филиала) Московского государственного открытого университета им. В. С. Черномырдина, г. Чебоксары

Illarionov, Ilya Egorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Constructional Materials and Foundry Manufacture, Cheboksary Polytechnical Institute (branch) of V. Chernomyrdin Moscow State Open University, Cheboksary

Ильина Наталья Анатольевна – доктор биологических наук, профессор, первый проректор – проректор по научной работе Ульяновского государственного педагогического университета им. И. Н. Ульянова, г. Ульяновск

Ilyina, Natalya Anatolyevna – Doctor of Biology, Professor, Pro-rector for Research, I. Ulyanov Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk

Карпенко Юрий Дмитриевич – кандидат биологических наук, докторант кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Karpenko, Yury Dmitrievich – Candidate of Biology, Doctoral Candidate, Department of Anathomy, Physiology and Human Hygiene, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Кержаев Александр Петрович – аспирант кафедры математического анализа Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Kerzhaev, Aleksandr Petrovich – Post-graduate Student, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Кириллов Николай Кириллович – доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и зоогигиены Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Kirillov, Nicholay Kirillovich – Doctor of Veterinary Science, Professor, Head of the Department of Morphology, Physiology and Veterinary Hygiene, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Константинов Валерий Юрьевич – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Konstantinov, Valery Yuryevich – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Кочаков Валерий Данилович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Kochakov, Valery Danilovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Applied Physics and Nanotechnology, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Ксенофонтов Сергей Иванович – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Ksenofontov, Sergey Ivanovich – Candidate of Physics-Mathematics, Professor, Department of General and Theoretical Physics, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Лежнина Марина Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Lezhnina, Marina Nikolaevna – Candidate of Biology, Associate Professor, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Лепаев Александр Николаевич – аспирант кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Lepaev, Aleksandr Nikolaevich – Post-graduate Student, Department of General and Theoretical Physics, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Лукина Дарья Владимировна – аспирант кафедры «Электрооборудование и механизация переработки сельскохозяйственной продукции» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Lukina, Darya Vladimirovna – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Макаров Сергей Геннадьевич – аспирант кафедры машиноведения Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Makarov, Sergey Gennadyevich – Post-graduate Student, Departament of Machine Science, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Максимов Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент Няганского филиала Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Нягань

Maksimov, Vladimir Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Nyagan Branch of the Tyumen State Oil and Gas University, Nyagan

Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Maksimov, Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Миронов Борис Гурьевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа, ректор Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Mironov, Boris Guryevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Department of Mathematical Analysis, Rector of I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Михайлов Андрей Николаевич – ассистент кафедры «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Mikhailov, Andrey Nikolaevich – Assistant, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Михайлова Алина Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгебры Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Mikhailova, Alina Nikolaevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Algebra, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Моляков Александр Анатольевич – аспирант кафедры машиноведения Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Molyakov, Aleksandr Anatolyevich – Post-graduate Student, Departament of Machine Science, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Муллакаев Анатолий Оразалиевич – кандидат биологических наук, докторант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Mullakaev, Anatoly Orazalievich – Candidate of Biology, Doctoral Candidate, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Науменко Ольга Васильевна – аспирант кафедры «Электрооборудование и механизация переработки сельскохозяйственной продукции» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Naumenko, Olga Vasilyevna – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Agricultural Production Processing, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Нестеров Алексей Сергеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий курсом кожных и венерических болезней Ульяновского государственного университета, г. Ульяновск

Nesterov, Aleksey Sergeevich – Doctor of Medicine, Professor, Head of the Coarse of Skin and Venereal Diseases, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk

Нестерова Алена Валерьевна – кандидат медицинских наук, доцент, заведующая курсом оториноларингологии Ульяновского государственного университета, г. Ульяновск

Nesterova, Alena Valeryevna – Doctor of Medicine, Associate Professor, Head of the Coarse of Otolaryngology, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk

Никитин Дмитрий Анатольевич – аспирант кафедры морфологии, физиологии и зоогигиены Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Nikitin, Dmitry Anatolyevich – Post-graduate Student, Department of Morphology, Physiology and Veterinary Hygiene, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Новикова Галина Владимировна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Электрооборудование и механизация переработки сельскохозяйственной продукции» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Novikova, Galina Vladimirovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Орлов Виктор Николаевич – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой алгебры Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Orlov, Victor Nikolaevich – Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Department of Algebra, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Пагунов Александр Юрьевич – аспирант кафедры «Автомобили, тракторы и автомобильное хозяйство» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Pagunov, Aleksandr Yuryevich – Post-graduate Student, Department of Automobiles, Tractors and Automobile Industry, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Панихина Анна Витальевна – кандидат биологических наук, докторант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Panikhina, Anna Vitalyevna – Candidate of Biology, Doctoral Candidate, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Панченкова Ирина Александровна – преподаватель Ульяновского фармацевтического колледжа, г. Ульяновск

Panchenkova, Irina Aleksandrovna – Lecturer, Ulyanovsk Pharmacuetical College, Ulyanovsk

Пахомова Ирина Юрьевна – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Pakhomova, Irina Yuryevna – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Петрова Наталия Валериевна – аспирант кафедры машиноведения Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Petrova, Natalia Valerievna – Post-graduate Student, Departament of Machine Science, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Привалова Тамара Анатольевна – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Privalova, Tamara Anatolyevna – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Пчелова Алевтина Зиноновна – старший преподаватель кафедры алгебры Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Pchelova, Alevtina Zinonovna – Senior Lecturer, Department of Algebra, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Ремизова Надежда Михайловна – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Remizova, Nadezhda Mikhailovna – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Санатуллов Раниль Рамилович – аспирант кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Sanatullov, Ranil Ramilovich – Post-graduate Student, Department of General and Theoretical Physics, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary.

Саперова Елена Владимировна – кандидат биологических наук, докторант кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Saperova, Elena Vladimirovna – Candidate of Biology, Doctoral Candidate, Department of Anathomy, Physiology and Human Hygiene, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Святова Наталья Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной деятельности Института физической культуры, спорта и восстановительной медицины Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань

Svyatova, Natalya Vladimirovna – Candidate of Biology, Associate Professor, Deputy Director for Science, Institute of Physical Culture, Sports and Restorative Medicine of the Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Ситдиков Фарит Габдулхакович – доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и охраны здоровья человека Института физической культуры, спорта и восстановительной медицины Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань

Sitdikov, Farit Gabdulkhakovich – Doctor of Biology, Professor, Department of Human Anatomy, Physiology and Health Care, Institute of Physical Culture, Sports and Restorative Medicine of the Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Смирнов Александр Вячеславович – аспирант кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Smirnov, Aleksandr Vyacheslavovich – Post-graduate Student, Department of Applied Physics and Nanotechnology, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Стекольщиков Леонид Васильевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры управления и экономики здравоохранения Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Stekolchshikov, Leonid Vasilyevich – Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Management and Economics of Health Care, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Стрельников Игорь Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология конструкционных материалов и литейное производство» Чебоксарского политехнического института (филиала) Московского государственного открытого университета им. В. С. Черномырдина, г. Чебоксары

Strelnikov, Igor Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Constructional Materials and Foundry Manufacture, Cheboksary Polytechnical Institute (branch) of V. Chernomyrdin Moscow State Open University, Cheboksary

Сякаев Игорь Владимирович – ассистент кафедры «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Syakaev, Igor Vladimirovich – Assistant, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Табаков Станислав Геннадьевич – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Tabakov, Stanislav Gennadyevich – Post-graduate Student, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Филиппов Борис Валерьевич – аспирант кафедры управления качеством и конкурентоспособностью Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Filippov, Boris Valeryevich – Post-graduate Student, Department of Quality Management and Competitiveness, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Филиппов Валерий Аркадьевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой машиноведения Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Filippov, Valery Arkadyevich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Machine Science, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Хураськина Надежда Владиславовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Huraskina, Nadezhda Vladislavovna – Candidate of Biology, Associate Professor, Department of Anathomy, Physiology and Human Hygiene, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Шуканов Александр Андреевич – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Shukanov, Aleksandr Andreevich – Doctor of Veterinary Science, Professor, Department of Biology and Teaching Methods, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

«Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6).

В издании предусматривается размещение статей по актуальным проблемам **естественных, технических и гуманитарных наук,** содержащих новые научные результаты, ранее не опубликованных и не представленных к публикации в других изданиях. Не публикуются крупные статьи, механически разделенные на ряд отдельных сообщений; статьи с описанием результатов незаконченных исследований без определенных выводов; работы описательного характера.

Ежегодно будут выходить 4 номера Вестника.

В одном номере возможно опубликование, как правило, не более 2 статей одного автора.

Публикация статей аспирантов осуществляется бесплатно.

Все представленные в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование. На основании рецензирования редакционная коллегия принимает решение о включении статьи в тот или иной номер. Редколлегия не гарантирует публикацию всех представленных материалов, оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие установленным требованиям. Авторам присланные материалы не возвращаются.

Статья должна иметь:

а) индекс универсальной десятичной классификации (УДК);

б) название работы на русском и английском языках (жирным шрифтом строчными буквами);

в) инициалы и фамилии авторов на русском и английском языках (жирным шрифтом строчными буквами) – количество соавторов в статье может быть не более 4;

г) полное название учреждения и города (курсивом), где выполнена работа;

д) четкую аннотацию на русском и английском языках (400–500 знаков) отдельными абзацами;

е) ключевые слова на русском и английском языках (не более 7);

ё) основной текст, включающий следующие подразделы:

- актуальность исследуемой проблемы;

- материал и методика исследований;
- результаты исследований и их обсуждение;
- резюме;
- литература.

В конце статьи должны быть указаны сведения об авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность (аспиранты, обучающиеся на бюджетной основе, представляют справку с места учебы); адрес с почтовым индексом, контактный телефон, e-mail; рабочий адрес и e-mail. Авторы должны собственноручно поставить подпись, которая означает их согласие на передачу прав на издание и распространение содержащейся в статье информации редакции Вестника. Этим автор также гарантирует, что статья оригинальная, ни содержание, ни рисунки к ней не были ранее опубликованы в других изданиях. Поступление статьи в редакцию означает полное согласие автора с правилами Вестника.

К статье должны быть приложены экспертное заключение о возможности опубликования ее в открытой печати из организации, представляющей статью к публикации, и рецензия.

В редакцию Вестника статьи направляются в двух форматах: в печатном и электронном (на компакт-диске) вариантах. Электронный вариант должен точно соответствовать печатному.

При оформлении статьи необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Объем статьи должен быть не менее 0,25 п.л. (4 стр.) и не более 0,5 п.л. (8 стр. компьютерного исполнения).
2. Статья должна быть напечатана на одной стороне листа формата А4 с полями: справа, слева и сверху 3 см, снизу 6 см.
3. Размер шрифта – 11. Абзацный отступ – 1 см (5 знаков). Интервал – одинарный. Текст статьи набирается в текстовом редакторе Microsoft Word в формате *.doc или *.rtf шрифтом Times New Roman с выравниванием по ширине и автоматическим переносом слов. При использовании дополнительных шрифтов они должны быть представлены в редакцию в авторской электронной папке.
4. Таблицы должны содержать только экспериментальные данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы исследований. Каждая таблица должна иметь заголовок, быть обязательно пронумерована и упомянута в тексте. Кегль текста в таблицах – 9 пт.
5. Количество иллюстраций не должно превышать 4, данные рисунков не должны повторять материалы таблиц. Рисунки должны быть четкими, легко воспроизводимыми, быть обязательно пронумерованы, упомянуты в тексте и иметь подрисуночные подписи и объяснение значений всех условных обозначений. Полноцветные иллюстрации не допускаются. Кегль текста в схемах и подрисуночной подписи – 9 пт.
6. Формулы и буквенные обозначения по тексту должны быть набраны в среде редактора формул Microsoft Equation 3.0. Шрифт для греческих букв – Symbol, для всех остальных – Times New Roman, основной размер – 11, крупный индекс – 7, мелкий – 5. В математических и химических формулах следует избегать громоздких обозначений. Формулы располагаются по центру страницы, в случае необходимости нумеруются.

7. Сокращение слов, имен, названий, кроме общепринятых сокращений мер, физических и математических величин и терминов, допускается только с первоначальным указанием полного названия.

8. Цитируемая в статье литература (не более 15 источников) приводится в виде алфавитного списка по действующему ГОСТу (ГОСТ 7.1-2003) шрифтом 9. Не допускаются ссылки на тезисы конференций и на неопубликованные работы. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках с указанием номера из списка литературы и страницы, откуда приводится цитата.

Материалы, не соответствующие указанным требованиям, не рассматриваются.

Адрес редакции: 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38, каб. 205а, редакция журнала «Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева»

Тел.: (8352) 62-08-71

Электронная почта: redak_vestnik@chgpu.edu.ru

Электронный адрес: http://vestnik.chgpu.edu.ru

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 547.241+547.512

Реакции бис(2,2-дихлорциклопропилметил)фосфита с основаниями Шиффа

Reactions of bis(2,2-dichlorocyclopropyl)phosphit with Shiff bases

Ю. Н. Митрасов, О. В. Кондратьева

Y. N. Mitrasov, O. V. Kondratyeva

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что в присутствии основных катализаторов присоединяется по имино-группе без разрыва трехчленного карбоцикла**...**

Abstract. It has been established that bis(2,2-dichlorocyclopropyl)phosphit attaches to the imino-group basic catalisators without disruption of three-part carbocycle**…**

Ключевые слова: *бис(2,2-дихлорциклопропилметил)фосфит, основания Шиффа, аминофосфонат, гидрофосфорильные соединения.*

Keywords: *bis(2,2-dichlorocyclopropyl)phosphit, Shiff bases, aminophosphonate, hydrophosphoryl compounds.*

Актуальность исследуемой проблемы. Синтез, апробация и внедрение новых биогенных соединений является актуальной проблемой современной органической химии и биотехнологии. В этой связи целью нашей работы явилось**…**

Материал и методика исследований. В качестве ГФС был использован бис(2,2-дихлорцикло-пропилметил)фосфит (**1**), синтез которого был описан нами ранее в работе [5], а основания Шиффа (**2а-г**) получали в результате взаимодействия ароматических альдегидов с анилином**…**

Результаты исследований и их обсуждение. Нами установлено, что в результате взаимодействия фосфита (**1**) с иминами (**2а-г**) с хорошими выходами образуются бис(2,2-дихлорциклопропилметил)-α-N-фениламинобензилфосфонаты (**3а-в**)**…**

Резюме. Бис(2,2-дихлорциклопропилметил)фосфит присоединяется к основаниям Шиффа в присутствии основных катализаторов по C=N-связи с образованием бис(2,2-дихлорциклопропилметил)-α-N-фениламинобензилфосфонатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зимин, М. Г.* Новые данные о реакциях присоединения гидрофосфорильных соединений по кратным связям / М. Г. Зимин, Р. А. Черкасов, А. Н. Пудовик // Журн. общ. химии. – 1986. – Т. 56. – Вып. 5. – С. 977–991.
2. *Нифантьев, Э. Е.* Химия гидрофосфорильных соединений / Э. Е. Нифантьев. – М. : Наука, 1983. – 262 с.

АВТОРЫ:
Митрасов Юрий Никитич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары
Кондратьева Оксана Викторовна – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

AUTHORS:
Mitrasov, Yury Nikitich – Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary
Kondratyeva, Oksana Viktorovna – Candidate of Chemistry, Senior Lecturer, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

СОДЕРЖАНИЕ

Алексеев В. В., Максимов В. И., Максимов И. И., Михайлов А. Н., Сякаев И. В.	Оценка механического воздействия на почву фрезы ФБН-1,5 с модифицированными рабочими органами ……..……	3
Алексеев Е. П.	Колебание эластичной трубки при взаимодействии с внутренним потоком воздуха ..……..……..….	7
Аникина И. Ю.	Нарушения вегетативной нервной системы у детей с синдромом рвоты и срыгиваний в первом полугодии жизни ……...	11
Аникина И. Ю.	Коррекция нарушений вегетативной нервной системы у детей с синдромом рвоты и срыгиваний в первом полугодии жизни	19
Балашникова А. В.	О сжатии идеальнопластического слоя с учетом трансляционной анизотропии ….…...……	28
Басыйров А. М.	Некоторые аспекты урбанизации авифауны города Казани ….	32
Белов А. А., Кириллов Н. К., Новикова Г. В.	Установка для микронизации зерна ……	37
Блинова А. Д., Лежнина М. Н., Шуканов А. А.	Динамика морфометрического статуса щитовидной железы у хрячков и боровков в биогеохимических условиях Чувашского Юго-Востока ……..……..	40
Васильев А. И., Смирнов А. В., Кочаков В. Д.	Фотоактивные элементы электроники на основе линейно-цепочечного углерода …….……...	43
Васильев С. А., Пагунов А. Ю.	Теоретические предпосылки аналитического определения смоченного периметра стокоформирующей поверхности ……	47

Воронов Л. Н., Константинов В. Ю., Герасимов А. Е.	Морфофункциональные закономерности параметров филогении и экологических адаптаций в конечном мозге птиц	51
Герасимов А. Е., Константинов В. Ю.	Сравнительный анализ цитоархитектоники конечного мозга зерноядных и насекомоядных птиц …….……	55
Григорьев А. А., Ваткина М. А., Филиппов В. А.	Основные тенденции инновационного развития коммутационных гибридных аппаратов нового поколения ……..……	58
Димитриев Д. А., Саперова Е. В., Карпенко Ю. Д., Зотова А. Н.	Применение метода анализа вариабельности сердечного ритма с использованием графика Пуанкаре для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы в период эмоционального стресса ……	64
Егорова Ю. В., Нестеров А. С., Ильина Н. А., Нестерова А. В.	Особенности иммунной системы женщин, больных урогенитальным хламидиозом……..……..……...……	69
Илларионов И. Е., Макаров С. Г.	Математический подход к определению уплотняемости плакированных смесей…….	74
Илларионов И. Е., Стрельников И. А., Петрова Н. В., Журавлев А. Ф., Моляков А. А., Макаров С. Г.	Металлофосфатные связующие и смеси, особенности их отверждения ……..…….	79
Кержаев А. П.	Об определении перемещений в анизотропной кольцевой пластине при равномерном растяжении ……..…….....	86
Ксенофонтов С. И., Лепаев А. Н.	Дисперсные частицы в продуктах горения порохов …….....	90
Лежнина М. Н., Ефимова Л. Н., Еремеев В. Н.	Динамика биохимических и иммунологических показателей крови свиней в разные периоды постнатального онтогенеза …	97
Лукина Д. В., Белова М. В.	Исследование распределения теплового потока по объему хлебопекарных дрожжей при эндогенном нагреве .....……..	102
Лукина Д. В., Белова М. В.	Установка для активации бродильных процессов хлебопекарных дрожжей .....……..…….	105
Миронов Б. Г., Деревянных Е. А.	Об общих соотношениях теории кручения анизотропных стержней .....…… ……..…….....……..……	108

Михайлова А. Н.	Уравнения третьей и четвертой степеней над кольцом двойных чисел …….....	113
Муллакаев А. О., Шуканов А. А.	Оценка гистокартины органов иммунной системы у бройлеров при назначении природных цеолитов ……..	120
Науменко О. В.	Оценка эффективности применения СВЧ-индукционной установки для термообработки творожного сырья ……	124
Никитин Д. А.	Ветеринарно-гигиеническое обоснование выращивания телят с применением иммуномодуляторов ПС-6 И ПС-7	128
Орлов В. Н., Пчелова А. З.	Приближенное решение одного нелинейного дифференциального уравнения в области голоморфности ……	133
Панихина А. В., Пахомова И. Ю., Ремизова Н. М.	Микроэлементная коррекция антропометрии и сердечно-сосудистой системы студентов 1–2 курсов технического вуза	140
Панихина А. В., Пахомова И. Ю.	Оценка гематологических и биохимических показателей студентов младших курсов в условиях применения селеносодержащего препарата ……..…….....	145
Панченкова И. А.	Современное экологическое состояние флоры и растительности лугов центральной части Приволжской возвышенности …	150
Привалова Т. А., Табаков С. Г., Григорьев В. Г.	Гематологический и биохимический профили студенток младших курсов в моделируемых условиях экспериментов …	154
Санатуллов Р. Р., Ксенофонтов С. И.	Степень черноты диффузионного пламени углеводородного топлива ……	159
Святова Н. В., Егерев Е. С., Ситдиков Ф. Г.	Особенности элементного статуса детей младшего школьного возраста в Республике Татарстан ……..……..……	164
Стекольщиков Л. В.	Средний возраст смерти населения трудоспособного возраста в Чувашской Республике ……..……...	172
Стекольщиков Л. В.	Утрата трудового потенциала в связи с преждевременной смертностью населения трудоспособного возраста …….….	177
Филиппов В. А., Филиппов Б. В.	Перспективные технологии обработки материалов сверхвысокочастотными электромагнитными колебаниями ….	181
Хураськина Н. В.	Вариабельность сердечного ритма у студенток в период адаптации к условиям обучения в вузе ……..	185

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ……..... 189

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ ……..... 201

CONTENT

Alekseev V. V., Maksimov V. I., Maksimov I. I., Mikhailov A. N., Syakaev I. V.	Estimation of mechanical impact of rotary tiller with modified operating elements on soil ……..….....	3
Alekseev E. P.	Elastic tube vibration in interaction with internal air flow ……..…	7
Anikina I. Y.	Autonomic nervous system disorder in children with vomiting and posseting syndrome in the first six months of life…….....	11
Anikina I. Y.	Correction of autonomic nervous system disorders in children with vomiting and posseting syndrome in the first six months of life …….....…….....…….....	19
Balashnikova A. V.	On compression of perfectly plastic layer taking into account translational anisotropy	28
Basyirov A. M.	Some aspects of avifauna urbanization of Kazan City ..…...……	32
Belov A. A., Kirillov N. K., Novikova G. V.	Installation for micronization of grains……...…….....……	37
Blinova A. D., Lezhnina M. N., Shukanov A. A.	Dynamics of morphometric status of thyroid gland of boars and hogs under biogeochemical conditions of the Chuvash South-East	40
Vasilyev A. I., Smirnov A. V., Kochakov V. D.	Photoactive electronic elements based on linear-chain carbon …...	43
Vasilyev S. A., Pagunov A. Y.	Theoretical backgrounds for analytical determination of runoff surface wetted perimeter ……..	47

Voronov L. N., Konstantinov V. Y., Gerasimov A. E.	Morphofunctional regularities of parameters of phylogeny and environmental adaptations in telencephalon of birds ……..	51
Gerasimov A. E., Konstantinov V. Y.	Comparative analysis of telencephalon cytoarchitecture of granivorous and insectivorous birds ……..……..	55
Grigoryev A. A., Vatkina M. A., Filippov V. A.	Main trends of innovative development of new generation hybrid switchgears …….……....	58
Dimitriev D. A., Saperova E. V., Karpenko Y. D., Zotova A. N.	Application of the method of Poincare plot analysis of heart rate variability for estimating functional condition of vegetative nervous system during mental stress ……..	64
Egorova Y. V., Nesterov A. S., Ilyina N. A., Nesterova A. V.	Features of immune system of women with urogenital chlamydiosis ……	69
Illarionov I. E., Makarov S. G.	Mathematical approach to determining compactibility of clad mixtures ……..	74
Illarionov I. E., Strelnikov I. A., Petrova N. V., Zhuravlev A. F., Molyakov A. A., Makarov S. G.	Metalphosphate binders and compounds, peculiarities of curing …	79
Kerzhaev A. P.	On determining displacement in anisotropic ring plate at uniform stretch ……..……	86
Ksenofontov S. I., Lepaev A. N.	Dispersed particles in gunpowder combustion products …….	90
Lezhnina M. N., Efimova L. N., Eremeev V. N.	Dynamics of biochemical and immunological indices of blood in pigs during various periods of post-natal ontogenesis ……	97
Lukina D. V., Belova M. V.	Study on heat flow distribution by the amount of baker's yeast under endogenous heating ...……...…….	102
Lukina D. V., Belova M. V.	Super high frequency yeast activator ...……	105
Mironov B. G., Derevyannykh E. A.	On general ratios of theory of torsion of anisotropic bars ……...	108

Mikhailova A. N.	Cubic and quartic equations over a ring of dual numbers	113
Mullakaev A. O., Shukanov A. A.	Assessment of histology picture of the immune system organs in broilers when prescribing natural zeolites ……...	120
Naumenko O. V.	Assessment of effective application of microwave induction unit for curd thermal treatment ……...	124
Nikitin D. A.	Veterinary and hygienic justification for breeding calves when using immunomodulators PS-6 and PS-7 ……	128
Orlov V. N., Pchelova A. Z.	Approximate solution for a nonlinear differential equation in the region of holomorphy ……..	133
Paniknina A. V., Pakhomova I. Y., Remizova N. M.	Microelement correction of anthropometry and cardiovascular system of first-year and second-year students of technical university ……	140
Paniknina A. V., Pakhomova I. Y.	Assessment of hematological and biochemical parameters of freshmen and sophomores in conditions of application of selenium preparation …….	145
Panchenkova I. A.	Current environmental condition of flora and vegetation of meadows in the central part of the Volga River basin upland ……	150
Privalova T. A., Tabakov S. G., Grigoryev V. G.	Hematological and biochemical profiles of first and second-year girl students in simulated conditions of experiments	154
Sanatullov R. R., Ksenofontov S. I.	Emissivity factor of diffusion flame of hydrocarbon fuel ……..	159
Svyatova N. V., Egerev E. S., Sitdikov F. G.	Particularities of elemental status of junior school age children of the Republic of Tatarstan…….....	164
Stekolschikov L. V.	Average age of death of able-bodied population in the Chuvash Republic ……...	172
Stekolschikov L. V.	Labour potential loss in connection with premature mortality of able-bodied population ……....……...	177
Filippov V. A., Filippov B. V.	Advanced technologies of ultra high frequency electromagnetic treatment of materials …….……..……...	181
Huraskina N. V.	Girl students' heart rate variability during adaptation to studying at an institute of higher education ……..……...……..……	185

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS ……..... 189

INFORMATION FOR THE AUTHORS …….. 201

ВЕСТНИК ЧУВАШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И. Я. ЯКОВЛЕВА

2012. № 4 (76)

Редакторы Е. Н. Засецкова
В. Ю. Лашманова
Н. А. Осипова
А. А. Сосаева
Л. А. Судленкова
Л. Н. Улюкова

Компьютерная верстка, макет А. П. Кошкиной

Подписано в печать 30.11.2012. Формат 70x100/8. Бумага писчая.
Печать оперативная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 26,4. Тираж 300 экз. Заказ № 973.

Отпечатано в отделе полиграфии
ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»

428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 38