

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

---

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ  
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **НАУКА И ИННОВАЦИИ XXI ВЕКА**

*Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых  
30 ноября 2017 г.*

**Том I**

**Сургут  
2017**

УДК 001(063)  
ББК 72  
Н 34

**Н 34 Наука и инновации XXI века:** материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых (г. Сургут, 30 ноября 2017 г.) : в 3 т. – Сургутский гос. ун-т. – Сургут: ИЦ СурГУ, 2017. – Т. I – 232 с.  
ISBN 978-5-89545-474-9  
ISBN 978-5-89545-461-9 (Т.1)

**Редакционная коллегия:**

О. Г. Литовченко, д-р биол. наук, профессор, отв. редактор  
Р. А. Бурханов, д-р филос. наук, профессор  
В. А. Галкин, д-р физ.-мат. наук, профессор  
Г. Л. Горынин, д-р техн. наук, профессор  
Д. С. Дядькин, д-р юр. наук, профессор  
В. М. Еськов, д-р физ.-мат. наук, д-р биол. наук, профессор  
Л. В. Зубарева, д-р экон. наук, профессор  
А. С. Каратаев, д-р экон. наук, профессор  
В. А. Карпин, д-р мед. наук, д-р филос. наук, профессор  
С. И. Логинов, д-р биол. наук, профессор  
В. В. Мещеряков, д-р мед. наук, профессор  
Ф. Д. Рассказов, д-р пед. наук, профессор  
Б. Ф. Свириденко, д-р биол. наук, профессор  
О. Е. Филатова, д-р биол. наук, профессор  
Б. П. Яковлев, д-р психол. наук, профессор  
Ю. Ю. Петрова, канд. хим. наук, доцент  
Л. А. Попова, канд. юр. наук, доцент  
М. А. Ставрук, канд. филол. наук, доцент

В настоящем издании представлены материалы конференции, подготовленные на основе научных исследований молодых ученых – преподавателей и аспирантов вузов города, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и других регионов Российской Федерации, а также Узбекистана и Республики Беларусь. Публикации в первом томе посвящены актуальным вопросам физики, математики, информационных технологий и технических наук, а также проблемам физической культуры и спорта, экологии и биологии, химии и медицины.

Материалы предназначены для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

УДК 001(063)  
ББК 72

ISBN 978-5-89545-474-9  
ISBN 978-5-89545-461-9 (Т.1)

© БУ ВО «Сургутский государственный университет», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Голубятников М. А., Копылов Н. В.</i> Компьютерная модель для расчета радионавигационного поля и геометрического фактора в системе ближней навигации на основе псевдоспутников .....	6
<i>Добролюбова Д. В., Штанько Е. И.</i> Задачи электромагнетизма в гетерогенных средах: проблема редукции трехмерных моделей .....	10
<i>Долгов А. А.</i> Параметрическая идентификация линейных дискретных моделей на основе модифицированного фильтра Калмана .....	16
<i>Малышева А. О.</i> Математическое моделирование процесса тепломассопереноса в камере ввода газового хроматографа .....	21
<i>Марков С. И.</i> Неконформные конечноэлементные методы для решения задачи теплопередачи с фазовым переходом .....	23
<i>Русанов Б. А., Мороз А. И.</i> Плотность SN и BI по результатам измерения методом проникающего гамма-излучения .....	27
<i>Цырко О. Л., Байтасова М. Б.</i> Использование хромоматематического подхода в научно-исследовательских проектах школьников .....	31

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Богданец С. В., Блинов В. Л.</i> Расчетное исследование течения в выходном диффузоре газовой турбины в зависимости от его конфигурации .....	37
<i>Бошняк М. В., Лобанов В. Г.</i> Технология переработки сурьмосодержащего сырья и полупродуктов производства с получением металлической сурьмы .....	41
<i>Бурангулов Р. Р.</i> Использование автоматических средств оценки знаний при первичном приеме на работу электротехнического персонала .....	44
<i>Василевская С. И., Джавадова С. В.</i> Установка для электрохимической прошивки отверстий с подвижным анодом .....	48
<i>Давыдова С. А., Иванова Ю. С., Юсупов А. С.</i> Исследование возможности использования биполярных импульсов для активации электрохимического растворения титанового сплава ОТ-4 в 10 % водном растворе хлорида натрия .....	51
<i>Ельников А. В., Шадрин Г. А., Кочеров С. А.</i> Программно-аппаратный комплекс фотонной корреляционной спектроскопии на основе анализа видеофайлов .....	54
<i>Иванов И. В., Тёммес А., Руктуев А. А.</i> Влияние текстуры поверхности титана на его коррозионную стойкость в биологических средах .....	58
<i>Калинин И. А., Блинов В. Л.</i> Моделирование проточной части одноступенчатого центробежного нагнетателя с лопаточным диффузором в нестационарной постановке .....	61
<i>Костина Д. А.</i> Исследование процесса предварительного спекания пыли ЭДП для повышения показателей ее выщелачивания .....	66
<i>Крохин А. Е.</i> Помехозащищенность РУ 6 Кв собственных нужд тепловой электростанции .....	87
<i>Малышева Н. Н., Антропова В. Р., Царегородцев Е. Ю.</i> Модернизация системы электроснабжения полигона в АРМ энергодиспетчер .....	71
<i>Марков В. А., Войнаш С. А., Соколова В. А., Черных Л. Г.</i> Исследование влияния технологии пескоструйной обработки на качество поверхностного слоя материала .....	74

<i>Молчанова А. А.</i> Повышение производительности харвестера Эрго фирмы Понссе в Республике Коми .....	79
<i>Парамзин А. О.</i> Оптимизация электроснабжения населенных пунктов Крайнего Севера. Экологический аспект .....	84
<i>Просвирина А. С.</i> Анализ телеметрических данных с лесовозных автопоездов .....	87
<i>Ракин Д. В., Цыгарова М. В.</i> Производство древесного топлива на деревообрабатывающих предприятиях республики Коми как путь к малоотходному производству .....	90
<i>Самуль А. Г.</i> Моделирование процесса формирования микрогеометрии при ультразвуковой обработке .....	95
<i>Сидорова А. В.</i> Основы методики оценки использования ресурсов ГЭС при их функционировании в электроэнергетической системе .....	98
<i>Столярук Д. В., Тараховский А. А., Тараховский А. Ю.</i> Повышение уровня автоматизации процесса сборки уплотнительных узлов «уплотнительное кольцо – внутренняя канавка базовой детали» .....	102
<i>Тёммес А., Иванов И. В., Кузьмин Р. И.</i> Влияние содержания ниобия на микроструктуру и механические свойства сплавов Ti-Nb для применения в медицине ....	106
<i>Утюмова А. С., Гашкова В. И.</i> Использование мембранных технологий для глубокой очистки сточных вод химико-металлургических предприятий .....	110
<i>Филатенков О. Д., Кравцов П. С.</i> Влияние внутренних технологических дефектов на циклическую прочность литых деталей .....	113
<i>Харитонов А. А., Иванова М. В.</i> Повышение эффективности технологического процесса путем оптимизации заготовок .....	116
<i>Чаланов В. Д., Молчанова А. А.</i> Методика выхода сортиментов с учетом компьютерной программы ОРТИ 4G харвестера фирмы Ponsse .....	118

## **ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТ. АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА**

<i>Тягунова Ю. В.</i> Изучение подходов к самоэффективности в спорте в зарубежной и отечественной литературе .....	123
<i>Чистова В. В.</i> Оценка уровня физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями с учетом нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» .....	125

## **ЭКОЛОГИЯ, БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ**

<i>Аслямова А. И., Ибрагимова Д. В.</i> Видовая дифференциация питания земноводных (amphibia, vertebrata) Дюртюлинского района (Республики Башкортостан) ....	130
<i>Баженова А. Е., Монастырецкая О. А., Иржанова Д. Т., Афаневич И. А.</i> Проблема произвольности в организации движений при холодовом воздействии .....	133
<i>Варлам И. И.</i> Фотосинтетическая активность хвойных растений на примере видов <i>Pinus sibirica</i> и <i>Pinus sylvestris</i> пригородной зоны (Сургутский район) .....	138
<i>Зайнулина Н. В.</i> Анализ затопления территории города Нижневартовска и инженерная защита .....	142
<i>Кадомцева А. В.</i> Физико-химические основы каталитических процессов переработки тетраоксида германия .....	145
<i>Конькова К. С.</i> Оценка физического развития школьников 11–14 лет, жителей Югры .....	147
<i>Куриленко М. И., Хоменушко Т. И.</i> Накопление нефтепродуктов в поверхностных водоемах Ханты-Мансийского района в сезонной динамике .....	150

<b>Меникова О. М., Федорова Э. И.</b> Метод дифференциальной спектрофотометрии: исследование локальной очистки фильтратов в отбельном производстве .....	153
<b>Новак А. С.</b> Микологическая контаминация жилых помещений в г. Сургуте ....	156
<b>Сухорукова О. Л., Абрамов А. В., Ребрин О. И.</b> Определение состава образцов растительного происхождения рентгенофлуоресцентным методом анализа .....	160
<b>Шибитко А. О., Саркисова А. С., Дегтярева О. Л., Абрамов А. В., Ребрин О. И.</b> Разработка методики совместного определения U, Cr, Fe, Ni, Mo, Mn в хлоридных плавах методом рентгенофлуоресцентного анализа .....	162
<b>Шишкина Ж. Б.</b> Разработка и внедрение методики измерений массовой концентрации гидроксibenзола (фенола) в воздухе рабочей зоны, воздухе замкнутых помещений и атмосферном воздухе методом газовой хроматографии .....	167

## МЕДИЦИНА

<b>Айшауова Р. Р.</b> Клиническая характеристика пневмонии у детей с детским церебральным параличом .....	172
<b>Афинева А. Ю., Тарасенко Л. Л.</b> Компьютерная томография как метод выбора в диагностике и оценке динамики лечения гидроцефалии детей первых двух лет жизни в ХМАО – Югре .....	175
<b>Волкинский А. Б., Каримов И. М., Дарвин В. В.</b> Использование фотодинамической терапии при гнойно-воспалительных заболеваниях .....	180
<b>Гаулика С. О., Хорина М. Ю.</b> Отношение пациентов к возможности использования новых информационных технологий в организации амбулаторно-поликлинической помощи в г. Сургуте .....	183
<b>Герасимчик О. А., Гириш Я. В.</b> Динамика уровня тревожности у подростков с различной массой тела .....	187
<b>Губина А. Е., Койносов Ан. П.</b> Сезонные изменения некоторых показателей гормонального статуса спортсменов в природно-климатических условиях Среднего Приобья .....	190
<b>Исаков Д. А., Гириш Я. В.</b> Эпидемиологические особенности сахарного диабета 1 типа у детей в г. Сургуте .....	193
<b>Катаныхова Л. Л., Козловская О. В., Камка Н. Н., Бондаренко А. С.</b> Клинические особенности гриппа типа А с различными подтипами (H1N1 и H3N2) в эпидемические сезоны в 2016–2017 гг. ....	195
<b>Кельдасова М. Р., Конченкова Е. Н.</b> Влияние пола плода на углеводный обмен матери и перинатальные исходы .....	199
<b>Кручинина А. Д., Любченко О. Д.</b> Исследование профиля элюции сиролимуза из лекарственных стентов в условиях IN VITRO .....	201
<b>Мурунова Ю. Н.</b> Традиционные и миниинвазивные методы лечения при непаразитарных кистах печени .....	204
<b>Пелевина А. В.</b> Современные инновационные методы диагностики и лечения цервикальной неоплазии и интраэпителиального рака шейки матки .....	208
<b>Перебудина А. В., Конченкова Е. Н.</b> Клинический случай рождения гигантского плода .....	213
<b>Петрук И. В.</b> Профилактика вич-инфекции в группе несовершеннолетних ....	215
<b>Чёрная Е. Е.</b> Особенности вегетативной регуляции у беременных, проживающих в природно-климатических условиях Среднего Приобья .....	218
<b>Шевадуцкая К. С., Добрынина И. Ю.</b> Анализ распространенности и заболеваемости сахарным диабетом на период 2014–2016 гг. в ХМАО – Югре .....	223
<b>Сведения об авторах</b> .....	228

## **ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 519.876.5

*Голубятников М. А., Копылов Н. В*

*Научный руководитель: Гладышев А. Б., Военно-инженерный институт.*

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА В СИСТЕМЕ БЛИЖНЕЙ НАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОСПУТНИКОВ**

Рассматривается разработанная компьютерная модель, основные функции, способ нахождения общей зоны навигации, расчет геометрического фактора, преимущества разработки системы ближней навигации на основе псевдоспутников. Приведен вариант интерфейса программы.

*Ключевые слова: псевдоспутник, компьютерная модель локальной навигации, геометрический фактор.*

На сегодняшний день из-за увеличения плотности транспортных потоков, в системы, управляющие транспортом вводятся спутниковые радионавигационные технологии. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), отечественные и зарубежные аналоги не всегда могут удовлетворять потребностям в точности, а также помехоустойчивости некоторых потребителей, выполняющих задачи обеспечения полетов авиации в приаэродромных зонах, обеспечение полетов беспилотной авиации, судовождение в портовых зонах, судовождение в узостях рек. Ближняя навигация на основе псевдоспутников (ПС) позволяет обеспечить необходимую точность и помехоустойчивость навигационных определений в отличие от ГНСС благодаря следующим достоинствам:

- отсутствие эфемероидных погрешностей, так как ПС находятся на поверхности Земли с заранее известными координатами;
- отсутствие задержек связанных с распространением радиоволн в ионосфере;
- помехоустойчивость системы в виду повышенной мощности навигационных сигналов.

К вышеупомянутым достоинствам стоит добавить, что ПС излучают навигационные сигналы [1], такой же структуры, как и в ГНСС, что не потребует замены навигационной аппаратуры потребителей. В целях исследования характеристик и свойств системы ближней навигации на основе ПС была разработана компьютерная модель, предназначенная для расчета навигационного поля и расчета геометрического фактора на конкретной местности с учетом различной конфигурации ПС в системе [2].

Для успешного моделирования зоны навигации и выполнения всех функций модели требуется ввести следующие данные о группировке ПС:

- координаты каждого ПС в географической системе координат;
- частоту, МГц, на которой осуществляется работа ПС;
- значение мощности, Вт излучаемого антенной ПС;
- коэффициент усиления антенны ПС, дБ.

Также необходимо ввести характеристики навигационной аппаратуры потребителей (НАП):

- коэффициент усиления антенны в НАП, дБ;

- рабочий динамический диапазон мощности на котором сигнал может быть успешно обработан.

У пользователя есть возможность учесть тропосферное затухание при построение все-направленной диаграммы направленности каждого ПС. Для наглядного представления информации был разработан интуитивно понятный интерфейс [3], показанный на рисунке 1. В правом нижнем углу рисунка 1 показана панель управления, которая позволяет осуществить следующие функции:

- отобразить расположение группировки на карте;
- отобразить зоны действия на карте;
- рассчитать геометрический фактор;
- рассчитать зону навигации.

Рис. 1. Программный интерфейс

Функция «Отображение расположения группировки на карте», выстраивает красными точками на карте Земли, введенные пользователем географические координаты ПС. Данная функция позволяет на ранних этапах оценить выбранное положение группировки и в случае необходимости внести требуемые корректировки в начальные координаты.

Функция «Отображения зоны действия ПС на карте» осуществляет моделирование диаграмм направленности в плоскости, на карте Земли. На данном этапе появляется возможность оценки и подгонки к требуемым размерам искомой Зоны навигации. Ключевыми величинами, по которым составляются диаграммы направленности всенаправленной антенны являются  $R_{\max}$ ,  $R_{\min}$ , – максимальное и минимальное расстояние (1) и (2) от источника излучения ПС до источника с изотропной излучающей антенной в безвоздушном пространстве [4].

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}}}{P_{\text{мин}} 4^2 \pi^2 \lambda^2}} \quad (1)$$

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{P_{\text{пре}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}}}{P_{\text{макс}} 4^2 \pi^2 \lambda^2}} \quad (2)$$

где  $P_{\min}$  и  $P_{\max}$  – минимальное и максимальное значение из диапазона мощности в котором сигнал будет успешно принят НАП.

Если пользователю необходимо рассчитать тропосферную задержку, то соответствующие формулы будут иметь вид (4) и (5) с учетом  $B_{\text{тр}}$ . Поглощение и рассеяние волн в тропосфере ведет к снижению плотности потока мощности радиоволн с расстоянием по экспоненциальному закону (3).

$$B_{\text{тр}} = e(0,23\alpha R_{\text{тр}}). \quad (3)$$

По различным источникам, значение коэффициента поглощения  $\alpha$  в тропосфере колеблется от 0,008 до 0,01 дБ/км.

$$R_{\text{max}}^* = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}}}{P_{\text{min}} 4^2 \pi^2 \lambda^2 B_{\text{тр}}}}. \quad (4)$$

$$R_{\text{min}}^* = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}}}{P_{\text{max}} 4^2 \pi^2 \lambda^2 B_{\text{тр}}}}. \quad (5)$$

В трехмерной системе координат всенаправленная диаграмма направленности имеет вид сферы, но на плоской карте с географическими координатами имеет вид вытянутого эллипса, это объясняется тем, что изображение сжато из-за особенности отображения земного геоида на плоскости. На рисунке 3, показана работа функции «Зоны действия ПС», на территории аэропорта Емельяново, г. Красноярск.

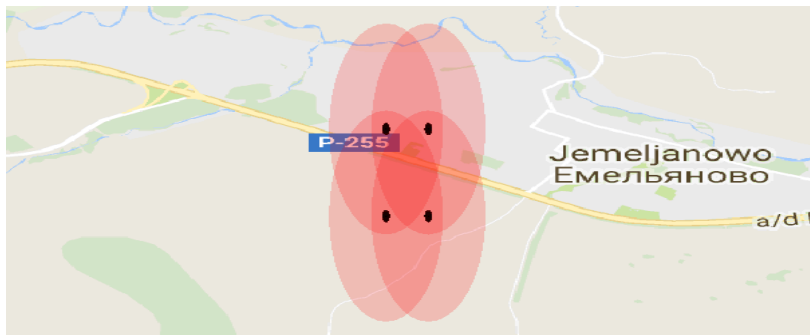


Рис. 2. Всенаправленные диаграммы направленности ПС

Функция «Расчет геометрического фактора» определяет геометрический фактор, вычисляет координаты объекта используя систему нелинейных уравнений, количество которых определяется количеством ПС. Нелинейность уравнений характеризуется радиусом кривизны волнового фронта, который равен расстоянию от объекта до ПС. Поскольку радиус кривизны волнового фронта намного больше погрешности измерения дальности [5], то можно линеаризовать систему уравнений в точке приема сигналов, при этом преобразование погрешности будет близко к линейному.

При линейном преобразовании погрешность определения координат описывается ковариационной матрицей. Ковариационную матрицу можно получить из градиентной матрицы:

$$\text{cov}(r) = Gr^T Gr, \quad (6)$$

где  $Gr$  – градиентная матрица:



$$Gr = \begin{pmatrix} \frac{\partial R_1}{\partial X} & \frac{\partial R_1}{\partial Y} & \frac{\partial R_1}{\partial Z} & \frac{\partial R_1}{\partial(C\Delta t)} \\ \frac{\partial R_2}{\partial X} & \frac{\partial R_2}{\partial Y} & \frac{\partial R_2}{\partial Z} & \frac{\partial R_2}{\partial(C\Delta t)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial R_N}{\partial X} & \frac{\partial R_N}{\partial Y} & \frac{\partial R_N}{\partial Z} & \frac{\partial R_N}{\partial(C\Delta t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{X_{m1}-X}{R_1} & \frac{Y_{m1}-Y}{R_1} & \frac{Z_{m1}-Z}{R_1} & 1 \\ \frac{X_{m2}-X}{R_2} & \frac{Y_{m2}-Y}{R_2} & \frac{Z_{m2}-Z}{R_2} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{X_{mN}-X}{R_N} & \frac{Y_{mN}-Y}{R_N} & \frac{Z_{mN}-Z}{R_N} & 1 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где  $\frac{X_{mN}-X}{R_{iN}} = \cos \alpha_i$ ;  $\frac{Y_{mN}-Y}{R_{iN}} = \cos \beta_i$ ;  $\frac{Z_{mN}-Z}{R_{iN}} = \cos \gamma_i$  – направляющие косинусы радиус-векторов, соединяющих  $N$ -го потребителя и  $i$ -го ПС;  $R_{iN}$  – дальность между  $i$ -м ПС и  $N$ -м потребителем.

В итоге преобразований на экран выводится геометрический фактор в плане и по высоте.

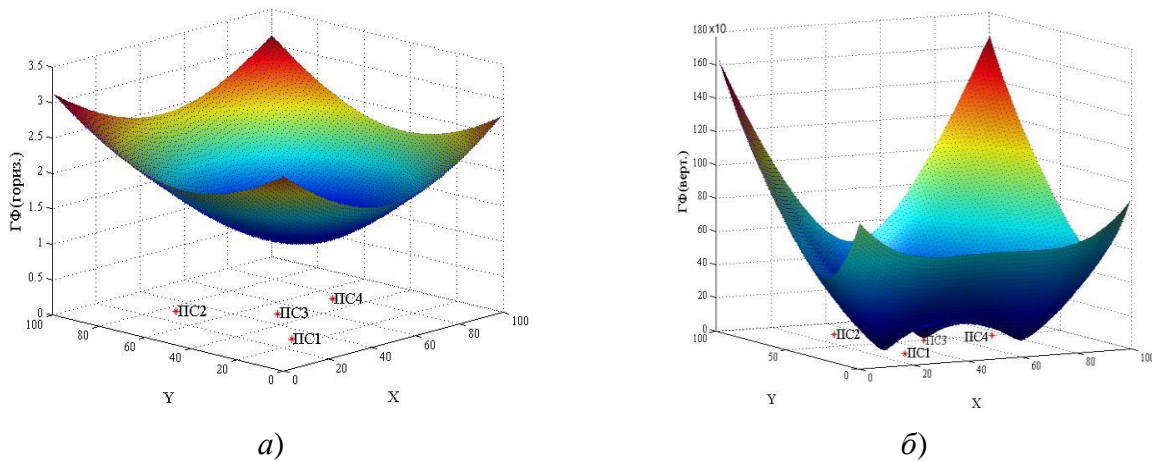


Рис. 3. геометрический фактор: а – плане; б – по высоте

Функция «Расчет зоны навигации». При ее работе и, вычисляются радиусы диаграмм направленности, на следующем этапе вычисляются области пересечения четырех ПС [6]. Для этого по формуле (8) вычисляется расстояние от каждой из точек первой диаграммы направленности (сферы) до центров других сфер и сравнивает с их радиусами. В случае если расстояние от точки до каждого центра сфер строго меньше их радиуса, то данная точка входит в искомую зону пересечения. Далее в программе из точек, пошедших к условию строится фигура в пространстве, данная фигура является общей зоной навигации и отображена на рисунке 4.

$$|AB| = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2 + (Z_b - Z_a)^2} \quad (8)$$

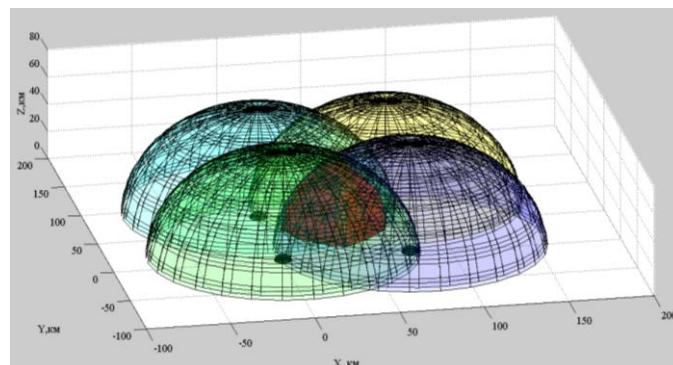


Рис. 4. Область навигации (красный цвет)

Модель может применяться при исследовании систем ближней навигации на основе ПС[7].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10089).

### Литература

1. Гладышев А. Б., Дмитриев Д. Д., Кремез Н. С., Гарин Е. Е. Имитатор сигналов для угломерных ГНСС-приемников на основе современных модульных радиоизмерительных приборов // Решетневские чтения. 2016. Т. 1, № 20. С. 260–262.
2. Гладышев А. Б., Ратушняк В. Н., Кремез Н. С., Голубятников М. А. Свидетельство № 2017619991 РФ. Компьютерная модель системы ближней навигации на основе псевдоспутников ; заявитель и правообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». № 2017616963; заявл. 14.07.2017; зарегистр. 13.09.2017.
3. Гладышев А. Б., Ратушняк В. Н., Рыжков Д. Н., Богачук А. А., Голубятников М. А. Лабораторный комплекс для моделирования системы ближней навигации на основе псевдоспутников // сб. : Современные проблемы радиоэлектроники Сибирский федеральный университет, Институт инженерной физики и радиоэлектроники. 2017. С. 120–124.
4. Гладышев А. Б., Ратушняк В. Н., Вейсов Е. А., Голубятников М. А. Компьютерная модель локальной системы навигации на основе псевдоспутников // Моделирование неравновесных систем : Мат-лы XX Всерос. семинара / Под ред. М. Г. Садовского, отв. за вып. М. Ю. Сенашова. Красноярск : Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, 2017. С. 27–31.
5. Тяпкин В. Н., Гарин Е. Н., Дмитриев Д. Д., Ратушняк В. Н., Фатеев Ю. Л. Оценка погрешностей измерения навигационных параметров в системе ближней навигации на основе псевдоспутников // сб. : Радионавигационные технологии. Сер. «Радиосвязь и радионавигация». М., 2017. С. 78–84.
6. Тяпкин В. Н., Гарин Е. Н., Ратушняк В. Н., Дмитриев Д. Д., Гладышев А. Б. Пространственное подавление помех при различных конфигурациях антенной решетки угломерной навигационной аппаратуры // Наукоемкие технологии. 2016. Т. 17, № 8. С. 52–56.
7. Gladyshev A. B., Dmitriev D. D., Veisov E. A., Tyapkin V. N. A hardware-software complex for modelling and research of near navigation based on pseudolites // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 803, № 1. С. 012048.

УДК 519.63

*Добролюбова Д. В., Штанько Е. И.*

*Научный руководитель: Шурина Э. П., д. тех. н., профессор, НГТУ*

### **ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА В ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕДАХ: ПРОБЛЕМА РЕДУКЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ**

В работе предлагается анализ возможности редуцирования трехмерных моделей для задач электромагнетизма в частотном диапазоне в средах с внутренними границами. Исследуется влияние редукации модели не только на конфигурацию результирующего электромагнитного поля, но и на найденный численно эффективный тензорный коэффициент, таким образом прямая задача электромагнетизма рассматривается как один из этапов в процедуре определения эффективных электрофизических характеристик среды.

*Ключевые слова:* векторный метод конечных элементов, редуцирование модели, уравнение Гельмгольца.

Развитие вычислительной техники позволило перейти от упрощенных постановок численного моделирования к более сложным, но точнее отражающим физику описываемого процесса. Однако в ряде задач геофизики [1], электротехники [2], медицины [3] требуется получить решение в интерактивном режиме, соответственно, основное внимание при построении численных алгоритмов уделяется минимизации времени вычислений. Редуцирование размерности модели, то есть переход от трехмерных постановок к двумерным, является одним из наиболее распространенных способов упрощения исходной физической задачи и широко применяется в прикладных и теоретических исследованиях.

Зачастую редуцирование размерности модели производится на основе некоторых априорных предположений, таких как осесимметричность расчетной области [3], упрощение ее внутренней геометрии [4] и изменение характеристик среды только в выделенном направлении [1, 5]. Однако сокращение размерности постановки обосновано и применимо только для узкого круга задач, и в большинстве случаев приводит к излишней идеализации и загромождению рассматриваемой математической модели. В [4] показаны результаты физического эксперимента для метаматериалов сложной внутренней структуры, наглядно демонстрирующие, что незначительное усложнение формы включений влечет серьезные изменения в конфигурации электромагнитного поля.

Особый интерес вызывает исследование возможности редуцирования модели в случае, когда решение прямой задачи является одним из этапов численного моделирования и на его основе выполняется оценка эффективных параметров среды. К полученному решению должны предъявляться более высокие требования по точности, гладкости и т. д. Нахождение эффективных характеристик среды для задач электромагнетизма само по себе является трудоемкой задачей. Существуют различные подходы к вычислению эффективных характеристик гетерогенных сред и метаматериалов: аналитические приближения [6], полуаналитический метод S-параметров [7], различные технологии численной гомогенизации [8]. Выделяются публикации, в которых эффективная характеристика вводится как тензорная величина [9].

В данной работе показано, как упрощение исходной постановки прямой задачи влияет на распределение электромагнитного поля внутри образца и на эффективный тензорный коэффициент среды, вычисляемый в соответствии с алгоритмом, приведенным в [10]. Выполняется сравнение результатов моделирования для трехмерных и двумерных постановок задачи электромагнетизма в частотной области в гетерогенных средах со сложной внутренней структурой.

**Постановка задачи.** Основная цель исследования состоит в определении круга трехмерных задач электромагнетизма в гармоническом режиме, для которых можно ввести квазиэквивалентные двумерные постановки без потери точности полученного решения. Также необходимо установить возможность нахождения через решение двумерной задачи эффективной характеристики среды, которую можно использовать для описания всего трехмерного образца. Для реализации поставленных целей выполняется численное моделирование пространственного распределения электромагнитного поля в трехмерных образцах с заданными на их границах неоднородными электрическими краевыми условиями, и моделирование распределения электромагнитного поля в двумерной области, соответствующей некоторому сечению трехмерного образца. Поведение векторной комплекснозначной напряженности электрического поля  $\mathbf{E}$  описывается уравнением Гельмгольца:

$$\nabla \times \mu^{-1} \nabla \times \mathbf{E} + k^2 \mathbf{E} = 0 \text{ в } \Omega^d,$$

где  $k^2 = i\omega\sigma - \omega^2\varepsilon$ ,  $\sigma$  – электропроводность среды (См/м),  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость (Ф/м),  $\omega = 2\pi f$  – циклическая частота,  $\mu$  – магнитная проницаемость (Гн/м), расчетная область  $\Omega^d \in \mathbb{R}^d$ ,  $d = 2, 3$ . На границах расчетной области задаются краевые условия:

$$\mathbf{E} \times \mathbf{n}|_{\partial\Omega_E} = \mathbf{E}_\tau, \quad \mu^{-1} \nabla \times \mathbf{E} \times \mathbf{n}|_{\partial\Omega_M} = 0.$$

Численное моделирование проводится векторным методом конечных элементов (ВМКЭ) на тетраэдральном и симплицальном разбиении для трехмерной и двумерной постановок соответственно. Для построения слабой вариационной формулировки ВМКЭ введем следующие векторные пространства:

$$\mathbf{H}(\text{rot}, \Omega) = \{\mathbf{u} \in \mathbf{L}^2(\Omega^d): \nabla \times \mathbf{u} \in \mathbf{L}^2(\Omega^d)\},$$

$$\mathbf{H}_0(\text{rot}, \Omega) = \{\mathbf{u} \in \mathbf{H}(\text{rot}, \Omega^d): \mathbf{u} \times \mathbf{n}|_{\partial\Omega} = 0\}.$$

Вариационная постановка ВМКЭ для уравнения Гельмгольца формулируется следующим образом: найти  $\mathbf{E} \in \mathbf{H}_0(\text{rot}, \Omega^d) + \mathbf{E}_\tau$  такое, что  $\forall \mathbf{v} \in \mathbf{H}_0(\text{rot}, \Omega^d)$  выполняется:

$$\int_{\Omega^d} \mu^{-1} \nabla \times \mathbf{E} \cdot \nabla \times \mathbf{v} d\Omega + k^2 \int_{\Omega^d} \mathbf{E} \cdot \mathbf{v} d\Omega = 0.$$

Построение дискретной вариационной постановки осуществляется в конечномерных подпространствах пространства  $\mathbf{H}(\text{rot}, \Omega^d)$ . Введем разбиение  $\mathcal{T}_h$  расчетной области  $\Omega^d$  такое, что  $\mathcal{T}_h = \cup K_i$ , причем  $K_i$  и  $K_j$  при  $i \neq j$  имеют общими только предельные точки, и определим конечноэлементные пространства  $\mathbb{V}(\text{rot}, \mathcal{T}_h)$  и  $\mathbb{V}_0(\text{rot}, \mathcal{T}_h)$ . Конечный элемент  $K_i$  есть тройка  $(K, P_k, \Sigma_k)$ , где  $K$  – геометрическая область (тетраэдр или симплекс);  $P_k$  – пространство функций на  $K$ ;  $\Sigma_k$  – набор линейных функционалов на  $P_k$  (степени свободы конечного элемента). В данной работе в качестве конечных элементов выбраны роторно-конформные элементы Неделека II типа [11]. Степени свободы  $\Sigma_k$  определяются следующим образом [11]:  $\Sigma_k = l_e(\mathbf{u}) \cup l_f(\mathbf{u}) \cup l_v(\mathbf{u})$ , где  $l_e(\mathbf{u}) = \int_e (\mathbf{u} \cdot \boldsymbol{\tau}) q ds, \forall q \in P_k(e)$  – степени свободы, ассоциированные с ребрами конечного элемента,  $\boldsymbol{\tau}$  – единичный вектор, касательный к ребру  $e$ ;  $l_f(\mathbf{u}) = \int_f \mathbf{u} \cdot \mathbf{q} d\gamma, \forall \mathbf{q} \in P_{k-1}(f)$  – степени свободы, ассоциированные с гранями конечного элемента;  $l_v(\mathbf{u}) = \int_v \mathbf{u} \cdot \mathbf{q} dV, \forall \mathbf{q} \in P_{k-2}(K)$  – степени свободы, ассоциированные с объемом конечного элемента (для трехмерных постановок).

Определим конечноэлементные пространства  $\mathbb{V}(\text{rot}, \mathcal{T}_h) = \{\mathbf{u}_h \in \mathbf{H}(\text{rot}, \Omega^d) : \mathbf{u}_h|_K \in P_k \forall K \in \mathcal{T}_h\}$ , причем  $\mathbb{V}(\text{rot}, \mathcal{T}_h) \subset \mathbf{H}(\text{rot}, \Omega^d)$ , и  $\mathbb{V}_0(\text{rot}, \mathcal{T}_h) \subset \mathbf{H}_0(\text{rot}, \Omega^d)$ .

Дискретная вариационная формулировка для задачи Гельмгольца будет иметь вид: найти  $\mathbf{u}_h \in \mathbb{V}_0(\text{rot}, \mathcal{T}_h) + \mathbf{E}_\tau$  такое, что  $\forall \mathbf{v}_h \in \mathbb{V}_0(\text{rot}, \mathcal{T}_h)$  выполняется:

$$\int_{\Omega^d} \mu^{-1} \nabla \times \mathbf{u}_h \cdot \nabla \times \mathbf{v}_h d\Omega + k^2 \int_{\Omega^d} \mathbf{u}_h \cdot \mathbf{v}_h d\Omega = 0.$$

На основе результатов прямого моделирования для 3D и 2D задач определяются эффективные характеристики среды в виде тензора второго ранга  $\mathbf{Z}$ . Эффективную характеристику материала предлагается вычислять на основе закона Максвелла-Ампера с использованием полученных численно напряженности электрического поля и ротора напряженности магнитного поля, согласно алгоритму, приведенному в [10]. Для 3D моделей  $\mathbf{Z} \in \mathbb{C}^3$ , для 2D моделей  $\mathbf{Z} \in \mathbb{C}^2$ .

**Вычислительный эксперимент.** Серия вычислительных экспериментов проведена на параллелепипедальных образцах с габаритными размерами 0,2м×0,05м×0,025м. Геометрические параметры внутренней структуры областей варьируются. В ходе исследования рассмотрены области с протяженными регулярно расположенными пластинами, области с цилиндрическими включениями, расположенными регулярно, нерегулярно и под наклоном относительно координатных осей (рис. 1).

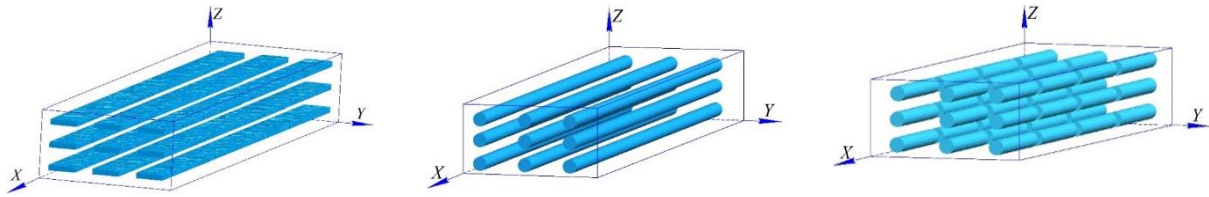


Рис. 1. Примеры некоторых из рассмотренных расчетных областей

Электрофизические характеристики матрицы и включений:  $\sigma_{media} = 0,001$  См/м,  $\sigma_{incl} = 50$  См/м,  $\mu_{media} = \mu_{incl} = \mu_0$  Гн/м,  $\epsilon_{media} = \epsilon_{incl} = \epsilon_0$  Ф/м, где индексы «*media*» и «*incl*» обозначают вмещающую среду и включения соответственно. Моделирование выполнялось на частоте 100 МГц. Результаты численного моделирования для 3D постановок представлены в сечениях расчетных областей плоскостью YZ при  $x = 0,075$  м (сечение 1) и  $x = 0,01$  м (сечение 2). Для двумерных постановок рассмотренные сечения были приняты за расчетные области, для которых введено свое симплициальное разбиение.

В работе приведены результаты моделирования в 3D образце с 36 цилиндрическими включениями. На рис. 2 введены соответствующие 2D расчетные области. Площадь поверхности включений для областей 2.А. и 2.Б. составляет 14,4 % от общей площади двумерной расчетной области, в то время как в трехмерных расчетных областях объемная концентрация включений составляет 12,72 %. На рис. 3–4 представлены результаты, полученные при решении задачи в трехмерной и квазиэквивалентной двумерной постановках.

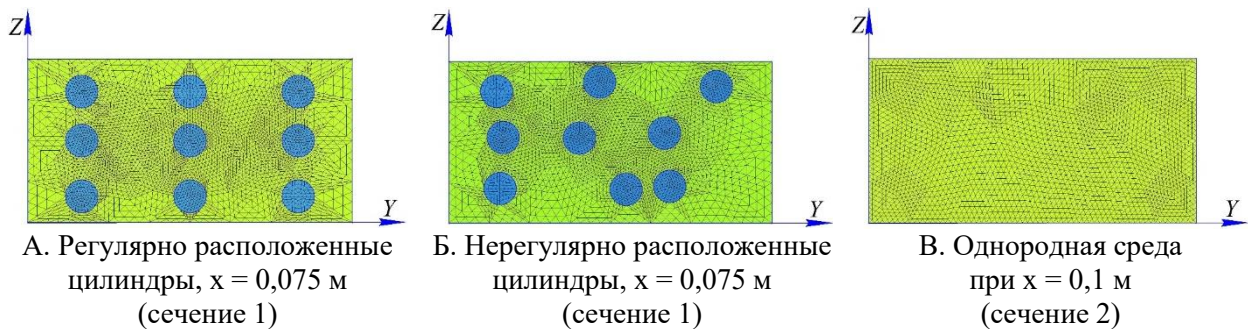
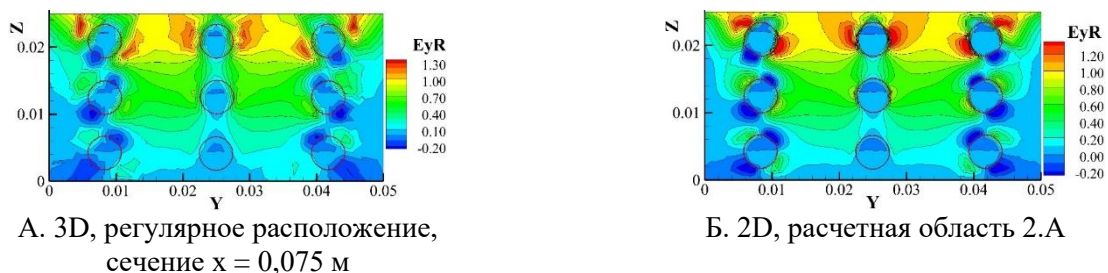
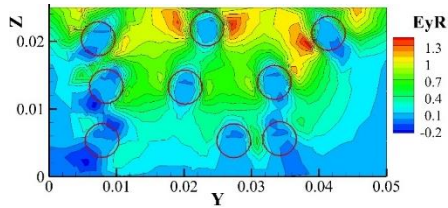


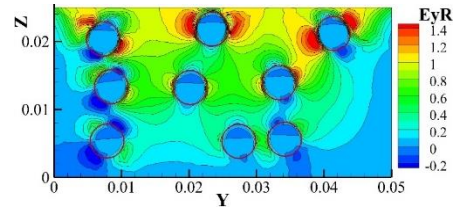
Рис. 2. 2D расчетные области

Из приведенных результатов численного моделирования видно, что для сред с регулярным и нерегулярным расположением включений, в сечении 1 двумерная и трехмерная постановка дают практически одинаковые результаты. В сечении 2 поле, полученное в результате решения задачи в трехмерной постановке, значительно отличается от однородного, поскольку в трехмерной постановке корректно учитывается взаимодействие между соседними включениями. Кроме того, в сечении 2 действительная компонента  $E_x$  напряженности электрического поля является ненулевой в трехмерной постановке. В то же время, компонента  $E_x$  не может быть вычислена при решении задачи в двумерной постановке. Можно сделать вывод, что ввести квазиэквивалентную двумерную постановку для задачи в рассмотренных расчетных областях не представляется возможным, поскольку произвольно выбранное двумерное сечение не позволяет корректно учесть внутреннюю структуру трехмерной расчетной области.



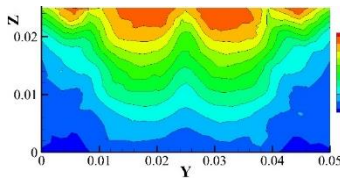


В. 3D, нерегулярное расположение, сечение  $x = 0,075$  м

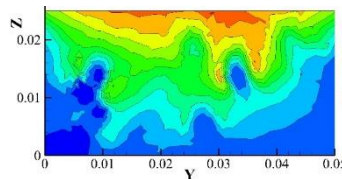


Г. 2D, расчетная область 2.Б

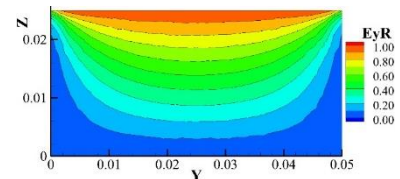
**Рис. 3. Действительная компонента  $E_y$  напряженности электрического поля в сечении  $x = 0,075$  м трехмерных расчетных областей с регулярным и нерегулярным расположением включений, а также в соответствующих им двумерных областях**



А. 3D, регулярное расположение



Б. 3D, нерегулярное расположение



В. 2D, расчетная область 2.Б

**Рис. 4. Действительная компонента  $E_y$  напряженности электрического поля в сечении  $x = 0,1$  трехмерных расчетных областей с регулярным и нерегулярным расположением включений, а также в соответствующей им двумерной области**

Эффективные тензорные характеристики, вычисленные при решении задачи в трехмерной постановке, отличаются от вычисленных при решении задачи в двумерной постановке размерностью. Ниже приведены эффективные тензорные характеристики для 2D и 3D задач с регулярно расположенными цилиндрами:

$$Z^{2D_{yz}} = \begin{pmatrix} 1,10E+01 & -1,55E-15 \\ 1,73E-15 & 1,10E+01 \end{pmatrix} + i \begin{pmatrix} 5,55E-03 & 2,02E-15 \\ -2,42E-15 & 5,55E-03 \end{pmatrix},$$

$$Z^{3D} = \begin{pmatrix} 1,14E+01 & 1,40E-04 & 1,92E-03 \\ -7,09E-07 & 1,14E+01 & 8,20E-04 \\ 2,79E-06 & -3,35E-05 & 1,14E+01 \end{pmatrix} + i \begin{pmatrix} 5,50E-03 & -6,03E-05 & -2,99E-05 \\ -2,38E-05 & 5,55E-03 & -1,15E-04 \\ 5,57E-07 & 1,63E-06 & 5,61E-03 \end{pmatrix}.$$

Эффективная характеристика для 2D и 3D задачи с нерегулярным расположением включений-цилиндров

$$Z^{2D_{yz}} = \begin{pmatrix} 1,30E+01 & 4,78E-17 \\ 6,35E-16 & 1,30E+01 \end{pmatrix} + i \begin{pmatrix} 5,55E-03 & -2,70E-15 \\ -1,92E-17 & 5,55E-03 \end{pmatrix},$$

$$Z^{3D} = \begin{pmatrix} 1,52E+01 & 1,15E-04 & 2,84E-05 \\ 3,39E-05 & 1,52E+01 & -1,43E-04 \\ -6,32E-06 & -1,41E-05 & 1,52E+01 \end{pmatrix} + i \begin{pmatrix} 5,57E-03 & 2,47E-05 & -1,94E-04 \\ -2,30E-05 & 5,51E-03 & 1,47E-04 \\ -7,03E-06 & -1,27E-05 & 5,59E-03 \end{pmatrix}.$$

Значения диагональных элементов как действительной, так и мнимой части тензора для сред с регулярно расположенными включениями практически совпадают со значениями диагональных элементов тензора, вычисленного при решении задачи в двумерной постановке. Эффективные тензоры, характеризующие трехмерные среды с нерегулярно расположенными цилиндрическими, либо с регулярно расположенными параллелепипедальными включениями, однако, имеют отличные от эффективных тензоров, полученных при решении задачи в двумерной постановке, значения на главной диагонали.

**Заключение.** Проведенное исследование возможности снижения размерности задачи при работе со сложными трехмерными физическими областями показало, что, несмотря на популярность технологий редуцирования, связанную со значительным сокращением вычислительных затрат и снижением сложности решаемой задачи, область применимости данных подходов ограничена. Наличие таких геометрических особенностей как острые углы, либо близкое расположение включений, приводящее к их взаимодействию, не отражаются в полной мере при переходе к постановкам меньшей размерности. Хорошее согласование результатов трехмерного и двумерного моделирования получено в случае протяженных цилиндрических включений, расположенных как регулярно, так и хаотично. Проблема определения эффективной характеристики среды в виде плотного тензора второго ранга при использовании результатов моделирования в редуцированной постановке требует дальнейшего исследования, даже в случае, когда результаты прямого моделирования в трехмерной и редуцированной постановках совпадают.

### Литература

1. Van Vorst D. G., Yedlin M. J., Virieux, J., Krebes, E. S. Three-dimensional to two-dimensional data conversion for electromagnetic wave propagation using an acoustic transfer function: application to cross-hole GPR data // *Geophysical Journal International*. 2014. № 198 (1). P. 474–483.
2. Salas R. A., Pleite J. Analysis of the behavior and 2D modeling of ferrite inductors with E geometry: comparison with 3D model and real measurements // *EPJ Web of Conferences*. – EDP Sciences. 2013. № 40. P. 17007.
3. Gas P., Kurgan E. Comparative analysis between the 2D and 3D models of interstitial microwave hyperthermia // *Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2016 17th International Conference*. 2016. P. 1–4.
4. Arteaga O., Sancho-Parramon J., Nichols S., Maoz B. M., Canillas A., Bosch S., Kahr B. Relation between 2D/3D chirality and the appearance of chiroptical effects in real nanostructures // *Optics express*. 2016. № 24 (3). P. 2242–2252.
5. Fabbro V., Féral L., Galiègue H., Rougerie S. 3D to 2D approximation effect on propagation modeling, impact on scintillation indices in polar region // *Beacon Satellite Symposium BSS 2016*. 2016.
6. Ruppin R. Evaluation of extended Maxwell-Garnett theories // *Optics Communications*. 2000. № 182 (4). P. 273–279.
7. Smith D. R., Schultz S., Markoš P., Soukoulis C. M. Determination of effective permittivity and permeability of metamaterials from reflection and transmission coefficients // *Physical Review B*. 2002. № 65 (19). P. 195104.
8. Pendry J. B., Holden A. J., Robbins D. J., Stewart W. J. Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena // *IEEE transactions on microwave theory and techniques*. 1999. № 47 (11). P. 2075–2084.
9. Milton G. W. Approximating the effective tensor as a function of the component tensors in two-dimensional composites of two anisotropic phases // *arXiv preprint arXiv: 1705.02633*. 2017.
10. Shurina E. P., Epov M. I., Shtabel N. V., Mikhaylova E. I. The Calculation of the Effective Tensor Coefficient of the Medium for the Objects with Microinclusions // *Engineering*. 2014. № 6 (3). P. 101–112.
11. Nédélec J. C. A new family of mixed finite elements in  $R^3$  // *Numerische Mathematik*. 1986. № 50 (1). P. 57–81.

УДК 618.5.015

Долгов А. А.

Научный руководитель: Черникова О. С., к. т. н., доцент, НГТУ

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА

Для решения задачи параметрического оценивания моделей гауссовских линейных дискретных систем при наличии аномальных измерений разработан и программно реализован алгоритм оценивания неизвестных параметров на основе модифицированного фильтра Калмана, позволяющего оценивать статистические параметры шума. На примере модельной структуры показана эффективность разработанного алгоритма.

*Ключевые слова:* стохастическая линейная дискретная система, параметрическая идентификация, модифицированный фильтр Калмана.

Идентификация динамической системы предполагает определение структуры и параметров математической модели, обеспечивающей наилучшее совпадение выходных переменных модели и системы при одинаковых входных воздействиях. Наиболее общие результаты в теории идентификации, оценивания состояния, динамического планирования эксперимента получены для описаний динамических объектов в терминах пространства состояний. При этом исследователи очень часто прибегают к операции преобразования исходной модели с помощью аппарата фильтра Калмана, что значительно упрощает решение как задачи оценивания параметров, так и оценивания состояния с использованием уравнений фильтрации по Калману [1]. Однако его применение требует, чтобы характеристики шумовых процессов были полностью известны.

Статистические свойства шумов, а именно, их ковариационные матрицы являются теми параметрами, от которых зависит точность оценивания вектора состояния системы, то есть результат работы фильтра. На практике же эти характеристики заданы неточно, либо вовсе неизвестны. При использовании неверной априорной информации полученные оценки могут быть неточными. Обычно начальные значения ковариационных матриц шума измерений и шума процесса выбираются путем анализа некоторых эмпирических данных или путем моделирования различных ситуаций и далее считаются постоянными. Если в процессе использования этих данных выясняется, что работа фильтра неудовлетворительна, то требуется изменение ковариационных матриц шумов. В результате, появляется задача адаптивной фильтрации, целью которой одновременно с оценкой вектора состояния системы, оценивать также набор неизвестных, изменяющихся во времени статистических параметров шума для повышения точности работы фильтра.

Адаптивный фильтр стал одним из способов предотвращения расхождения фильтра, когда точное знание о моделях недоступно. В работе рассмотрена модификация фильтра Калмана, которая включает в себя гибридный подход, предложенный Xia Q. вместе с Rao M., Ying Y., Shen X. в работе [2], и адаптивный фильтр с оценкой шума [3]. На его основе разработан и реализован алгоритм оценивания неизвестных параметров моделей линейных дискретных систем.

Рассмотрим следующую управляемую, наблюдаемую и идентифицируемую модель стохастической линейной дискретной системы в пространстве состояний:

$$x(t_{k+1}) = F(t_k)x(t_k) + \Psi(t_k)u(t_k) + \Gamma(t_k)w(t_k); \quad (1)$$



$$y(t_{k+1}) = H(t_{k+1})x(t_{k+1}) + v(t_{k+1}), \quad (2)$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1.$$

Здесь  $x(t_k)$  – вектор состояния;  $u(t_k)$  – детерминированный вектор управления (входа);  $w(t_k)$  – вектор шума системы;  $y(t_{k+1})$  – вектор измерений (выхода);  $v(t_{k+1})$  – вектор шума измерений.

Предположим, что:

- случайный вектор  $w(t_k)$  образует стационарную белую гауссовскую последовательность, для которой

$$E[w(t_k)] = 0, \quad E[w(t_k)w^T(t_i)] = Q\delta_{ki}.$$

(здесь  $E[\cdot]$  – математическое ожидание,  $\delta_{ki}$  – символ Кронекера);

- случайный вектор  $v(t_{k+1})$  образует стационарную белую гауссовскую последовательность (за исключением конечного числа точек  $t_j \in \Omega_A$ ), для которой

$$E[v(t_k)] = 0, \quad E[v(t_{k+1})v^T(t_{i+1})] = R\delta_{ki}, \quad E[v(t_k)w^T(t_i)] = 0;$$

- начальное состояние  $x(t_0)$  имеет нормальное распределение с параметрами

$$E[x(t_0)] = \bar{x}(t_0), \quad E\left\{\left[x(t_0) - \bar{x}(t_0)\right]\left[x(t_0) - \bar{x}(t_0)\right]^T\right\} = P(t_0)$$

и не коррелирует с  $w(t_k)$  и  $v(t_{k+1})$  при любых значениях переменной  $k$ ;

- неизвестные параметры сведены в вектор  $\Theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s) \in \Omega_\Theta$  и могут входить в элементы матриц  $F(t_k), \Psi(t_k), \Gamma(t_k), H(t_{k+1})$  в различных комбинациях.

Необходимо для математической модели (1) – (2) с учетом указанных априорных предположений разработать процедуру оценивания неизвестных параметров и ковариационных матриц шумов системы и измерений.

### Параметрическая идентификация

Обозначим через  $Y = \left[ (y(t_1))^T, (y(t_2))^T, \dots, (y(t_N))^T \right]^T$  – выходной сигнал, соответствующий входному сигналу  $U = \left[ (u(t_0))^T, (u(t_1))^T, \dots, (u(t_{N-1}))^T \right]^T$ , тогда  $\Xi = \{U, Y\}$ .

Для оценивания параметров воспользуемся методом квази-максимального правдоподобия. Метод квази-максимального правдоподобия предполагает максимизацию нормальной функции правдоподобия при том, что распределение в действительности не является нормальным [4]. При этом оценки сохраняют свойства состоятельности и асимптотической нормальности.

$$\hat{\Theta} = \arg \min_{\Theta \in \Omega_\Theta} [\chi(\Theta; \Xi)] = \arg \max_{\Theta \in \Omega_\Theta} [\ln L(\Theta; \Xi)], \quad (3)$$

где

$$\chi(\Theta; \Xi) = -\ln L(\Theta; \Xi) = \frac{Nm}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} \ln \det B(t_{k+1}) +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} [\varepsilon(t_{k+1})]^T [B(t_{k+1})]^{-1} [\varepsilon(t_{k+1})]. \quad (4)$$

Здесь  $\varepsilon(t_{k+1})$  и  $B(t_{k+1})$  определяются по следующим уравнениям модифицированного фильтра, позволяющего оценивать ковариационную матрицу шума измерений и уменьшать влияние аномальных измерений:

$$\begin{aligned} \hat{x}(t_{k+1}/t_k) &= F(t_k) \hat{x}(t_k/t_k) + \Psi(t_k) u(t_k); \\ P(t_{k+1}/t_k) &= \lambda_p(t_{k+1}) F(t_k) P(t_k/t_k) F^T(t_k) + \Gamma(t_k) Q(t_k) \Gamma^T(t_k); \\ \hat{y}(t_{k+1}/t_k) &= H(t_{k+1}) \hat{x}(t_{k+1}/t_k); \\ \tau_k(t_{k+1}) &= \frac{1-b}{1-b^{t_k}}; \\ \Xi_k(t_{k+1}) &= (\Gamma^T(t_k) \Gamma(t_k))^{-1} \Gamma^T(t_k); \\ R(t_{k+1}) &= (1-\tau_k(t_{k+1})) R(t_k) + \tau_k(t_{k+1}) (I - H(t_{k+1}) K(t_k))^* \\ &* \left[ [\varepsilon(t_{k+1})]^T \varepsilon(t_{k+1}) (I - H(t_{k+1}) K(t_k))^T + H(t_{k+1}) P(t_{k+1}/t_k) H^T(t_{k+1}) \right]; \\ \hat{B}(t_{k+1}) &= \frac{1}{t_{k+1}} \sum_{l=1}^{k+1} [\varepsilon(t_l)] [\varepsilon(t_l)]^T; \\ B(t_{k+1}) &= H(t_{k+1}) P(t_{k+1}/t_k) H^T(t_{k+1}) + R(t_{k+1}); \\ \lambda_p(t_{k+1}) &= \max \left\{ 1, \frac{Sp(\hat{B}(t_{k+1}))}{Sp(B(t_{k+1}))} \right\}; \\ K(t_{k+1}) &= P(t_{k+1}/t_k) H^T(t_{k+1}) [B(t_{k+1})]^{-1}; \\ \hat{x}(t_{k+1}/t_{k+1}) &= \hat{x}(t_{k+1}/t_k) + K(t_{k+1}) \varepsilon(t_{k+1}); \\ P(t_{k+1}/t_{k+1}) &= [I - K(t_{k+1}) H(t_{k+1})] P(t_{k+1}/t_k); \\ Q(t_{k+1}) &= (1-\tau_k(t_{k+1})) Q(t_k) + \Xi_k(t_{k+1}) \tau_k(t_{k+1})^* \\ &* \left[ K(t_{k+1}) [\varepsilon(t_{k+1})]^T \varepsilon(t_{k+1}) [K(t_{k+1})]^T + P(t_{k+1}/t_{k+1}) - F(t_k) P(t_k/t_k) [F(t_k)]^T \right]^* [\Xi_k(t_{k+1})]^T; \\ &k = 1, 2, \dots, N-1; \end{aligned}$$

с начальными условиями  $\hat{x}(t_0/t_0) = x(t_0)$ ,  $P(t_0/t_0) = P(t_0)$ ,  $0 < b < 1$ ,  $R(t_0) = R_0$ ,  $Q(t_0) = Q_0$ ,  $R_0, Q_0$  – выбирается.

### Экспериментальные результаты

Пусть модель стохастической линейной дискретной системы имеет вид:

$$x(t_{k+1}) = \begin{pmatrix} \theta_1 & 1 \\ 0 & \theta_2 \end{pmatrix} x(t_k) + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} u(t_k) + w(t_k),$$

$$y(t_{k+1}) = (1, 0)x(t_{k+1}) + v(t_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, 99;$$

где  $\theta_1, \theta_2$  неизвестные параметры, подлежащие оцениванию ( $s=2$ ), причем  $0 \leq \theta_1 \leq 1$ ,  $0 \leq \theta_2 \leq 1$ . Выберем  $U = \left\{ \underset{100}{5, \dots, 5} \right\}$  и будем считать, что выполнены все высказанные при постановке задачи априорные предположения, причем

$$E[w(t_k)w^T(t_i)] = \begin{pmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{pmatrix} \delta_{ki} = Q\delta_{ki},$$

$$E[x(t_0)] = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \bar{x}(t_0), \quad E\left\{ [x(t_0) - \bar{x}(t_0)][x(t_0) - \bar{x}(t_0)]^T \right\} = \begin{pmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{pmatrix} = P(t_0).$$

Чтобы ослабить зависимость результатов оценивания от выборочных данных, произведем пять независимых запусков системы и усредним полученные оценки неизвестных параметров. Реализации выходных сигналов получим компьютерным моделированием, считая, что истинные значения параметров  $\theta_1^* = 0.5, \theta_2^* = 0.4$  и  $R = 0.1$ .

Введем следующие обозначения:

- $\mu$  – количество аномальных измерений;
- $R_A$  – ковариационная матрица шума аномальных измерений;
- $y_{cp}(t_{k+1})$  – усредненный вектор измерения;
- $y_{cp}^*(t_{k+1})$  – усредненный незашумленный вектор измерения (шумы системы и измерений отсутствуют);
- $\hat{y}_{cp}(t_{k+1})$  – усредненный вектор оценки измерений, вычисляющийся как для гибридного, так и для классического фильтра Калмана по формуле  $\hat{y}(t_{k+1}) = H(t_{k+1})\hat{x}(t_{k+1}/t_{k+1})$ .

О качестве идентификации в пространстве параметров и в пространстве откликов будем судить, соответственно, по значениям коэффициентов  $\delta_\theta$  и  $\delta_Y$ , вычисляющихся по следующим формулам:

$$\delta_\theta = \frac{\|\theta^* - \hat{\theta}\|}{\|\theta^*\|} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^s (\theta_i^* - \hat{\theta}_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^s (\theta_i^*)^2}}; \quad \delta_Y = \frac{\|Y_{cp}^* - \hat{Y}_{cp}\|}{\|Y_{cp}^*\|} = \frac{\sqrt{\sum_{k=0}^{N-1} (y_{cp}(t_k) - \hat{y}_{cp}(t_k))^2}}{\sqrt{\sum_{k=0}^{N-1} (y_{cp}(t_k))^2}},$$

где  $\theta^*$  – истинные значения параметров;  $\hat{\theta}$  – оценки неизвестных параметров.

С помощью программной среды Matlab была смоделирована выборка измерений с  $R = 0.1$ ,  $R_A = 10$  и  $\mu = 15$ . Аномальные измерения расположены случайным образом.

Соответствующие численные результаты оценивания неизвестных параметров представлены в таблице 1, графическое представление в пространстве откликов – на рисунке 1.

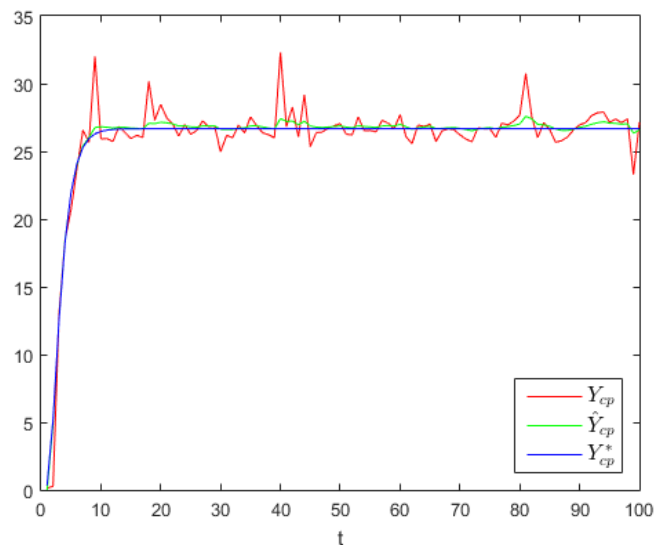
**Численные результаты оценивания неизвестных параметров**

	<b>Модифицированный фильтр Калмана</b>
$\hat{\Theta}$	(0,5150; 0,3253)
$\delta_{\theta}$	0,1188
$\delta_{\gamma}$	0,0032

Из этой таблицы следует, что относительная погрешность при использовании алгоритма оценивания на основе модифицированного фильтра Калмана составляет 12 % в пространстве параметров и 0,03 % в пространстве откликов.

Полученная оценка матрицы Q имеет вид:

$$\hat{Q} = \begin{pmatrix} 0.1105 & 0.0151 \\ 0.0151 & 0.1162 \end{pmatrix}$$



**Рис. 1.** Графическое представление  $y_{cp}(t_{k+1}), y_{cp}^*(t_{k+1}), \hat{y}_{cp}(t_{k+1})$

### Заключение

В работе для моделей стохастических линейных дискретных систем разработан и программно реализован алгоритм оценивания неизвестных параметров на основе модифицированного фильтра Калмана, позволяющего оценивать статистические параметры шума.

На примере модельной структуры показана эффективность разработанного алгоритма.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки (проект 2.7996.2017/8.9).

### Литература

1. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. М. : Наука, 1991. 432 с.
2. Xia Q., Rao M., Ying Y. Adaptive fading Kalman filter with an application // Automatica. 1994. Vol. 30. P. 1333–1338.
3. Gao W., Li J., Zhou G., Li Q. Adaptive Kalman filtering for the integrated SINS/DVL system // Journal of Computational Information Systems. 2015. Vol. 68. P. 142–161.
4. Bollerslev T., Wooldridge J. M. Quasi-Maximum Likelihood Estimation and Inference in Dynamic Models with Time-Varying Covariances // Econometric Reviews. 1992. Vol. 11. P. 143–172.

УДК 519.633.2.

**Малышева А. О.**

Научный руководитель: Иткина Н. Б., к. тех. н.,  
доцент кафедры вычислительных технологий НГТУ

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В КАМЕРЕ ВВОДА ГАЗОВОГО ХРОМАТОГРАФА

Представлено математическое описание процессов теплообмена и нагрева газа в прямоугольном канале. Для решения задачи предложено использовать конечно-элементный метод.

*Ключевые слова:* метод конечных элементов, теплообмен флюида, уравнение Навье-Стокса.

Задача состоит в моделировании процессов теплообмена флюида (газа) в камере ввода газового хроматографа для пассивных концентраторов. Камера представляет собой полый цилиндр, в который помещают пассивный концентратор – металлический цилиндр с нанесенным силиконовым сорбентом. Камера нагрета до температуры  $T_1 = 200$  °С, начальная температура концентратора  $T_0$  соответствует комнатной. Под воздействием температуры происходит активизация процессов десорбции органических веществ с сорбента концентратора. Газ-носитель – очищенный комнатный воздух. В камере ввода воздушные потоки организованы таким образом, чтобы максимально эффективно собрать десорбированную пробу (легкие углеводороды) и затем ввести ее в хроматографическую колонку.

Интерес представляет разработка и верификация устойчивой вычислительной схемы для математического моделирования процесса движения газа и теплообмена в канале прямоугольной формы. Будем рассматривать двумерную задачу в прямоугольной области  $\Omega$ , рисунок 1.

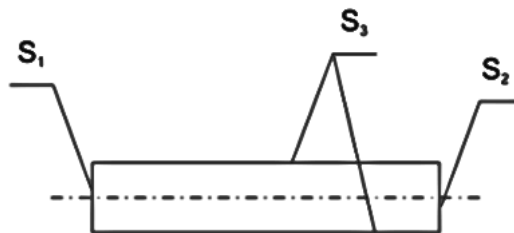


Рис. 1. Область исследования  $\Omega$

Математическая модель процессов нагрева и теплообмена флюида в камере ввода будем описывать системой уравнений (1) – (7). Где подсистема (1) – (3) описывает процессы нагрева газа в канале:

$$c\rho \frac{dT}{dt} = \text{div}(\lambda \text{grad } T) - U \cdot \text{grad } T \quad (1)$$

$$\text{Граничные условия: } \lambda \frac{dT}{dn} = 0 \text{ на } S_3; T = T_1 \text{ на } S_1, \quad (2)$$

$$\text{Начальное условие: } T(t = 0) = T_0 \quad (3)$$

Обозначения в системе (1) – (3):  $U$  – скорость флюида в камере,  $T$  – температура,  $p$  – давление в камере,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\nu$  – коэффициент кинематической

вязкости,  $c$  – удельная теплоемкость флюида,  $S_3$  – внешняя поверхность канала,  $S_1$  и  $S_2$  – открытые стороны канала.

Тепломассоперенос флюида (газовой смеси) будем описывать нестационарным уравнением Навье-Стокса:

$$\frac{dU}{dt} - \operatorname{div}(v \operatorname{grad} U) + (U \operatorname{grad})U + \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p = 0, \text{ в } \Omega \times (0, T), \quad (4)$$

$$\text{Условие неразрывности: } \operatorname{div} U = 0 \text{ в } \Omega \times (0, T), \quad (5)$$

$$\text{Граничные условия: } \frac{dU}{dn} = 0 \text{ на } S_3 \times (0, T), U = g \text{ на } S_1 \times (0, T), \quad (6)$$

$$U(t = 0) = U_0, \quad (7)$$

где  $\rho$  – плотность флюида, если соблюдены условия:  $U \in C^2(\Omega \times (0, T))$ ,  $p \in C^1(\Omega \times (0, T))$ , и пара  $(U, p)$  удовлетворяет уравнениям (4) – (7), то эта пара является классическим решением нестационарной задачи Навье-Стокса.

Для разбиения по времени в задаче (1) – (7) будем использовать неявную конечно-разностную схему.

Введем на пространстве  $\Omega$  функциональное пространство  $L_2$ . Вариационная постановка в форме Петрова-Галеркина для задачи (1) – (3) в области  $\Omega$  имеет вид:

$$\begin{aligned} & \iint_{\Omega} c\rho T^n V d\Omega + \iint_{\Omega} \tau \lambda \nabla T^{n+1} \nabla V d\Omega - \iint_{\Omega} \tau U^{n+1} T^{n+1} \nabla V d\Omega - \int_{S_1} \tau \lambda \frac{dT^{n+1}}{dn} V dS - \\ & - \int_{S_2} \tau \lambda \frac{dT^{n+1}}{dn} V dS + \int_{S_1} \tau U^{n+1} \frac{dT^{n+1}}{dn} V dS + \int_{S_2} \tau U^{n+1} \frac{dT^{n+1}}{dn} V dS = \iint_{\Omega} c\rho T^{n+1} V d\Omega, \quad (8) \end{aligned}$$

где  $V$  – тестовая функция,  $\tau$  и  $n$  – шаг и номер шага разбиения по времени.

В области  $\Omega$  построим равномерную конечно – элементную сетку из прямоугольных элементов. В качестве базисных функций на пространстве  $L_2$  будем использовать билинейные функции. Дискретный аналог задачи (1) – (3) для каждого конечного элемента  $K_p$ ,  $p = \overline{1, d}$ , где  $d$  – размерность пространства  $\Omega$ .

$$\begin{aligned} & \sum_{i=0}^3 \iint_{K_p} c\rho q_i^n \Psi_i \Psi_j dx dy + \sum_{i=0}^3 \iint_{K_p} \tau \lambda q_i^{n+1} \nabla \Psi_i \nabla \Psi_j dx dy - \sum_{i=0}^3 \iint_{K_p} \tau U_i^{n+1} q_i^{n+1} \Psi_i \nabla \Psi_j dx dy - \\ & - \sum_{i=0}^3 \int_{\partial K_p \in S_1} \tau \lambda q_i^{n+1} \frac{d\Psi_i}{dn} \Psi_j dy - \sum_{i=0}^3 \int_{S_2} \tau \lambda q_i^{n+1} \frac{d\Psi_i}{dn} \Psi_j dy + \sum_{i=0}^3 \int_{S_1} \tau U_i^{n+1} q_i^{n+1} \frac{d\Psi_i}{dn} \Psi_j dy + \\ & + \sum_{i=0}^3 \int_{S_2} \tau U_i^{n+1} q_i^{n+1} \frac{d\Psi_i}{dn} \Psi_j dy = \sum_{i=0}^3 \iint_{K_p} c\rho q_i^{n+1} \Psi_i \Psi_j dx dy. \quad (9) \end{aligned}$$

Алгоритм решения задачи (1) – (3):

1. Дана скорость  $U = U_0$ .
2. Решаем СЛАУ (9) на всей области  $\Omega$ . Находим вектор решений для температуры.
3. Определить  $U$  для следующего шага по времени.
4. Повторить шаги 2–3 для каждого шага разбиения по времени.

Матрица СЛАУ для численного решения подсистемы уравнений (1) – (3), получаемая на каждом шаге, будет несимметричной структуры. Для решения СЛАУ с такой структурой в данном случае предлагаем использовать метод GMRES [1].

## Литература

1. Баландин М. Ю., Шурина Э. П. Методы решения СЛАУ большой размерности. Н. : НГТУ, 2000. 70 с.
2. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. М. : МИР, 1981. 409 с.

УДК 519.633.6

**Марков С. И.**

*Научный руководитель: Шурина Э. П., д. тех. н., профессор, НГТУ*

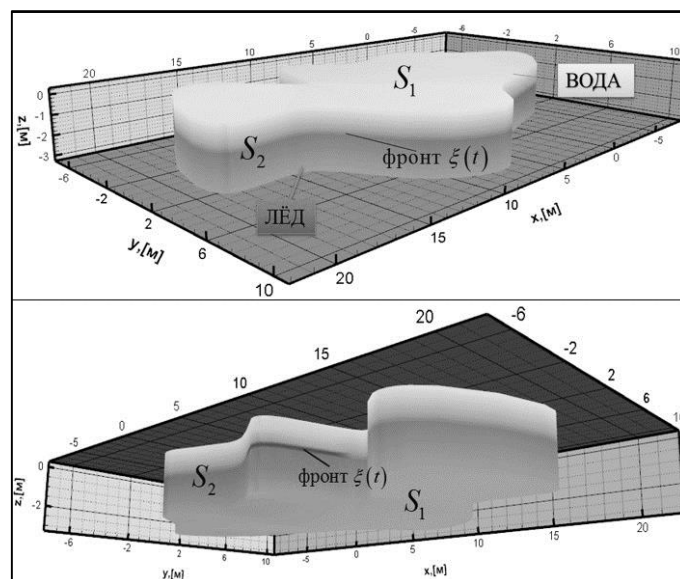
### НЕКОНФОРМНЫЕ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Работа посвящена вопросам математического моделирования процесса таяния льда с подвижной границей. Вычислительная схема для решения двухфазной задачи Стефана построена на базе разрывного метода Галеркина, который входит в семейство неконформных конечноэлементных методов. Приводятся результаты математического моделирования таяния льда при постоянном теплообмене с окружающей средой с температурой фазового перехода.

*Ключевые слова: задача Стефана, разрывный метод Галеркина, DG-метод.*

Расчетная область состоит из двух сред: лед и вода. Жидкая фаза (вода) на рисунке 1 обозначена через  $\Omega_l$ . Твердая фаза (лед) обозначена через  $\Omega_s$ . В начальный момент времени среда полностью заполнена льдом. На верхней и нижней границах  $S_1$  расчетной области происходит теплообмен с окружающей средой с температурой  $1^\circ\text{C}$  и  $-5^\circ\text{C}$ , соответственно. Боковые грани  $S_2$  предполагаются теплоизолированными. Фронт фазового перехода (таяния) обозначен через  $\xi(t)$  и в начальный момент времени находится в плоскости  $Z = 0$ . Условием фазового перехода является условие изотермичности, т. е. температура воды и льда равна температуре  $0^\circ\text{C}$ . Длина расчетной области 30 м, ширина – 16 м, высота – 3 м.

Необходимо определить поведение данной системы с течением времени.



**Рис. 1. Расчетная область: лед и вода**

Распределение температуры в каждой фазе описывается уравнением теплопроводности [3]

$$\rho_l c_l \frac{\partial T_l}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda_l \nabla T_l) \text{ in } \Omega_l, \quad (1)$$

$$\rho_s c_s \frac{\partial T_s}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda_s \nabla T_s) \text{ in } \Omega_s, \quad (2)$$

с начальными условиями

$$T_l|_{t=0} = 1, \quad T_s|_{t=0} = -5, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность среды (кг/м<sup>3</sup>),  $c$  – удельная теплоемкость (Дж/(кг·°C)),  $\lambda$  – теплопроводность (Вт/(м·°C)),  $T$  – температура (°C).

Граничные условия для уравнений (1) и (2) имеют вид

$$\left. \frac{\partial T_l}{\partial \mathbf{n}} \right|_{S_2} = 0, \quad \left. \frac{\partial T_s}{\partial \mathbf{n}} \right|_{S_2} = 0, \quad (4)$$

$$\lambda_l \left. \frac{\partial T_l}{\partial \mathbf{n}} \right|_{S_1} + \beta (T_l|_{S_1} - 1) = 0, \quad \lambda_s \left. \frac{\partial T_s}{\partial \mathbf{n}} \right|_{S_1} + \beta T_s|_{S_1} = 0, \quad (5)$$

где  $\mathbf{n}$  – вектор внешней нормали,  $\beta$  – коэффициент теплообмена (Вт/(°C·м<sup>2</sup>)).

На границе фазового перехода выполняется условие идеального контакта для распределения температуры и неоднородное условие сопряжения для теплового потока [3]

$$[T] \Big|_{\xi(t)} = 0, \quad (6)$$

$$[\lambda \nabla T \cdot \mathbf{n}] \Big|_{\xi(t)} = -\rho L \frac{\partial \xi(t)}{\partial t}, \quad (7)$$

где  $L$  – теплота фазового перехода (Дж/кг).

*Алгоритм решения задачи Стефана:*

1. Решить задачу (1) – (5) для начального положения фронта фазового перехода и с однородными условиями сопряжения (7).

2. Определить новое положение фронта фазового перехода.

3. Решить задачу (1) – (5) для следующего слоя по времени с учетом нового положения фронта.

4. Повторить шаг 2, пока изменение положения фронта фазового перехода больше некоторой константы  $\varepsilon$  (или не достигнут конец отрезка времени моделирования).

Поскольку уравнения (1) и (2) имеют один и тот же оператор прямой задачи, то приведем вариационную формулировку для уравнения теплопроводности в общем случае (опустим коэффициенты  $s$  и  $l$ ).

Введем функциональные пространства для поля температуры и теплового потока [2]

$$V = \left\{ v \in L^2(\Omega) \mid \int v^2 d\Omega < \infty \right\}, \quad (8)$$

$$U = \left\{ \mathbf{u} \in [L^2(\Omega)]^3 \mid \int \mathbf{u}^2 d\Omega < \infty \right\}. \quad (9)$$

Определим оператор скачка и среднего значения для элементов пространств (8) и (9) в виде:



$$[v]_{\Gamma_0} = v_i \mathbf{n}_i + v_j \mathbf{n}_j, \{v\}_{\Gamma_0} = \frac{1}{2}(v_i + v_j), \quad (10)$$

$$[\mathbf{u}]_{\Gamma_0} = \mathbf{u}_i \cdot \mathbf{n}_i + \mathbf{u}_j \cdot \mathbf{n}_j, \{\mathbf{u}\}_{\Gamma_0} = \frac{1}{2}(\mathbf{u}_i + \mathbf{u}_j), \quad (11)$$

$$[v]_{\partial\Omega} = v\mathbf{n}, \{v\}_{\partial\Omega} = v, \quad (12)$$

$$[\mathbf{u}]_{\partial\Omega} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{n}, \{\mathbf{u}\}_{\partial\Omega} = \mathbf{u}, \quad (13)$$

где  $\partial\Omega$  – внешняя граница,  $\Gamma_0$  – смежная граница элементов  $i$  и  $j$ .

Вариационная формулировка DG-метода для уравнения теплопроводности в IP-форме (Inner Penalty) имеет вид: найти  $T \in V^h \subset V$ , что для  $v \in V^h \subset V$  выполнено [2; 3]

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \lambda \nabla T \cdot \nabla v d\Omega + \int_{\Omega} c\rho \frac{\partial T}{\partial t} v d\Omega - \int_{\Gamma_0 \cup \partial\Omega} \lambda ([T] \cdot \{\nabla v\} + \{\nabla T\} \cdot [v] + \mu [T] \cdot [v]) dS = \\ = - \int_{S_I} \beta \lambda (T_g (\mathbf{n} \cdot \nabla v) + \mu T_g v) dS, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $T_g$  – значение температуры на границе  $S_I$ ,  $\mu$  – коэффициент стабилизации. Проблема выбора коэффициента стабилизации решена в работе [4].

Учесть условие Стефана (7) можно следующим образом:

$$\begin{aligned} \int_{\Gamma} \lambda \{\nabla T\} \cdot [v] dS = \underbrace{\int_{\Gamma_{\text{стр.}}} \lambda \{\nabla T\} \cdot [v] dS}_{\text{По границе раздела фаз}} + \underbrace{\int_{\Gamma_0} \lambda \{\nabla T\} \cdot [v] dS}_{\text{По внутренним границам}} + \underbrace{\int_{\partial\Omega} \lambda \{\nabla T\} \cdot [v] dS}_{\text{По границам с крайними условиями}}, \\ \int_{\Gamma_{\text{стр.}}} \lambda \{\nabla u\} \cdot [v] dS = \int_{\Gamma_{\text{стр.}}} \frac{\lambda^s \nabla u^s + \lambda^l \nabla u^l}{2} \cdot \mathbf{n} v dS = \\ = \int_{\Gamma_{\text{стр.}}} \frac{(-\rho L V - \lambda^l \nabla u^l) + \lambda^l \nabla u^l}{2} \cdot \mathbf{n} v dS = - \int_{\Gamma_{\text{стр.}}} \frac{1}{2} \rho V L v dS, \end{aligned} \quad (15)$$

где  $V$  – скорость движения фронта.

Для оценки скорости движения фронта и аппроксимации производной по времени в уравнении (14) применим неявную схему

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f(t+h) - f(t)}{h}. \quad (16)$$

Для решения поставленной задачи выберем адаптивную неконформную тетраэдральную сетку, вид которой в момент времени  $t = 100$  ч представлена на рисунке 2.

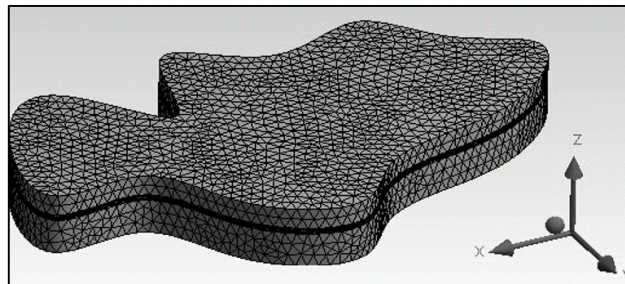


Рис. 2. Триангуляция расчетной области в момент времени  $t = 100$  ч

Для сетки, изображенной на рисунке 2, использованы 651114 тетраэдров с общим числом степеней свободы 2604456 (размер конечноэлементной матрицы СЛАУ). Средний размер ребра тетраэдра 2 см вблизи фронта и 10 см – для грубой сетки. Увеличенный фрагмент сетки показан на рисунке 3.

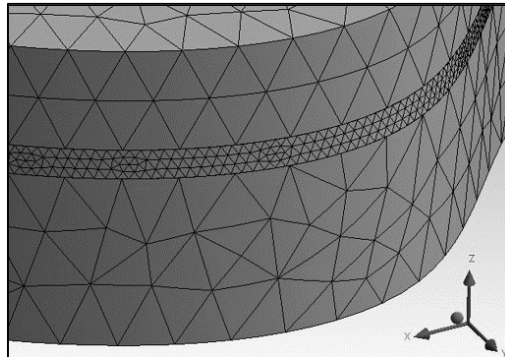


Рис. 3. Увеличенный фрагмент сетки: средняя длина ребра тетраэдра 2 см вблизи фронта и 10 см – для грубой сетки

Для решения СЛАУ использован комбинированный решатель BiCG и GMRES(m). BiCG является осциллирующим методом и позволяет достаточно быстро приблизиться к точному решению СЛАУ. Метод GMRES с глубиной  $m = 5$  является сглаживателем в этой паре и обеспечивает равномерную сходимость к точному решению. Точность решения  $\varepsilon = 10^{-10}$ .

Таблица 1

Параметры модели

	$\rho$	$c$	$\lambda$	$\beta$	$L$
вода	1000	4187	0,6	10	$42,3 \cdot 10^3$
лед	900	2060	2,25		$334,1 \cdot 10^3$

На рисунке 4 показана динамика положения фронта фазового перехода с течением времени в зависимости от шага дискретизации производной (от 40 минут до 10 минут).

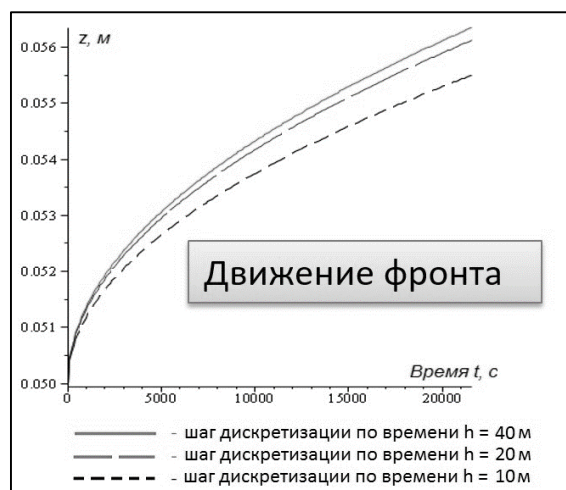


Рис. 4. Динамика положения фронта фазового перехода

На рисунке 5 показано объемное распределение температуры спустя 100 часов таяния льда.

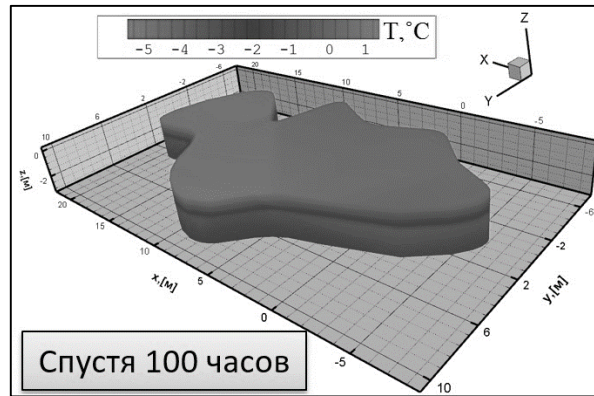


Рис. 5. Распределение температуры спустя 100 ч таяния льда

Для решения двухфазной задачи Стефана использована вычислительная схема разрывного метода Галеркина на адаптивной неконформной тетраэдральной сетке. Показан слабый учет интерфейсного условия Стефана на границе фазового перехода в IP-форме вариационной формулировки DG-метода. Получены результаты математического моделирования таяния льда при постоянном теплообмене с окружающей средой с положительной температурой в зависимости от разных шагов дискретизации по времени.

### Литература

1. Abdulle A., Huber M. Discontinuous Galerkin finite element heterogeneous multiscale method for advection-diffusion problems with multiple scales // Num. Math. 2014. V. 126, Issue 4. P. 589–633.
2. Arnold D. N., Brezzi F., Cockburn B., Marini L. D. Unified analysis of discontinuous Galerkin methods for elliptic problems // SIAM J. Numer. Anal. 2002. V. 39. P. 1749–1779.
3. Viscor M., Stynes M. Numerical Method for a Stefan-Type Problem with Interior Layers // Progress in Industrial Mathematics at ECMI. 2010. P. 479–484.
4. Марков С. И., Иткина Н. Б. Применение разрывного метода Галеркина для решения сингулярно-возмущенных задач // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21, Ч. 4. С. 49–63.

УДК: 538.953

**Русанов Б. А., Мороз А. И.**

*Научный руководитель: Попель П. С., д. физ.-мат. н., профессор,  
профессор кафедры физики и математического моделирования УрГПУ*

### ПЛОТНОСТЬ SN И VI ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТОДОМ ПРОНИКАЮЩЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Представлены результаты измерения плотности легкоплавких металлов (Sn, Bi) методом проникающего гамма-излучения. Исследования были проведены на модернизированной установке, позволяющей проводить измерения плотности в кристаллическом и жидком состояниях до 1700 градусов Цельсия. Объекты исследования активно применяются как исходные компоненты в сплавах, используемых как бессвинцовые припои на основе олова.

*Ключевые слова: плотность, олово, висмут, жидкое состояние.*

Активное развитие промышленности ставит перед исследователями всего мира задачи по созданию инновационных технологических и конструкционных материалов. Большое развитие за последние годы получило направление исследований по созданию новых бессвинцовых припоев. Использование старого подхода к созданию печатных плат для высокотехнологичного оборудования имеет ряд существенных недостатков, которые не будут рассматриваться в этой статье. Однако, следует отметить, что использование свинца, как структурного компонента различных припоев наносит вред не только человеку, но и окружающей среде.

Исследование свойств и структуры металлов и сплавов является одной из активно изучаемых проблем физики и современной техники. Поскольку в большинстве технологических процессов производства эти объекты проходят стадии выплавки и разливки, когда они находятся в жидком (расплавленном) состоянии, актуальной задачей является проведение подобных исследований именно для металлических расплавов.

В частности, результаты измерения плотности и коэффициента термического расширения дают исследователям информацию об изменениях координационного числа, величин межатомных расстояний и даже межатомного взаимодействия. Поэтому изучение плотности жидких металлов и сплавов с использованием современных прецизионных методов, является одной из актуальных задач современного материаловедения.

К одному из таких методов относится метод проникающего гамма-излучения. В основе метода лежит закон ослабления пучка гамма-квантов кристаллическим или жидким поглотителем:

$$I = I_0 \exp(-\mu dl),$$

где  $I$  – интенсивность пучка квантов после прохождения поглотителя;  $I_0$  – интенсивность пучка до прохождения поглотителя;  $l$  – толщина образца;  $d$  – плотность;  $\mu$  – массовый коэффициент ослабления, определяемый химическим составом поглотителя и энергией гамма-квантов.

В нашей работе продемонстрированы результаты абсолютных измерений плотности методом проникающего гамма-излучения с погрешностью, которая для элементов периодической системы с атомным номером до 30 не превышает 0.2 %. Представленные результаты исследования плотности основных структурных компонентов новых бессвинцовых припоев на основе олова, позволяет не только использовать эти данные в качестве справочных, но и извлечь информацию об атомной структуре жидкого состояния.

Блок-схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Гамма-денситометр состоит из нескольких основных функциональных узлов: вакуумного, температурного, обратной связи. В каждый из этих узлов входят цифровые приборы нового поколения, позволяющие с высокой точностью не только регистрировать и накапливать данные, но и обеспечивать высокое качество их дальнейшей обработки.

Пучек гамма-квантов, сформированный изотопом Cs-137 (1) проходит через тигель с исследуемым образцом (2) и попадает в сцинтилляционный детектор (3). Импульсы, сформированные фотоумножителем сцинтилляционного детектора поступают в счетчик Robotron-20046 (4), который с помощью цифровых модулей ввода/вывода компании Advantech, соединен с ПК (5). Контроль и управление температурой в измерительной камере осуществляется с помощью цифровых терморегуляторов (7, 8). Холодные концы термпары ВР5-20 (6) помещены в термостат (9) для более точного измерения значений температуры. Управление молибденовым нагревателем сопротивления (12) осуществляется с помощью силового тиристорного блока (10), который соединяется с трансформатором (11).

Кроме того, в конструкции гамма-плотномера предусмотрено устройство регулирования положения тигля с расплавом по вертикальной оси (13) и цифровой микрометр, фиксирующий это положение (14). Использование данного устройства позволяет проводить измерения плотности многокомпонентных расслаивающихся систем с высокой точностью.

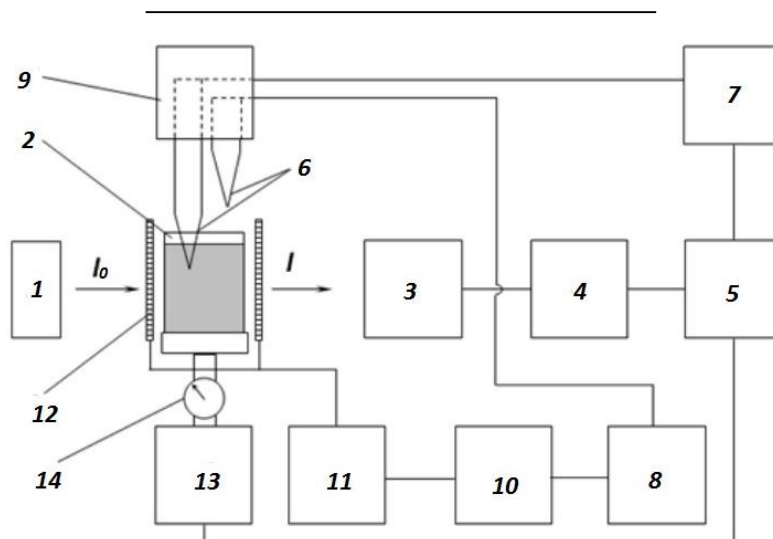


Рис. 1. Блок-схема гамма-денситометра

Для проверки работоспособности модернизированного гамма-денситометра были проведены исследования плотности легкоплавких металлов в жидком состоянии. Первые опыты показали, что собранная конструкция плотномера надежна и позволяет получать высокоточные результаты. В качестве объектов исследований было выбрано олово марки ОВЧ 000 и висмут гранулированный ЧДА.

Результаты измерения плотности олова и их сравнение с литературными данными представлены на рисунке 2.

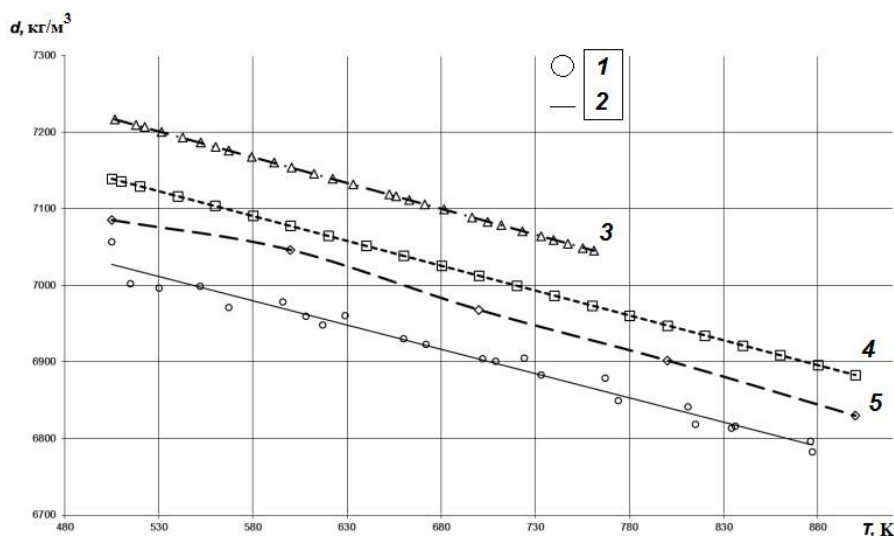
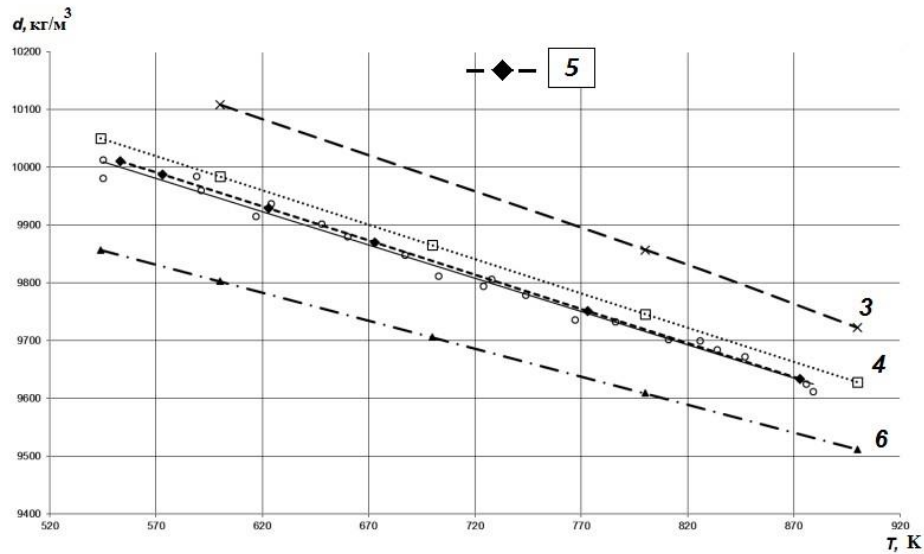


Рис. 2. Плотность жидкого олова в процессе нагрева по результатам измерения методом проникающего гамма-излучения:

1 – экспериментальные точки; 2 – линейная аппроксимация; 3 – [1]; 4 – [5]; 5 – [2]

Результаты измерения плотности висмута и их сравнение с литературными данными представлены на рисунке 3. Экспериментальные точки и линейная аппроксимация результатов показаны на рисунке светлыми точками и сплошной линией, соответственно рисунку 2.



**Рис. 3. Плотность жидкого висмута в процессе нагрева по результатам измерения методом проникающего гамма-излучения:**  
1 – экспериментальные точки; 2 – линейная аппроксимация; 3 – [2]; 4 – [4]; 5 – [6]; 6 – [3]

Мы аппроксимировали полученные зависимости линейными функциями вида:

$$d(T) = d_L[1 - \alpha(T - T_L)],$$

где  $d_L$  – плотность при температуре ликвидус  $T_L$ ,  $\alpha$  – коэффициент термического расширения. Результаты этой аппроксимации вместе с погрешностями определения коэффициентов линейной зависимости  $\Delta d$  и  $\Delta \alpha$  представлены в таблице:

**Результаты линейной аппроксимации температурных зависимостей Sn и Bi**

Металл	Интервал температур, К	$T_L$ , К	$d_L$ , кг/м <sup>3</sup>	$\Delta d_L$ , кг/м <sup>3</sup>	$\alpha$ , 10 <sup>-5</sup> К <sup>-1</sup>	$\Delta \alpha$ , 10 <sup>-5</sup> К <sup>-1</sup>
Sn	273–873	505	7028	19	9.0	0.3
Bi	273–873	545	10010	25	11.5	0.3

Представленные результаты являются для авторов начальным этапом в проведении исследований бессвинцовых припоев на основе олова. Хорошая согласованность с литературными данными позволяет утверждать об успешности проведенной модернизации гамма-денситометра.

**Литература**

1. Алчагиров Б. Б., Чочаева А. М. Температурная зависимость плотности жидкого олова // ТВТ. 2000. Т. 38, № 1. С. 48–52.
2. Макеев В. В., Демина Е. Л., Попель П. С., Архангельский Е. Л. Исследование плотности металлов методом проникающего гамма-излучения в интервале температур 290–2100 К // ТВТ. 1989. Т. 27, № 5. С. 889–895.
3. Ниженко В. И. Плотность жидких металлов и ее температурная зависимость: методы исследования и свойства границ раздела контактирующих фаз. Киев : Наукова думка. 1977. С. 125–163.
4. Станкус С. В., Хайрулин Р. А., Мозговой А. Г., Рощупкин В. В., Покрасин М. А. Плотность жидкого сплава Pb-Bi эвтектического состава при температурах до 700 К // ТВТ. 2004. Т. 42, № 6. С. 982–985.

5. Drotning W. D. Thermal Expansion of Molten Tin, Lead and Aluminium to 1300 K // High – Temp. Sci. 1979. V. 11. P. 265.

6. Iida T., Monta Z. I., Takrochi S. Viscosity measurements of pure liquid metals by the capillary method // J. Jap. Inst. Metals. 1975. V. 39, № 11. P. 1169–1175.

УДК 371.385.5:51:004

**Цвырко О. Л., Байтасова М. Б.**

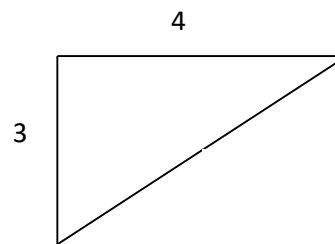
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХРОМОМАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТАХ ШКОЛЬНИКОВ

*Ключевые слова: хромоматематика, исследования, темы.*

Часто школьники сталкиваются с выбором проблематики работ для своих исследований. Нужны новые подходы, области, которые могут вызвать интерес и, одновременно, быть в меру доступными. Одним из таких новых подходов является применение методов хромоматематики для выбора тем математики и по другим наукам. В ходе некоторых исследовательских работ были обнаружены и доказаны многочисленные интересные закономерности. Например, мы исследовали положение целочисленных прямоугольных треугольников на координатной плоскости, и вывели свою теорему о коэффициентах Пифагорейского треугольника.

Пред нами стояла задача построение хромоматематических моделей в случае прямоугольных треугольников и изучение их свойств на основании построенных моделей. Мы построили координатную плоскость в Excel, где значение на оси было равно значению одного из катетов прямоугольного треугольника.

*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									



В пустые ячейки Excel мы записали формулу для расчета гипотенузы:  
=КОРЕНЬ((СТОЛБЕЦ()-1)^2+(СТРОКА()-1)^2). И, вот, что мы получили:

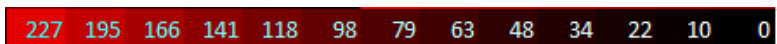
*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,41	2,24	3,16	4,12	5,1	6,08	7,07	8,06	9,06
2	2,24	2,83	3,61	4,47	5,39	6,32	7,28	8,25	9,22
3	3,16	3,61	4,24	5	5,83	6,71	7,62	8,54	9,49
4	4,12	4,47	5	5,66	6,4	7,21	8,06	8,94	9,85
5	5,1	5,39	5,83	6,4	7,07	7,81	8,6	9,43	10,3
6	6,08	6,32	6,71	7,21	7,81	8,49	9,22	10	10,8
7	7,07	7,28	7,62	8,06	8,6	9,22	9,9	10,6	11,4
8	8,06	8,25	8,54	8,94	9,43	10	10,6	11,3	12
9	9,06	9,22	9,49	9,85	10,3	10,8	11,4	12	12,7

Построение хромоматематической модели чаще всего базируется на общепринятых шкалах цветов и исходя из психо-физиологических аспектов восприятия цветов.

После нормализации нашей таблицы мы разукрасили ее с помощью модуля хромоматематической поддержки таблиц Excel – НММ.xlsm.

В данном исследовании мы выбрали биградиентную модель: HMM\_GRADIENT\_RED; Red gradient. Она используется для показания «плавного» (градиентного) перехода от одного цвета к другому. Пример:

Красный-черный



На полученной картинке наблюдаем закономерность прямоугольных треугольников: целочисленные треугольники исходят лучами из начала координат, и близкие к целочисленным.

Set	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	105	60	41	31	25	21	18	15	14	12	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5		
2	60	211	154	120	98	82	71	62	55	50	45	42	39	36	33	31	29	28	26	25	24	23	22	21		
3	41	154	61	0	211	180	157	138	124	112	102	94	87	81	75	71	66	63	60	57	54	51	49	47		
4	31	120	0	167	102	53	35	240	216	196	179	165	153	142	133	125	118	111	106	100	96	91	88	84		
5	25	98	211	102	18	206	153	110	75	45	21	0	216	220	206	194	183	173	164	156	149	143	136	131		
6	21	62	180	53	206	123	55	0	208	168	135	106	81	59	39	22	7	208	215	224	214	204	196	188		
7	18	71	157	15	133	35	228	168	102	52	9	227	193	166	141	118	96	79	63	48	34	22	10	0		
8	15	62	138	249	110	0	160	79	10	205	153	107	67	31	0	228	201	177	156	137	120	104	89	76		
9	14	55	104	216	75	208	102	10	185	115	54	0	206	164	125	91	60	31	6	217	216	196	178	161		
10	12	50	112	196	45	168	52	205	115	36	220	158	102	52	7	221	194	150	120	91	66	42	20	0		
11	11	45	102	179	21	135	9	153	54	220	141	71	7	205	153	106	83	24	248	210	180	152	126	102		
12	10	42	94	166	0	165	227	107	0	188	71	247	176	111	63	0	206	161	126	62	47	15	200	212		
13	11	39	87	153	298	81	180	67	206	102	7	176	98	26	216	196	102	51	5	217	178	143	107	75		
14	14	9	36	81	142	200	59	166	31	164	52	205	111	26	203	132	66	5	204	153	105	60	19	216	200	
15	15	8	33	75	133	206	39	141	0	123	7	153	53	216	132	54	237	171	109	52	0	205	159	117	76	
16	17	16	7	31	71	125	194	22	118	226	91	221	106	0	156	66	217	159	88	21	214	156	102	51	4	215
18	17	7	29	66	119	183	7	58	201	60	184	63	206	102	5	171	98	10	153	126	63	4	200	153	104	
19	18	7	28	63	111	173	248	79	177	33	150	24	181	51	208	109	21	184	116	43	281	167	106	52	0	
20	19	6	26	60	106	164	235	63	156	6	120	243	120	5	153	52	214	126	43	221	149	81	17	212	155	
21	20	6	25	57	100	156	224	48	137	237	91	210	82	217	109	0	156	63	231	143	72	0	186	122	61	
22	21	6	24	54	96	149	214	34	120	218	66	180	47	178	60	205	102	4	167	81	0	178	105	36	227	
23	22	5	23	51	91	141	204	22	104	196	42	152	15	141	19	159	51	204	106	17	180	105	22	211	142	
24	22	5	22	49	89	136	196	30	89	178	20	155	248	107	206	137	4	153	52	212	132	36	213	134	61	
25	24	5	21	47	84	131	188	0	76	161	0	152	242	75	200	76	214	104	0	155	61	222	142	61	238	

В частности, наблюдается факт, что если некоторые катеты треугольника являются катетами Пифагорова треугольника, то катеты треугольника с коэффициентом также будут являться Пифагорейским.

Хромоматематика предполагает активное использование цвета для изображения математических закономерностей. Основой этого подхода является понятие хромоматематической модели. Это позволяет в наглядной форме представить, как простейшие, так и сложные математические закономерности.

Обычно используют программирование. Языки: C, Pascal, Basic, ...

Для школьников мы предлагаем использовать VBA. VBA – Visual Basic for Application – встроенная в офисный пакет MS Office система программирования.

Хромоматематическая модель представляется функцией отображающей:

f: ЧИСЛО -> ЦВЕТ.

Алгоритм создания

Для создания хромоматематических моделей средствами VBA следует соблюдать алгоритм:

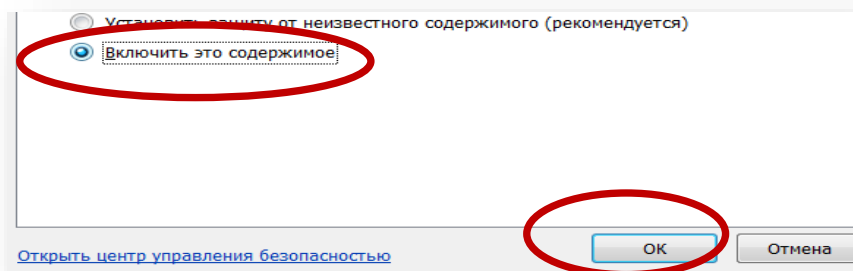
1. Создать функцию в модуле HMM.xlsm;
2. Зарегистрировать функцию в файле HMMListModels;
3. Проверить.

Загрузка HMM

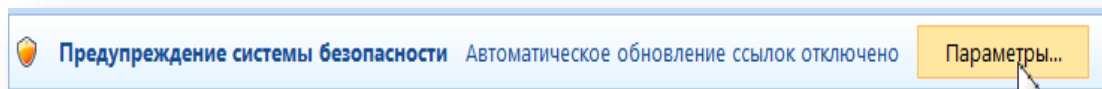
Откройте файл MS Excel HMM. xlsm.

Файл содержит макросы, поэтому он может сразу не открыться.

Внимание



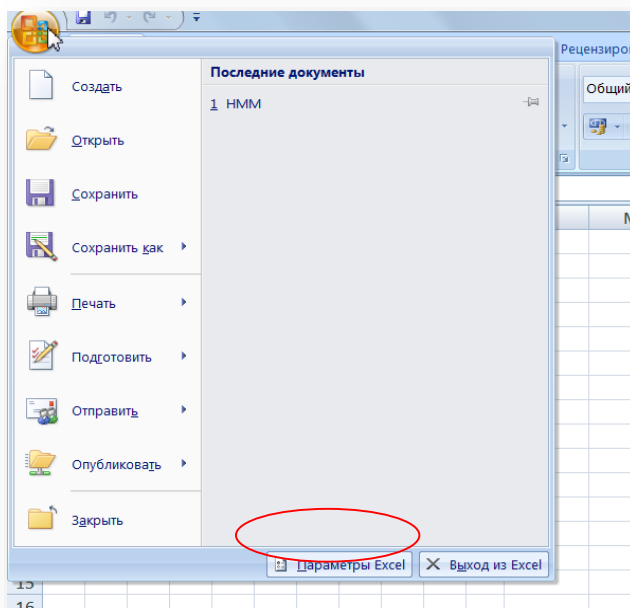




Далее обратите внимание на вкладку «Разработчик»

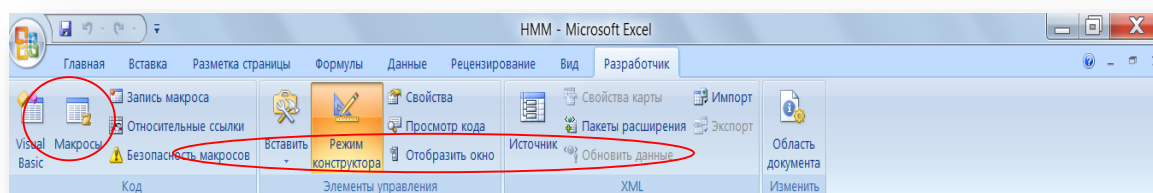
### Параметры

Если данной вкладки в ленте не будет, то ее нужно добавить через параметры Excel.



### Visual Basic

Выберите вкладку «Разработчик», затем найдите кнопку Visual Basic.



Перед Вами откроется новое окно, где заранее написан сам код программы хромоматематики.

### Хромоматематическая модель

Раскрашивание делаем согласно хромоматематических моделей.

Модель задается функцией «как красить» по схеме:

```
Function НММ_Name (ByVal x) As Long
    расчеты зависимости от x
    расчеты зависимости от x
    расчеты зависимости от x
    НММ_Name = значение_цвета
End Function
```

### Пример функции

```
Function HMM_COLORS_INDEX(ByVal x) As Long
    If x <= 5 Then
        HMM_COLORS_INDEX = vbRed
    End If
    If (x > 5) And (x <= 10) Then
        HMM_COLORS_INDEX = vbGreen
    End If
    If x > 10 Then
        HMM_COLORS_INDEX = vbBlue
    End If
End Function
```

### Структура функции

Начало функции задается стандартом для VBA

```
Function HMM_Name (ByVal x) As Long
```

Конец функции

```
End Function
```

Имя функции задается любое на усмотрение автора функции, как на русском так и ан-

глийском языках. Например: **HMM\_COLORS\_INDEX**

Описывают переменную функции **(ByVal x)**

Далее идут операторы тела функции.

```
If x <= 5 Then
    HMM_COLORS_INDEX = vbRed
End If
If (x > 5) And (x <=10) Then
    HMM_COLORS_INDEX = vbGreen
End If
If x > 10 Then
    HMM_COLORS_INDEX = vbBlue
End If
```

### Присваивание цвета

В теле функции обязательно происходит присваивание имени функции результата расчетов.

Например:

```
If x <= 5 Then
    HMM_COLORS_INDEX = vbRed
End If
```

Для удобства рекомендуется давать имя функции близкое по смыслу с ее выполнением работы.

### Регистрация функции

Откройте текстовый документ

 HMMListModels

Запишите название своей функции в список, и через знак “;” запишите краткое описание работы функции (Описать функцию можно и на английском языке, и на русском).

```
HMM_DEFAULT; DEFAULT Hromo mathematic model
HMM_1000; Description HMM_1000
HMM_GRADIENT_RED; Red gradient
HMM_MOD_10; Description HMM_MOD_10
HMM_COLORS_INDEX; Select color: (x<5)->RED, (x>5)and(x,10)->GREEN, (x>10)->BLUE
```

### Использование

Создайте пустой документ MS Excel и подключите макросы.

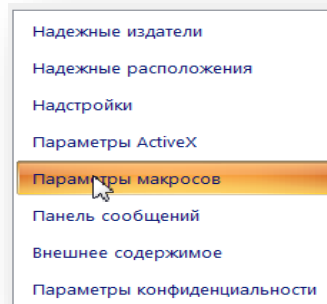
Выберите:

[Параметры Excel] ->

[Центр управления безопасностью] ->

[Параметры центра управления безопасностью] ->

[ Параметры макросов ]  
Поставьте галочку напротив /Включить все макросы/



### Рабочие кнопки

Выберите:

[разработчик] ->

[режим конструктор] ->

[вставить] ->

[пустую кнопку] (автоматически откроется окно значения макросов) ->

[выберите Set Fill Colors] (эта кнопка будет «раскрашивать» объекты). Дайте соответствующее имя кнопке.

Аналогично создайте кнопку для «очистки» объектов. (Clear Fill Color Range Cells) .

Для полноценной работы кнопок отключите режим конструктора.

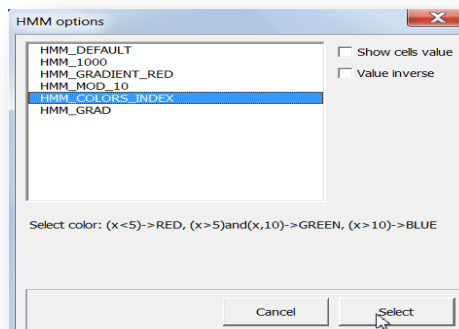
### Раскрашивание

Перед вами уже готовая таблица. Выберите область которую вы хотите «Раскрасить».

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3,0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	6	9	12	15	18	21	24	27
2	6	12	18	24	30	36	42	48	54
3	9	18	27	36	45	54	63	72	81
4	12	24	36	48	60	72	84	96	108
5	15	30	45	60	75	90	105	120	135
6	18	36	54	72	90	108	126	144	162
7	21	42	63	84	105	126	147	168	189
8	24	48	72	96	120	144	168	192	216
9	27	54	81	108	135	162	189	216	243

Затем нажмите на кнопку: раскрасить.

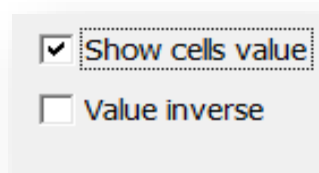
Выберите название вашей модели или любой из предложенных, и нажмите на «Select».



### Опции

Если вы хотите, чтобы при «Раскрашивании» значение чисел было видно, то необходимо поставить галочку напротив show cells value.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3,0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	6	9	12	15	18	21	24	27
2	6	12	18	24	30	36	42	48	54
3	9	18	27	36	45	54	63	72	81
4	12	24	36	48	60	72	84	96	108
5	15	30	45	60	75	90	105	120	135
6	18	36	54	72	90	108	126	144	162
7	21	42	63	84	105	126	147	168	189
8	24	48	72	96	120	144	168	192	216
9	27	54	81	108	135	162	189	216	243



Современный мир стремительно меняется – меняется и уровень требований к человеческим ресурсам, источником воспроизведения которых в первую очередь являются общеобразовательные школы и университеты. В настоящее время активно обсуждается проблема содержания школьного образования, в том числе вопрос о необходимости введения новых подходов обучения математике, которые могут вызвать интерес у школьников и студентов и, одновременно, быть в меру доступными. Хромоматематика является одним из таких подходов.

В нашей статье мы показали, что хромоматематический подход возможен не только для «удобства обучения» или наглядной формы выведения результатов, но исследовательский аспект – подталкивающий к новым наблюдениям и выявлению новых закономерностей.

### Литература

1. Аладьев В. З. Системы компьютерной алгебры: Maple: Искусство программирования. М. : Лаборатория базовых знаний, 2006.
2. Домасев М. В., Гнатюк С. П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. СПб. : Питер, 2009.
3. История треугольника. URL: <http://nsportal.ru/ap>.
4. Кузнецов Э. И. Новые информационные технологии и обучение математике // Мат. в шк. 1990. № 5.
5. Пифагор Самосский. URL: <http://allbiograf.ru>.
6. Хьюбел Д. А. Глаз, мозг, зрение. Изд-во : Мир, 2003.
7. Цвырко О. Л., Цвырко И. И. Выбор тем исследовательских работ учащихся по хромоматематике : материалы науч.-практ. конф. ИППИ. Ишим, 2012.
8. Цвырко О. Л., Цвырко О. С. Основы хромоматематики. Ишим, 2013.
9. Цвырко О. Л., Цвырко И. И. Хромоматематический подход в школьной математике : материалы обл. науч.-практ. конф. ТюмГУ. Тюмень, 2010.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.438

*Богданец С. В., Блинов В. Л.*

### РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В ВЫХОДНОМ ДИФFUЗОРЕ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО КОНФИГУРАЦИИ

В настоящей работе представлено исследование, направленное на количественную оценку влияния поворотных и продольных элементов выходного затурбинного диффузора на его способность восстанавливать статическое давление. С помощью программных комплексов вычислительной газодинамики исследовано влияние удаления лопаток диффузора на его эффективность и характер течения. В результате исследований произведена оценка уровня влияния поворотных и продольных лопаток на эффективность восстановления статического давления.

*Ключевые слова:* газотурбинная установка, выходной диффузор, неравномерность течения, температурное поле, вычислительная газовая динамика.

**Описание объекта исследования.** Для повышения коэффициента полезного действия (КПД) газотурбинной установки, за последней турбиной устанавливают диффузор. Повышение КПД достигается за счет того, что диффузор позволяет реализовать давление за последней ступенью турбины ниже атмосферного, тем самым увеличить степень расширения в турбине за счет преобразования выходной скорости в статическое давление [4]. Теплоперепад на турбину зависит от отношения давлений на выходе и на входе ГТУ. Давление на выходе из турбины без диффузора ограничено барометрическим, что является естественным условием для выхода рабочего тела из турбины. Чем большая степень расширения приходится на турбину, тем больший теплоперепад в ней срабатывается, и, соответственно, тем большую мощность вырабатывает турбина при том же объеме сгоревшего топлива.

Для оценки потерь давления в диффузоре пользуются понятием КПД диффузора. Чем его величина выше, тем меньшего значения давления за турбиной можно достичь. Эффективность работы диффузора оказывает влияние на эффективность работы турбины. Согласно информации, изложенной в работе [3], выходной диффузор позволяет поднять КПД турбин на 1–2 % при неизменном значении выходных потерь энергии.

Выходной диффузор в общем случае представляет собой расширяющийся канал, который конструктивно может быть выполнен осевым, диагональным и радиальным относительно оси вращения [3]. В настоящей работе исследуется распространенный в газотурбинных установках стационарного типа вариант осевого диффузора (рис. 1). Его выходная часть выполнена «многослойной» с четырьмя дополнительными кольцами и радиальными ребрами. В канале диффузора возникают пограничные слои и вихри, которые загромождают проходную площадь, лопатки и ребра позволяют приблизить эффективную площадь патрубка к геометрической, тем самым уменьшить потери в нем.

В процессе эксплуатации ГТУ нередки случаи нарушения целостности элементов затурбинного диффузора – деформация металла, коробление направляющих лопаток, появление трещин и разрывов, что связано с высокими температурами выхлопных газов ГТУ (в ряде случаев более 500–600 °С) и наличия неравномерности температурного поля (перекоса температур), которое может достигать сотни градусов. Вследствие таких повреждений на

практике эти деформированные сектора лопаток вырезают. Возникает необходимость оценить влияние таких изменений в диффузоре на эффективность его работы.

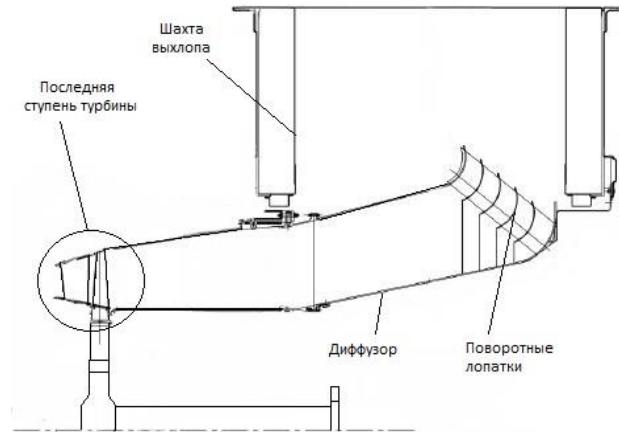


Рис. 1. Эскиз проточной части турбины с диффузором

В предыдущем исследовании было определено, что удаление двух секторов лопаток не приводит к существенному изменению параметров течения и не оказывает влияния на работу ГТУ в целом, которое способно заметным образом сказаться на ее эффективности [1]. Настоящее исследование направлено на исследование различных случаев удаления лопаток диффузора. А именно случай без всех лопаток, случай без всех продольных лопаток, случай без всех поперечных лопаток.

**Численные расчеты.** Все предварительные действия по выбору расчетной модели, такие как поиск сеточной сходимости, определение конфигурации диффузора и подобные, были произведены в предыдущем исследовании [1] и настоящие расчеты будут построены аналогично. Граничными условиями являются полное давление и температура на входе и статическое давление равное атмосферному на выходе. Модель турбулентности- k-ε. Рабочее тело – идеальный воздух. Для проведения расчетов построена модель тела тока затурбинного диффузора распространенной в стационарных газовых турбинах конфигурации [2] (рис. 2).

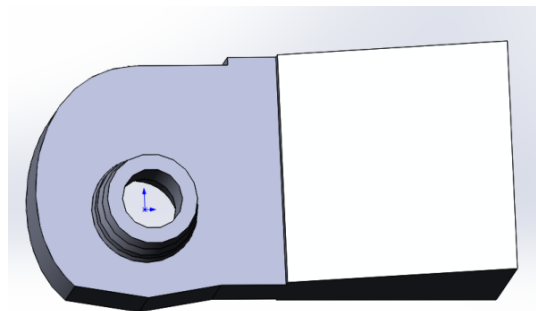
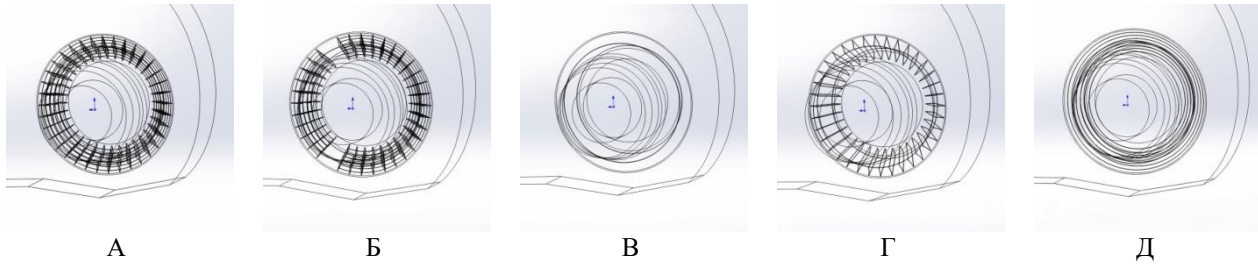


Рис. 2. Тело тока диффузора

Было проведено пять расчетов, разница между которыми заключалась в геометрии тела тока. Первый расчет проводился на диффузоре со всеми лопатками (рис. 3А). Второй расчет моделировал ситуацию происходящую на практике, когда из-за короблений некоторых секторов лопаток диффузора их полностью срезают – в этом расчете удалено два сектора лопаток (рис. 3Б). Третий расчет поставлен на модели без всех лопаток (рис. 3В). Четвертый расчет проведен на модели тела тока диффузора без поперечных лопаток (рис. 3Г). Пятый расчет – на модели тела тока без продольных лопаток (рис. 3Д). Третий, четвертый и пятый расчеты имеют целью исследование доли влияния тех или иных лопаток на эффективность работы диффузора.



**Рис. 3. Модели тела тока пяти расчетов:**

А – диффузор с целыми лопатками; Б – диффузор без двух секторов лопаток;  
В – диффузор без лопаток; Г – диффузор без поперечных лопаток;  
Д – диффузор без продольных лопаток

В результате расчетов получены картины распределения параметров по сечениям. Для оценки уровня эффективности диффузора в различных случаях будем пользоваться коэффициентом восстановления давления (1)

$$\varepsilon = \frac{p_2 - p_1}{p_1^* - p_1} \quad (1)$$

Величины давлений на входе и на выходе, массовый расход, а также коэффициент восстановления давления занесены в таблицу 1.

Таблица 1

**Параметры потока и коэффициент восстановления давления диффузора в пяти расчетах**

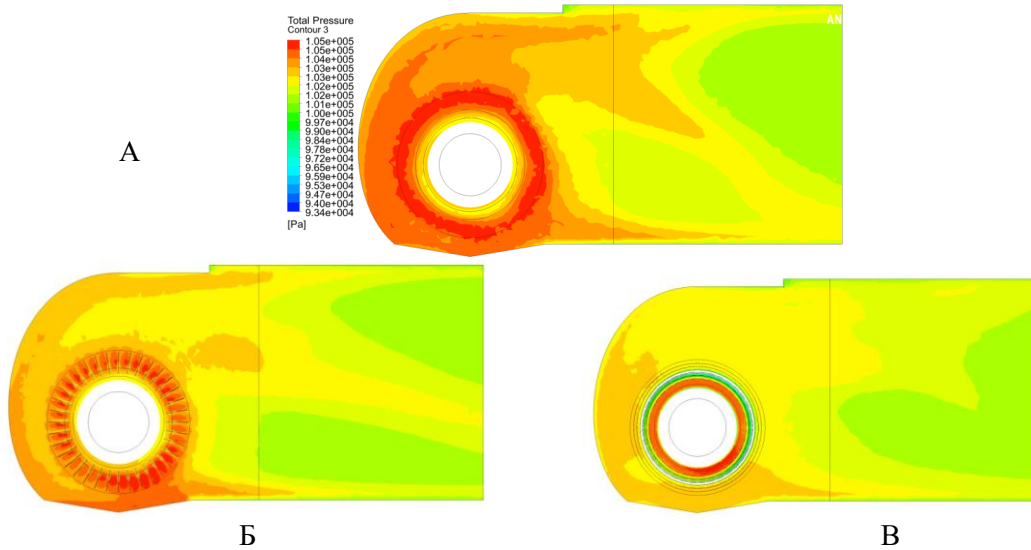
Параметр	Обозначение	Номер расчета				
		1	2	3	4	5
Статическое давление на входе	P1, Па	90 761	93 336	92 290	95 040	89 609
Полное давление на входе	P1*, Па	104 242	104 057	104 614	104 249	104 157
Статическое давление на выходе	P2, Па	101 309	101 317	101 365	101 336	101 337
Полное давление на выходе	P2*, Па	101 675	101 732	102 109	101 943	101 952
Массовый расход	G, кг/сек	103,0	93,0	99,0	87,2	105,5
Коэффициент восстановления давления	$\varepsilon$	0,7824	0,7444	0,7364	0,6837	0,8062

**Анализ результатов.** Проследим изменение коэффициента восстановления давления (КВД) в различных моделях. Так при удалении всех лопаток КВД уменьшился на 4,6 %. Почти такое же влияние на КВД оказывает вырез двух секторов (3,8 %). Это можно объяснить с помощью четвертого и пятого расчетов. Из четвертого расчета можно сделать вывод, что поперечные(поворотные) лопатки вносят большой вклад в повышение КВД, так как в этом расчете (без поперечных лопаток) наблюдается сильное падение КВД (на 9,9 %). В пятом расчете коэффициент восстановления давления повысился на 2,4 %. Это можно объяснить тем, что продольные лопатки вызывают существенные гидравлические потери, отрицательное влияние, от которых оказывается большим, чем их положительные эффекты. Удаляя и продольные, и поперечные лопатки мы удаляем компенсирующие друг друга положительные и отрицательные эффекты и таким образом в четвертом расчете КВД близок к КВД из третьего расчета, хотя в одном удалены все лопатки, а в другом только два сектора. Оценить уровень гидравлических потерь можно по падению полного давления (табл. 2)

Падение полного давления в пяти расчетах

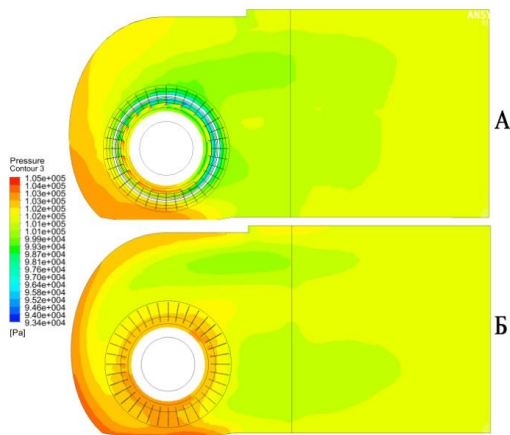
№ расчета	1	2	3	4	5
P2*-P1*, Па	2 567	2 325	2 505	2 306	2 205

Видно, что продольные лопатки вызывают гидравлические потери диффузора большие, чем вызывают поперечные лопатки. Рассмотрев картины распределения полного давления (рис. 4), можно сказать, что поворотные лопатки вызывают большие, чем в других расчетах местные гидравлические потери. Что не перечит сказанному выше: хоть местные гидравлические потери у поперечных лопаток и выше, но вызванные продольными лопатками завихрения потока приводят к значительным гидравлическим потерям диффузора. На рисунках 5 и 6 представлены картины распределения статического давления и скорости по сечению шахты диффузора.

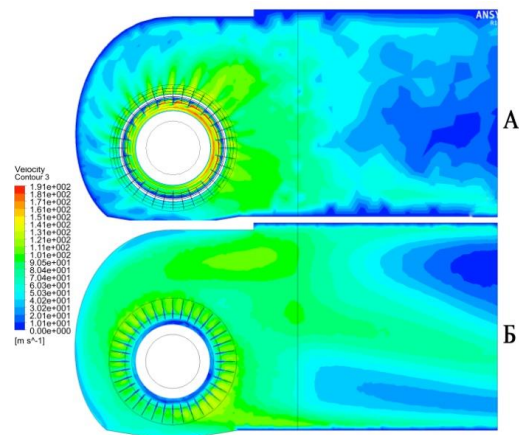


**Рис. 4. Распределение полного давления по сечению:**  
А – диффузор без лопаток; Б – диффузор без поперечных лопаток;  
В – диффузор без продольных лопаток

Дальнейшее направление развития исследования может быть связано с верификацией расчетов.



**Рис. 5. Распределение статического давления:**  
А – диффузор с целыми лопатками,  
Б – диффузор без поворотных лопаток



**Рис. 6. Распределение скорости по сечению:**  
А – диффузор с целыми лопатками,  
Б – диффузор без поворотных лопаток



## Литература

1. Богданец С. В., Блинов В. Л., Комаров О. В. Расчетное исследование влияния выходного диффузора на характер течения в газотурбинной установке // Вторая конф. молодых ученых (19 мая 2017 г., г. Екатеринбург). Екатеринбург : УрФУ, 2017.
2. Давлетшин И. С., Мингазов Б. Г., Явкин В. Б., Кесель Б. А., Воскобойников Д. В. Особенности моделирования турбулентного течения в диффузорных каналах простой и сложной конфигурации // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2011. № 3 (27). 15 с.
3. Дейч М. Е. Зарянкин А. Е. Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин. М. : Энергия, 1970. 384 с.
4. Тарасов А. В, Марковский В. М. Газодинамический расчет многоступенчатой газовой турбины : метод. указ. к выполнению курсового проекта по дисциплине «Энергетические машины» Ч. 3. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004, 34 с.

УДК 669

*Бошняк М. В., Лобанов В. Г.*

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СУРЬМУСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ПОЛУПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА С ПОЛУЧЕНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СУРЬМЫ**

Разработана методика процесса восстановительного выщелачивания сурьмяного концентрата с получением металлической сурьмы, проведено описание экспериментов, рассмотрены преимущества и недостатки данного метода переработки сырья.

*Ключевые слова:* концентрат, сурьма, выщелачивание, щелочь, алюминий, эффективность.

В современном мире сурьма и многие ее соединения находят очень широкое применение в приборостроении, машиностроении, резиновой, химической, лакокрасочной, спичечной и других отраслях промышленности. Также из-за своих уникальных химических и физических свойств сурьма может повышать твердость других металлов. На сегодняшний день объемы производства сурьмы в Российской Федерации составляют 6 500 тонн в год, чем уступают только Китаю [1].

Для того чтобы повысить объемы сурьмяного производства очень важно проводить поиск и разработку новых месторождений и осваивать современные технологии получения сурьмы из сырья этих месторождений.

На современном сурьмяном производстве очень большое распространение получили пирометаллургические технологии. Но такие методы получения сурьмы обладают большим количеством недостатков: установка сложных и дорогих систем очистки газов; низкие показатели извлечения ценного компонента; получение черного металла с высоким содержанием примесей; высокие затраты на рафинирование металла [2].

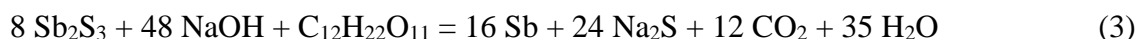
Для того чтобы избавиться от данных проблем множество предприятий переходят на гидromеталлургическую схему переработки сурьмяного сырья. Однако такие процессы как традиционное выщелачивание концентратов или электроэкстракция отличаются относительно низким извлечением сурьмы в металл. Кроме того, при использовании данных схем переработки образуется большое количество газообразных, жидких и твердых отходов что очень сильно ухудшает экологическую обстановку. Именно исходя из этого главная задача

сурьмяного производства на данный момент – это разработка принципиально новых технологий и методик переработки сурьмяного сырья которые будут являться менее энергоемкими и более экологически чистыми [3].

Для разработки новой технологии переработки сурьмяного сырья были проведены исследования по выщелачиванию сурьмяного концентрата данного химического состава, %: Sb – 58,5; As – 0,361; Bi – 0,006; Cu – 0,007; Pb – 0,196; Se – 0,002; Fe – 6,261; S – 24,885; SiO<sub>2</sub> – 4,562; прочие – 5,22. Целью данных исследований является выщелачивание сульфидного сурьмяного концентрата в слабом щелочном растворе в присутствии восстановителя.

Именно присутствие восстановителя в растворе дает возможность совместить операции выщелачивания и выделения сурьмы из раствора в виде порошка. В ходе проведения исследований было изучено принципиальное действие восстановителя, оценены достоинства и недостатки данной технологии, определено влияние ряда факторов, влияющих на извлечение и качество ценного компонента и дана оценка экономической эффективности данной технологии.

В качестве восстановителя были рассмотрены мочевины, алюминиевый порошок, глюкоза и гидразин. Перед началом экспериментов по выщелачиванию был проведен термодинамический анализ взаимодействия сульфида сурьмы с данными восстановителями в диапазоне температур 10 °С – 100 °С по следующим химическим реакциям:



По результатам данного анализа определили, что самым высоким и стабильным значением изменения энергии Гиббса обладает реакция в присутствии алюминия. Поэтому в качестве восстановителя для выщелачивания сурьмяных концентратов был выбран вторичный алюминиевый порошок с содержанием алюминия 93 %.

После проведения каждого опыта фильтраты анализировались на содержание сернистого натрия, содержание сурьмы в растворе и остаточный pH. Кроме этого кеки анализировались на содержание трисульфида сурьмы.

Для того чтобы обеспечить твердофазное восстановление сурьмы в металл необходимо определить правильную концентрацию щелочного раствора при которой растворение алюминиевого порошка будет минимальным. Для этого были проведены исследования в которых изучалось влияние концентрации щелочного раствора на растворимость алюминиевого порошка, результаты исследований представлены в таблице 1

Таблица 1

**Результаты эксперимента по изучению влияния концентрации щелочи на растворимость алюминиевого порошка**

№ опыта	Навеска алюминиевого порошка, г	Концентрация щелочи, г/дм <sup>3</sup>	Масса не растворившегося порошка, г	Убыль массы, %
1	10	120	8,241	17,64
2	10	90	9,173	9,31
3	10	70	9,473	5,14
4	10	50	9,728	2,72
5	10	30	9,732	2,68

По результатам данного эксперимента определили, что при снижении концентрации щелочи растворимость алюминиевого порошка снижается, а в диапазоне концентрации 30–50 г/дм<sup>3</sup> растворение порошка является минимальным.

Дальнейшие исследования по изучению влияния различных факторов на восстановительное выщелачивание проводились при следующих условиях: концентрация щелочи 50 г/дм<sup>3</sup>; навеска концентрата 20 г; интенсивность перемешивания 100–400 об/мин; температура 50–90 °С; продолжительность выщелачивания 30–120 мин.

Важный фактор оказывающий сильное влияние на процесс восстановительного выщелачивания – это продолжительность самого процесса. Экспериментальные данные показывают что с увеличением продолжительности процесса извлечение сурьмы увеличивается.

В результате всех проведенных экспериментов было установлено что самое сильное влияния на процесс выщелачивания оказывают удельный расход восстановителя и концентрация щелочного раствора.

Конечным продуктом восстановительного выщелачивания является кек который содержит до 85 % сурьмы в порошкообразном состоянии. Последующая плавка таких кеков дает возможность получить металлическую сурьму в виде слитков. Исходный концентрат, кек восстановительного выщелачивания и слитки металлической сурьмы представлены на рисунке 1.



**Рис. 1. а – сурьмяный концентрат; б – металлизированный кек;  
в – металлическая сурьма после плавки кека**

При проведении дальнейших исследований с целью совершенствования и унификации данной технологии будут проводиться эксперименты по снижению расхода щелочи на процесс выщелачивания; возвращению в оборот маточных растворов; доработке плавильных шлаков.

### Литература

1. Герасимов Я. И., Крестовников А. Н., Шахов А. С. Химическая термодинамика в цветной металлургии. М. : Металлургия, 1966. 402 с.
2. Набойченко С. С. Процессы и аппараты цветной металлургии. Екатеринбург : Уральский университет, 2013. 615 с.
3. Чижиков, Д. М. Металлургия тяжелых цветных металлов. М. : Metallurgizdat, 1948. 357 с.

УДК 62.519

**Бурангулов Р. Р.**

*Научный руководитель: Мальгин Г. В., к. тех. н., доцент, зав. кафедрой энергетики,  
Нижневартровский государственный университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ПРИЕМЕ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА**

В статье представлено использования автоматических средств оценки знаний при первичном приеме на работу электротехнического персонала, раскрыта актуальность проблемы, описано назначение программного комплекса «АСОП-Эксперт», которое призвано для оптимизации процессов изучения и проверки знаний нормативно-технических и распорядительных документов, регламентирующих требования к оборудованию и персоналу объектов электроэнергетики.

*Ключевые слова: электроустановки, электротехнический персонал, оценка знаний.*

Деятельность любой организации зависит от квалификации и профессионализма персонала, поскольку именно они гарантируют эффективное применение ресурсов этой организации, влияют на экономическую составляющую и способствуют ее конкурентоспособности. Проблема профессионального подбора кадров особенно актуальна в настоящее время. Персонал организации считается двигателем каждой компании. Однако, зачастую руководители организаций различных форм собственности основное внимание концентрируют на финансовых и производственных проблемах, не уделяя достаточного внимания персоналу, обеспечивающих эффективную работу по всем направлениям компании. Ошибки при подборе персонала на работу очень дорого обходятся как самой организации, так и ищущим работу специалистом. Результатом неудовлетворительной работы по подбору и отбору новых кадров становятся аварии, несчастные случаи.

Руководители должны осознавать значение поиска и отбора кадров, уметь оценивать эффективность используемых при этом технологий, особенно в сфере энергетики. Энергетика давно стала ключевой отраслью, определяющей не только степень развития отечественной экономики, но и уровень жизни всех граждан страны. Результаты самоотверженного труда работников электростанций и сетевых организаций, теплоцентралей и котельных чрезвычайно востребованы в каждом доме, в больших городах и малых деревнях, на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях.

Ремонт и обслуживание электротехнологических установок (электрогазосварка, электролиз, электротермия и т. п.), а кроме того энергонасыщенного производственно-технологического оборудования осуществляет электротехнический персонал. Под электротехническим персоналом понимают специально подготовленный административно-технический, оперативный, оперативно-ремонтный и ремонтный персонал который осуществляет техническое обслуживание, ремонт и управление электроустановками [3]. Поэтому большие требования предъявляют к подбору кадров электротехническому персоналу, так как данный специалист должен иметь достаточные знания и навыки для безопасного выполнения работ и технического обслуживания закрепленной за ним электроустановки.

За период 2016 года на энергоустановках организаций, поднадзорных Ростехнадзору, зарегистрировано 64 несчастных случая со смертельным исходом, за аналогичный период 2015 года – 53 несчастных случая со смертельным исходом. Наибольшее количество несчастных случаев со смертельным исходом за 12 месяцев 2016 года произошло на электроустановках потребителей – 36 (56 %). Анализ травматизма со смертельным

исходом показывает, что за 12 месяцев 2016 года количество несчастных случаев в сравнении с аналогичным периодом прошлого года увеличилось. В электрических сетях количество несчастных случаев со смертельным исходом составило – 27 (42 %), в тепловых установках энергоснабжающих организаций – 1 (2 %) Наибольшее количество несчастных случаев произошло в ходе выполнения работ на воздушных линиях электропередачи, вблизи электроустановок без снятия напряжения, а также в распределительных устройствах вследствие случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением [6].

Среди всех причин при возникновении несчастных случаев можно выделить основные:

- недостаточная подготовленность персонала к выполнению приемов, влияющих на безопасность работ;
- неэффективность мероприятий по подготовке и обучению персонала выполнению требований безопасности;
- неэффективность мероприятий, обеспечивающих безопасность работ в энергоустановках;
- отсутствие контроля за проведением организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности при эксплуатации электроустановок;
- личная недисциплинированность работников.

Исходя из анализа несчастных случаев на производстве связанного с электротехническим персоналом можно сделать вывод, что электротехнический персонал не обладает должным уровнем знаний и не соблюдает правила техники безопасности при работе с электрооборудованием и на электроустановках.

Проблема оценки знаний при первичном приеме на работу электротехнического персонала становится некоторым «логическим центром» в системе общей проблематики подбора и отбора электротехнического персонала. В настоящее время большинство компаний используют автоматические средства оценки знаний при первичном приеме на работу электротехнического персонала такие как «АСОП-Эксперт», электронная обучающая и тестирующая система «Электробезопасность», компьютерная обучающее-контролирующая система «ОЛИМП:ОКС». Рассмотрим эти системы более подробно.

Знание действующих Правил, инструкций и норм – это залог безопасной работы. Доскональное знание действующих нормативных документов приведет к качественному, быстрому и безопасному разрешению повседневных рабочих ситуаций и устранению неполадок в сетях.

ПК «АСОП-Эксперт» [5] представляет собой комплексное решение для эффективной организации процессов обучения и аттестации персонала энергетики и сопутствующих отраслей в структурах любого уровня - от производственного предприятия – до регионального центра обучения. ПК «АСОП-Эксперт» соответствует последним существующим техническим требованиям к оборудованию и программному обеспечению, в том числе при работе в сетевом режиме любой сложности.

ПК «АСОП-Эксперт» может применяться как на отдельных локальных компьютерах, так и в корпоративной сети предприятия с любым количеством пользователей. Назначение ПК «АСОП-Эксперт» – оптимизация процессов изучения и проверки знаний нормативно-технических и распорядительных документов, регламентирующих требования к оборудованию и персоналу объектов электроэнергетики. Категории подготавливаемого персонала – руководители и специалисты, оперативный персонал энергопредприятий. Этапы подготовки, на которых может быть использована программа – подготовка и квалификационные проверки знаний руководителей и специалистов, оперативного персонала энергопредприятий любого уровня, соревнования и конкурсы профмастерства. ПК «АСОП-Эксперт» является дальнейшим развитием широко используемого в энергетике комплекса тренажерно-тестовых программ «АСОП»

и «АСОП-Инфосреда» («Автоматизированная Система Обучения Персонала»). Широкая реализация программного комплекса «АСОП-Эксперт» началась с 01 июля 2009 года. В состав комплекса входит постоянно обновляемая база тестовых заданий и библиотека нормативных документов. На данный момент количество документов в электронной библиотеке – более 400 наименований; удобная система поиска по наименованиям, разделам, главам и параграфам документов позволяет использовать ее в качестве самостоятельного информационного ресурса.

Об эффективности использования автоматических средств оценки знаний при первичном приеме на работу электротехнического персонала «АСОП-эксперт» говорит увеличение компаний закупающих программный комплекс.

Электронная обучающая и тестирующая система «Электробезопасность» [4] разработана для совершенствования подготовки к экзаменам и проверки знаний электротехнического персонала в организациях. Данная программа разработана в Московском институте энергобезопасности и энергосбережения. Избрана единая методология построения тестов для самоконтроля и контроля знаний. Задания для самоконтроля знаний включают в себя элементы обучения, работнику сообщаются правильные ответы, которые сопровождаются комментариями в ряде случаев. Прямое и единственное назначение экзаменационных тестов является проверка у персонала организаций знания требований нормативно-технических документов по безопасному использованию электроустановок.

Разработанная компьютерная программа содержит следующие типы тестовых заданий:

- множественный выбор (из пяти вариантов ответов на заданный вопрос только один правильный);
- множественный ответ (из пяти вариантов ответов несколько правильных);
- выявление правильной последовательности (расстановка вариантов ответов в соответствии с последовательностью выполнения заданий);
- комбинированные виды тестовых заданий.

Компьютерная обучающе-контролирующая система «ОЛИМП:ОКС» [2] является совместной работой НТЦ «Промышленная безопасность» и консалтинговая группа «Термика». Разработали комплекс учебно-методического обеспечения по курсу «Электробезопасность для электротехнического персонала организаций». Комплекс включает в себя четыре учебных курса: «Обучение и проверка уровня знаний у электротехнического и электротехнологического персонала организаций (II; III; IV; V группа допуска)». Что касается I группы допуска по электробезопасности, она присваивается неэлектротехническому персоналу организации путем проведения инструктажа, завершаемого проверкой знаний в форме устного опроса и записью в журнале учета проверки знаний без оформления протокола проверки знаний. В связи с этим разработка самостоятельного учебного курса для неэлектротехнического персонала была признана нецелесообразной.

Учебные курсы «Обучение и проверка знаний электротехнического персонала организаций» содержат следующие темы:

- Общие сведения об электроустановках.
- Общие положения действующих норм и правил при работах в электроустановках.
- Требования к персоналу и его подготовке.
- Порядок и условия безопасного производства работ в электроустановках.
- Заземление и защитные меры безопасности. Молниезащита.
- Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках.
- Правила освобождения пострадавших от электрического тока и оказание первой доврачебной помощи.

При разработке данного комплекса были реализованы следующие основные методологические принципы:

- полнота (курс разбит на отдельные темы, которые охватывают все требуемые вопросы в области электробезопасности);

- достоверность (все нормативные материалы воспроизводятся в электронном виде из официальных источников);
- универсальность (тестовые задания могут использоваться при закреплении знаний, при изучении отдельных тем, и эти же задания входят в экзаменационные билеты);
- целостность (ни одно из заданий не может быть изъято из системы без потери ее качественных показателей).

Таким образом, безопасность работы персонала электроэнергетических предприятий - одна из приоритетных задач энергетики. Для оценки знаний при первичном приеме на работу электротехнического персонала все чаще используют автоматические средства. Данный вид проверки знаний является не эффективной, хотя можно сказать, что это вспомогательный комплекс, так как организации используют данный вид оценки знаний, но смертельные случаи не уменьшаются. Тестовые комплексы проверки знаний не позволяют наиболее качественно подбирать и вовремя «отсеивать» электротехнический персонал на энергетических производствах. При написании теста работник может просто угадать правильный вариант ответа из предложенных ему, что не может говорить о его профессиональных навыках. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что необходимо проводить дополнительное собеседование с работником, для того, чтобы узнать его степень адекватности и уровень знаний в данной сфере, либо использовать дополнительные автоматизированные системы проверки уровня знаний у электротехнического персонала, в которых тестируемому не предоставлены варианты ответов. Например, такая программа как Тест-кейс (от англ. Test Case – тестовый случай) [1] – это набор исходных значений, созданный для выполнения тестируемым персоналом определенных шагов с целью получения результата, на основании которого можно сделать вывод о соответствии данного работника к предъявляемым требованиям электротехнической организации. Данный продукт описывает поэтапные шаги, задаются конкретные параметры и условия, для любой ситуации. В этом случае, у тестируемого не будет выбора из предложенных вариантов и его ответ будет состоять исходя из собственных знаний и опыта. Это позволит сохранить время и силы у работников организаций.

Возможно применение данных видов тестирования персонала как друг друга дополняющих позволит энергетическим организациям более качественно выбирать электротехнический персонал, объективно оценивать знания специалистов и судить о качестве подготовки, что может позволить снизить производственный травматизм и несчастные случаи со смертельным исходом из-за плохо подобранного персонала.

### Литература

1. Булат А. Команда ПроТестинг : [Электронный ресурс] // Артефакты и документация в тестировании тестовый случай (Test case). URL: <http://www.protesting.ru/testing/testcase.html> (дата обращения: 21.10.2017).
2. Консалтинговая группа Термика : [Электронный ресурс] // Использование компьютерных технологий при обучении и проверке знаний электротехнического персонала организаций по электробезопасности. URL: <http://olimpoks.ru/learning/po/olimp/> (дата обращения: 21.10.2017);
3. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации : [Электронный ресурс] // Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ) //утвержд. приказом от 24.07.2013 № 328 Н. URL: <http://www.consultelectro.ru/articles/POTEU> (дата обращения: 21.10.2017).
4. Московский институт энергобезопасности и энергосбережения [Электронный ресурс]. Электрон. журн. М. : МИЭиЭ, «Энергобезопасность в документах и фактах» № 1 (13), 2007. URL: <http://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2017).

5. Общество с ограниченной ответственностью «ТМК-Центр» : [Электронный ресурс] // Использование программных модулей. URL: <http://www.asop-expert.ru/> (дата обращения: 21.10.2017).

6. Ростехнадзор России : [Электронный ресурс] // Доклад Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2016 г. URL: <http://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 21.10.2017).

УДК 621.9.047

**Василевская С. И., Джавадова С. В.**

*Научный руководитель: Рахимьянов Х. М., д. тех. н., профессор, зав. кафедрой ТМС НГТУ*

### **УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОШИВКИ ОТВЕРСТИЙ С ПОДВИЖНЫМ АНОДОМ**

В работе рассматривается конструкция экспериментальной установки для получения малых отверстий. Показано, что в условиях использования схемы электрохимической размерной обработки с подвижным анодом осуществляется формирование отверстий без образования конуса. Установлено, что производительность прошивки отверстий увеличивается за счет стабилизации межэлектродного зазора. Для устранения конусности в отверстии в работе предложено использовать катод – инструмент с изолированной боковой поверхностью.

*Ключевые слова: электрохимическая размерная обработка, катод – инструмент, межэлектродный зазор, анод, электрохимическая установка, прошивка отверстий.*

На сегодняшний день в медицине, авиационной и оборонной промышленности, приборо- и машиностроении, а также в инструментальной отрасли существуют проблемы изготовления деталей малых габаритов, размеры обрабатываемых поверхностей которых составляют доли миллиметра. Подобного рода детали получили название «микроизделия».

В работах авторов [1–5] отмечено, что традиционная механическая обработка при формообразовании малых отверстий диаметром менее 1 мм зачастую неприемлема, что обуславливает необходимость использования такого метода обработки, как электрохимическая прошивка полым катодом с подачей электролита через центральное отверстие.

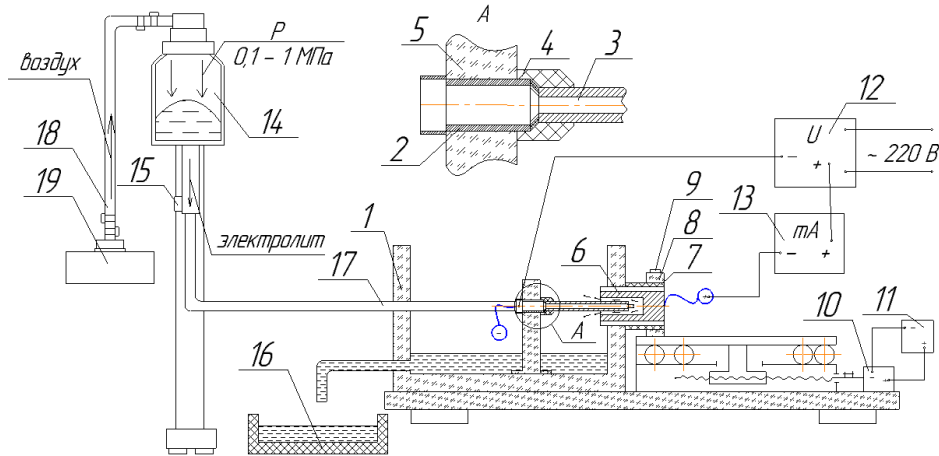
В работах [2, 4] представлены результаты электрохимической прошивки малых отверстий неподвижным катодом – инструментом. В результате экспериментальных исследований было выявлено несколько ограничений при использовании данного метода, таких как появление конусности, а также снижение производительности по мере углубления отверстия. Выявленные ограничения при прошивке малых отверстий с использованием традиционной схемы обработки с неподвижным электродом также подтверждаются данными, представленными в работах [6–8].

Для устранения подобного рода ограничений в настоящей работе предложено использовать схему с подвижным электродом (анодом).

Технологические эксперименты по прошивке отверстий с использованием электрохимической размерной обработки проводились на специально разработанной и изготовленной установке, схема которой представлена на рис. 1. Экспериментальная установка обеспечивает электрохимическую размерную обработку при стабилизации величины межэлектродного зазора за счет перемещения анодного узла. Конструкция установки включает в себя двухэлектродную электрохимическую ячейку, состоящую из корпуса ячейки (1); катодного узла, состоящего из корпуса иглодержателя (2), иглы (3), накидной гайки (4), который закреплен на



стойке (5); анодного узла, состоящего из обрабатываемого образца (6), установленного в электроизолирующей оправке (7), которая закреплена в стойке (8) винтом (9); привода с электродвигателем (10); источника питания двигателя (11); технологического источника (12); прибора для измерения значения тока (13); резервуара (гидроаккумулятора) (14) с краном (15) для подачи струи электролита; емкости для слива электролита (16); системы трубопроводов подачи электролита (17) и воздуха (18); компрессора (19), создающего рабочее давление в пневмосистеме.



**Рис. 1. Схема экспериментальной установки для электрохимической прошивки малых отверстий**

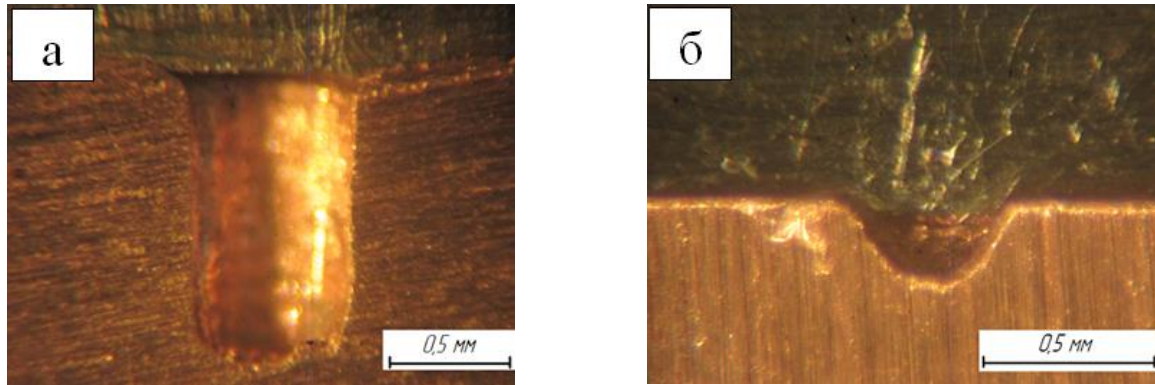
В качестве материала образца (6) использовалась медь марки М1 (ГОСТ 859-2001). Полым катодом – инструментом (3) служила медицинская игла с соотношением внутреннего и наружного диаметров 0,26/0,46 мм и длиной  $l = 10$  мм.

Установка межэлектродного зазора на необходимый размер осуществляется изменением положения рабочего электрода (анода) (6) в стойке (8) с последующей фиксацией винтом (9). Катод – инструмент (3) устанавливается в иглодержателе (2) и фиксируется накидной гайкой (4).

Перед технологическими экспериментами гидроаккумулятор (14) заполняется электролитом. Механическим редуктором компрессора (19) выставляется рабочее давление в пневмосистеме (18). Струя электролита под давлением поступает в электрохимическую ячейку через центральный канал катода – инструмента (3) на поверхность рабочего электрода (анода) (6). Перемещение образца (6) осуществляется электродвигателем (10), работающего от источника (11). Слив электролита из ячейки осуществляется в емкость (16). Рабочий электрод (анод) (6) и катод – инструмент (3) подключены к технологическому источнику (12).

Для электрохимической прошивки отверстий использовался 5 % водный раствор нейтральной соли  $\text{NaNO}_3$ , выбор которого описан в работах [1, 3]. Подача электролита через полый катод – инструмент осуществлялась при избыточном давлении  $P = 0,3$  МПа. Время прошивки отверстий составляло 2 мин. Первоначальный зазор между рабочим электродом (анодом) и катодом – инструментом равнялся  $\Delta = 0,1$  мм. Экспериментальные исследования проводились при технологическом напряжении  $U = 10$  В. Перемещение анодного узла осуществлялось непрерывно с подачей  $S = 0,5$  мм/мин.

Результаты экспериментов по обработке с использованием схемы электрохимической прошивки со стабилизацией межэлектродного зазора свидетельствуют о существенном увеличении скорости обработки по сравнению со схемой неподвижных электродов (рис. 2, а, б).



**Рис. 2. Геометрия поперечного сечения отверстия после 2 мин электрохимической прошивки в 5%  $\text{NaNO}_3$ ;  $P = 0,3$  МПа;  $U = 10$  В;  $\Delta = 0,1$  мм: а – схема со стабилизацией межэлектродного зазора; б – схема неподвижного анода**

Анализ результатов показал, что в условиях применения схемы подвижного анода осуществляется формирование отверстия без образования конуса в отверстии.

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований установлено, что производительность прошивки отверстий увеличивается за счет стабилизации межэлектродного зазора в течение всего периода обработки. Наблюдаемая незначительная конусность отверстия объясняется рассеивающей способностью электролита при использовании неизолированного по боковой поверхности катода – инструмента. Устранение данного дефекта возможно при использовании катода – инструмента с изолированной боковой поверхностью.

### Литература

1. Рахимьянов Х. М., Василевская С. И. Выбор электролитов для электрохимической обработки отверстий малого диаметра в меди // *Научно-технические технологии в машиностроении*. 2017. № 4 (70). С. 17–24.
2. Рахимьянов Х. М., Василевская С. И. Особенности формообразования малых отверстий в меди при электрохимической обработке в водных хлоридных растворах // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2017. № 2 (75). С. 6–16.
3. Рахимьянов Х. М., Василевская С. И., Журавлева А. В. Подбор анионного состава электролита для прошивки малых отверстий в меди // *Инновации в машиностроении (ИнМаш-2017)*: сб. тр. 8 междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 28–30 сент. 2017 г. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 126–131.
4. Рахимьянов Х. М., Василевская С. И. Технологические возможности электрохимической обработки отверстий неподвижным катодом-инструментом // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2016. № 2 (71). С. 12–20.
5. Рахимьянов Х. М. Современные электрофизические технологии в машиностроении // *Инновации в машиностроении (ИнМаш-2017)*: сб. тр. 8 междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 28–30 сент. 2017 г. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 266–277.
6. Байсупов И. А. *Электрохимическая обработка металлов*. М.: Высш. школа, 1981. 152 с.
7. Седыкин Ф. В. *Размерная электрохимическая обработка деталей машин*. М.: Машиностроение, 1976. 346 с.
8. Черепанов Ю. П., Самецкий Б. И. *Электрохимическая обработка в машиностроении*. М.: «Машиностроение», 1972. 117 с.

УДК 621.9.047

*Давыдова С. А., Иванова Ю. С., Юсупов А. С.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИПОЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ОТ-4 В 10 % ВОДНОМ РАСТВОРЕ ХЛОРИДА НАТРИЯ**

Проведено исследование анодного поведения титанового сплава ОТ-4 с применением биполярных импульсов с частотой 0,1 Гц в 10 % водном растворе хлорида натрия.

*Ключевые слова:* электрохимическое растворение, биполярные импульсы, титановый сплав ОТ-4, плотность тока.

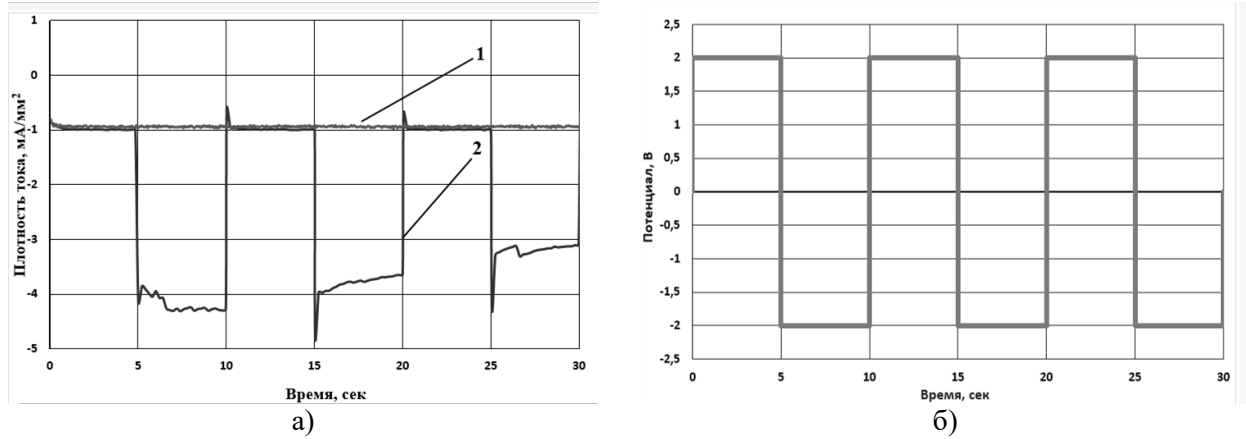
В настоящее время титановые сплавы применяются практически во всех отраслях промышленности, благодаря таким свойствам как: высокая прочность, жаропрочность, а также высокая коррозионная стойкость в агрессивных средах [1]. Однако титановый сплав имеет один существенный недостаток. Это его плохая обрабатываемость механическим резанием. Например, при точении титана зона резания характеризуется высокой температурой (в 2,2 раза выше, чем при точении стали 45) в результате чего титан налипает на режущий инструмент [2, 3]. Кроме того образование тонкой стружки и тем более пыли может привести к ее самовозгоранию и интенсивному горению. По этой причине не допускается резание титана со скоростями более 100 м/мин, а также скопление стружки в большом объеме [3]. Таким образом, все чаще и чаще для титановых сплавов применяют электрохимическую размерную обработку, основанную на электрохимическом растворении материала в токопроводящей среде под действием электрического тока [4]. Однако при использовании данного метода обработки производительность процесса невысока. По этой причине на данный момент производится поиск методов активации процесса электрохимического растворения.

Исследование анодного поведения титанового сплава ОТ-4 в водном растворе хлорида натрия, представленные в работе [5], показало, что данный материал не растворяется в указанном составе электролита. Вероятной причиной этого может служить образование на поверхности образца окисных пленок. Повышение концентрации соли с 10 до 20 % не привело к изменению анодного поведения материала.

Одним из вариантов интенсификации процессов электрохимического растворения материалов является повышение температуры. Однако данные работы [6] свидетельствуют, что повышение температуры электролита до 50 °С не оказывает существенного влияния на анодное растворение материала.

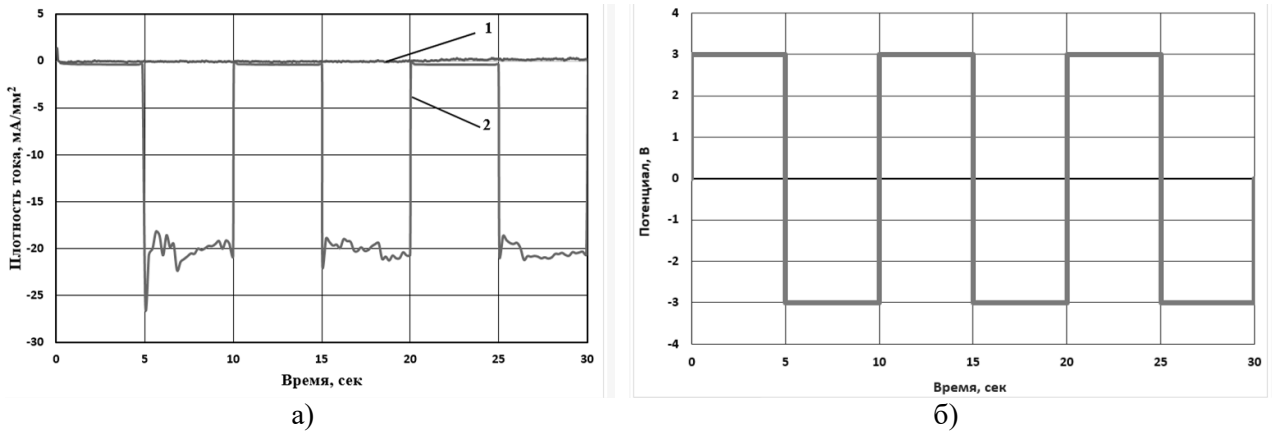
В последнее время для электрохимического растворения материалов, склонных к образованию пленок на поверхности, применяют импульсную электрохимическую обработку [7, 8]. Сущность данного метода заключается в периодической подаче на исследуемый образец прямой и обратной полярности. В период подачи на электрод–исследуемый образец прямой полярности происходит электрохимическое растворение материала, в период обратной – идут процессы катодного характера. Параметры скважности импульсов, симметричность/асимметричность импульсов определяются для каждого сочетания материал–электролит индивидуально на основании экспериментальных данных.

В данной работе было произведено исследование анодного растворения титанового сплава ОТ-4 в 10 % водном растворе хлорида натрия при потенциалах 2, 3 и 4 В при длительности импульсов прямой и обратной полярности 5 секунд (частота 0,1 Гц). Результаты исследований представлены на рисунках 1, 2, 3. Значения потенциалов были выбраны из разных участков поляризационной кривой, сделанных при помощи потенциодинамического метода, представленных в работе [4].



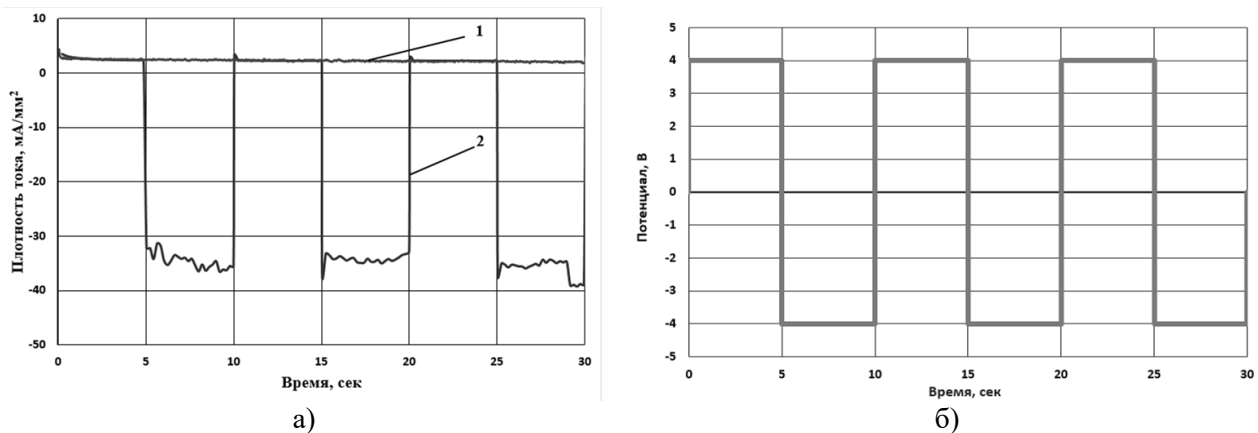
**Рис. 1. Результаты исследований:**

а – поляризационная кривая, полученная для титанового сплава ОТ-4  
в 10 % водном растворе хлорида натрия при потенциале 2 В:  
1 – при постоянном значении потенциала, 2 – при использовании биполярных импульсов;  
б-форма сигнала импульсов прямой и обратной полярности



**Рис. 2. а – поляризационная кривая, полученная для титанового сплава ОТ-4  
в 10 % водном растворе хлорида натрия при потенциале 3 В:**

1 – при постоянном значении потенциала, 2 – при использовании биполярных импульсов;  
б – форма сигнала импульсов прямой и обратной полярности



**Рис. 3. а – поляризационная кривая, полученная для титанового сплава ОТ-4  
в 10 % водном растворе хлорида натрия при потенциале 4 В:**

1 – при постоянном значении потенциала, 2 – при использовании биполярных импульсов;  
б – форма сигнала импульсов прямой и обратной полярности

Анализ поляризационных кривых указывает на тот факт, что применение биполярных импульсов с длительностью прямой/обратной полярности 5/5 сек ни для одного из исследованных потенциалов не привел к увеличению плотности тока по сравнению с наложением постоянного потенциала. Таким образом, первоначальное предположение о том, что катодные процессы (образование, рост пузырьков и их отрыв – на поляризационной кривой в виде осцилляций плотности тока в период обратной полярности) могут сыграть положительную роль в активации процесса растворения за счет срыва окислой пленки, образующейся на титане, не подтвердилось.

**Выводы.** Использование биполярных импульсов с длительностью прямой и обратной полярностью 5 секунд в диапазоне потенциалов от 0 до 5 В не приводит к изменению характера анодного растворения титанового сплава ОТ-4. Электрохимического растворения материала не происходит. Возможной причиной такого поведения является тот факт, что для пробоя образованной окисной пленки требуется более высокие значения потенциалов или увеличение частоты импульсов.

### Литература

1. Колачев Б. А., Ливанов В. А., Буханова А. А. Механические свойства титана и его сплавов. М. : Металлургия, 1974 г. 544 с.
2. Гуревич Я. Л., Горохов М. В., Захаров В. И. [и др.]. Режимы резания труднообрабатываемых материалов : Справочник. 2-е изд. перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1986. 240 с.
3. Ящерицын П. И., Еременко М. Л., Жигалко Н. И. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник для машиностроит. спец. вузов. 2-е изд. доп. и перераб. Минск : Высшая школа, 1981. 560 с.
4. Черный Д. Б., Черныш И. Г., Приходько Г. П., Горгонтий О. А. Электрохимическая обработка титановых сплавов и тенденции ее развития // Электронная обработка материалов. 1989. № 4. С. 34–38.
5. Иванова Ю. С. Поляризационное исследование анодного поведения титана ОТ-4 в водном растворе хлорида натрия // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 9 ч., Новосибирск, 5–9 дек. 2016 г. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. Ч. 3. С. 311–312.
6. Иванова Ю. С., Гаар Н. П. Исследование влияния концентрации соли в электролите и его температуры на анодное поведение титанового сплава ОТ-4 в водном растворе NaCl = Research of influence of concentration of salt in electrolyte and its temperatures on anode behavior of titanium alloy OT-4 in aqueous solution NaCl // Актуальные проблемы в машиностроении = Actual problems in machine building : науч.-техн. и произв. журн. 2017. Т. 4, № 3. С. 24–27.
7. Косов В. П. Применение периодического тока с обратным импульсом при исследовании основных параметров электрохимического формообразования // Электронная обработка материалов. 2003. № 3. С. 9–13.
8. Саушкин Б. П., Атанасянц А. Г., Сычков Г. А. Проблемы и перспективы развития импульсной электрохимической размерной обработки // Электронная обработка материалов 2003. № 2. С. 10–22.

УДК 53.07

*Ельников А. В., Шадрин Г. А., Кочеров С. А.*

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ФОТОННОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДЕОФАЙЛОВ

В статье рассмотрен вопрос создания автоматизированного анализатора мутных сред. Анализ среды основывается на модифицированном методе динамического рассеяния света. В статье представлена методика эксперимента, а также скриншоты из программы-обработчика данных.

*Ключевые слова:* спектроскопия, корреляционный анализ, обработка видеофайлов, программирование.

**Введение.** Фотонная корреляционная спектроскопия – это сравнительно новая и быстро развивающаяся область физики. Она соприкасается с областями знаний: физикой, биологией, химией, техникой. На всех этапах своей эволюции человечество взаимодействует с окружающей средой. Водная оболочка, воздушная оболочка и недра Земли в настоящее время подвержены усиливающемуся негативному воздействию со стороны человека. Самым глобальным и значимым является выброс в окружающую среду веществ, не естественного происхождения. Ярким примером таких загрязнений являются – газообразные и аэрозольные отходы промышленного производства. В результате деятельности многих предприятий возникают отходы в виде мелких твердых или жидких частиц, оказывающих потенциальную опасность для человека.

Данная работа актуальна в области охраны труда и безопасности жизнедеятельности человека. Возникают ситуации, когда возникает необходимость в реальном времени фиксировать процессы зарождения пылевого облака и динамику его изменения во времени в конечном пространстве. Требование своевременного и быстрого контроля уровня засоренности не позволяет применять известные методы определения размеров микрочастиц посредством отбора проб и лабораторного анализа.

Данная статья посвящена созданию автоматизированного экспресс-анализатора (работа которого основана на модифицированном методе динамического рассеяния света) оценки динамики запыленности атмосферы жидкими и твердыми микрочастицами, способном провести анализ в заданном месте без влияния на измеряемый объект в любой момент времени.

**Методика эксперимента.** Способ нахождения размеров частиц заключается в измерении и дальнейшем анализе осцилляций во времени, яркости (интенсивности) рассеиваемого излучения на микрочастицах. Из-за случайного движения растворенных, в другом веществе, микрочастиц, вызываемого неуравновешенными колебаниями молекул вещества, внутри которого растворены микрочастицы, яркость рассеиваемого излучения колеблется вокруг своего среднестатистического значения яркости.

При прохождении сфокусированного луча через такую среду, будет происходить частичное рассеивание излучения на молекулах, растворенных в среде. Осцилляции яркости, частично рассеиваемого, излучения будут соответствовать осцилляциям локального сосредоточения растворенных в веществе микрочастиц. Информация о скорости движения диффундирующих частиц в веществе (коэффициенте диффузии частиц) связана корреляционной зависимостью с флуктуациями яркости излучения [1].

Автокорреляционная функция (или АКФ), в своем классическом представлении, выглядит следующим образом:

$$G(\tau) = \langle I(0) * I(t - \tau) \rangle = \lim_{t_m \rightarrow \infty} \frac{1}{t_m} \int_0^{t_m} I(t) * I(t - \tau) dt . \quad (1)$$

где яркость (или интенсивность излучения)  $I$  принимает не одинаковое значение в моментах  $t$  и  $(t-\tau)$ .  $t_m$  – время в течении которого АКФ изменяет свое значение.

Можно утверждать, что в подобной среде АКФ яркости излучения рассеиваемого света снижается, с течением времени, по экспоненциальному закону и время перехода среды в равновесное состояние однозначно зависит от  $D$ . Функция корреляции яркости рассеиваемого излучения (для случая квадратичного детектирования) имеет вид:

$$G(\tau) = a * \exp\left(\frac{-2*\tau}{\tau_c}\right) + b . \quad (2)$$

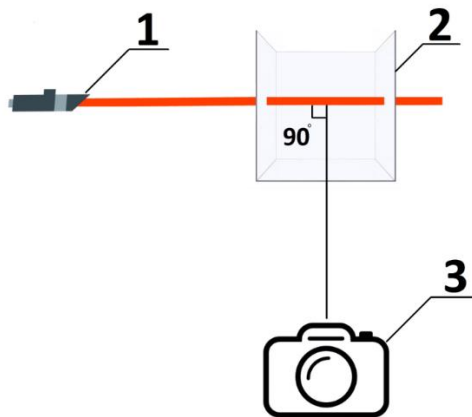
$$\frac{1}{\tau_c} = D_t * q^2 . \quad (3)$$

Волновой вектор флуктуаций концентрации описывается выражением:

$$q = \frac{4*\pi*n}{\lambda} * \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (6)$$

В формулах 2, 3:  $a$  и  $b$  – эмпирические числа,  $n$  – отношение фазовых скоростей света в вакууме и в веществе, в котором распределены частицы,  $\lambda$  – длина волны лазерного излучения и  $\theta$  – угол рассеивания света.

В лабораторных условиях был создан стенд, на котором проводятся серии экспериментов с рассеянием лазерного излучения на частицах коллоидных растворов. Коллоидный раствор находится в прозрачной кювете, через которую проходит лазерный луч. Структурная схема стенда представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Структурная схема стенда:**

1 – лазер; 2 – кювета с коллоидным раствором; 3 – цифровая камера

Новизна метода заключается в том, что вместо стандартного оборудования (спектрофотометры), в качестве детектора рассеянного света и используется видеокамера. Компьютерная обработка видеофайла позволяет определить параметры рассеяния света на частицах, и параметры частиц.

Помещение, в котором проводится эксперимент, должно быть без посторонних источников света (единственный источник света – это лазер), чтобы камера детектировала только рассеяние лазерного света. Съемка кюветы ведется под углом 90 градусов к оси распространения лазерного луча.

**Состав оборудования.** Все эксперименты проводятся в лаборатории оптики СурГУ, на специально организованном стенде. Стенд (рис. 2) состоит из следующих частей:

- Лазер – в данной работе используется гелий неоновый лазер. Он имеет рабочую длину волны 632,8 нм, расположенную в красной части видимого спектра.

- Камера – нужна цифровая камера высокого разрешения, чем выше качество съемки, тем точнее результаты измерения.
- Химические вспомогательные средства – прозрачные кюветы в которых будут находиться растворы, а также растворы с заранее известными характеристиками для проверки результатов работы.

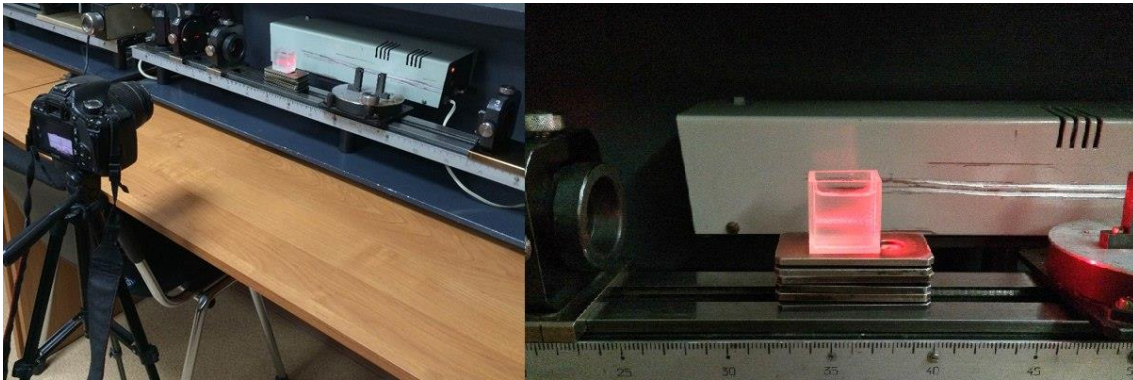


Рис. 2. Фотография стенда

**Обработка экспериментальных данных.** Поскольку автокорреляционная функция строится для интенсивности рассеянного света на определенной области видеофайла, необходимо извлечь эту информацию из видеофайла. Эта область представлена отдельным пикселем (который может содержать частицу, на которой рассеивается свет). Для решения данной задачи была реализована программа на языке C++ с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Интенсивность излучения в OpenCV представлена аддитивной цветовой моделью RGB, значение каждого из трех базовых составляющих изменяется в диапазоне от 0 до 255 [3] [4]. Интерфейс программы представлен на рисунке 3.

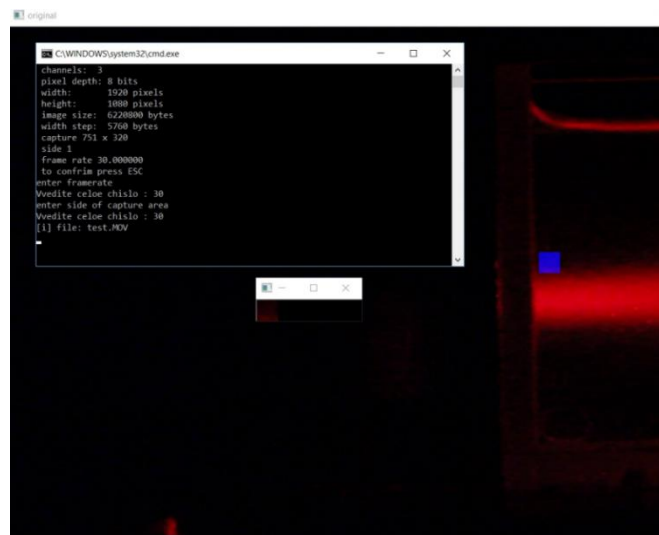


Рис. 3. Интерфейс программы для обработки видеофайла

Реализованная программа обладает следующим функционалом:

- Возможность выделения области видеофайла.
- Регистрация значения интенсивности в каждый момент времени.
- Архивация данных.
- Расчет автокорреляционной функции.
- Интерпретация и визуализация данных.



Были проведены опыты, в которых рассеяние света лазера производилось на кювете с молоком (0,05 грамм на 200 мг воды). Кадр исследуемого видеофайла и автокорреляционная функция, соответственно, представлены на рисунках 4 и 5.

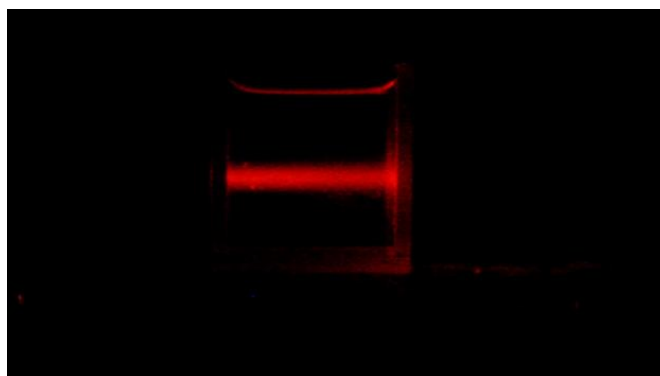


Рис. 4. Кадр из исследуемого видеофайла

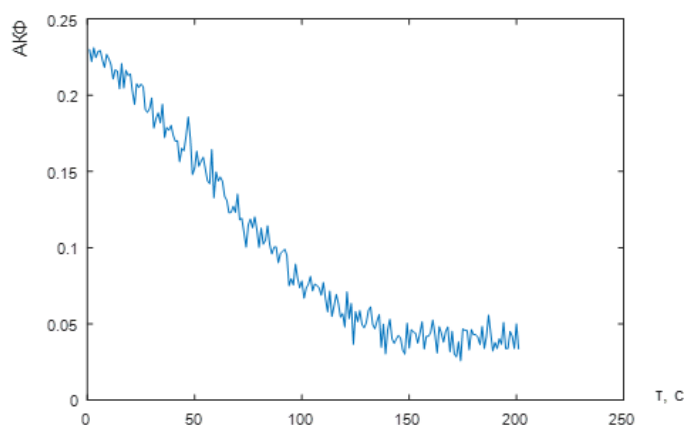


Рис. 5. Автокорреляционная функция рассеиваемого света на молекулах молока растворенных в воде

**Заключение.** В ходе экспериментов был рассчитан размер молекул молока растворенных в воде. Рассчитанное значение составило  $0,000004797\text{м}$  (или  $4,8\text{ мкм}$ ). Величина жировых шариков колеблется от  $0,5$  до  $10\text{ мкм}$  [2].

### Литература

1. Брандмюллер И., Мозер Г. Введение в спектроскопию комбинационного рассеяния света. М. : Мир, 1964. 627 с.
2. Непомнящая Э. К., Величко Е. Н., Богомаз Т. А., Аксенов Е. Т. Развитие методов лазерной корреляционной спектроскопии для исследования параметров технических и биологических суспензий // Лазеры. Измерения. Информация : сб. докл. 24 междунар. конф. Т. 1. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 295–306
3. Научная электронная библиотека «Киберленинка» [электронный ресурс]: библиотека OPENCV и ее использование в задачах цитофотометрии. Электрон. дан. [2016]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/biblioteka-opencv-i-ee-ispolzovanie-v-zadachah-tsitofotometrii>.
4. OPENCV [электронный ресурс]: официальный сайт библиотеки «компьютерного зрения». Электрон. дан. [2016]. URL: <http://opencv.org/>, свободный.

УДК 620.18

**Иванов И. В., Тёммес А., Руктуев А. А.**

*Научный руководитель: Батаев А. А., д. тех. н., профессор,  
Новосибирский Государственный Технический Университет*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕКСТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА НА ЕГО КОРРОЗИЙНУЮ СТОЙКОСТЬ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ**

В работе проводилось исследование коррозионной стойкости сплавов  $\alpha$ -титана в зависимости от текстуры материалов. При помощи методов вневакуумной электронно-лучевой наплавки, а также холодной прокаткой со степенью деформации 30 и 60 %, были получены образцы  $\alpha$ -титана, с различной поверхностной текстурой. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что поверхностная текстура влияет на коррозионные свойства, а, следовательно, и на биологическую совместимость титановых сплавов. Максимальная коррозионная стойкость соответствует сплавам с базальной ((0001), (0002)) поверхностной текстурой.

*Ключевые слова: титан, поверхностная текстура, коррозионная стойкость.*

Титан известен человечеству с конца XVIII века, однако его применение в медицине начинается лишь в 40-х годах XX века. Именно тогда были проведены первые эксперименты по имплантированию цилиндрических заготовок титана в мягкие ткани животных. Было замечено, что постоперационный период проходит без отрицательных реакций со стороны организма и уже с пятидесятых годов XX века титан и его сплавы активно применяются при имплантировании в человеческий организм [7].

К современным биоматериалам выдвигается ряд требований, связанных с их механической и биологической совместимостью с органическими тканями. Например, металлические биосовместимые материалы не должны иметь в своем составе цитотоксичных элементов, т. к. данные элементы могут являться главной причиной иммунологических реакций и интоксикации тканей организма [5]. Биоматериалы должны обладать оптимальной прочностью, но при этом, значение их жесткости не должно значительно превышать жесткость органической кости, из-за эффекта адаптивной перестройки (экранирования напряжений) [6]. Кроме того, важно чтобы поверхность металлических биосовместимых материалов способствовала биоминерализации гидроксиапатита и клеточной пролиферации, так как эти процессы прямо влияют на показатели качества и скорость остеоинтеграции имплантата.

Существенное влияние на свойства материала, а также его применимость в медицине оказывает кристаллографическая текстура и строение поверхностных слоев, которые меняются в результате обработки материала различными термическими и механическими методами. Причем влияние кристаллографической текстуры материала на коррозионную стойкость, адгезию гидроксиапатита, а также клеточную пролиферацию часто весьма существенно [2]. Несмотря на это, вопрос о влиянии текстуры материала на его коррозионную стойкость и биологическую совместимость редко поднимается в литературе.

Исследуемые образцы  $\alpha$ -Ti были изготовлены из технически чистого титана марки ВТ1-0, а также титанового порошка марки ПТК-1. Для получения различной поверхностной текстуры использовались методы вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошка титана ПТК-1 на подложку ВТ1-0, а также холодной прокатки заготовок титана ВТ1-0.

Наплавка титана осуществлялась в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (г. Новосибирск) на экспериментальном стенде, на базе ускорителя «ЭЛВ-6». Ток пучка

составлял 24 мА, энергия электронов 1,4 МэВ, скорость перемещения заготовки 10 мм/с, размах развертки 50 мм. Режим наплавки подбирался экспериментально на основании результатов проведенных ранее работ [3].

Прокатка осуществлялась с использованием прокатного стана. Относительная степень деформации ( $\epsilon$ ) прокатанных образцов составляла 30 и 60 %.

Обозначение исследуемых образцов в работе: образец, полученный методом вневакуумной электроннолучевой наплавки (ЕВС); образцы после холодной прокатки со степенью деформации 30 % (CR30) и 60 % (CR60).

После формирования текстуры заготовки разрезались, шлифовались с использованием SiC наждачной бумаги с постепенным понижением зернистости до 1000. После этого шла конечная стадия полировки при помощи порошка  $Al_2O_3$ .

Для определения текстуры материала после вневакуумной электронно-лучевой наплавки, методом дифракции отраженных электронов (EBSD), использовался сканирующий электронный микроскоп «Carl Zeiss EVO50 XVP», оборудованный текстурной насадкой. Перед проведением исследований проводилась электрохимическая полировка образца в электролите, состоящем из 57 об. % EtOH, 37 об. % i-ProOH и 6 об. %  $HClO_4$ . Электрополировка проводилась в течение 5 минут при температуре  $-30$  °С. Плотность тока составляла  $\sim 20$  мА/см<sup>2</sup>. Сразу после обработки образцы промывались этанолом и дистиллированной водой.

Для исследования коррозионной стойкости использовался потенциостат-гальваностат «Elins P30-S». Испытания проводились в потенциостатическом стационарном режиме с временем выдержки до 60 часов. В качестве биологической среды был выбран раствор Хэнка с показателем кислотности pH  $\sim 8$ . Концентрации всех компонентов раствора представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрации компонентов раствора Хэнка

Вещество	Молярная концентрация, мМ
NaCl	137
KCl	5,4
$Na_2HPO_4$	0,25
$MgSO_4$	1,0
$KH_2PO_4$	0,44
$CaCl_2$	1,3
$NaHCO_3$	4,2
$C_6H_{12}O_6$ (глюкоза)	5,5

На рисунке 1(а) видно, что в результате вневакуумной электронно-лучевой наплавки,  $\alpha$ -титан имеет текстуру вида (2110). Во первых это связано с тем, что температуры, достигаемые во время обработки электронным пучком превышают температуру фазового перехода  $T_{i\alpha} \rightarrow T_{i\beta}$ , которая составляет 882 °С, в результате чего происходит фазовый переход из  $\beta$  в  $\alpha$  фазу титана. Во-вторых, условия охлаждения после термической обработки неравновесные. Именно большая скорость перехода титана из высокотемпературной в низкотемпературную фазу является главным фактором образования текстуры материала. На рисунке 1(б) представлена карта распределения и обратная полюсная фигура для  $\alpha$ -титана, полученного в результате электронно-лучевой наплавки.

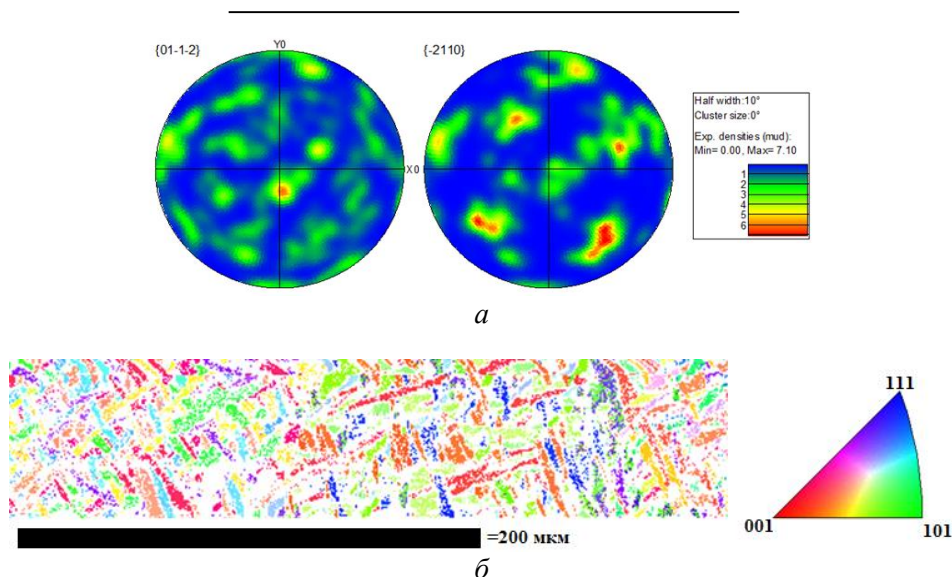


Рис. 1. Обратные полюсные фигуры (а), карта распределения и обратная полюсная фигура (б) образца  $\alpha$ -Ti, полученного в результате вневакуумной электронно-лучевой наплавки.

На рисунке 2 приведены результаты потенциометрических исследований коррозионной стойкости титана. Результаты полученных данных обобщены в таблице 2.

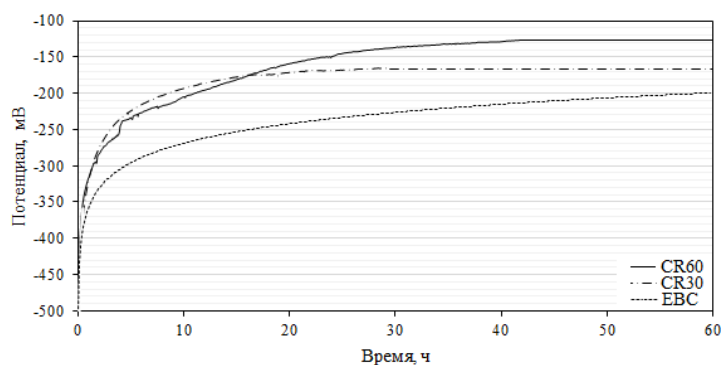


Рис. 2. Кривые зависимости потенциала разомкнутой цепи от времени для образцов  $\alpha$ -титана после холодной прокатки со степенью деформации 60 % (CR60), 30 % (CR30), а также образца, полученного методом электронно-лучевой наплавки (EBC)

Таблица 2

Потенциал разомкнутой цепи и время его стабилизации для образцов  $\alpha$ -титана в растворе Хэнка

	Потенциал, мВ	Время, ч
CR60	-127	40
CR30	-166	29
EBC	-202	60

Как видно из результатов потенциометрических исследований равновесный потенциал увеличивается в ряду EBC, CR30, CR60. Смещение потенциала в положительную сторону указывает на уменьшение скорости анодной реакции и уменьшения тока коррозии, что приводит к пассивации металла в коррозионной среде.

Согласно работе Ли и др. [4] в результате холодной прокатки  $\alpha$ -титана со степенью деформации 60 %, доля базальных плоскостей (0001)  $\langle 1010 \rangle$  и (0001)  $\langle 1120 \rangle$  составляет примерно 20–25 %, а при прокатке со степенью деформации 30 %, доля этих же плоскостей на поверхности титана составляет примерно 13 %. В то же время Баль и др., на примерах Mg [1] и  $\alpha$ -Ti [2], обладающих гексагональной плотнейшей упаковкой, показали, что текстура может стать причиной как повышения, так и понижения коррозионной стойкости материалов, а, следовательно, и их биологической совместимости. По всей видимости это связано с тем, что при образовании преимущественно базальной поверхностной текстуры, повышается концентрация кислорода на поверхности металла. Из-за того, что Ti обладает большим сродством к кислороду ( $\Delta G_{f,298}^0(TiO_2) \cong -888 \frac{\text{кДж}}{\text{г-моль}}$ ), повышается число связей Ti-O, что приводит к увеличению плотности оксидной пленки на поверхности, вследствие чего повышается как коррозионная стойкость, так и биологическая совместимость материалов. Таким образом, смещение потенциала в положительную сторону связано с увеличением количества атомов Ti и O на поверхности металла при его холодной прокатке.

Полученные результаты указывают на то, что коррозионная стойкости, а впоследствии и биологическая совместимость титана, зависит от его поверхностной текстуры. После вневакуумной электронно-лучевой наплавки образуется текстура типа (2110), в то время как холодная прокатка позволяет получить базальную текстуру типа (0001) и (0002). Коррозионная стойкость титана после холодной прокатки, выше, чем коррозионной стойкости материала после наплавки, что связано с образованием базальной поверхностной текстуры и увеличением количества атомов Ti и O на поверхности металла.

### Литература

1. Bahl S., Suwas S., Chatterjee K. The control of crystallographic texture in the use of magnesium as a resorbable biomaterial // RSC Advances. 2014. Т. 4, № 99. С. 55677–55684.
2. Bahl S., Suwas S., Chatterjee K. The importance of crystallographic texture in the use of titanium as an orthopedic biomaterial // RSC Advances. 2014. Т. 4, № 72. С. 38078–38087.
3. Golkovski M. G., Bataev I. A., Bataev A. A., Ruktuev A. A., Zhuravina T. V., Kukshinov N. K., Salimov R. A., Bataev V. A. Atmospheric electron-beam surface alloying of titanium with tantalum // Materials Science and Engineering: A. 2013. Т. 578. С. 310–317.
4. Lee H. P., Esling C., Bunge H. J. Development of the rolling texture in titanium // Texture, Stress, and Microstructure. 1988. Т. 7, № 4. С. 317–337.
5. Niinomi M. Recent metallic materials for biomedical applications // Metallurgical and materials transactions A. 2002. Т. 33, № 3. С. 477–486.
6. Ridzwan M. I. Z., Shuib S., Hassan A. Y., Shokri A. A., Ibrahim M. M. Problem of stress shielding and improvement to the hip implant designs: a review // J. Med. Sci. 2007. Т. 7, № 3. С. 460–467.
7. Эппле М. Биоматериалы и биоминерализация. Томск : Ветер, 2007.

УДК 621.515

*Калинин И. А., Блинов В. Л.*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ С ЛОПАТОЧНЫМ ДИФФУЗОРОМ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

В работе проведено численное моделирование проточной части одноступенчатого центробежного нагнетателя с лопаточным диффузором методом конечных объемов в стационарной и нестационарной постановке. В настоящем докладе описана постановка задач проведенного численного исследования и представлено сравнение полученных результатов с реальной характеристикой центробежного нагнетателя.

*Ключевые слова:* численное моделирование, центробежный нагнетатель, характеристика, стационарный расчет, нестационарный расчет.

Центробежные нагнетатели (центробежные компрессоры) широко применяются на газоперекачивающих станциях отечественной газотранспортной системы (ГТС) для повышения давления и транспорта природного газа по магистральным газопроводам. Получение действительных характеристик центробежных нагнетателей (ЦБН) является актуальной задачей, т. к. они позволяют выбрать рабочую точку, обеспечивающую оптимальный режим работы ГТС и минимизацию расходов топливной-энергетических ресурсов (ТЭР). Основное повышение давления в ступенях ЦБН происходит в рабочем колесе (РК) как за счет разгона потока под действием центробежных сил, так и за счет приращения давления при движении рабочего тела по диффузорным межлопаточным каналам. В кольцевом лопаточном диффузоре (ЛД) вокруг рабочего колеса происходит преобразование скоростного напора в статическое давление [2].

В наше время активно развиваются подходы к численному моделированию течения, которые могут упростить работу и сэкономить время на проведение расчетов и проектирование [1]. При наличии достоверной численной модели, которая соответствует реальным данным работы, можно произвести проектирование новой или оптимизацию существующей проточной части, проанализировать и выбрать нужный режим эксплуатации ЦБН. По результатам численного моделирования, можно получить комплексное представление о течении рабочего тела в каналах нагнетателя.

В качестве объекта исследования был выбран одноступенчатый центробежный нагнетатель с лопаточным диффузором Н-370 производства «НЗЛ». Решение данной задачи выполнено в упрощенной постановке (расчет производился для сектора проточной части – домена с лопаткой, без учета влияния входных и выходных улиток ЦБН, без учета перетечек газа через уплотнения), поскольку полноразмерная постановка задачи является сложно решаемой. Настоящее исследование направлено на получение достоверных характеристик ЦБН, т. к. при решении в стационарной постановке наблюдаются погрешности в характеристиках [3]. Для достижения поставленной цели было выполнено:

1. Построение модели проточной части ЦБН.
2. Разбиение модели на сетку конечных элементов.
3. Задание граничных условий.
4. Нестационарное решение задачи.
5. Сравнение результатов расчетов.

Численное исследование течения природного газа в проточной части рассматриваемого центробежного нагнетателя проводилось в программном продукте Ansys.

1. *Построение модели проточной части ЦБН.* Рабочее колесо выполнено двухъярусным, имеет 24 лопатки (12 длинных и 12 коротких). Особенность таких РК в том, что они лучше работают на нерасчетных режимах по сравнению с колесами, у которых они одинаковые. Лопаточный диффузор имеет 18 лопаток. На рисунке 1 продемонстрирована модель проточной части ЦБН Н-370.

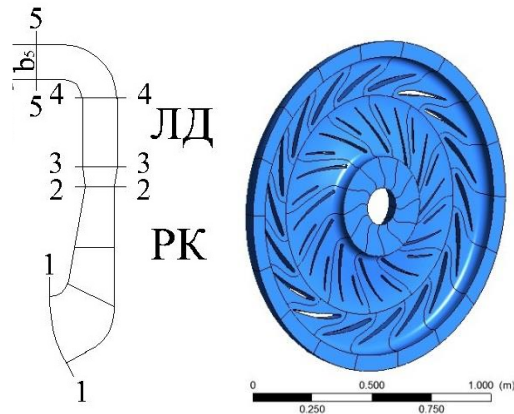
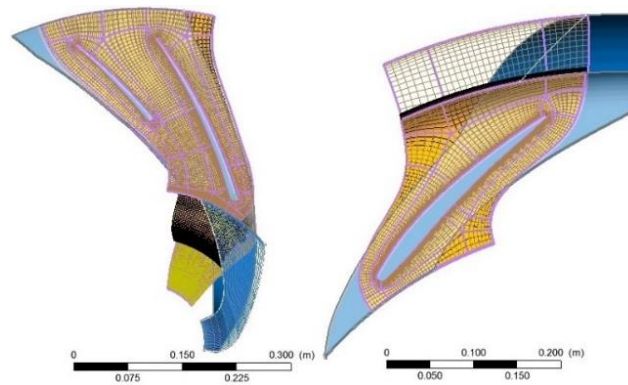


Рис. 1. Модель проточной части ЦБН Н-370

2. *Разбиение модели на сетку конечных объемов.* Расчетная модель ЦБН разбита на структурированную сетку конечных объемов. В таблице 1 продемонстрирована характеристика полученной расчетной сетки и указаны требования для получения качественной расчетной сетки. На рисунке 2 продемонстрирована расчетная сетка для РК и ЛД.

Таблица 1



Характеристика расчетной сетки

Наименование	Minimum face angle Минимальный плоский угол в узле	Maximum element volume ratio Отношение наибольших к наименьшим объемам	Maximum edge length ratio Максимальное отношение длин наибольшей и наименьшей граней ячеек	Размер первой ячейки, мм	Количество элементов, тыс.
Требования к параметру	<20–50	<20	<100	–	–
ЛД	50,3	4,4	90,6	0,2	100
РК	45,9	7,1	99,9	0,07	250

Рис. 2. Расчетная сетка для РК и ЛД

3. *Задание граничных условий.* В ходе расчета были заданы следующие граничные условия: поверхности стенок проточной части и лопаток приняты гидравлически гладкими. Граничные условия на входе в нагнетатель определялись величиной полного давления и полной температуры. Граничные условия на выходе из ступени нагнетателя задавались величиной статического давления. Для упрощенной постановки на периодических границах областей

определялись условия периодического интерфейса между боковыми сторонами расчетной области для каждого венца. На сопрягающихся границах областей, которые принадлежат к разным венцам, определялся интерфейс между вращающейся и неподвижной областью (Stage), который производит интерполяцию между сопрягающимися расчетными сетками с учетом изменения системы координат и выполнения законов сохранения. Моделирование турбулентности осуществлялось с помощью модели SST. Данная модель турбулентности представляет собой комбинацию двух моделей. Для расчета течения в свободном потоке используются уравнения k- $\epsilon$ , а в области вблизи стенок – уравнения k- $\omega$ . В расчете, в качестве рабочего тела, выбрана следующая модель: CH<sub>4</sub>RK [1, 3].

4. *Нестационарное решение задачи.* Для выполнения нестационарного расчета необходимо начать с результатов предварительно сошедшегося стационарного расчета в той же самой расчетной области, в которой планируется получить нестационарное решение. Поскольку, при отсутствии стационарного расчета время на сходимость результатов может значительно возрасти, был выполнен стационарный расчет, описанный выше. Нестационарный расчет необходим для того, чтобы получить детальную картину распределения параметров и представление о движении самого потока в межлопаточном канале, поэтому было принято решение выполнить данный расчет и сравнить с ранее полученными результатами. Граничные условия не изменяются, поскольку расчет начинался с предварительно сошедшегося стационарного расчета. В качестве расчетного шага было задано перемещение равное стороне ячейки расчетной сетки. Каждый шаг рассчитывался пятью итерациями, а количество шагов соответствует перемещению на один домен, т. к. расчет произведен в неполной постановке.

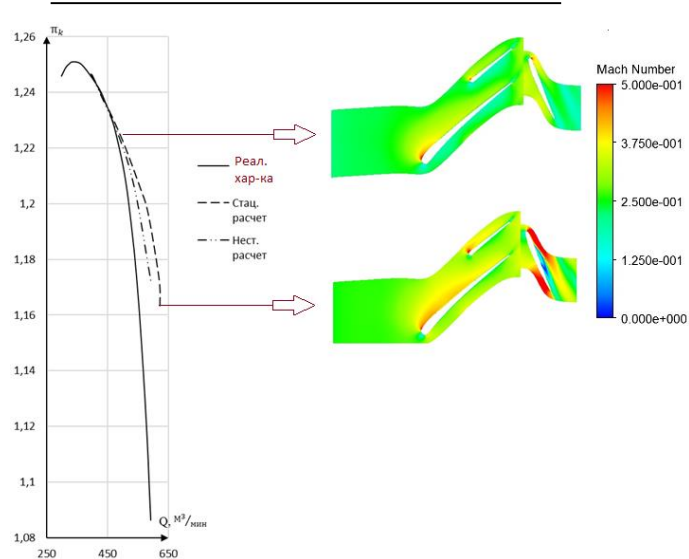
5. *Сравнение результатов расчетов.* В таблице 2 представлены отклонения по четырем точкам характеристики для двух расчетов. На рисунке 3 показано наложение полученных характеристик на реальную эксплуатационную характеристику нагнетателя. Также на рисунке 3 показано распределение числа Маха в среднем сечении при  $\pi_k = 1,225$  и  $1,163$ .

Таблица 2

**Отклонение расчетных характеристик**

	Теоретический расчет	Стационарный расчет	Нестационарный расчет
$\pi_k$	1,247		
Q, м <sup>3</sup> /мин	390	398	395
отк-е, %	-	2,1	1,3
$\pi_k$	1,225		
Q, м <sup>3</sup> /мин	478	490	483
отк-е, %	-	2,5	1,0
$\pi_k$	1,206		
Q, м <sup>3</sup> /мин	515	558	539
отк-е, %	-	8,3	4,7
$\pi_k$	1,173		
Q, м <sup>3</sup> /мин	547	621	593
отк-е, %	-	13,5	8,4





**Рис. 3. Характеристика степени повышения давления ( $\pi_k$ ) от объемной производительности ( $Q$ ) при номинальной частоте вращения и распределение числа Маха в среднем сечении при  $\pi_k = 1,225$  и  $1,163$**

В области высокого повышения давления характеристика совпадает, что касается области низкого повышения давления, то получено завышение по объемному расходу. Получение достоверных характеристик в области больших расходов затруднительно, поскольку возникают срывы потока в ЛД, которые видны на рисунке 3 снизу (область низкого повышения давления). Синяя область на картине распределения числа Маха в ЛД – это визуализация срывов потока с лопатки. Во время срыва происходит значительное уменьшение полного давления потока. Срывы потока приводят к неблагоприятным нерасчетным режимам работы, точность моделирования которых низкая, что определяет полученные отклонения в характеристиках. Нестационарный расчет в неполной постановке показал, что расчетные отклонения становятся меньше относительно стационарной постановки. В целом погрешность расчета снизилась примерно в 1,7 раз, что касается времени расчета, то оно увеличилось в 3–4 раза по сравнению со стационарным расчетом.

В ходе данного исследования была построена расчетная модель проточной части ЦБН, произведена ее адаптация для расчета методом конечных объемов в стационарной и нестационарной постановках, а также были получены первые расчетные характеристики и проанализированы параметры потока. Следующим этапом исследования станет расчет в полной постановке. Такой вариант предполагает включение в расчетную область всей геометрии целиком. При таком подходе, при высоком сеточном разрешении и загущенной сетки в области пограничного слоя, происходит явный учет всех возбуждающих нагрузок от всех венцов, однако расчеты в такой постановке требуют значительных вычислительных ресурсов и времени.

### Литература

1. Седунин В. А., Блинов В. Л., Бегетнев П. С., Дягтерева Е. Ю., Машечкин Н. В., Помелов Д. Н. Моделирование физических процессов в турбомашинах : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : УрФУ, 2016. 128 с.
2. Ревзин Б. С. Особенности конструирования одно и двухступенчатых нагнетателей природного газа : учеб. пособие. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2000. 102 с.
3. Винтер М. Ю., Бубнов А. Д., Блинов В. Л. Численное моделирование течения в проточной части центробежного газового компрессора : сб. науч. тр. «Наука. Технологии. Инновации». Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. Ч. 2. С. 76–78.

УДК 669.536.1

**Костина Д. А.**

Научный руководитель: Анисимова О. С., к. т. н., доцент,  
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СПЕКАНИЯ ПЫЛИ ЭДП ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

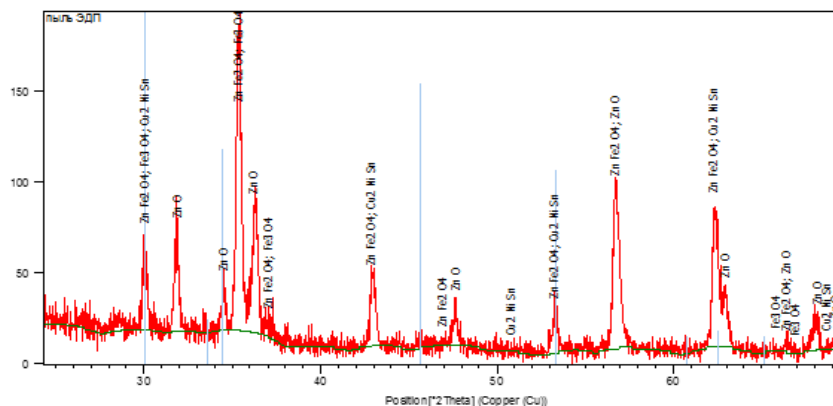
В работе исследовали процесс спекания цинксодержащей пыли электродуговой плавки (ЭДП) с оксидом кальция для повышения показателя извлечения цинка в раствор.

*Ключевые слова:* пыль ЭДП, цинк, спекание пыли ЭДП, оксид кальция.

На сегодняшний день запасы природного сырья для производства цинка активно истощаются, преобладают цинксодержащие руды с низким содержанием полезного компонента, они являются бедным сырьем и, зачастую, труднообъемным, поэтому все большее внимание уделяют различным техногенным и вторичным ресурсам.

Пыли, образующиеся в различных процессах черной металлургии, часто содержат большое количество цветных металлов – цинк, медь, кадмий, свинец и другие. Так, в процессе электродуговой плавки стали, формируется пыль, содержащая до 30 % цинка, которая является богатейшим сырьем для цинковой промышленности. Сырьем для плавки стали в электродуговых печах является оцинкованный стальной лом и скрап. Цинксодержащая пыль ЭДП формируется благодаря низкой температуре кипения цинка (908 °С), при высокотемпературных процессах плавки стали цинк возгоняется и улавливается в газоочистных установках. Получаемая пыль формируется в огромных количествах и поскольку на сегодняшний день ее практически не перерабатывают, а складывают, то ее запасы колоссальны.

Предложено большое количество различных способов переработки пыли ЭДП с целью извлечения из них цинка, однако большинство из них являются затратными и не селективными. Выщелачивание в аммиачно-хлоридных растворах позволяет практически селективно извлекать из пылей цинк с высоким показателем извлечения (90 % и более), в результате образования устойчивых аммиачных комплексных соединений. Однако зачастую, в составе пылей присутствуют очень устойчивые соединения феррита цинка, которые не растворяются в аммиачных средах, тем самым снижая общее извлечение цинка в растворы. На рисунке 1 представлены результаты рентгенофазового анализа пыли ЭДП.



**Рис. 1.** Результаты рентгенофазового анализа пыли ЭДП

Из рисунка 1 следует, что основными цинкосодержащими фазами в пыли ЭДП являются оксид и феррит цинка. После проведения выщелачивания данной пыли был проведен рентгенофазовый анализ кека, результаты которого представлены на рисунке 2.

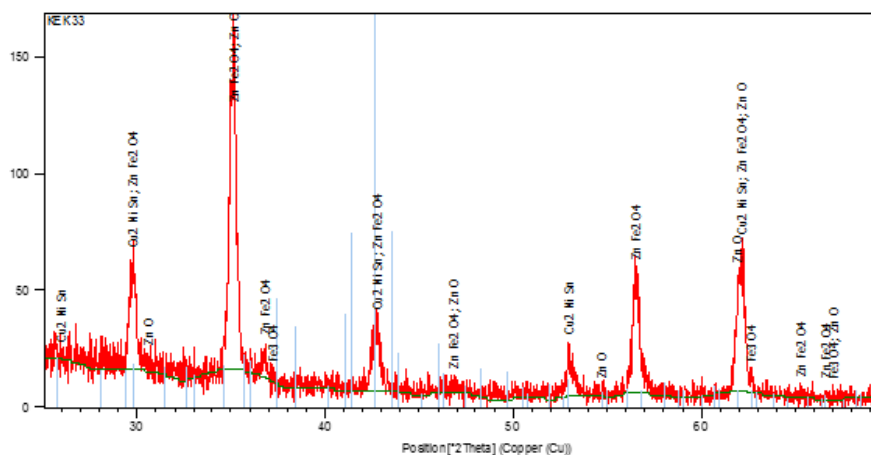
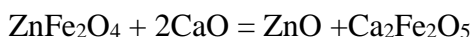


Рис. 2. Результаты рентгенофазового анализа кека после выщелачивания

Результаты анализа показывают, что оставшийся в кеке цинк представлен, в основном в виде феррита, доля оксидного цинка незначительная, поскольку эта фаза практически полностью извлечена в раствор. Таким образом, доказано, что низкие показатели извлечения цинка (50–60 % вместо возможных 90–95 %) обусловлены высоким содержанием в пыли ЭДП феррита цинка.

Для решения данной проблемы авторы [1] предлагают проводить предварительное спекание пыли ЭДП с оксидом кальция, тем самым разрушая устойчивые соединения феррита цинка, переводя их в растворимую оксидную фазу. Согласно источнику [1] химизм такого процесса описывается следующей реакцией:



Процесс спекания проводили в лабораторной печи, изменяя при температуре 1 000 °С, в течение 1, 2 и 4 часов. Количество добавки CaO изменяли от соотношения Ca/Fe 1,1 до 4. После проведения испытаний были выбраны оптимальные условия процесса: температура 1 000 °С, соотношение Ca/Fe 1,9–2,0 время спекания 1 час.

При выщелачивания спека в аммиачно-хлоридных растворах оценивали изменение показателя извлечения цинка в раствор.

В результате проведения процесса спекания извлечение цинка в раствор увеличивается с 50 % до 88–92 %, следовательно, предварительное спекание пыли с оксидом кальция является полезным интенсифицирующим мероприятием.

## Литература

1. New pyrometallurgical process of EAF dust treatment with CaO addition / RomchatChairaksa-Fujimoto [и др.] // International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. 2015. Vol. 22, № 8. P. 788.

УДК 621.31

**Крохин А. Е.**

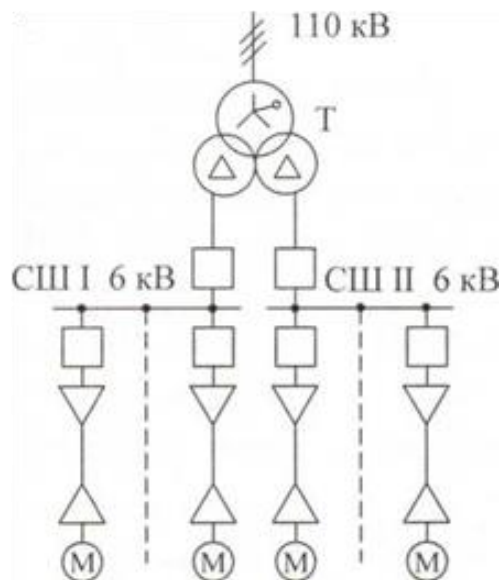
*Научный руководитель: Иванова Е. В., д. тех. н., профессор,  
Сибирский государственный университет водного транспорта*

## **ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ РУ 6 кВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Собственные нужды электростанций – неотъемлемая часть выработки электроэнергии. Схемы питания собственных нужд являются неотъемлемой частью общей электрической схемы станции. От них зависит непрерывность технологического цикла выработки электроэнергии, расход электроэнергии на собственные нужды, капитальные вложения в эту систему. Поэтому качество и бесперебойная выработка электроэнергии напрямую зависят от качества электроэнергии потребляемой станцией.

*Ключевые слова: собственные нужды тепловой электростанции, помехозащищенность, РУ 6кВ.*

Характерной особенностью электрических сетей 6 кВ собственных нужд тепловых электростанций (ТЭЦ и ГРЭС) (рис. 1), работающих на каменных углях, является необходимость глубокого ограничения коммутационных перенапряжений из-за относительно низкой электрической прочности статорной изоляции (корпусной и витковой) высоковольтных двигателей (ЭД) дробильных и размольных отделений.



**Рис. 1. Принципиальная схема сети собственных нужд ТЭЦ**

Перенапряжения, возникающие на изоляции ЭД в процессе их эксплуатации, можно классифицировать следующим образом [1, 2]:

- перенапряжения, зона действия которых охватывает все электрооборудование, прилегающее к секции шин 6 кВ;
- перенапряжения, сопровождающие однофазное замыкание на землю (ОДЗ) с учетом возможных феррорезонансных явлений, обусловленных насыщением магнитопроводов трансформаторов напряжения;
- перенапряжения, возникающие на присоединениях с двигателями при их коммутации.

Интегральной характеристикой сети при исследовании перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью являются токи однофазных замыканий на землю  $I_c$  (ОЗЗ), которые определяются, в основном емкостями присоединений, т. е. в рассматриваемой схеме (рис. 1) емкостями кабелей и входными емкостями ЭД. Длины кабелей присоединений лежат примерно в диапазоне от 20 до 100 м, а входные емкости ЭД мощностью от 200 до 4 000 кВт составляют от 5,7 до 25,3 нФ. Это обуславливает незначительный ток  $0,33 I_c$ , который находится в пределах от 0,1 до 2,0 А [3].

Наибольшие кратности перенапряжений возникают при нештатном отключении двигателя во время пуска (отключение не развернувшегося ЭД с помощью автоматики, например, в случае «забивки» дробилок, мельниц, песковых насосов и т. д.). Эффективность применения нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН), РС-цепочек и других технических средств для ограничения этих коммутационных перенапряжений в настоящее время не высокая, чаще всего, из-за несоответствия их условиям электромагнитной обстановки (ЭМО) в сетях 6 кВ собственных нужд электростанций, перерабатывающих твердые каменные угли. Поэтому для повышения уровня электромагнитной совместимости (ЭМС) изоляции ЭД с системой электроснабжения предложена концепция повышения помехозащищенности узла нагрузки сети 6 кВ как рецептора. В соответствии с которой, техническое обеспечение ЭМС рекомендуется принимать на основе учета следующих положений [2, 3].

1. Многочисленные расследования причин повреждения ОПН свидетельствуют о том, что в сетях 6 кВ собственных нужд тепловых электростанций действует кондуктивная ЭМП по коэффициенту временного перенапряжения  $\delta K_{\text{п}}$ . Эта ЭМП появляется при превышении допустимых ГОСТ 32144-2013 определенного количества случаев при заданной величине коэффициента временного перенапряжения  $K_{\text{пер}U}$ , который определяется по формуле:

$$K_{\text{пер}U} = \frac{U_{a \max}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где  $U_{a \max} > 1,1\sqrt{2}U_{\text{ном}}$  – максимальное амплитудное значение напряжения, кВ;  $U_{\text{ном}}$  – номинальное значение напряжения, кВ.

С целью исключения влияния коммутационного импульса на значение коэффициента  $K_{\text{пер}U}$  определение  $U_{a \max}$  осуществляется через 0,04 с от момента превышения напряжением уровня, равного  $1,1U_{\text{ном}}$

Длительность временного перенапряжения в секундах определяют по формуле

$$\Delta t_{\text{пер}} = t_{\text{к}} - t_{\text{н}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{н}}$  – момент превышения действующим значением напряжения уровня, равного  $1,1U_{\text{ном}}$ , с;  $t_{\text{к}}$  – момент спада напряжения до уровня  $1,1U_{\text{ном}}$ , с.

Квазистационарные перенапряжения, которые возникают при неблагоприятных сочетаниях реактивных элементов сети и ЭДС источников питания, и перенапряжения, обусловленные несимметричными режимами сети, как правило, превышают наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение ОПН  $U_{\text{н,д}} = 6,9$  кВ [3]. При этом величина  $\Delta t_{\text{пер}}$  также превышает промежуток времени (характеристика «напряжение-время»), в течение которого к ОПН может быть приложено напряжение промышленной частоты, превышающее  $U_{\text{н,д}}$ , не вызывая повреждения или термической неустойчивости. Эти основные факторы вызывают интенсивное повреждение ОПН. В электрических сетях с такими повреждениями ОПН качество электроэнергии, особенно коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности и установившееся отклонение и колебание напряжения, не соответствуют стандарту [1].

В связи с этим для эффективного применения ОПН необходимо повысить помехозащищенность узла нагрузки с электродвигателями 6 кВ от кондуктивных ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности и по установившемуся отклонению напряжения. Это позволит обеспечить нормальный режим работы ОПН, установленных

для защиты от импульсов коммутационных перенапряжений, в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах [2].

2. Кратность импульсов коммутационных перенапряжений  $K_{\Pi}$  в узле нагрузки (рис. 1), которая определяется по отношению к амплитуде фазного напряжения сети, является одним из основных параметров при выборе ОПН и RC-цепочек и, в то же время, требующий значительных затрат и усилий для его достоверного определения в действующей электрической сети. Для определения этой кратности с вероятностью 0,95 можно использовать эмпирические математические модели, полученные методом планирования эксперимента. При применении малообъемных масляных выключателей для коммутации асинхронных электродвигателей 6 кВ

$$K_{\Pi} = 4 - I_c + 0,1V, \quad (3)$$

а при применении вакуумных выключателей

$$K_{\Pi,в} = 5 - I_c + 0,1V, \quad (4)$$

где  $I_c$  – емкостной ток замыкания фазы на землю на присоединении РУ 6 кВ, А;  $V$  – отклонение от номинального фазного рабочего напряжения, %.

Область применения ограничена следующими границами изменения основных влияющих на кратность коммутационных перенапряжений факторов:

- номинальная мощность коммутирующего асинхронного двигателя должна находиться в пределах от 250 до 4000 кВт, а синхронная частота вращения соответствовать одному из перечисленных значений: 500, 600, 750, 1 000, 1 500, 3 000 об/мин;

- отклонение напряжения в электрической сети 6 кВ должно находиться в пределах от -5 до 10 %;

- емкостной ток замыкания фазы на землю должен находиться в пределах от 0,1 до 2А;  
- сеть 6 кВ имеет изолированную нейтраль.

#### **Заключение**

Для повышения помехозащищенности РУ 6 кВ с ЭД необходимо обеспечить нормируемое значение показателей качества электроэнергии в сети 6 кВ, выбирать ОПН с учетом кратности импульсов коммутационных перенапряжений, рассчитанной по математическим моделям (3) и (4) в зависимости от типа выключателя.

#### **Литература**

1. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Взамен ГОСТ 13109-97. М. : Стандарты, 2014. 20 с.
2. Иванова Е. В. Кондуктивные коммутационные помехи в местных электрических сетях промышленных предприятий и электростанций // Промышленная энергетика. 2003. № 7. С. 36–40.
3. Коммутационные импульсные напряжения на присоединении 10 кВ с вакуумным выключателем // сб. ст. междунар. второй науч.-практ. конф. «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», 15–17 мая 2012. Екатеринбург, 2012. С. 140–143.
4. Иванова Е. В., Руппель А. А. Кондуктивные электромагнитные помехи в сетях 6-10 кВ : монография ; под ред. В. П. Горелова. Новосибирск : НГАВТ, 2004. 284 с.

УДК 62.519

*Малышева Н. Н., Антропова В. Р., Царегородцев Е. Ю.*

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОЛИГОНА В АРМ ЭНЕРГОДИСПЕТЧЕР

Одним из направлений модернизации системы электроснабжения является замена и внедрение нового современного оборудования. Совершенствование электрических сетей должно происходить согласовано с системой диспетчеризации предприятия. Программное обеспечение АРМ эксплуатационного персонала должно обеспечивать представление параметров текущего режима работы энергообъекта в виде мнемосхем, графиков, диаграмм, графических и табличных отчетов [4, с. 138]. Для формирования достоверных прогнозов и оптимального планирования режимов необходима интеграция системы учета энергоресурсов и автоматизированной системы диспетчерского управления электростанции.

*Ключевые слова:* программное обеспечение, АРМ энергодиспетчер, комплексный тренажер «Модус», ПС «Полигон».

Модернизацию системы электрических сетей необходимо осуществлять, так как электроснабжение является ключевой системой, от функционирования которой зависят все остальные отрасли промышленности. В процессе обновления затрагивается система диспетчеризации и автоматизации предприятия. В автоматизированных системах диспетчерского управления (АСДУ) должны входить оперативно-информационные и управляющие комплексы (ОИУК), обеспечивающие в реальном времени дежурного диспетчера информацией о текущем режиме, управление диспетчерским щитом, ведение суточной диспетчерской ведомости, система регистрации аварийных процессов, система обеспечения единого времени [3, с. 155]. Высокая наглядность предоставления данных, гибкость решения и единый подход к отображению любой информации выделяет современный подход к управлению ресурсами энергосистемы.

На базе комплексного тренажера «Модус» реализован учебный полигон. В связи с реконструкцией предприятия необходимо внести недостающие элементы, приведенные в таблице 1, задать согласованную модель поведения энергообъектов и скорректировать бланки переключений.

*Таблица 1*

**Новые элементы ПС «Полигон»**

№	Наименование вкладки, панели	Наименование элемента
1	ОРУ-110, 1ТН-110 (рис. 1)	АВ вторичных цепей треугольника 1ТН-110, АВ вторичных цепей звезды 1ТН-110
2	ОРУ-110, 2ТН-110 (рис. 1)	АВ вторичных цепей треугольника 1ТН-110, АВ вторичных цепей звезды 1ТН-110
3	ЩУ, 1С-6 (рис. 2)	Ключ ПИ «Проверка напряжения пофазно»
4	ЩУ, 2С-6 (рис. 2)	Ключ ПИ «Проверка напряжения пофазно»
5	РЗА, В-35 ф № 1 (рис. 3)	Блинкер «Аварийное отключение», Блинкер «Неисправность цепей управления»
6	РЗА, В-35 ф № 2 (рис. 3)	Блинкер «Аварийное отключение», Блинкер «Неисправность цепей управления»
7	КРУН, 1ТН-6	Блинкер «Неисправность 1ТН-6»
8	КРУН, 2ТН-6	Блинкер «Неисправность 2ТН-6»
9	КРУН, В-6 ф № 1 (рис. 4)	Амперметр
10	КРУН, В-6 ф № 2 (рис. 4)	Амперметр

Согласно техническому заданию необходимо выполнить следующие действия:

- выполнить адаптацию нормальной схемы электрических соединений ПС «Полигон» в среде программного комплекса «Модус»;
- выполнить внедрение недостающих элементов для ПС «Полигон» в программном комплексе «Модус»;
- выполнить алгоритм взаимосвязи недостающих элементов для ПС «Полигон» в программном комплексе «Модус».

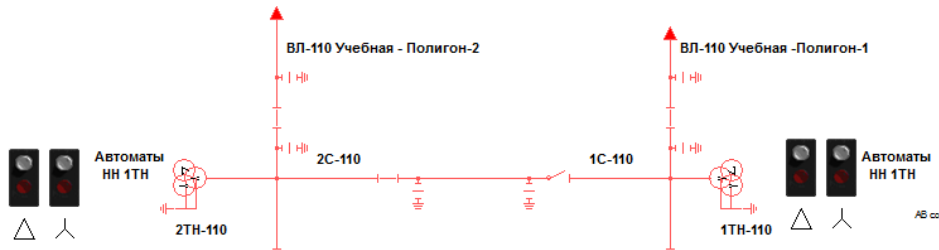


Рис. 1. Автоматические выключатели вторичных цепей треугольника и звезды для трансформатора напряжения 1ТН-110 и 2ТН-110

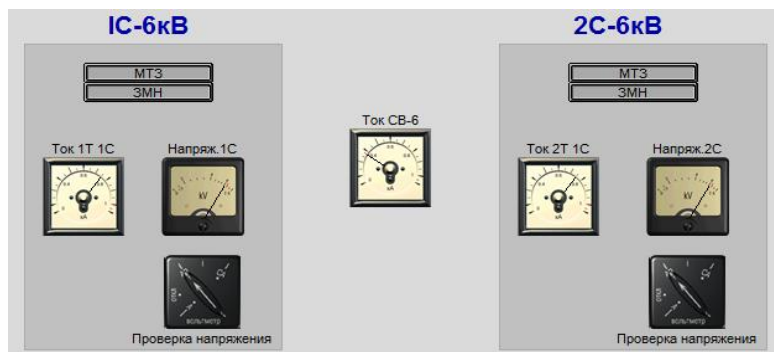


Рис. 2. Ключ управления «Проверка напряжения» на 1С-6 кВ и на 2С-6 кВ

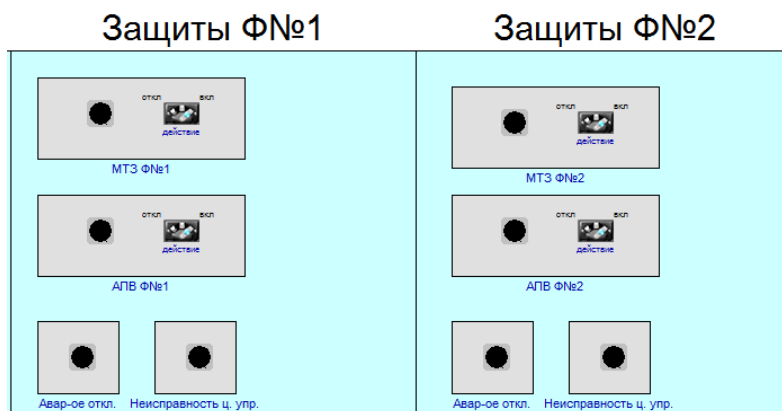


Рис. 3. Бликер «Аварийное отключение» и «Неисправность цепей управления» на щите РЗ и А



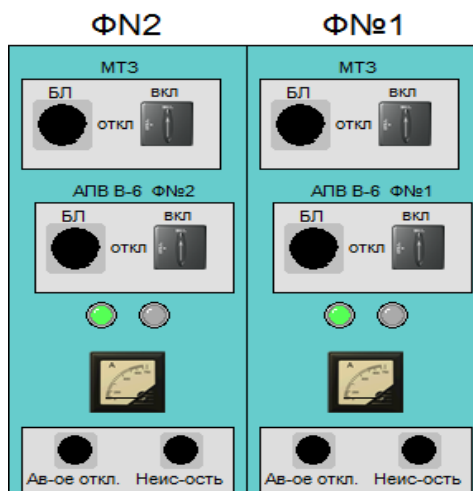


Рис. 4. Амперметр на щит КРУН

При создании нового энергообъекта используются основные инструменты программного комплекса «Модус»: графический редактор, аниматор схем, редактор упражнений, редактор курсов [5, с. 82].

В связи с реконструкцией системы электроснабжения ПС «Полигон» были внесены изменения на однолинейной схеме, щитах управления, щитах релейной защиты и автоматики. Добавленные элементы требуют создания связей и команд в среде программного комплекса «Модус» в редакторе Аниматор схем.

Аниматор устанавливает логические зависимости между элементами схемы и элементами макета, изображающими органы управления, а также для верификации адекватного поведения энергообъектов [1, с. 113].

Следующим этапом разработки является формирование новых бланков переключений. Файлы измененных бланков корректируются в редакторе упражнений. В соответствии с техническим заданием планируется выполнить следующие бланки переключений:

- вывести в ремонт 1С-110, РП-110, В-110 1Т, 1Т, В-35 1Т, 1С-6;
- ввести в работу 1С-110, РП-110, В-110 1Т, 1Т, В-35 1Т, 1С-6;
- запитать 1 Т через РП-110 от ВЛ-110 Учебная – Полигон – 2;
- запитать 1Т от ВЛ-110 Учебная – Полигон – 1. РП – 110 отключить;
- вывести в ремонт 1ТН-35; Ввести в работу 1ТН-35;
- ввести в работу 1ТН-35; Ввести в работу 1ТН-35;
- вывести в ремонт В-35 1Т, 1С-35, 1ТН-35, СВ-35, В-35 ф № 1;
- ввести в работу В-35 1Т, 1С-35, 1ТН-35, СВ-35, В-35 ф № 1;
- вывести в ремонт В-35 ф № 1;
- ввести в работу В-35 ф № 1;
- вывести в ремонт 1С-6;
- ввести в работу 1С-6;
- вывести в ремонт ВЛ-6 ф № 3;
- ввести в работу ВЛ-6 ф № 3;
- Междугазное короткое на ВЛ-35 ф № 1, работа МТЗ-35 ф № 1, отключение В-35 ф № 1 АПВ неуспешное. Исходная схема: нормальная.
- Междугазное короткое на ВЛ-35 ф № 1, работа МТЗ-35 ф № 1, отказ в отключении В-35 ф № 1 из – за неисправности блок – контактов в приводе выключателя, работа МТЗ-35 1Т, АПВ неуспешное. Исходная схема: нормальная.
- Междугазное короткое на ВЛ-35 ф № 1, работа МТЗ-35 ф № 1, отказ в отключении В-35 ф № 1 из – за неисправности контактной системы выключателя, работа МТЗ-35 1Т, АПВ неуспешное. Исходная схема: 2 Т в ремонте.

На основе созданных сценариев тренировок формируется база для студентов очного и заочного обучения по направлению подготовки «Электроэнергетика и Электротехника» и тренинга оперативно – ремонтного и диспетчерского персонала на реальном объекте [2, с. 134].

### Литература

1. Антропова В. Р., Малышева Н. Н., Ткаченко И. А. Моделирование согласованного поведения элементов макета энергообъекта в аниматоре схем // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (г. Нижневартовск, февраль 2016 г.). Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2016. С. 111–115.
2. Малышева Н. Н., Антропова В. Р. Формирование сценария тренировки оперативно-диспетчерского персонала предприятий в планировщике курсов // Актуальные вопросы энергетики : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Омск, 17 мая 2017 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ ; [редкол.: П. А. Батраков (отв. ред.) и др.]. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. С. 131–135.
3. Мальгин Г. В., Николаев М. Ю., Варварский А. В., Лариошкин В. А. Базовая кафедра как интегрированный образовательный инструмент при подготовке специалистов (статья) // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : материалы VI междунар. науч.-практ. конф. Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2017. Ч. II. Естественные и технические науки. С. 154–156.
4. Мальгин Г. В., Малышева Н. Н., Павлов А. А. Подготовка оперативного персонала в электроэнергетике // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. Нижневартовск, 2015. С. 137–140.
5. Мальгин Г. В., Рагалевиц Е. А., Малышева Н. Н., Щукин О. С. Тренинг оперативно-диспетчерского персонала в Нижневартовском государственном университете // Материалы III Всерос. науч.-практ. конф. 2014. С. 81–83.

УДК 67.02

*Марков В. А., Войнаш С. А., Соколова В. А., Черных Л. Г.*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛА**

Объектом исследования является качество газотермического покрытия и методы подготовки поверхности, непосредственно влияющие на него.

Цель работы – выявить и исследовать зависимость метода подготовки поверхности на качество газотермического покрытия.

В процессе работы проведены опытные исследования, в результате которых, была доказана прямая зависимость параметра шероховатости поверхности от прочности сцепления на примере детали типа «втулка», а именно, доказано, что с увеличением параметров шероховатости поверхности возрастает и прочность сцепления покрытия.

*Ключевые слова:* газотермическое напыление, шероховатость, контроль качества, прибор профилометр, прочность сцепления.

При выборе технологического оборудования наиболее важную роль играют не только его производительность и стоимость, но и надежность напылительного оборудования, возможность его сервисного обслуживания наличие и доступность на рынке используемых материалов покрытия: газов, порошков и т. д.

В ряду современных способов поверхностной обработки материалов газотермическое напыление занимает особое место.

Потребность в профессиональных измерениях приводит к выявлению и исследованию методов подготовки поверхности [4]. Важнейшим свойством, определяющим возможность применения видов газотермического напыления, особенно при ремонте изношенных деталей, является измерение прочности сцепления.

Прочность сцепления в большей степени зависит от способа подготовки и чистоты металлизуемой поверхности.

При подготовке поверхности должны быть решены две важнейшие задачи:

- удаление с поверхности адсорбированных веществ;
- активирование поверхности.

Образование налетов, деформирующих и просто нежелательных покрытий на различных изделиях и конструкциях, как правило, не совмещается с требованиями к их эксплуатационным свойствам. Выходом из положения становятся средства обработки, среди которых – шлифование и полировка. Но подобные методы зачистки поверхности могут быть неэффективны при устранении окалины, ржавчины, а в некоторых случаях и старой краски [3].

С последствиями глубоких процессов деформирования справится пескоструйная очистка поверхности, основанная на принципах абразивного воздействия.

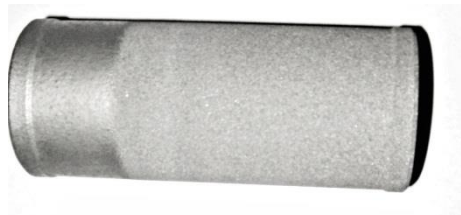
Суть пескоструйной очистки в повреждение обрабатываемой поверхности абразивами, которые применяются для удаления ржавчины, старых покрытий, окалины, наплывов и нанесение шероховатости. Частицы абразивного материала имеют многогранную угловатую форму, за счет этих свойств на поверхности металла образуется шероховатость и насечка, которые очень благоприятно влияют на долговечность покрытия наносимого на деталь после пескоструйной обработки.

Исследование влияния параметра шероховатости поверхности на прочность сцепления является целью данной статьи.

Проводилось исследование на примере детали типа «втулка».

Опытный образец – втулка гладкая, изготовлена из материала сталь 20Х и имеет длину 120 мм.

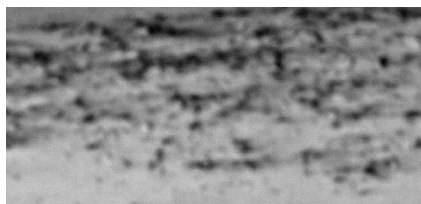
Общий вид опытного образца, представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Общий вид втулки,  
на которой проводились исследования шероховатости поверхности**

Исследования зависимости параметров шероховатости поверхности от прочности сцепления были выполнены в несколько этапов: очищение поверхности детали «втулка» пескоструйной обработкой, измерение параметров шероховатости поверхности опытного образца прибором профилометр TR100, нанесение на поверхность детали газопламенного напыления, измерение значений прочности сцепления основного материала с покрытием с помощью адгезиметра АМЦ-1, и, в заключении проводилась аппроксимация экспериментальных данных с анализом результатов и формулировкой окончательных выводов.

Деталь была подвержена пескоструйной очистке поверхности (рис. 2) установкой типа «Сорокин 10.6».



**Рис. 2. Поверхность опытного образца детали» до пескоструйной обработки**

Пескоструйный аппарат «Сорокин 10.6» предназначен для воздушно-пескоструйной очистки металлических поверхностей от загрязнений, старого покрытия, окалин и ржавчин, а также для матирования стекла и подготовки поверхности к нанесению антикоррозионного слоя.



**Рис. 3. Поверхность опытного образца детали после пескоструйной обработки**

Поверхность опытного образца после пескоструйной обработки (рис. 3), качество подготовки поверхности контролировалась прибором для измерения шероховатости (профилометром) с требуемым диапазоном измерения параметров  $R_a$  и  $R_z$ .

Для исследования измерений параметров профиля и параметров шероховатости детали, был использован прибор – профилометр модели *TR100*, диапазон значений которого, предусмотрен ГОСТ 2789-73. Для получения различных значений шероховатости, втулка условно была разделена на шесть интервалов. Измерения поверхностей проводились в соответствии с ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики».

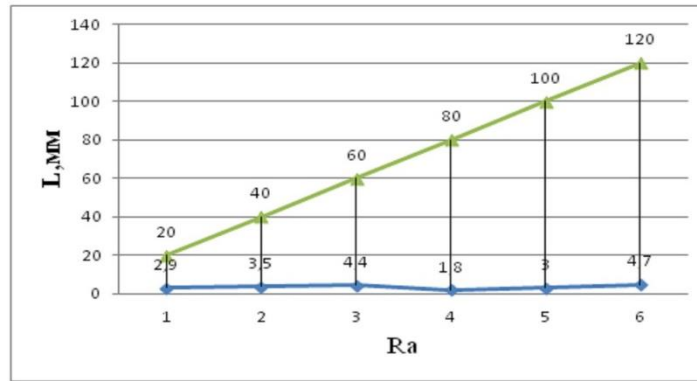
Результаты измерения параметров шероховатости приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты измерения шероховатости поверхности**

Геометрия поверхности	Интервал измерений, L, мм	Значение параметра шероховатости поверхности, $R_a$ , мкм
После пескоструйной обработки	0–20	2,9
	20–40	3,5
	40–60	4,4
	60–80	1,8
	80–100	3,0
	100–120	4,7

На основании данных таблицы 1, был построен график зависимости полученных результатов от интервалов измерений (рис. 4).



**Рис. 4. График зависимости полученных результатов от интервалов измерений**

После измерения параметров шероховатости поверхности, деталь, для получения значений прочности сцепления основного материала с покрытием, была подвергнута нанесению газопламенного напыления.

Напыление наносилось газовой горелкой типа ГН2, соединенной с двумя баллонами содержащими кислород и пропан 5.



**Рис. 5. Установка для нанесения газопламенного напыления на опытный образец**

Установка предназначена для напыления металлических покрытий из металлических порошков. В качестве порошка для нанесения основного слоя был использован порошок СНГН с порошком алюминий-никель. Состав механической смеси порошков следующий: алюминий-никель 20 % и самофлюсующийся ПГ-ХН80СР2 – 75 %.

Размер зерен используемых порошков, которые выдуваются через сопло струей сжатого воздуха под давлением 0,4 МПа – 50 мкм [2].

Толщина слоя нанесенного металла 0,1 мм на сторону, время напыления – 90 с. Дистанция напыления – в пределах 170 мм.

Технология напыления детали состояла из нескольких этапов:

- обезжиривание поверхности;
- подогрев поверхности до 120 °С [1].

Далее, с помощью прибора адгезиметр АМЦ-1 при использовании метода отрыва, были измерены и получены результаты параметров прочности сцепления с основным материалом.

Прибор соответствует ГОСТ 27325 и ISO 4624.

Результаты исследования зависимости прочности сцепления от параметров шероховатости поверхности представлены в таблице 2.

После проведенных исследований была выявлена аппроксимирующая функция зависимости параметров шероховатости поверхности ( $Ra$ , мкм) от параметров прочности сцепления покрытия ( $\sigma$ , МПа), и, в соответствии с полученными данными, была построена диаграмма зависимости данных параметров.

Таблица 2

**Результаты исследования зависимости прочности сцепления от параметров шероховатости поверхности**

Интервал измерения, L, мм	Значения параметров шероховатости поверхности, Ra, мкм	Значения параметров прочности сцепления поверхности, $\sigma$ , МПа
0–20	2,9	27,4

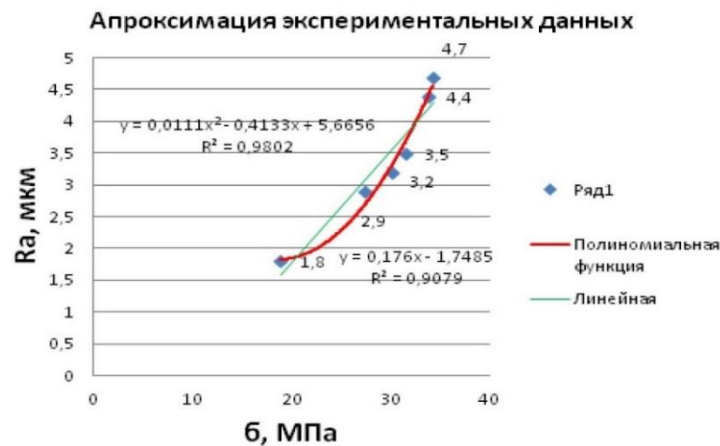
20–40	3,5	31,5
40–60	4,4	33,8
60–80	1,8	18,9
80–100	3,0	30,2
100–120	4,7	34,3

Графическое представление данных аппроксимации изображено на рисунке 6.

Из рисунка 6 видно, что лучше всех из двух выбранных функций аппроксимирует наши данные полином второй степени, у него максимальный коэффициент достоверности  $R^2$ .

Так же из аппроксимации данных, очевидно, что на интервалах, прочность сцепления поверхности значительно увеличивается с увеличением параметров шероховатости поверхности.

В рамках написания статьи за основу исследований были взяты особенности влияния пескоструйной обработки на качество поверхностного слоя материала, изменения характеристик механических и эксплуатационных свойств, определяющих показатели долговечности и прочности.



**Рис. 6. Графическое представление аппроксимации экспериментальных данных**

Опытным путем было доказана прямая зависимость параметра шероховатости поверхности от прочности сцепления при проведенных исследованиях на примере детали типа «втулка», а именно с увеличением параметров шероховатости поверхности возрастает и прочность сцепления покрытия.

Таким образом, на примере проведенных исследований, было доказано: качество поверхностного слоя материала значительно улучшается после применения технологии пескоструйной обработки.

## Литература

1. Борисов Ю. С., Харламов Ю. А., Сидоренко С. Л. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Киев : Наукова думка, 1987.
2. Дерягин Д. В., Кротова Н. А., Смилга В. П. Адгезия твердых тел. М. : Наука, 1973. 179 с.
3. Пузряков А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления : учеб. пособие по курсу «Технология конструкций из металлокомпозитов». М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.
4. Соколова В. А., Кретинин В. И., Войнаш С. А., Черных Л. Г., Марков В. А. История развития метрологии. От Нартова к Менделееву // Новые материалы и технологии в машиностроении : сб. науч. тр. / Под общей редакцией Е. А. Памфилова. Брянск : БГИТУ, 2017. Вып. 25. С. 3–9.

УДК 630.32

*Молчанова А. А.*

*Научный руководитель: Свойкин В. Ф., к. т. н., доцент, Сыктывкарский лесной институт*

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХАРВЕСТЕРА ЭРГО ФИРМЫ ПОНССЕ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ**

Рассмотрена производительность харвестера Эрго фирмы Ponsse.

*Ключевые слова: лесозаготовительная машина, производительность, лесосека, харвестер.*

Современное лесозаготовительное производство может быть экономически эффективным лишь при применении новых технологий и современных машин. Сегодня на долю лесного комплекса Республики Коми приходится 18 % общего объема промышленного производства и более 30 % промышленно-производственного персонала. Несомненно, внедрение новых систем лесных машин (харвестеров, форвардеров, скиддеров и др.) и прогрессивных технологий при выполнении лесосечных работ позволяет значительно повысить производительность труда и, что немаловажно в век рыночной экономики, его эффективность.

Заготовка древесины может производиться на базе современных систем машин по различным технологическим схемам. Опыт деятельности лесозаготовительных предприятий по различным технологиям позволяет сделать вывод о достоинствах и недостатках производственных процессов лесозаготовок. Можно отметить существенные преимущества заготовки сортиментной технологии:

- заготовка и вывозка сортиментов дает лучшие результаты в однородных и разновозрастных насаждениях, поскольку можно существенно сократить число сортиментов, что положительно сказывается на росте производительности труда и упрощению производственного процесса;

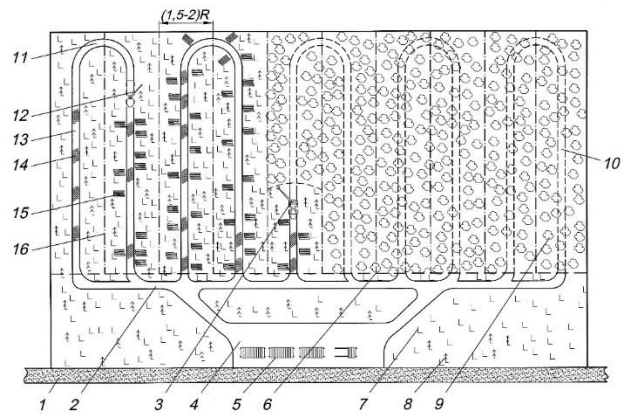
- позволяет организовать прямую доставку лесоматериалов потребителям без необходимости создания промежуточных складов;

- автомобильная вывозка сортиментов снижает зависимость от железной дороги МПС, что немаловажно при хроническом недостатке вагонов, особенно для отгрузки леса мелким потребителям.

Лесозаготовительный участок, на котором проводились исследования, является Верхне-Вычегодский участок, Восточного отделения, СЛ УЛО АО «Монди СЛПК», находящийся в Юго-западной части республики Коми в селе Помоздино Усть-Куломского района. Участок состоит из 2 мастерских участков работающих вахтовым методом: Вольдинский мастерский участок и Великопольский мастерский участок, также имеется база РММ.

Верхне-Вычегодский участок Восточного отделения лесозаготовительного управления лесообеспечения АО «Монди СЛПК» осуществляет подготовку территории лесосек, лесопогрузочных пунктов и трелевочных волоков, техническое обслуживание машин, обеспечение топливно-смазочными материалами, бытовое обслуживание рабочих, охрана оборудования в нерабочее время.

Технологическая схема разработки лесосеки системой машин харвестер «Ponsse Ergo» + форвардер «Ponsse Buffalo» представлена на рисунке 1 [1].



**Рис. 1. Схема разработки пазек с использованием харвестера и форвардера:**

- 1 – лесовозный ус; 2 – магистральный волок; 3 – харвестер; 4 – верхний склад;  
5 – штабель сортиментов; 6 – граница зоны безопасности; 7 – пни; 8 – сохраненный подрост;  
9 – насаждения до рубки; 10 – насаждение с подростом до рубки; 11 – разворотное кольцо;  
12 – форвардер; 13 – пасечный технологический коридор; 14 – порубочные остатки;  
15 – пачки сортиментов; 16 – граница пазек

Все лесозаготовительные машины фирмы «Понссе» оборудованы экономичными дизельными двигателями фирмы «Мерседес-Бенц», оптимизированными гидравлическими системами и усовершенствованной системой управления OptiControl™ (рис. 2).



**Рис. 2. Система Opti4G**

Информационные системы для харвестеров: Opti4G. Информационные системы для форвардеров: OptiForwarder, OptiControl. Инструкции по лесозаготовкам и карты для харвестеров: OptiPlan Viewer, OptiMap Harvester. Управление и оптимизация, для офиса: OptiEditor, OptiSimu, OptiStem. Мониторинг результатов лесозаготовок, для офиса: OptiReport, OptiAnalysis. Карта лесозаготовок, управление лесозаготовками и транспортировкой, для офиса: OptiPlanner, OptiGIS Office, OptiLogi Office

Указания по транспортировке, расположение участков, сообщения о проезде: OptiLogi Truck, OptiGIS Truck. Системы для гусеничных машин: Opti6, Opti2. PONSSE Fleet Management – это инструмент для текущего контроля за работой лесозаготовительных машин. С помощью этого приложения, лесозаготовительные компании могут контролировать работу машин в реальном времени. Получая данные в реальном времени, вы всегда имеете доступ к наиболее актуальной информации. Для получения более подробных отчетов о производительности и эффективности можно использовать приложение OptiReport. Преимущества приложения fleet management. Прогнозирование: возможность прогнозирования потребности в запасных частях и обслуживании. Транспортировка машин: заказ транспорта для перевозки машин в нужное место и в нужное время.

Контроль за ситуацией в реальном времени Fleet Management обеспечивает удобное получение информации об операциях компании в реальном времени. Например, предприниматель может проверить, кто и на каком участке работает на каждой из машин, а также следить



за расходом топлива и производительностью. С помощью приложения Fleet Management лесозаготовители могут в любой момент определить местонахождение лесозаготовительной машины на карте или проконтролировать текущую ситуацию на участке. Лесозаготовительные машины, оснащенные средствами передачи данных и системой GPS, автоматически передают данные в интернет-службу составления отчетов. Отчеты службы Fleet Management позволяют контролировать время работы двигателя, количество топлива в баке, объем заготовленной древесины на конкретном участке, а также производительность машин и расход топлива для разных водителей. Благодаря тому, что водители могут самостоятельно заказывать транспорт для своих машин, упрощается организация работ на участках [2].

Система OptiControl позволяет ускорить выполнение операций загрузки и разгрузки форвардеров. Эта система контролирует оптимальное распределение веса сортиментов.

Операционная система OptiControl контролирует работу всех систем и узлов форвардера. Результаты контроля работы форвардера, его систем управления выводятся на интерфейс цветного монитора. Кроме того, система OptiControl позволяет вводить автоматически режимы работы форвардера в соответствии с условиями эксплуатации, что позволяет работать в оптимальном варианте. Операционная система Windows дает возможность использования различных прикладных программ для передачи данных и эксплуатации электронных карт во время процесса сбора и погрузки сортиментов. При помощи спутниковой навигационной системы GPS и электронных карт участков сбора сортиментов оператор видит на цветном мониторе местоположение форвардера, границы лесосеки, а также возможные объекты за пределами лесосеки.

Техника компании «Ponsse» оснащены двигателями Mercedes-Benz модели MWOM 906LA. Это шестицилиндровый четырехтактный двигатель с турбонаддувом, мощностью 180 кВт и крутящим моментом 900 Н·м при частоте вращения коленчатого вала 1200...1600 мин<sup>-1</sup>. Двигатель имеет водяное охлаждение и отвечает всем требованиям стандарта EUROMOT/EPA 2. Емкость топливного бака 130...200 л в зависимости от марки форвардера или харвестера. Харвестер Ponsse Ergo 8W показан на рисунке 3.

Специфика этих машин в высокой мощности, совмещенной с компактными размерами. Дополняют эти основные характеристики высокая прочность конструкции и хорошая маневренность даже на пересеченной местности и в скованных пространствах, которые характерны для густо засаженных лесных хозяйств.



Рис. 3. Харвестер Ponsse Ergo 8W

Рабочий орган машины – крановый манипулятор [2]. В зависимости от комплектации это может быть модель С44+ или С5. Оба варианта схожи между собой по таким параметрам как общий поворотный наклон, который составляет 57 кНхм, а также углом наклона регулируемой в диапазоне от +20 до -20 градусов. Однако модель С44+ относится к классу параллельных манипуляторов, а С5 является выдвигным манипулятором. Соответственно первый

вариант дает больший подъемный момент – 250 кНм, против 248 кНм. При условии комплектации харвестера манипулятором С44+ можно выбрать длину рабочего органа 8,6; 10 или 11 метров.

Новая модель Ponsse Ergo 8W имеет полностью обновленную конструкцию, в том числе измененную раму, кабину с высокой степенью остекления, трансмиссию и гидравлику нового поколения. Именно последние модули обеспечивают отличную маневренность и чувствительное управление.

Технические характеристики харвестера Ponsse Ergo показаны в таблице 1.

Таблица 1

#### Технические характеристики харвестера Ponsse Ergo

Параметр	Значение
Двигатель MB OM906 LA	
Мощность	205 кВт
Крутящий момент	1100Нм/1200–1500 мин <sup>-1</sup>
Объем топливного бака	400 л
Собственный вес	
8-колесная машина	20 500 кг
6-колесная машина	19 800 кг
Габаритные размеры	
Ширина	2 840 мм
Длина	8-колесная машина 8060 мм
	6-колесная машина 7800 мм
Высота	8-колесная машина 3770 мм
	6-колесная машина 3830 мм
Дорожный просвет	600 мм
Скорость передвижения	Первая передача 0–8 км/ч Вторая передача 0–25 км/ч
Рабочая гидравлика	
Насос харвестерной головки	190 см <sup>3</sup>
Насос манипулятора	145 см <sup>3</sup>
Электросистема	
Напряжение	24 В
Аккумуляторы	2x180 А/час
Зарядный генератор	2x100 А
Гидроманипулятор Понссе С4/С44/С5	
Вылет	10–11 м
Поворотный момент	35 кНм
Подъемный момент	190–228 кНм
Угол поворота	280 град.
Харвестерная головка Понссе Н5/Н6/Н7	
Мосты: Передний и задний: тележка с планетарными передачами и блокировкой дифференциала.	
Шины:	
Передние и задние	600/55-26.5 или 710/45-26.5 или 800/40-26.5
Рабочая гидравлическая система: Отдельные гидравлические контуры для харвестерной головки и крана	
Насос харвестерной головки	190 см <sup>3</sup> / 23,5/28 МПа
Насос крана:	PONSSE C44+ 145 см <sup>3</sup> / 26,0 МПа
Емкость масляного бака гидравлической системы	350 л

Ходовой тормоз: гидравлические многодисковые передние и задние тормоза. Стояночный тормоз: подпружиненные многодисковые передние и задние тормоза. Рабочий тормоз:

действует на передние и задние тормоза. Кабина откидная безопасная кабина, соответствующая требованиям ISO 8082 (ROPS), ISO 8083 (по уровню энергообеспечения 11 600 J) (FOPS) и ISO 8084 (OPS). Окна из твердого поликарбонатного стекла. Регулируемое сиденье с пневматическим амортизатором. Полуавтоматическая система кондиционирования и отопления. Сменную производительность харвестера можно рассчитать, имея статистические данные по предприятию по формуле:

$$P_{см} = \frac{T_{см} - (T_{нз} + T_{отд})}{T_{ц}}, M^3,$$

где  $P_{см}$  – сменная производительность харвестера,  $M^3$ ;  $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, мин, ( $T_{см}=720$  мин);  $T_{нз}$  – продолжительность подготовительно-заключительных работ, мин;  $T_{отд}$  – время отдыха и на личные надобности, мин.  $T_{нз} + T_{отд}=100$  мин;  $T_{ц}$  – продолжительность одного рабочего цикла, мин/ $M^3$  [3].

Используя табличные данные можно получить значения сменной производительности харвестера до модернизации:

$$P_{смдо модер} = \frac{T_{см} - (T_{нз} + T_{отд})}{T_{ц}} = \frac{720 - 100}{3,2} = 193 M^3.$$

После модернизации:

$$P_{смдо модер} = \frac{T_{см} - (T_{нз} + T_{отд})}{T_{ц}} = \frac{720 - 100}{3,1} = 200 M^3.$$

График изменения производительности харвестера после модернизации механизма платформы манипулятора показан на рисунке 4.

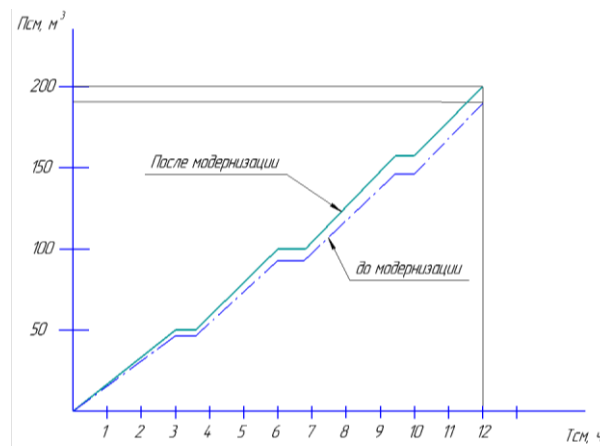


Рис. 4. График изменения производительности харвестера после модернизации механизма платформы манипулятора

### Литература

1. Верхов И. Ф., Шелгунов Ю. В. Технология и машины лесосечных и лесоскладских работ : учебник для вузов. М. : Лесн. пром-сть, 1981. 368 с.
2. Кочегаров В. Г. Технология и машины лесосечных работ. М. : Лесн. пром-сть, 1990. 392 с.
3. Скурихин В. И. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Техника и технология лесосечных работ при заготовке сортиментов. Красноярск : СибГТУ, 2004. 186 с.

УДК 621.3.011.7;621.3.049;621.3.06

**Парамзин А. О.**

*Научный руководитель: Ковалев В. З., д. т. н., профессор, ЮГУ*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

На сегодняшний день ветроэнергетика является одним из наиболее развивающихся секторов энергетики и представляет собой безопасный с точки зрения экологии, но в то же время достаточно мощный и доступный источник энергии, которому не требуются дорогостоящие энергоносители, такие как газ, уголь и т. п. В данной статье рассмотрена проблема безопасного децентрализованного электроснабжения населенных пунктов. Рассматриваются особенности северных регионов России, влияющие на оптимизацию электроснабжения в условиях Крайнего Севера. Оценивается степень воздействия ветро-дизельных электростанций (ВДЭС) на экологию.

*Ключевые слова: дизельные электростанции; ветроэнергетика; автономные источники энергии; энергоэффективность; децентрализованное электроснабжение; бережливое производство.*

Ветровые ресурсы присутствуют в любой части мира, и их достаточно для обеспечения растущего спроса на электроэнергию. Потенциал энергии ветра подсчитан более или менее точно: по оценке Всемирной метеорологической организации ее запасы в мире составляют 170 трлн кВт·ч в год. На конец 2009 года в мировом масштабе установленная мощность ветроэнергетических установок достигла 152 ГВт, что позволяет вырабатывать 1,5 % потребляемой мировым сообществом электроэнергии.

В последнее время особенно много ведется споров о вреде и пользе ветрогенераторов с точки зрения экологии. По сравнению с экологическим воздействием традиционных источников энергии, воздействие ветроэнергетики относительно небольшое. В отличие от источников ядерной энергии и энергии ископаемого топлива, ветроэнергетика в своей работе не потребляет топливо и не выделяет выбросы в атмосферу.

При эксплуатации ВДЭС источником загрязнения атмосферного воздуха является только дизельный двигатель. Его работа сопровождается выбросами в атмосферу таких вредных веществ, как оксиды азота (NO<sub>2</sub> и NO), оксид углерода (CO), углеводороды (CH<sub>n</sub>), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), формальдегид (CH<sub>2</sub>O), сажа (C).

Однако воздействие ВДЭС носит чисто локальный характер. Радиус воздействия в зависимости от мощности ВДЭС составляет от 15 до 100 км (при радиусе воздействия ТЭС до 1 500 км). Вследствие этого в большинстве случаев нельзя суммировать воздействие от нескольких ВДЭС, что значительно сокращает экологический урон от годового выброса вредных веществ в атмосферу.

Электрификация северных регионов России на основе развития малой распределенной энергетики в целом будет иметь экологическую направленность. Антропогенная нагрузка при эксплуатации ВДЭС значительно ниже, чем от объектов централизованной энергетики.

Однако исследование фактических данных воздействия ВДЭС на экологию с последующей разработкой мер по снижению этого воздействия для регионов страны остается весьма актуальной задачей.

Анализ электроэнергетического комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры показывает, что из 205 населенных пунктов автономного округа, порядка 25 населенных пунктов находится в децентрализованной зоне электроснабжения [2]. Даже по окончании

реализации окружной целевой программы перевода на централизованное электроснабжение населенных пунктов автономного округа, значительная часть населенных пунктов останется в децентрализованном секторе электроснабжения [2]. Это связано с технической сложностью подключения данных поселений к централизованной системе электроснабжения по причине удаленности их от существующей сети, относительно малого энергопотребления и разбросанности на значительной территории с тяжелыми климатическими условиями. Так, например, на территории ХМАО – Югры сохранение децентрализованного энергоснабжения указанных районов обусловлено сложностью, а зачастую и невозможностью, строительства и дальнейшей эксплуатации линий электропередач, вызванной «слабыми грунтами», имеющими глиняные, торфяные и болотистые консистенции порядка 90 процентов [1].

Дополнительная потребность в автономной электрогенерации возникает в связи с «движением» промышленности за сырьем в новые, слабо освоенные территории, отток слоя городских состоятельных жителей в децентрализованные экологически комфортные зоны проживания.

Можно констатировать, что распределенная сетевая интеллектуальная электроэнергетика – это основной долгосрочный вектор изменения энергетического уклада в мире и РФ.

Децентрализованная схема электроснабжения северо-запада автономного округа обусловлена и отсутствием значительных запасов нефти, как следствие отсутствие энергоемких месторождений и промышленных предприятий, сосредоточенных в основном на востоке Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [5].

В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре эксплуатируется порядка 130 малых электростанций, общая установленная мощность которых более 50 МВт [3].

Основное топливо в сфере ЖКК – дизельное, в населенных пунктах находящихся рядом с газовым промыслом или магистралью для питания агрегатов используют природный газ. Причем, себестоимость 1 киловатт часа (Квт ч) электроэнергии в данной зоне колеблется от 30 до 100 рублей, что 5–15 раз превышает стоимость электроэнергии в централизованной зоне. Дизельное топливо в ЖКХ в ХМАО потребляется на сумму более 1 млрд рублей ежегодно [6].

Большинство находящихся в эксплуатации энергоустановок выработали моторесурс и требуют скорой замены оборудования.

Ежегодный рост потребления электрической энергии, низкий коэффициент полезного действия, и отсутствие запасных частей для старых импортных электростанций определяют необходимость обновления оборудования, и разработки и внедрения технологий бережливого производства (ГОСТ Р 56020-2014 «Бережливое производство»), технологий Smart-Select, энергетического подхода к адаптивно – селективной сборке электротехнических комплексов [7].

Расчетный срок службы современных ВЭС составляет 25 лет. В процесс эксплуатации ВЭС оказывает незначительное воздействие на человека, флору и фауну, атмосферный воздух, водные объекты, землепользование в виде шумов, вибраций, электромагнитного излучения, оптических эффектов, механического воздействия, и отходов эксплуатации.

Технический потенциал ветровой энергии России оценивается свыше 50 000 млрд кВт·ч/год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт·ч/год, то есть около 30 % производства электроэнергии всеми электростанциями России, или примерно 40 % от выработки энергии тепловыми электростанциями. Несложно заметить, к какому снижению расхода ископаемых топлив, уменьшению загрязнения окружающей среды и влияния на климат планеты может привести полное использование экономического потенциала энергии ветра.

Развитие ветровой энергетики в России рассматривается в рамках правительственной программы использования возобновляемых источников энергии и является одним из важных направлений развития российской электроэнергетики с учетом факторов ресурсосбережения и охраны окружающей среды. С учетом административного деления потенциальными районами размещения ВЭС являются:

- области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Сахалинская, Тюменская;
- края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский;
- республики и округа: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Ханты-Мансийский автономный округ Коми, Ненецкий автономный округ, Таймырский автономный округ, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненецкий автономный округ.

Для всех вышеперечисленных регионов характерно наличие значительных ресурсов ветровой энергии, а их энергосистемы являются дефицитными.

Введение в эксплуатацию ветродизельных электростанций помогает решить четыре задачи: бесперебойная подача электроэнергии в отдаленные районы с децентрализованным электроснабжением, снижение себестоимости электроэнергии, решение проблемы завоза топлива, улучшение экологической ситуации [8].

Подводя итоги, можно со значительной степенью уверенности сказать, что на сегодняшний день, при тщательном учете и минимизации всех возможных факторов отрицательного воздействия ВДЭС на человека и окружающую среду на всех этапах их жизненного цикла, ветроэнергетика является одним из наиболее безопасных видов электрогенерации.

## Литература

1. Долгосрочная целевая программа Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре на 2010–2015 годы и на перспективу до 2020 года»: приложение к распоряжению Правительства автономного округа от 08 июля 2010 г. № 169-п. Ханты-Мансийск, 2010. 135 с.
2. Целевая программа Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Централизованное электроснабжение населенных пунктов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 2011–2013 годы и на перспективу до 2015 года»: приложение к распоряжению Правительства автономного округа от 19 ноября 2010 г. № 298-п. Ханты-Мансийск, 2010. 28 с.
3. Официальный веб-сайт Акционерного общества «Югорская региональная электросетевая компания» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.yuresk.ru/press-service/news/company-news/2295/?sphrase\\_id=181406](http://www.yuresk.ru/press-service/news/company-news/2295/?sphrase_id=181406) (дата обращения: 22.12.2016).
4. Официальный веб-сайт АО «Корпорация Развития» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cupr.ru> (дата обращения: 01.11.2016).
5. Архипов А. В., Зябкин А. А., Ремизов П. Н. Децентрализованное энергоснабжение в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре [Текст] // Омский научный вестник. Омск, 2010. сер. «Приборы, машины и технологии». Вып. № 3 (93). С. 188–190.
6. Архипова О. В. Принципы оптимизации электроснабжения населенных пунктов крайнего севера на базе ветродизельных комплексов. Вестник Югорского государственного университета. 2015. № 2 (37). С. 204–206.
7. Ковалев В. З. [и др.]. Энергетический подход к адаптивно – селективной сборке электротехнических комплексов нефтегазодобычи // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 09 (63). Ч. 3. С. 36–38.
8. Kovalev V. Z., Arkhipova O. V. Mathematical Modeling of Regional Isolated Electrotechnical Complex // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562. Volume 12, Number 16(электр. журн.). 2017. URL: [http://ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n16\\_08](http://ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n16_08) (дата обращения: 06.09.2017).

УДК 658:630\*31

**Просвирина А. С.**

*Научный руководитель: Коваленко Т. В., к. тех. н., доцент, СПбГЛТУ*

## **АНАЛИЗ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ**

В данной статье рассматривается анализ полученных телеметрических данных с автопоездов. Отбор полученных данных телеметрии на которые непосредственно влияют климатические условия на лесовозном транспорте. Оценка эффективности функционирования лесотранспортных систем с помощью этих показателей. Уделяется внимание влиянию климатически факторов на полученные показатели.

*Ключевые слова: климат, автопоезд, технические, телеметрические.*

Для оценки качества организации, объемов выполняемых работ, условий и эффективности функционирования лесотранспортных систем применяют различные показатели (иногда их называют измерителями), которые по своему характеру можно объединить в три группы: показатели природных условий, производственно-технические и технико-экономические [1].

Возможно отметить несколько основных проблем, появившихся под воздействием различных групп факторов (экономико-политических, природно-климатических, производственно-технических и др.), которые так или иначе оказывают большое влияние на деятельность автотранспортных предприятий:

- В условиях современной рыночной экономики в связи с нарастающим уровнем инфляции происходит постоянное увеличение цен на запасные части, ТЭР, ремонтные материалы и ГСМ, что ведет к увеличению себестоимости услуг и соответственно понижает уровень прибыли ЛЗП.
- Поддержание высокого уровня надежности, снижение затрат на техническое обслуживание (ТО) и ремонт автомобильного транспорта, что достигается эффективным функционированием системы организации ТО и ремонта.

Показатели природных условий характеризуют климат, рельеф, почвы и грунты района, в котором расположена лесотранспортная сеть и таксационные данные лесосырьевой базы.

В лесном комплексе основополагающими являются климатические факторы, влияющие на функционирование лесовозных автопоездов. Существенная доля лесосырьевых баз ЛЗП располагается в зонах с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями, что, с учетом местных климатических особенностей, приводит к сезонности в работе лесозаготовительных и лесотранспортных участков предприятий. Таким образом, выявление степени влияния климатических факторов на процессы лесосечных и лесотранспортных работ является весьма важной и актуальной проблемой, особенно в последнее время, когда аномальные колебания климата вызывают значительные перерывы в работе предприятий [2].

Основным средством получения информации о процессах, происходящих на подвижных объектах во время их испытаний и эксплуатации, являются телеметрические системы. Телеметрическая система – это совокупность средств измерений, вспомогательных устройств и каналов связи, предназначенных для передачи сигналов измерительной информации на расстояние и отличающихся наличием специальных средств для формирования передаваемого сигнала и его приема. По способу выполнения линий связи телеметрические системы можно разделить на проводные и радиотелеметрические [5].

Телеметрия, телеизмерение – совокупность технологий, позволяющая производить удаленные измерения и сбор информации для предоставления оператору или пользователю,

составная часть телемеханики. Термин образован от греческих корней «теле» – «удаленный» и «метрон» – «измерение». Хотя сам термин в большинстве случаев относится к механизмам с беспроводной передачей информации (например, используя радио или инфракрасные системы) он также включает в себе данные, передаваемые с помощью других средств массовой коммуникации, таких как телефонные или компьютерные сети, оптическое волокно или другие проводные связи.

Для сбора данных обычно используют либо датчики телеметрии (с возможностью работы в телеметрических системах, то есть специальным встроенным модулем связи), либо устройства связи с объектом, к которым подключаются обычные датчики.

Телеметрия нашла свое применение в следующих областях: узлы магистральных линий связи; сельское хозяйство; водоснабжение и водоотведение; медицина; оборона и космос; разведка; ракетная техника; авто- и мотоспорт; бурение наклонных скважин; системы глобального позиционирования, в том числе спутниковый мониторинг транспорта; ЦОДы (центр обработки данных); энергетика; системы безопасности (сигнализация, видеонаблюдение); умные дома; исследование дикой природы; розничная торговля; правоохранительная деятельность [4].

С лесовозных автопоездов с помощью системы спутникового мониторинга можно снимать следующие телеметрические данные:

Движение и работа: пробег; средний пробег; пробег с превышением скорости средняя скорость; максимальная скорость; время движения; движение за период; среднее время движения; время работы двигателя (моточасы); моточасы за период; время работы двигателя в движении; моточасы в движении за период; время работы двигателя без движения; моточасы без движения за период; работа двигателя на холостом ходу; работа двигателя на нормальных оборотах; работа двигателя на предельных оборотах; время с выключенным двигателем; двигатель выключен за период

Топливо: начальный объем; конечный объем; фактический расход; средний расход; объем заправок; объем заливок; объем сливов; объем выдач; возможный слив/превышение; минимальный объем; максимальный объем; расход на 100 км; расход на 100 км в движении; фактический расход в движении; фактический расход без движения; норма расхода на 100 км; расход по норме на 100 км; отклонение от нормы на 100 км; перерасход от нормы на 100 км; расход на моточас; расход на моточас без движения; норма расхода на моточас; расход по норме на моточас; отклонение от нормы на моточас; перерасход от нормы на моточас.

Работа дополнительного оборудования: максимальное значение за период; минимальное значение за период; среднее значение за период; суммарное значение за период; время работы; время простоя; время работы выше допустимого значения; время работы ниже допустимого значения; пробег с работающим дополнительным оборудованием; расход с включенным дополнительным оборудованием; расход с включенным дополнительным оборудованием на 100 км.

Данные с шины CAN: счетчик моточасов; счетчик пробега; счетчик расхода топлива; пробег до ТО; моточасов до ТО.

Для лесного комплекса жизненно необходим учет климатических факторов, которые непосредственно влияют на показатели вывозки, которые осуществляются автопоездами.

Производственно-технические показатели характеризуют эксплуатационные возможности лесотранспортных систем и объемы выполняемых ими перевозок. Например:

Сменная производительность автопоезда:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{(480 - t_{\text{п.з}}) M_{\text{пол.к.р.}}}{120 \frac{L_{\text{мар}}}{V_{\text{сп.т}}} + T_{\text{п.п.}} + T_{\text{р}}}$$

где:  $t_{\text{п.з}}$  – время на подготовительно-заключительные работы, (мин.), данное значение можно принять 20 мин. (согласно ЕНиР по лесозаготовкам), обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности;



Так же это значение можно получить из телеметрических данных: моточасы без движения за период, время с выключенным двигателем, двигатель выключен за период.

На время подготовительно-заключительных работ климатические условия влияют прямо, например, в зимний период прогрев двигателя происходит дольше, необходимо больше ГСМ. Так же климат немало важно влияет на состояние дороги.

$M_{пол}$  – полезная масса автопоезда (т);

$K_{вр}$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на личные нужды и отдых в течение смены, это значение можно получить из телеметрических данных: моточасы без движения за период, время с выключенным двигателем, двигатель выключен за период.

На данный коэффициент климатические условия влияют прямо, так как в зимний период прогрев двигателя происходит дольше, необходимо больше времени на перерывы водителей.

$L_{маг}$  – расстояние вывозки леса по магистрали (км), данное значение можно получить из телеметрических данных: пробег;

На расстояние вывозки климатические условия влияют прямо, потому что климатические условия могут повлиять на состояние дорожного полотна.

$V_{ср.т.}$  – среднетехническая скорость автопоезда (км/ч), это значение можно получить из телеметрических данных: средняя скорость.

На среднетехническую скорость климатические условия влияют прямо, потому что погодные условия явно влияют на состояние дороги на которой осуществляется вывозка древесины.

$T_p$  – время простоев при разгрузке автопоезда на нижнем складе козловыми и кабельными кранами (мин), это значение можно получить из телеметрических данных: время работы двигателя без движения, время с выключенным двигателем, двигатель выключен за период, работа двигателя на холостом ходу.

На время простоев при разгрузке автопоезда климатические условия влияют прямо, так как в плохую погоду разгрузка происходит медленнее, а от времени разгрузки зависит количество рейсов за смену.

$T_{пл}$  – время на погрузочные работы при использовании челюстных погрузчиков (мин) ( $T_{пл} = 10 + 1,2M_{пол}$ ), это значение можно получить из телеметрических данных: время работы двигателя без движения, время с выключенным двигателем, двигатель выключен за период, работа двигателя на холостом ходу.

На время простоев при погрузке автопоезда климатические условия влияют косвенно, так как в плохую погоду погрузка происходит медленнее, а от времени погрузки зависит количество рейсов за смену.

С помощью данных полученных с телеметрических устройств можно провести анализ данных и сделать вывод, к примеру, о состоянии дороги. Неудовлетворительное состояние дороги влияет на скорость движения лесовозного автопоезда которая, выступает в качестве критерия в системах оптимизации лесотранспортных процессов при освоении арендных лесных массивов.

Максимальное влияние метеорологических факторов на функционирование лесосечно-транспортной системы осуществляется через взаимодействие машины с дорожной поверхностью [3]. Наиболее зависимыми от погоды и климата являются технологические лесовозные дороги (усы).

Характерной чертой лесной отрасли является потребность создания сезонных запасов для обеспечения вывозки при остановке лесосечных работ по климатическим условиям; на нижних складах – для обеспечения работы склада в период распутицы.

При формировании систем оптимизации транспортного освоения лесных массивов, следует учитывать влияние климатических факторов через среднюю скорость движения автопоездов, сравнивая ее с нормативной, установленной для данного участка дороги, что дает возможность судить о состоянии дорожной конструкции и позволит своевременно выводить лесную дорогу из эксплуатации.

## Литература

1. Алябьев В. И., Ильин Б. А., Кувалдин Б. И., Грехов Г. Ф. Сухопутный транспорт леса. Изд-во: Лесн. пром-сть, 1990. 416 с.
2. Коваленко Т. В., Тарабан М. В., Вохмянин Н. А. К вопросу о методике учета влияния климатических факторов на скорость движения лесовозных автопоездов // Научное обозрение. 2013. № 1. С. 80–83.
3. Коваленко Т. В., Коточигов М. В. Использование климатической информации для организации транспортного освоения лесных массивов // Технология и оборудование лесопромышленного комплекса : сб. науч. тр. / Под ред. В. И. Пятякина. СПб. : СПбГЛТУ, 2013. № 6. С. 104–109.
4. Академик: Телеметрия – это... (электронный ресурс). 2000-2017. URL.: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/471431> (дата обращения 16.09.2017).
5. Научная библиотека: Телеметрические системы. (электронный ресурс). 2017. URL.: [http://know.alnam.ru/book\\_vb5.php?id=75](http://know.alnam.ru/book_vb5.php?id=75) (дата обращения 19.09.2017).

УДК 630.8+621.03

*Ракин Д. В., Цыгарова М. В.*

### **ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ КАК ПУТЬ К МАЛООТХОДНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ**

В статье приведен пример технологического процесса заготовки и обработки древесины на предприятиях лесного комплекса Республики Коми, выявлены проблемы, связанные с обработкой древесины. Выполнено сырьевое планирование для подбора технологической линии по производству древесного топлива, что позволит перейти к малоотходной технологии при обработке древесины.

*Ключевые слова: лесозаготовка, лесопиление, технологический процесс, переработка отходов, древесное топливо.*

Одной из актуальных проблем лесопромышленного комплекса является переработка отходов. В настоящее время отходами нужно считать только то, что не обеспечивает дополнительную прибыль предприятию. Отходы классифицируются как используемые и неиспользуемые. Эта классификация весьма условная. Она зависит от многих факторов:

- от технологии производства (заготовки, переработки);
- применяемых машин и механизмов (оборудования);
- состояния инструмента (своевременной замены, заточки);
- организации производства;
- климатической зоны расположения производства;
- наличия вблизи возможных потребителей;
- дорожно-транспортных условий и т. д.

Отходы, для которых в настоящее время отсутствуют условия переработки, называются неиспользуемыми, а те, которые используются, – вторичным сырьем.

Рассмотрим для примера технологический процесс лесозаготовительного предприятия. Основными видами деятельности являются:

- лесозаготовительное производство (лесосечные работы, транспорт, нижнескладские

работы);

- производство пиломатериалов, технологической щепы;
- реализация продукции потребителям.

Нижний склад предназначен для приема, обработки, переработки и отгрузки лесоматериалов, заготавливаемых на арендуемых участках лесного фонда.

**Технологический процесс нижнего склада:**

Технологический процесс нижнего склада лесопромышленного предприятия включает основной поток по обработке лесоматериалов; цех лесопиления; цех технологической щепы. Структурная схема нижнего склада представлена на рисунке 1.

**Основной поток по обработке лесоматериалов:**

Древесина на нижний склад поступает в виде сортиментов. Разгрузка сортиментов на приемный стол сортировочной установки осуществляется гидроманипулятором лесовозного автопоезда. Сортировка сортиментов происходит на продольном транспортере Б-22У с автоматической сброской. Из карманов-накопителей сортименты укладываются в штабеля запаса консольно-козловым краном ККС-10. Отгрузка готовой продукции осуществляется башенным краном КБ-572.

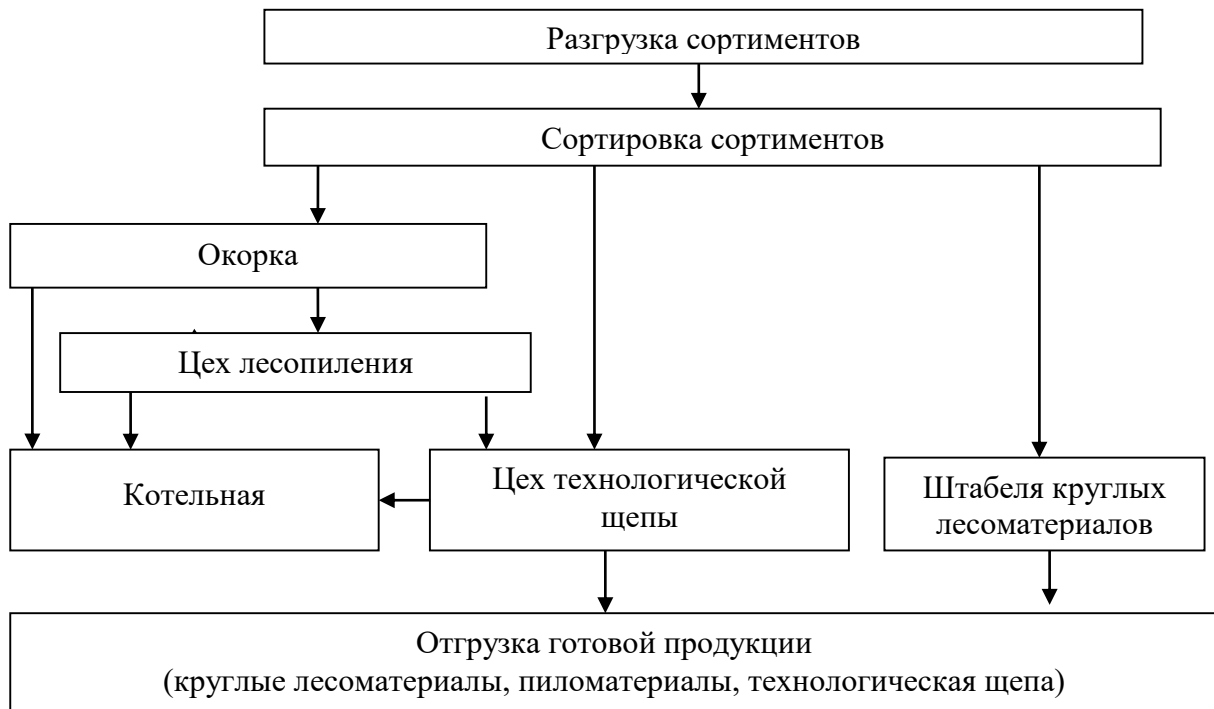


Рис. 1. Структурная схема нижнего склада

**Цех лесопиления:**

Цех мощностью 8 тыс. куб. м. в год предназначен для производства пиломатериалов из крупного пиловочника хвойных пород. Цех работает на базе лесопильных рам в односменном режиме. В состав цеха входит:

- Узел подготовки и подачи сырья в цех.
- Распиловка бревен на лесопильных рамах.
- Торцовка пиломатериалов на торцовочном станке.
- Сортировка пиломатериалов по размерно-качественным признакам с последующей укладкой в транспортные пакеты.
- Переработка отходов в технологическую щепу.

Отходы от лесопильных рам, обрезного станка и торцовки по ленточному транспортеру поступают в рубительную машину для производства хвойной технологической щепы с целью

использования в целлюлозно-бумажной промышленности.

Опилки выносятся из цеха транспортером ТОЦ-16, собираются в бункер и вывозятся скипами для последующей утилизации.

**Цех технологической щепы:**

Цех мощностью 5 тыс. м<sup>3</sup> в год предназначен для производства технологической щепы с переработкой низкокачественной древесины и отходов, образующихся в процессе обработки лесоматериалов. Цех разработан на базе установки УПЩ-6. В состав цеха входит:

- Узел подготовки сырья с использованием цепного колуна КЦ-8 для расколки крупномерной древесины.

- Узел производства щепы, включающий рубительную машину МРГ-40, сортировочную установку СЩ-120 и пневмотранспортную установку ПНТУ-2М.

- Открытый склад хранения щепы.

Погрузка щепы осуществляется скребковыми транспортерами.

**Основные проблемы, выявленные на предприятии:**

*Цех лесозаготовок:*

- Большой объем древесной зелени из-за нерационального использования биомассы дерева.

*Нижний склад (цех лесопиления):*

- Большое количество кусковых (*горбыли, рейки*) и сыпучих (опилок) отходов из-за несовершенных схем раскроя пиловочного сырья;

**Возможные варианты решения:**

Использование древесных отходов можно развивать в нескольких направлениях:

- в лесохимической отрасли промышленности (хвойно-лечебный экстракт, эфирное масло);

- в пищевой промышленности (хвойный сок, хвойные настои, витаминно-белковые концентраты)

- в топливной промышленности (брикеты и пеллеты);

- в производстве древесно-волоконистых и древесно-стружечных плит;

- в производстве строительных материалов с органическими заполнителями из щепы, опилок и стружек (различные утеплители и стеновые блоки);

- в производстве зеленых кормов и сельскохозяйственных удобрений (хлорофиллокаротиновая паста, техническая зелень для кормов);

- в производстве специального гумуса для парниковых хозяйств и выращивания грибов;

- в качестве удобрения почвы (мульчирование корой).

Однако, как правило, отходы деревообработки не находят должного применения и образуют древесные свалки. Внешний вид деревообрабатывающих предприятий от этих свалок далек от эстетичного. Таким образом, решая проблему переработки отходов, можно получить положительный результат не только в виде готовой продукции, но и решить вопросы экологии и интерьера деревообрабатывающих предприятий.

Перспективным направлением утилизации древесных отходов цехов лесопиления и деревопереработки видится в производстве древесного топлива. Известно, что древесные отходы неудобны для транспортирования, складирования и хранения. Также высокая влажность древесных отходов не позволяет использовать их в качестве топлива без дополнительной подготовки. Поэтому с целью улучшения условий горения, повышения транспортабельности и экономической эффективности древесные отходы целесообразно прессовать.

К преимуществам древесного топлива следует отнести:

- возможность их сжигания в печных и котельных установках, работающих на твердом топливе;

- минимальные затраты на складирование и транспортировку;

- высокую теплоту сгорания;

- малое количество оставшейся золы.

В данной статье рассматривается внедрение линии по производству древесного топлива с целью утилизации отходов при обработке древесины.

Одним из ключевых вопросов в определении экономической эффективности предприятий, занимающихся производством древесного топлива, является вопрос обеспечения сырьем. Вопрос грамотного обеспечения предприятия сырьевыми ресурсами может либо повысить общую эффективность, либо сделать его неэффективным. Главный вопрос – это качество используемого сырья. Оттого, какого качества сырье использует производство, зависит и то, насколько качественной будет готовая продукция. Это касается и сыпучих, а в большей степени, кусковых и лесосечных отходов: насколько древесная масса близка к требуемым параметрам, зависит количество устанавливаемого оборудования и, соответственно, общая стоимость установки по производству древесного топлива.

Для сырьевого планирования необходимо составить материальный баланс цеха лесопиления (рис. 2) и материальный баланс цеха технологической щепы (рис. 3).

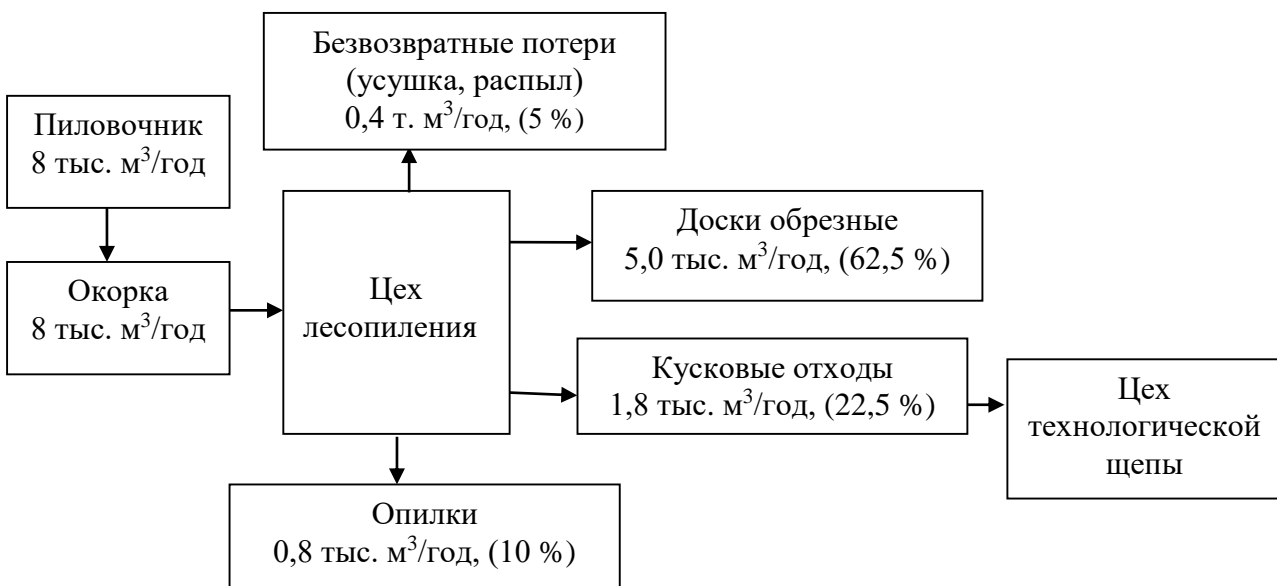


Рис. 2. Материальный баланс цеха лесопиления

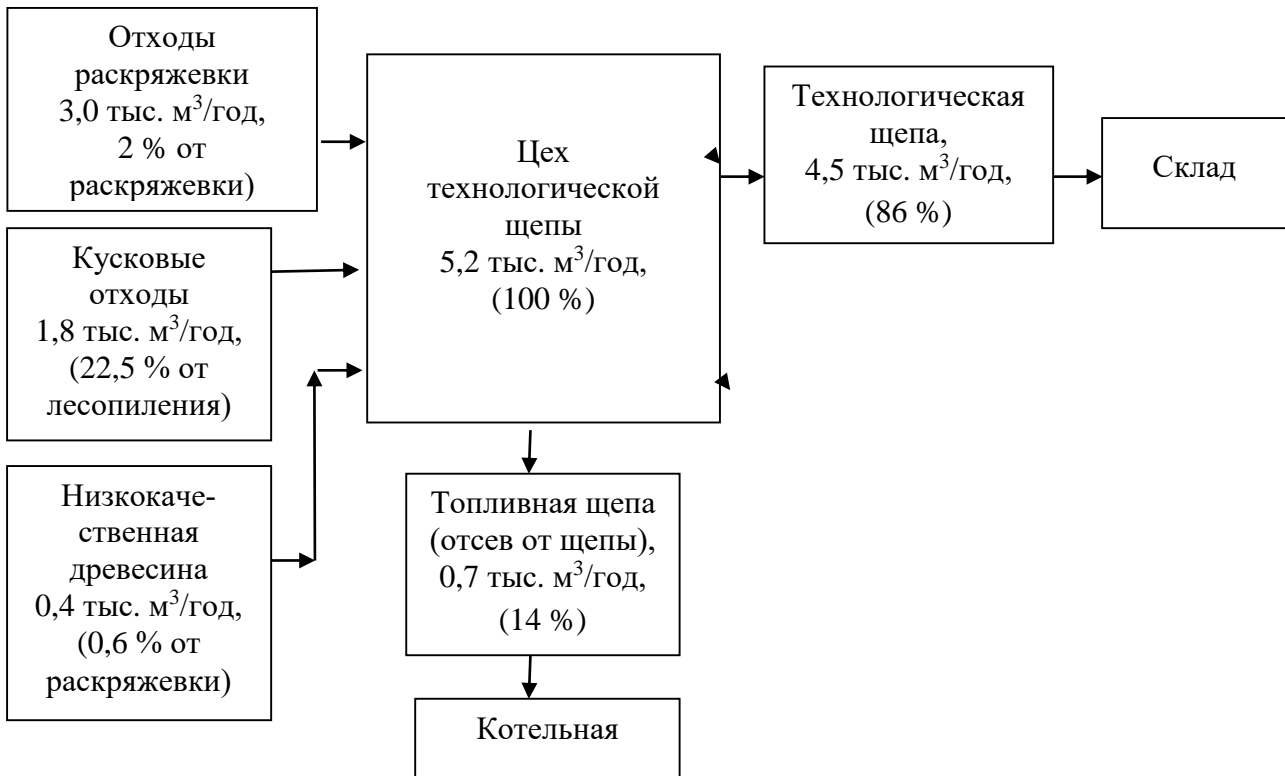


Рис. 3. Материальный баланс переработки древесины при производстве технологической щепы

**Вывод:** Изучение технологического процесса переработки древесины показало, что 24 % (10 + 14) поступающей на нижний склад древесины идет в отходы или сжигается в котельной, а не преобразуется в продукцию. Кроме этого при окорке пиловочного сырья перед цехом лесопиления образуется кора, которая составляет в среднем 9 % от объема перерабатываемой древесины и учитывается сверх баланса древесины.

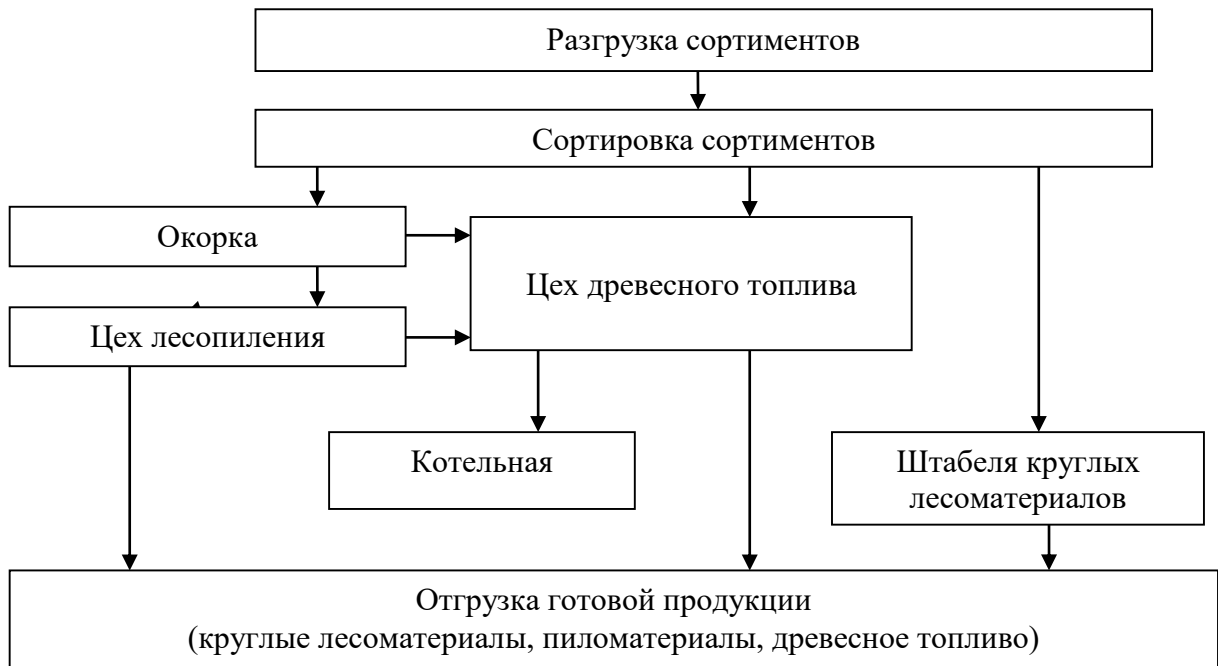
**Предлагаемые меры:**

- Дополнительная подсортировка пиловочного сырья по диаметрам перед подачей к лесопильному оборудованию.
- Индивидуальный метод раскряга пиловочного сырья (индивидуальная схема раскряга для каждого диаметра поступающего сырья).
- Применение тонких пил.
- Установка нового лесопильного оборудования.
- Установка технологического оборудования для переработки отходов в древесное топливо (пеллеты или брикеты)

При установке оборудования и внедрении технологической линии по производству древесного топлива с целью переработки древесных отходов структурная схема нижнего склада будет иметь вид, представленный на рисунке 4.

Для внедрения данного мероприятия необходимо выполнить работы по подбору оборудования и определению показателей экономической эффективности его внедрения.

Благодаря реализации данного проекта, лесоперерабатывающие предприятия Республики Коми могут перейти на малоотходное производство, а также использовать полученный продукт, как топливо для котельных.



**Рис. 4. Структурная схема нижнего склада при переработке отходов на древесное топливо**

Древесное топливо как энергетический ресурс обладает большим потенциалом энергии и способно заменить использование ископаемых видов топлива. Производство пеллет и их применение в качестве топлива по сравнению с традиционными видами горючих материалов имеет ряд преимуществ: утилизация неиспользованных отходов лесопиления и деревообработки, наименьшая зольность, отсутствие запахов. Кроме того, это относительно дешевый источник энергии по сравнению с постоянно растущим в цене углем и мазутом. Производство пеллет также способствует появлению новых рабочих мест, развитию инфраструктуры, дополнительные налоговые поступления в бюджет, решение вопроса с отоплением.

### Литература

1. Проблемы производства древесного топлива // Лес. Государство. Отрасль. Компании. 2011. № 8. С. 56–57.

УДК 621.9.048.6

*Самуль А. Г.*

*Научный руководитель: Гилета В. П., к. тех. н., доцент, НГТУ*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ

В данной работе представлена модель для прогнозирования характера морфологии поверхности, возникающей в процессе ультразвуковой обработки.

*Ключевые слова: ультразвуковая обработка, морфология поверхности, процесс упрочнения.*

Важной проблемой при обеспечении качества поверхностного слоя деталей является повышение степени его структурной приспособляемости в условиях трения. Изыскание методов обработки, создающих возможность образования на упрочняемой поверхности детали регулярных тонко управляемых микро- и субмикрорельефов, частично решает эту проблему. К числу наиболее совершенных методов получения регулярных микро- и субмикрорельефов можно отнести ультразвуковую упрочняюще-чистовую обработку (УЗО) [1]. Данный вид обработки основан на высокочастотном, скоростном пластическом деформировании поверхностных слоев металла при сложном относительном перемещении упрочняемой поверхности и индентора. Большинство работ по упрочняюще-ультразвуковой обработке были проведены при направлении колебаний по нормали к поверхности, при этом образующиеся микрорельефы отличаются закономерной повторяемостью однородных по геометрическим размерам местных выступов и впадин, величина которых строго связана с параметрами режимов обработки [2, 3]. Работ, по изучению формирования микрогеометрии при ультразвуковой обработке по другим схемам незначительно. Поэтому целью данной работы являлось установление закономерностей формирования морфологии поверхности, возникающих в процессе упрочнения при направлении колебаний по касательной к обрабатываемой детали.

При наложении на индентор тангенциальных ультразвуковых колебаний траекторией перемещения центра инструмента является синусоида  $L_2$ , наложенная на винтовой линии  $L_1$  угол подъема которой составляет величину  $\alpha$ . Перемещение вдоль осей  $x$  (направление подачи) и  $y$  (окружное направление) при введении колебаний под углом  $\beta$  к окружной скорости описывается уравнениями.

$$x = Snt + A \cdot \sin(2\pi ft) \cos(\beta), \quad (1)$$

$$y = \pi Dnt + A \cdot \sin(2\pi ft) \sin(\beta), \quad (2)$$

где  $S$  – продольная подача индентора,  $n$  – частота вращения детали,  $t$  – текущее время,  $D$  – диаметр детали,  $A$  – амплитуда колебаний индентора,  $f$  – частота колебаний,  $\beta$  – направление колебаний по отношению к направлению окружной скорости.

Уравнение перемещения  $z$  деформатора в декартовой системе координат:

$$z = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

Анализ уравнений 1–2 показывает, что на поверхности формируется след обработки в виде синусоиды, средняя линия которой наклонена под углом наклона  $\alpha$  к окружной скорости.

$$\alpha = \frac{S}{\pi \cdot D} \quad (4)$$

Влияние угла  $\beta$  на формирование следа обработки, при технологических параметрах:  $n = 1000$  об/мин;  $S = 0,1$  мм;  $D = 40$  мм;  $A = 2$  мкм;  $f = 22$  кГц, показано на рисунках 1–3.

Как видно из рисунков период синусоиды зависит от частоты ультразвуковых колебаний, а размах следа, относительно средней линии, зависит от амплитуды колебаний и угла  $\beta$ . Поэтому при данной схеме обработке угол  $\beta$  будет являться также технологическим параметром, варьирование которым позволяет формировать след с различными амплитудными характеристиками.



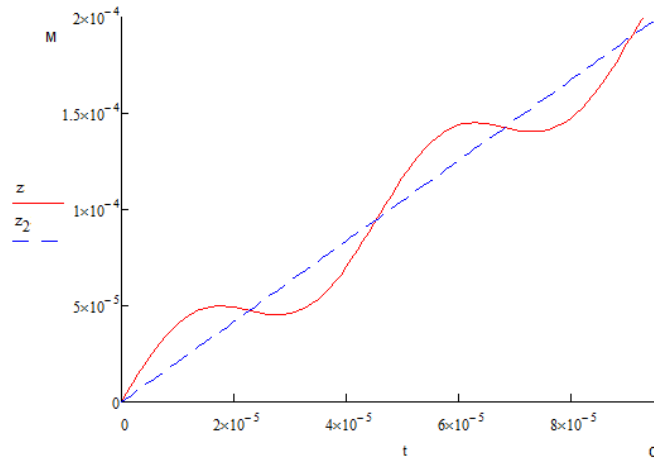


Рис. 1. Изменение направления индентора при  $\beta = \pi/2$

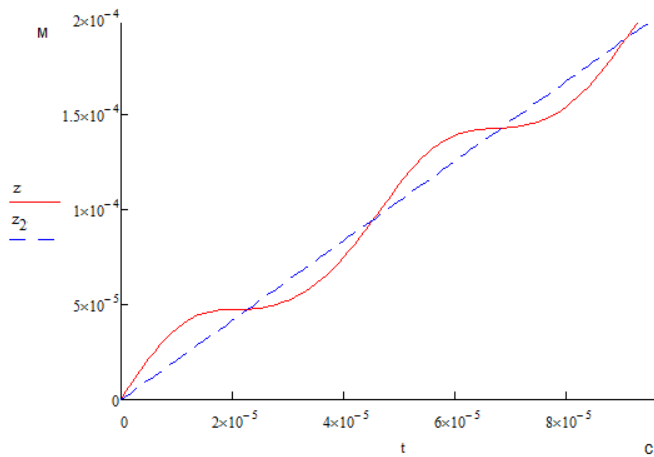


Рис. 2. Изменение направления индентора при  $\beta = \pi/4$

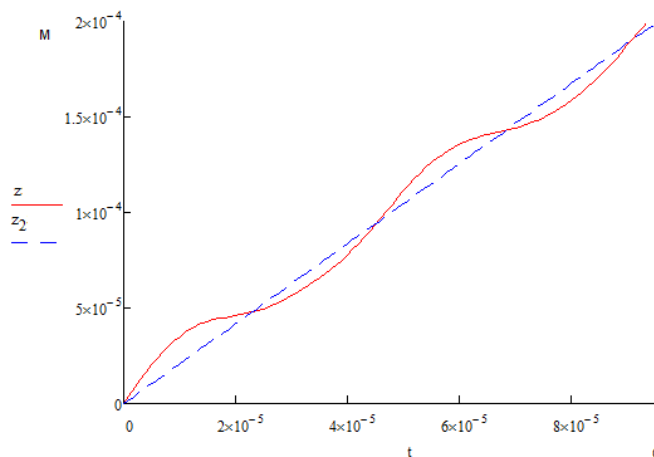


Рис. 3. Изменение направления индентора при  $\beta = \pi/6$

### Литература

1. Гилета В. П., Исакова Г. А. Моделирование процесса формирования регулярного рельефа при ультразвуковом алмазном выглаживании // Сверхтвердые материалы. 1987. № 5. С. 53–58.

2. Семенов С. В. Разработка технологии безабразивного ультразвукового полирования, основанного на адиабатическом сдвиге металла поверхностного слоя : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01. М., 1994. 223 с.

3. Осипенкова Г. А., Пегашкин В. Ф. Отделочно-упрочняющая обработка с применением ультразвуковых крутильных колебаний. М-во образования и науки РФ ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). 2-е изд., перераб. и доп. Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2015. 179 с.

УДК 621.311

**Сидорова А. В.**

*Научный руководитель: Русина А. Г., д. т. н., доцент, НГТУ*

## **ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ГЭС ПРИ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

В электроэнергетических системах, содержащих ГЭС, важной задачей является повышение эффективности использования водных ресурсов. Авторами предлагается оригинальная методика оценки использования ресурсов ГЭС, состоящая из пяти блоков. Представленная методика может служить основой для составления программы для моделирования режимов электроэнергетических систем (ЭЭС).

*Ключевые слова: ГЭС, водно-энергетический ресурс, гидроэнергетический режим, структурная модель, эффективность использования, технологический процесс.*

Гидроэлектростанции оказывают большое влияние на распределение электроэнергии на региональных и особенно на оптовых электроэнергетических рынках в моделях вида «гидроресурсы – потребление электроэнергии». В данной статье излагаются некоторые принципы создания методики расчетов для ГЭС. Назовем модель такого вида Р-П-Н (ресурсы, производство, нагрузка) ГЭС. Учитывая неопределенность стока ГЭС и информационные сложности, задачи традиционно делится на две части, в зависимости от периода планирования – долгосрочные и краткосрочные режимы [1, с. 313; 2]. В схеме использования модели Р-П-Н много особенностей и изменений по сравнению с прошлыми разработками [3; 4].

### **Особенности алгоритмизации модели Р-П-Н**

**Блок 1 – информационное пространство.** Принципиальным вопросом является необходимость использования гидроэнергетической и гидравлической информации по напорам, стоку, расходам, уровням бьефов, что не только увеличивает размер массивов традиционной информации тепловых электроэнергетических систем (ЭЭС), но и неопределенность всех задач планирования режимов гидротепловых ЭЭС. В блок включаются *модели прогнозирования*, так как без прогнозов невозможно решать режимные задачи ЭЭС.

**Блок 2 – гидроэнергетический режим.** Определяется оптимальное использование водных ресурсов ГЭС (бытовой приточности и запасов стока в водохранилище).

Главная задача – как использовать гидроэнергетические ресурсы и получить максимум выработки электроэнергии. Это означает, что требуется получить максимум КПД по напору и по расходу. Оптимизация производится по критерию максимума выработки электроэнергии за полный цикл гидроэнергетических расчетов, т. е. за гидрологический год. Это отвечает условию поздней сработки водохранилища в период межени и раннему заполнению водохранилища в период паводка. Если рассматривается каскад ГЭС, то должен быть добавлен крите-

рий максимума напора нижележащей станции каскада. Все вышесказанное соответствует рациональному ведению бизнеса и максимуму продаж электроэнергии ГЭС и оптимизации режима ЭЭС.

В блоке решается комплекс задач по рациональному использованию гидроэнергетических ресурсов одиночных и связанных станций в каскаде. Выработка электроэнергии на ГЭС зависит от стока, а режим использования стока в свою очередь существенно зависит от напора. Главную роль играет критерий оптимизации выработки электроэнергии. Критерий максимума выработки прост в использовании, поскольку он не требует анализа функционирования ГЭС в системе, но решение является заведомо не наилучшим.

**Блок 3 – технологический процесс ГЭС.** В нем рассматриваются задачи внутростанционных решения выбора состава и режима гидроагрегатов при заданной нагрузке станции по критерию максимума КПД. Это основной показатель технологического процесса преобразования потенциальной энергии в рабочую и выполнения критерия:

$$\mathcal{E}_{\text{ГЭС}} \Rightarrow \max .$$

КПД ГЭС является произведением КПД по напору (Н), расходу (Q) и технологическому процессу. Полный КПД турбинной установки по напору:

$$\eta_H = \frac{H_{\text{полезн}}}{H_{\text{полезн}} - \Delta H_{\text{нб}} - \Delta H_{\text{в.с}} - \Delta H_{\text{турб}} - \Delta H_{\text{о.с}}} = \eta_{\text{Ннб}} \eta_{\text{Нв.с}} \eta_{\text{Нтурб}} \eta_{\text{Но.с}},$$

где индексы: нб – нижний бьеф; в.с – водоподводящие сооружения; турб – турбина; о.с – отводящие сооружения.

**Блок 4–5 режим ГЭС в ЭЭС и коммерческий баланс.** В ЭЭС должно соблюдаться условие получения минимума издержек с учетом структуры мощностей ЭЭС. Основные особенности ЭЭС соответствуют ее энергетическим балансам, и критерием оптимизации является минимизация суммарных издержек всех единиц (станций и сетей). Такая оптимизация производится для календарного года при изменении нагрузки.

Всегда отдавалось предпочтение критерию минимума издержек. Однако сейчас это связано с большими информационными трудностями и есть две альтернативы: либо режим рассчитывается для станции и тогда необходима системная информация, либо режим рассчитывается для системы и тогда необходима гидрологическая информация.

Целесообразно этот расчет выполнять по схеме последовательного уточнения режима. Сначала для ГЭС рассчитывается режим по критерию максимума выработки энергии. Вторым этапом является его дооптимизация по критерию минимума издержек, и наконец, есть третий этап по максимуму прибыли продажи на электроэнергетическом рынке. Конечно, при этом будут определенные потери и эффективность использования потенциальных ресурсов понизится, но при таком подходе снимается часть информационных проблем.

*Топливная эффективность ресурсов при использовании ГЭС в ЭЭС – фактор, имеющий важнейшее значение для ЭЭС.* Понятие топливная эффективность отражает влияние ГЭС на энергетические балансы ЭЭС, поскольку очевидно, что ГЭС дает всегда определенную выгоду для системы – и по режиму тепловых станций особенную. В балансах мощности гидроэлектростанции размещаются чаще всего без учета эффективности энергоресурсов.

Топливная эффективность гидроресурсов (расхода воды и стока) зависит в основном от показателей энергетического баланса мощностей ЭЭС. Баланс мощностей изменяется ежедневно, и по времени года, соответственно изменяется и топливная эффективность гидроресурса. Для определения топливной эффективности используется характеристика относительных приростов ЭЭС и данные баланса мощностей и места станции в балансе (пик, полупик, база). При этом изменяются относительные приросты по топливу и издержкам.

**Полный алгоритм** включает 5 основных блоков, перечисленных выше: информационный, гидроэнергетический, технологический, энергетических балансов гидротепловой ЭЭС,

коммерческий. Расчет режима ведется от базового первоначального плана к конечному, при этом режим ГЭС рассчитывается последовательно по трем критериям: максимум выработки энергии, минимум издержек, максимум прибыли.

**Показатели оценки режимов ГЭС в модели Р-П-Н.** В настоящее время при учете бизнес-интересов, главным и почти единственным показателем является прибыль и цена [5].

Показатели эффективности гидростанций могут рассчитываться с различными целями, и от этого зависит их вид и содержание. Все без исключения показатели эффективности работы ГЭС зависят от ее выработки электроэнергии и требуется решение многих задач.

**Структурная модель производства электроэнергии на ГЭС** должна учитывать весь процесс от ресурсов производства до реализации электроэнергии по всем видам деятельности.

**Использование ресурсов электроэнергии.** Гидроэнергетический потенциал зависит от параметров станции, стока реки, режима использования водных ресурсов. Выработка электроэнергии определяется расчетами по данным водных ресурсов, по режимам напора, по КПД технологического процесса станции. Все составляющие переменны во времени и имеют высокий уровень неопределенности.

Транспорт электроэнергии и режим передачи электроэнергии сетевыми компаниями могут иметь разные масштабы и хозяйственные формы. Обычно ГЭС не имеет свободы выбора трасс транспорта и не располагает данными, по их определению. Тогда требуется разработка методики создания электрической схемы или специальную методику прогнозирования для оценки затрат на транспорт. Часть транспортных задач ГЭС может решать самостоятельно.

### Примеры расчетов

#### Методика расчета показателей и оценки деятельности ГЭС

Рамки статьи не позволяют подробно остановиться на методике расчета показателей эффективности, но очевидно, что без специального алгоритма она вряд ли может быть реализована. Дадим отдельные фрагменты такой методики.

Рассмотрим содержательно понятие КПД по напору, что требует детализации понятий подведенный напор и полезный напор.

$$\eta_H = \frac{H_{\text{полезн}}}{H_{\text{полезн}} + \Delta H_{\text{нб}} + \Delta H_{\text{в.с}} + \Delta H_{\text{турб}} + \Delta H_{\text{о.с}}} = \eta_{H.\text{нб}} \cdot \eta_{H.\text{в.с}} \cdot \eta_{H.\text{турб}} \cdot \eta_{H.\text{о.с}},$$

где:  $H_{\text{полезн}}$  – полезный напор турбинной установки;

$\Delta H_{\text{обл}}, \Delta H_{\text{в.с}}, \Delta H_{\text{турб}}, \Delta H_{\text{о.с}}$  – потери напора в нижнем бьефе, водоподводящих сооружениях, турбине и отводящих сооружениях, соответственно;

$\eta_{H.\text{нб}}, \eta_{H.\text{в.с}}, \eta_{H.\text{турб}}, \eta_{H.\text{о.с}}$  – КПД по напору в нижнем бьефе, в водоподводящих сооружениях, в турбине и в отводящих сооружениях, соответственно. Со временем напорные характеристики изменяются.

*КПД по расходу* может составляться по верхнему бьефу, а для каскада и по нижнему бьефу. Уравнение баланса имеет следующий вид:

$$Q_{\text{об}}(t) = Q_{\text{пр}}(t) \pm Q_{\text{в}}(t) + Q_{\text{ос}}(t) - Q_{\text{исп}}(t) \pm Q_{\text{л}}(t) - Q_{\text{ф}}(t) - Q_{\text{вх}}(t),$$

где:  $Q_{\text{пр}}$  – приточность;  $Q_{\text{в}}$  – запасы водохранилища расход;  $Q_{\text{ос}}$  – осадки;  $Q_{\text{исп}}$  – испарения с его поверхности;  $Q_{\text{л}}$  – потери на ледообразование;  $Q_{\text{ф}}$  – потери на фильтрацию через ложе водохранилища;  $Q_{\text{вх}}$  – забор воды на нужды водопотребителей и водопользователей.

*Баланс расходов в нижнем бьефе станции:*

$$Q_{\text{нб}}(t) = Q_{\text{ГЭС}}(t) + Q_{\text{х.сб}}(t) + Q_{\text{шт}}(t) + Q_{\text{ф}}(t) + Q_{\text{пр}}(t),$$

где:  $Q_{ГЭС}$  – расход воды через турбины ГЭС;  $Q_{х.сб}$  – расход холостых сбросов через водосбросные сооружения;  $Q_{шл}$  – расход на шлюзование;  $Q_{ф}$  – фильтрация воды через гидротехнические сооружения и различные устройства станции;  $Q_{пр}$  – расход воды, поступающий в нижний бьеф через рыбоходы, ледосбросы и другие сооружения.

*Баланс расходов по станции:*

$$Q_{вб}(t) = Q_{нб}(t).$$

Часто составляющие учитывают в виде поправок к бытовой приточности, и тогда уравнение баланса записывается в общепринятом виде:

$$Q_{нб}(t) = Q_{ГЭС}(t) \pm Q_{х.сб}(t).$$

*Баланс расходов для каскада ГЭС.* Для каскада из  $n$  станций уравнения баланса представляются системой уравнений:

$$Q_{нб.n}(t) = Q_{нб.n-1}(t - \tau_{n-1}) \pm Q_{вн}(t) + Q_{б.пр.n}(t).$$

Из приведенных уравнений легко определить факторы, влияющие на КПД по расходу.

*КПД технологического процесса* по мощности учитывает преобразование подведенной энергии в рабочих органах турбины генератора и водоподводящих сооружениях.

Подведена мощность  $N_{подв}$  мощность на зажимах генератора будет  $N_{пол}$ , а КПД агрегатного блока:

$$\eta_a = \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_{BC},$$

где индексы:  $t$  – турбина;  $г$  – генератор, а  $\eta_{BC}$  – КПД водоподводящих сооружений.

Требуется специальная методика определения всех составляющих КПД и факторов, причем не стартовых условий, а фактических. Это сложная информационная задача.

*Коммерческая эффективность.* Оптовый рынок электроэнергии функционирует по регламентам, выработанным организаторами рынка. Они не координируются с технологическим процессом преобразования гидроэнергии на различных этапах. Вместе с тем нельзя исключить этот этап в комплексной оценке эффективности использования ресурсов ГЭС [3; 4; 6].

### **Результаты исследования**

Первоочередным является показатель максимальной выработки электроэнергии ГЭС, что достигается за счет оптимизации: напора, расхода, КПД техники и технологии, топливной эффективности, распределения нагрузки в ЭЭС, потерь электроэнергии в сетях, коммерческие преимущества в отношениях купли/продажи. А в электроэнергетической системе от выработки энергии на ГЭС зависят функции остальных станций, контроль и анализ затрат управление системой.

*Практическое значение показателей эффективности.* Наиболее возможными являются следующие практические области применения показателей эффективности: комплексная эффективность позволяет сравнивать станции между собой, сравнивать их с нормативами в целом; сравнение возможно и по отдельным этапам использования гидроресурсов, и по отдельным задачам; проводить анализ и намечать пути энергосбережения.

Приведенная методика по теме эффективность использования ГЭС от ресурсов до коммерческих результатов является актуальной и для действующих станций и для проектируемых. Сейчас предполагается проектирование и создание новых ГЭС, и эта методика влияет на инвестиционный проект. Оценка эффективности использования гидроресурсов имеет большую актуальность и для цен на электроэнергетическом рынке.

Для эксплуатируемых ГЭС важно правильно оценивать их результативность не только по заявленным ценам, а с учетом их связи цен с тем как они используют ресурсы, возобновляемые и дешевые, гидроресурсы – это национальное богатство. Тема, рассмотренная в работе, требует ее глубокого исследования.

### Литература

1. Филиппова Т. А., Мисриханов М. Ш., Сидоркин Ю. М., Русина А. Г. Гидроэнергетика : учеб. пособие. Изд. 3-е, перераб. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. 620 с.
2. Гафарова З. М. Региональные проблемы эффективности использования водно-энергетических ресурсов // Наука, новые технологии и инновации. 2015. № 5. С. 104–107.
3. Ерохин П. М., Колясников К. С. Оптимизация долгосрочных режимов работы ГЭС по критерию минимизации издержек потребителей электроэнергии на оптовом рынке России // Энергетик. 2013. № 11. С. 039–041.
4. Разыков В., Джононов М., Расулов С., Абдуллоев Ф. Технико-экономическая оценка эффективности ГЭС в рыночных условиях работы энергосистемы // Вестник Таджикского технического университета. 2010. Т. 4-4, № 4, 2010. С. 57–63.
5. Rusina A. G., Sovban E. A., Khujasaidov J. K., Filippova T. A. Tasks of optimal performance of hydroelectric in power system // 11 International forum on strategic technology (IFOST 2016) : proc., Novosibirsk, 1–3 June 2016. Novosibirsk : NSTU, 2016. Pt. 2. P. 251–254.
6. Русина А. Г., Русин Г. Л., Худжасаидов Д. Х. Особенности управления режимами энергосистемы Памира // Электротехника. Электротехнология. Энергетика (ЭЭЭ-2015) = Electrical engineering. Electrotechnology. Energy (EEE-2015) : сб. науч. тр. 7 междунар. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, 9–12 июня 2015 г. В 3 ч. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. Ч. 3. Секция: Энергетика. С. 159–162.

УДК 621.757

*Столярук Д. В., Тараховский А. А., Тараховский А. Ю.*

### **ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СБОРКИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ «УПЛОТНИТЕЛЬНОЕ КОЛЬЦО – ВНУТРЕННЯЯ КАНАВКА БАЗОВОЙ ДЕТАЛИ»**

В работе рассмотрен вопрос повышения уровня автоматизации сборочных процессов при сборке уплотнительных устройств, содержащих эластичную кольцевую деталь и канавку базовой детали. Проанализирован технологический процесс сборки с учетом особенных технологических задач – предварительной деформации эластичной кольцевой детали. Определены зависимости оптимального уровня автоматизации от программы выпуска.

*Ключевые слова:* уплотнительные соединения, эластичный кольцевой элемент, деформация, качество, сборка.

Одним из ключевых направлений повышения эффективности производства в настоящее время является разработка и внедрение перспективных технологий, обеспечивающих высокий уровень автоматизации производства. Особого внимания заслуживают сборочные технологии – важная часть машиностроения [1].

Широкое применение в конструкциях отечественных и зарубежных уплотнительных устройств находят узлы, включающие базовую деталь (БД) и установленную в ее внутреннюю канавку эластичную кольцевую деталь (ЭКД). Это объясняется конструктивной простотой и

высокой технологичностью деталей и сборочной единицы для условий автоматизации сборочной операции. Постоянное обновление объектов машиностроения усложняет разработку технологических процессов сборки таких узлов и повышает затраты на ремонт. Вместе с тем весомая доля отказов при эксплуатации уплотнительных устройств определяется низким качеством монтажа ЭКД в канавку БД. Причинами сокращения межремонтного ресурса в этом случае являются остаточные деформации ЭКД – скручивание, выворачивание уплотняющих кромок и т. д.

Главной особенностью технологии сборки узлов с ЭКД является необходимость деформирования эластичной детали для обеспечения сопряжения, что влияет на структуру технологического процесса [2]. Кроме того, автоматизация сборки рассматриваемых узлов требует решения специфических задач, связанных с легкой повреждаемостью ЭКД, повышенными требованиями к качеству поверхностей собираемых деталей. Рекомендации по использованию известных технологий сборки узлов с ЭКД разрозненны и противоречивы. Отсутствует комплексный подход к разработке новых, высокоавтоматизированных технологий, что значительно снижает их эффективность и сокращает «жизненный цикл» [3].

Исполнительные сборочные механизмы (ИСМ), отвечающие высоким современным требованиям производительности, надежности, универсальности могут быть разработаны только на основе перспективных технологий. Наличие совокупности действий, которые необходимо реализовать в процессе сборки узла, позволяет проектировать ИСМ различных вариантов исполнения в зависимости от потребностей производства. В свою очередь, номенклатура разработанных ИСМ позволяет формировать ассортимент деталей, подлежащих сборке.

Большая группа новых методов и средств сборки на патентоспособном уровне может быть получена с помощью морфологического подхода. Критериями разработанной морфологической матрицы являются этапы сборочного процесса, при реализации которых эластичное кольцо испытывает деформации (деформирование, подача и восстановление формы эластичного кольца), конкретный тип деформации, особенности реализации процесса, влияющие на характер деформаций (контакты поверхностей эластичного кольца в процессе установки, дополнительные воздействия на собираемые детали. Число вариантов по описанным критериям колеблется от 3-х до 5-ти. Анализ взаимосвязи конструктивных особенностей собираемых деталей, специфики сборочной технологии, физико-механических свойств материала ЭКД позволили выявить технологический прием, позволяющий существенно повысить уровень автоматизации сборочного процесса.

Для сборки ЭКД перед установкой во внутреннюю канавку цилиндрической поверхности детали должна быть предварительно деформирована. Тогда сопряжение деталей рассматриваемое обычно как единое сборочное действие, расчленяется на три элемента (рис. 1, ветвь 2):

- деформирование ЭКЭ;
- подача ЭКЭ к канавке базовой детали, с заданной точностью;
- восстановление формы ЭКЭ в канавке базовой детали (собственно сопряжение кольца с канавкой базовой детали).

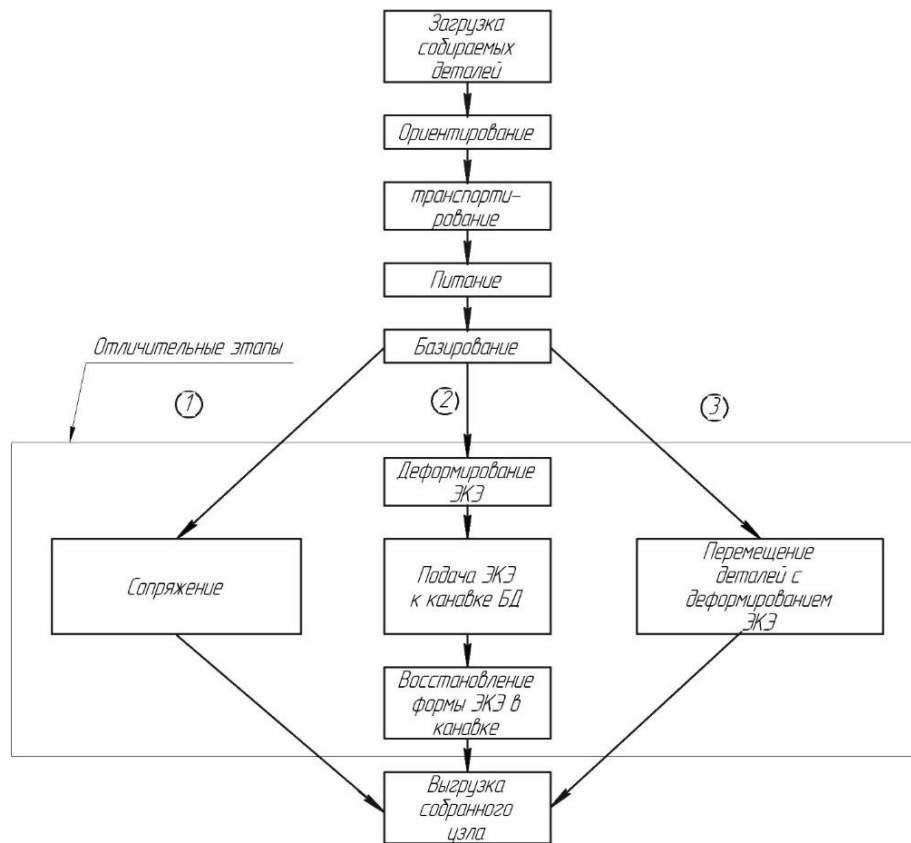


Рис. 1. Технологический процесс сборки

Возникшие в данном случае дополнительные элементы сборочного действия определяют необходимость решения соответствующих технологических задач. С учетом указанных особенностей операцию сборки уплотнительного соединения можно определить следующими элементами:

- подача деталей к месту сборки;
- базирование и фиксация деталей на сборочной позиции;
- ориентирование деталей друг относительно друга;
- деформирование ЭКД;
- подача деформированной ЭКД во внутреннюю канавку цилиндрической поверхности детали;
- установка ЭКД во внутреннюю канавку цилиндрической поверхности детали за счет восстановления деформированной формы ЭКД;
- выгрузка изделия в тару или транспортирование на следующую технологическую позицию.

Рассмотренная последовательность элементов может быть несколько изменена. Например, деформация ЭКД может быть произведена перед ориентированием деталей относительно друг друга, одновременно при подаче ЭКД к канавке и т. п. В сравнении с наиболее общей структурой сборочной операции [4], в процессе сборки уплотнительных соединений появляется новый дополнительный элемент – предварительная деформация ЭКД. Подачу же деформированного ЭКД к канавке можно рассматривать, как осуществление сопряжения обычных жестких деталей, а восстановление формы деформированного ЭКД в канавке – как осуществление закрепления деталей в соединении.

Вид деформации кольца является главной характеристикой метода автоматической сборки уплотнительных соединений.

Выбор рационального варианта деформирования кольца является начальным этапом разработки автоматизированного сборочного технологического процесса. На основе синтеза



технологических решений возможно типизировать технологию и прогнозировать разработку перспективных автоматизированных методов и средств сборки.

Разработана группа способов сборки узлов с ЭКД типа «уплотнительное кольцо круглого сечения, ГОСТ 9833-73», а также цикл методик решения практических задач, связанных с выбором и назначением рациональных режимов сборочного процесса в соответствии с предложенными технологиями.

Значительное число узлов конструкций характеризуются как «частично автоматизированные», поэтому для уплотнительных узлов вида «ЭКД – канавка вала» необходимо точно определить и обосновать уровень автоматизации в зависимости от серийности производства.

Значение оптимального уровня  $X_{opt}$  автоматизации соответствует минимуму приведенных затрат и находится по формуле в соответствии с методикой [1, с. 39]:

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{E_n \left[ (p_1 + q_1) + \frac{(p_2 + q_2)}{N} \right]}{(\delta + \beta) S t_p}},$$

где  $E_n = 0,15$  – нормативный коэффициент заработной платы с начислениями;

$p_1, p_2, q_1, q_2$  – коэффициенты регрессионных прямых (зависимости стоимости всего сборочного оборудования  $j$ -го варианта процесса при 100 % его загрузки и плата за недогрузку оборудования в зависимости от уровня  $X_j$  автоматизации);

$N$  – годовая программа выпуска узлов (или изделий), шт;

$\delta = 1,15$  – коэффициент заработной платы с начислениями;

$\beta = 2,65$  – общие накладные расходы в долях заработной платы;

$S$  – минутная заработная плата сборщика, усл. ед;

$t_p$  – трудоемкость ручной сборки узла (или изделия), мин.

Для определения  $X_{opt}$  были использованы данные ОАО «Мелитопольский завод тракторных гидроагрегатов».

Результаты расчетов по описанной методике показывают, что при сборке узлов до 11500 шт/год использовать средства автоматизации нецелесообразно. Однако такая серийность характерна только для 8 % общего количества, и уже при  $N = 12000$  шт/год уровень автоматизации увеличивается и приближается к предельному значению  $X_{opt} = 0,92$ .

Для различных групп узлов, отличающихся типоразмерами БД в соответствии с типизацией [3], собираемых с использованием внедренного устройства, определены зависимости оптимального уровня автоматизации от программы их выпуска. Этот банк данных целесообразно использовать в системах автоматизированного проектирования сборочных технологических процессов.

Описанные технологии рассмотрены в качестве объекта прогнозирования с периодом упреждения 10 лет. Использование метода эвристического прогнозирования позволило сделать следующие выводы:

- в течение указанного времени применимость узлов с ЭКД в конструкциях уплотнительных устройств будет увеличиваться в соответствии с ростом объемов производства;

- сборочные технологии, разработанные на основе использования БД для деформирования ЭКД, обеспечивают высокий уровень автоматизации процесса, то есть являются перспективными.

## Литература

1. Дашенко А. И. Технологические основы агрегатирования сборочного оборудования. М. : Машиностроение, 1991. 272 с.
2. Новоселов Ю. К., Тараховский А. Ю. Обоснование требований к механизированному и автоматизированному процессу сборки уплотнительных соединений с внутренними

канавками // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2011. № 27. С. 11–16.

3. Шерешевский А. Н., Медведева В. В. Проектирование исполнительных механизмов для сборки узлов с эластичными кольцевыми деталями // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2000. № 1. С. 36–39.

4. Алексеев П. И., Герасимов А. Г., Давыденко Э. П. Гибкие производственные системы сборки / под общ. ред. А. И. Федотова. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. 348 с.

УДК 620.18

*Тёммес А., Иванов И. В., Кузьмин Р. И.*

*Научный руководитель: Батаев И. А., к. т. н., доцент, НГТУ*

### **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЕ НИОБИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ Ti-Nb ДЛЯ ПРЕМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ**

В работе были систематически исследованы двухкомпонентные сплавы системы Ti-Nb. Количество ниобия (Nb), используемого в качестве легирующего элемента, варьировалось от 0 до 37 вес. %. Все сплавы были сформированы методом дугового переплава в инертной атмосфере аргона. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при содержании легирующего элемента более 37 вес. % в сплавах формируется  $\beta$ -фаза. Максимальная твердость ( $393 \pm 10$  HV0.05) была достигнута в сплаве, содержащем 24 вес. % Nb после отжига.

*Ключевые слова: Биоматериалы, титановые сплавы, микроструктура.*

Титан и его сплавы широко используются в медицине из-за подходящих механических свойств, высокой биологической совместимости и коррозионной стойкости. Главным недостатком биоматериалов на основе титана является их сравнительно высокий модуль Юнга [1; 9]. Использование титана как биоматериала началось в ранних 50-ых годах прошлого века. Самый распространенный титановый сплав, используемый в медицине, Ti-6Al-4V [8]. Наравне с ним широко используются нержавеющая сталь и Co-Cr сплавы [5]. Однако, все указанные выше материалы обладают относительно высоким модулем Юнга. Значение модуля Юнга человеческой кости варьируется между 4 и 40 ГПа, в то время как для сплава Ti-4Al-6V значение модуля составляет 110 ГПа [7]. Нержавеющая сталь и Cr-Co сплавы имеют значение модуля Юнга около 200 ГПа. Большое различие в значениях модуля Юнга между медицинскими имплантатами и человеческой костью является причиной эффекта экранирования напряжений, который приводит к тому, что имплантат не приживается и в последствии отторгается организмом [6]. Использование металлических сплавов с низким модулем Юнга является одним из возможных способов избежать появления эффекта экранирования напряжений. В то же время, другим недостатком выше упоминаемых сплавов является их низкая биологическая совместимость с тканями организма. Элементы, входящие в состав сплавов такие как хром (Cr), никель (Ni) или кобальт (Co) могут являться причиной аллергических реакций, приводящих к отторжению имплантата. Алюминий (Al) может стать причиной таких серьезных заболеваний как синдром Альцгеймера или Паркинсона [2], в то время как ванадий (V) является токсичным элементом для клеток и тканей человека. Целью данного исследования является исследование влияния содержания ниобия (Nb) на микроструктуру, фазовый состав и механические свойства системы сплавов Ti-Nb. Данная система сплавов рассматривается как перспективный биоматериал и замена использующихся сплавов благодаря их низкому модулю Юнга и превосходной биологической совместимости.

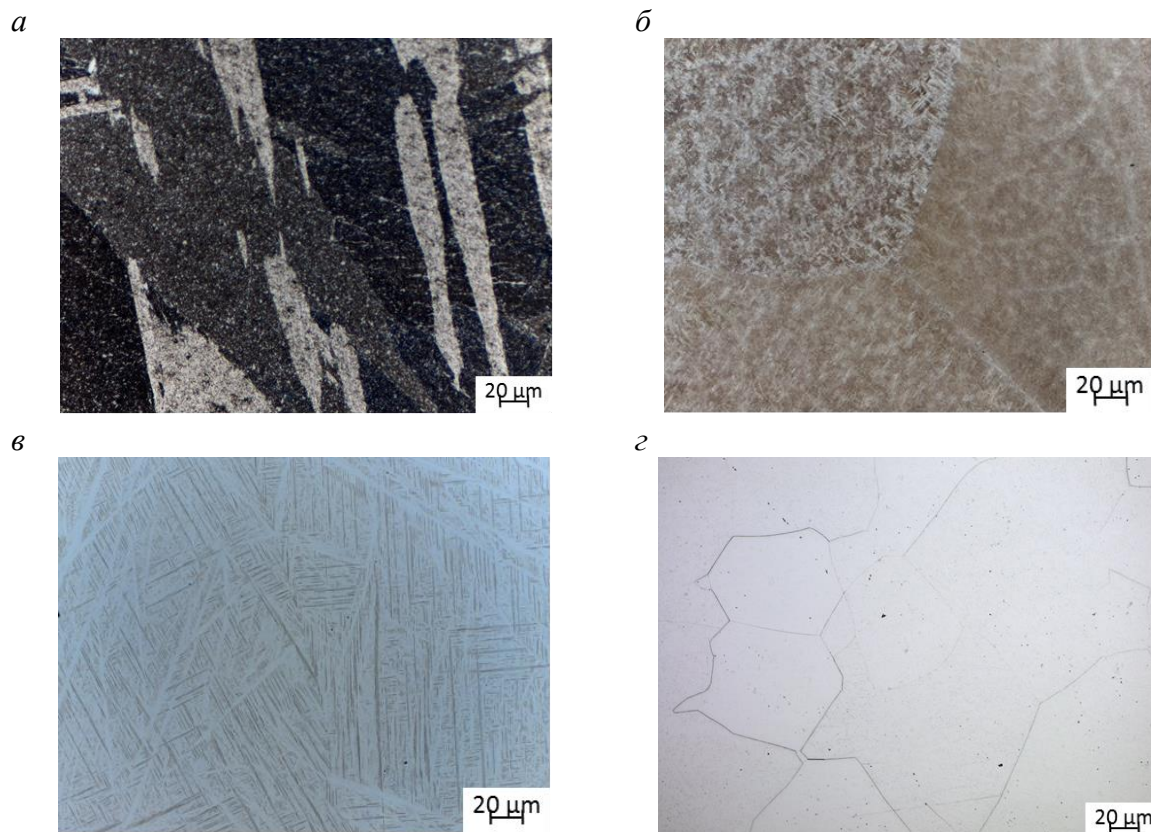
Исследуемые образцы были изготовлены с использованием дуговой печи «BUNLER» из чистого титана и бинарных сплавов Ti-Nb, где содержание Nb варьировалось между 0 и 37 вес. % (далее в работе вес. % будет обозначаться как %). Перед плавлением печь была вакуумирована и прочищена аргоном (Ar) три раза. В течение всего времени плавления давление аргона составляло 800 мПа. Для плавления в печи использовались охлаждаемые водой медный сердечник и вольфрамовый электрод. Учитывая большую разницу температур плавления (1941 °К, 2750 °К), а также плотностей (4,5 г/см<sup>3</sup>, 8,6 г/см<sup>3</sup>) титана и ниобия, образцы переплавлялись 16 раз и переворачивались после каждого второго переплава. Из-за высокой реакционной способности титана и ниобия при повышенных температурах, перед началом процедуры плавления небольшое количество титана расплавлялось в печи в качестве газопоглотителя. Для оценки возможных потерь массы при плавлении, исходные материалы, а также переплавленные образцы взвешивались. Все отлитые образцы подвергались вакуумному отжигу при 1000 °С в течение 24 часов с целью устранения напряжений и дендритной структуры материала. После этого образцы охлаждались в печи до комнатной температуры. После отжига некоторые образцы подвергались процедуре закалки в масле. Образцы предварительно выдерживались при температуре 1000 °С в течение 0,5 ч, т. к. температура перехода  $Ti_{\alpha} \rightarrow Ti_{\beta}$  составляет 882 °С, а затем быстро охлаждалась в масле. После закалки заготовки разрезались на несколько частей, которые после помещались в эпоксидный полимер. Образцы шлифовались с использованием SiC наждачной бумаги с постепенным понижением зернистости до 1000, а также порошка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Окончательная полировка проводилась с использованием суспензии SiO<sub>2</sub>. После этого образцы подвергались травлению с использованием раствора Кролла (Kroll's reagent), содержащего 2 % HF, 6 % HNO<sub>3</sub> и 92 % H<sub>2</sub>O. Микроструктурное исследование проводилось с использованием светового микроскопа Carl Zeiss EVO 50. Элементный анализ проводился при помощи метода дисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX) с использованием «Oxford Instruments X-Act» в сочетании со сканирующим электронным микроскопом (SEM). Для оценки механических свойств проводился анализ микротвердости по Викерсу с использованием твердомера «WOLPERT Group 402 MND». Нагрузка на индентор составляла 50 г, со временем индентирования 10с. Для определения среднего значения были проведены 30 измерений для каждого образца. Рентгенофазовый анализ проводился с использованием дифрактометра «ARL X'TRA» в диапазоне углов 2 $\Theta$  от 30 до 80° с использованием излучения CuK $\alpha$ . Различные фазы были идентифицированы путем сопоставления каждого характеристического пика с базой данных PDF4 Международного Центра Дифракционных Данных (ICDD).

Было установлено, что потери массы для всех образцов составляли от 0,01 до 0,83 %, что указывает на то, что конечный состав каждого из сплавов близок к номинальному составу. EDX анализ системы Ti-Nb проводился с целью уточнения элементного состава сплавов. Результаты анализа отображены в таблице 1. Рентгенофазовый анализ выявил, что исследуемые образцы, содержащие 25 % Nb представлены  $\alpha'$ -фазой титана, в то время как образцы, содержащие Nb в которых превышало 25 % представлены  $\beta$ -фазой. После закалки образцы состояли из мартенситных  $\alpha''$ - и  $\beta$ -фаз. При содержании Nb в количестве 37 % и выше,  $\beta$ -фаза была полностью стабилизирована. Хорошо известно, что в сплавах системы Ti-Nb существует только две устойчивые фазы:  $\alpha'$ -фаза, имеющая гексагональную плотнейшую упаковку (ГПУ) и  $\beta$ -фаза с гранцентрированной кубической (ГЦК) решеткой. Помимо этих двух фаз также существуют четыре неравновесные: мартенситные  $\alpha'$ -,  $\alpha''$ -,  $\omega$ -фазы и метастабильная  $\beta$ -фаза. Образование мартенсита в сплавах системы Ti-Nb зависит как от содержания Nb, так и от скорости охлаждения во время процесса закалки. ГПУ  $\omega$ -фаза может сформироваться не только в результате закалки с температур  $\beta$ -фазы, но и во время старения [2]. Первая фаза упоминается в литературе как  $\omega_{ath}$ , вторая как  $\omega_{iso}$ .

Элементный состав и потеря массы исследуемых образцов

Образец	Nb, %	Ti, %	Относительная потеря массы, %
Ti		100	
Ti-15Nb	14 ± 0.7	Остаток	0.83
Ti-25Nb	24 ± 0.8	Остаток	0.10
Ti-30Nb	29 ± 0.2	Остаток	0.13
Ti-35Nb	34 ± 0.5	Остаток	0.01
Ti-37Nb	37 ± 0.4	Остаток	0.04

На рисунке 1а показано, что чистый Ti обладает пластинчатой морфологией. В образце, содержащем 25 % Nb, после отжига, виден мелкий игольчатый мартенсит.  $\alpha'$ -фаза образуется на границах зерен и растёт, начиная с границ зерен в  $\beta$ -матрицу. На рисунке 1в показан образец того же состава после закалки. Структура образца состоит из 2-ух фаз: мартенсита и  $\beta$ -фазы. Объемная доля мартенсита уменьшается с повышением содержания Nb. На рисунке видны длинные, относительно толстые, первичные мартенситные пластины как с четкими, явно видными границами, так и без них. Когда содержание легирующего элемента достигает 37 %, стабилизируется типичная  $\beta$ -структура.



**Рис. 1. Фотографии оптической микроскопии:**  
а) чистого титана; б) Ti-25Nb после отжига; в) Ti-25Nb после закалки;  
г) Ti-37Nb после закалки

На рисунке 2 показаны результаты измерения микротвердости. Все образцы обладают повышенной микротвердостью, в сравнении с чистым титаном. Микротвердость образцов по-

сле отжига растет до значения  $393 \pm 10 \text{ HV}_{0,05}$ , что соответствует содержанию Nb 29 %. С дальнейшим повышением количества Nb микротвердость понижается. Предполагается, что максимальное значение микротвердости связано с наличием  $\omega$ -фазы. Мантани и Таджима [4] показали, что при старении при температуре 573 К для системы Ti-Nb с содержанием Nb от 25 до 40 % достаточно одного часа для получения метастабильной  $\omega$ -фазы. Максимум микротвердости закаленных образцов составляет  $246 \pm 6 \text{ HV}_{0,05}$ , что соответствует образцу Ti-15Nb.

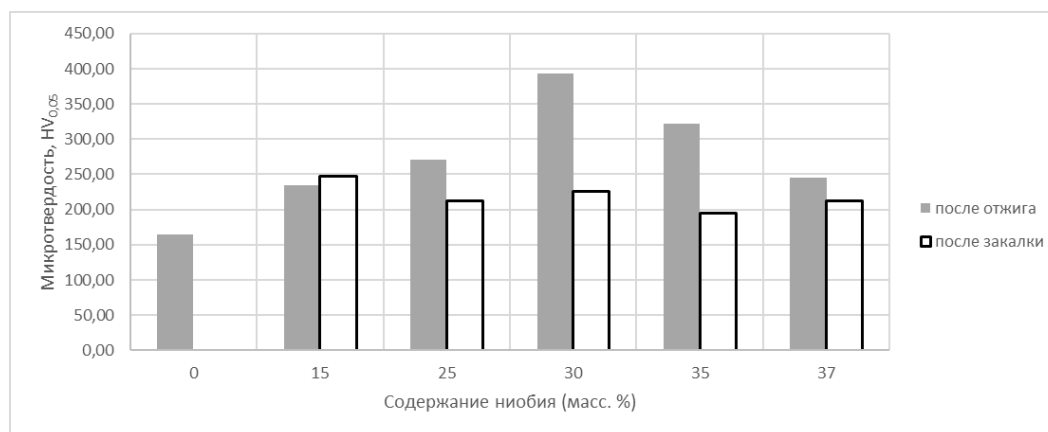


Рис. 2. Микротвердость Ti-Nb сплавов

Экспериментальные результаты указывают на то, что как микроструктура, так и микротвердость сильно зависят от содержания Nb в сплавах. После отжига преимущественно образуются  $\alpha'$ - и  $\beta$ -фазы, однако после закалки стабилизируются  $\alpha'$ -,  $\alpha''$ -,  $\beta$ -фазы. Для всех образцов характерна повышенная микротвердость, по сравнению с чистым титаном. Микротвердость сплавов, содержащих метастабильную  $\omega$ -фазу выше, по сравнению со сплавами, содержащими неравновесные  $\alpha'$ - и  $\alpha''$ -фазы. Самой низкой микротвердостью обладает образец со структурой  $\beta$ -титана.

## Литература

1. Black. J., Hastings G., Handbook of Biomaterial Properties. Boston, MA - Springer US, 1998. 607 с.
2. Cremasco A., Messias A. D., Esposito A. R., Duek E. A., Caram R. Effects of alloying elements on the cytotoxic response of titanium alloys // Materials Science and Engineering: C. 2011. Т. 31, №. 5. С. 833–839.
3. Guo Q., Zhan Y., Mo H., Zhang G. Aging response of the Ti-Nb system biomaterials with  $\beta$ -stabilizing elements // Materials & Design. 2010. Т. 31, №. 10. С. 484–4846.
4. Mantani Y., Tajima M. Phase transformation of quenched  $\alpha'$  "martensite by aging in Ti-Nb alloys // Materials Science and Engineering: A. 2006. Т. 438. С. 315–319.
5. Nasab M. B., Hassan M. R., Sahari B. B. Metallic biomaterials of knee and hip-A review // Trends Biomater. Artif. Organs. 2010. Т. 24, №. 1. С. 69–82.
6. Niinomi M. Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2008. Т. 1, №. 1. С. 30–42.
7. Niinomi M. Mechanical properties of biomedical titanium alloys // Materials Science and Engineering: A. 1998. Т. 243, №. 1. С. 231–236.
8. Niinomi M. Recent metallic materials for biomedical applications // Metallurgical and materials transactions A. 2002. Т. 33, №. 3. С. 477–486.
9. Thoemmes A., Bataev I. A., Belousova N. S., Lazurenko D. V. Microstructure and mechanical properties of binary Ti-Nb alloys for application in medicine // Strategic Technology (IFOST), 2016 11th International Forum on. IEEE, 2016. С. 26–29.

УДК 66

Утюмова А. С., Гашкова В. И.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В рамках пилотных испытаний по внедрению мембранных технологий на участке очистных сооружений осуществлялось исследование по подготовке воды к стадии ультрафильтрации (UF). Водоподготовка обеспечивает эффективное протекание процесса UF, за счет снижения нагрузки на мембраны и увеличения количества фильтроциклов. В ходе работы осуществлялся подбор оптимальных дозировок и типов коагулянтов и флокулянтов, а также щелочных реагентов. Предлагаемые рекомендации можно использовать для грамотной водоподготовки, а, следовательно, и для эффективной очистки стоков до норм сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения.

*Ключевые слова:* водоподготовка, водоочистка, мембранные технологии, коагуляция, ультрафильтрация, сточные воды.

В настоящее время мембранные технологии переживают настоящий подъем. Возросший интерес к технологии вызван в первую очередь, поиском новых методов обработки сточных вод, позволяющих получать высокую степень очистки, отвечающую современным нормативным требованиям. Принцип действия мембранных систем основан на способности мембран пропускать молекулы воды, но при этом задерживать молекулы, ионы солей и других веществ, растворенных в воде [2].

На химико-металлургическом предприятии по производству черновой меди проводились исследования трех технологических схем на участке очистных сооружений (УОС).

Целью данных испытаний являлся выбор оптимальной технологической схемы (ТС) для очистки промышленных стоков, поступающих на УОС, до норм сброса в водные объекты рыбохозяйственного назначения с помощью различных технологий.

В данном эксперименте были опробованы несколько технологических схем, включающих в себя следующие процессы:

- Погружная полимерная ультрафильтрация (UF).
- Реверсивный электродиализ (EDR).
- Обратный осмос (RO).
- Селективный ионный обмен (IE).
- Выпаривание (EVP).

В рамках пилотных испытаний водоочистного оборудования на предприятии было проведено исследование по подбору оптимальных дозирочных концентраций и выбору коагулирующих реагентов.

**Целью** данного исследования являлось – снижение нагрузки на ультрафильтрационные мембраны и увеличения количества фильтроциклов при мембранной очистке воды от взвешенных и коллоидных веществ.

Для получения воды с низким солесодержанием и качеством соответствующим нормативу на сброс в рыбохозяйственные водоемы были выбраны три схемы глубокой очистки сточных вод для проведения испытаний.

По результатам первого периода испытаний была подтверждена высокая эффективность схемы № 1. Дальнейшие испытания проводились по данной технологии. Принципиальная ТС представлена на рисунке 1 [3].

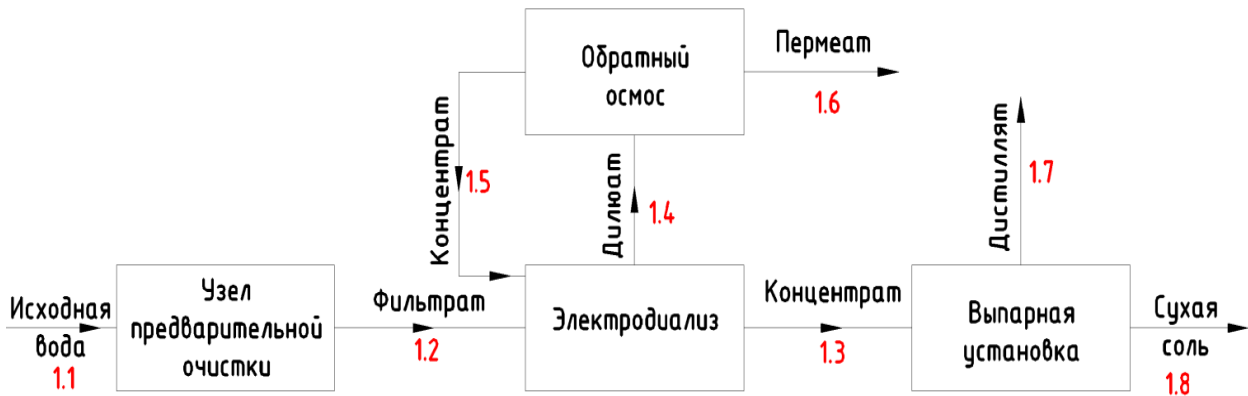


Рис. 1. Схема № 1 для глубокой очистки сточных вод

Результатом работы схемы № 1 является получение пермеата (поток 1.6) после RO, который является целевым продуктом – очищенной водой готовой для сброса в объекты рыбохозяйственного назначения.

Во время проведения пилотных испытания регулярно проводился анализ входного, выходного и промежуточных потоков на содержание в них примесей, регламентируемых санитарными нормами. На рисунке 2 (а, б) графически представлено изменение концентраций микро и макропримесей на входе и выходе в технологической схеме № 1.

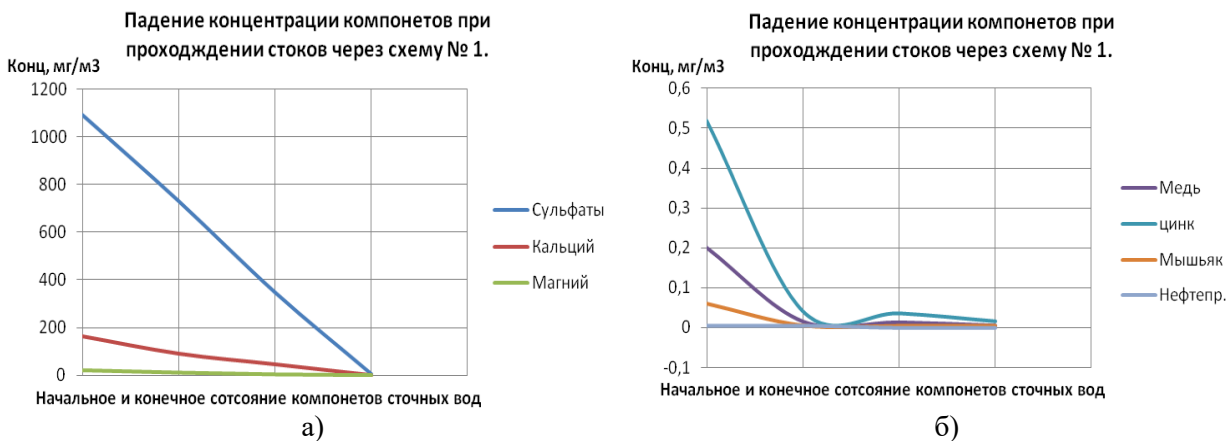


Рис. 2. Изменение концентрации: а) макрокомпонентов; б) микрокомпонентов

Данные диаграмм наглядно изображают падение концентрации примесных компонентов. Немаловажную роль в достижении требуемого качества воды играет эффективная подготовка воды перед стадией UF.

Для подбора оптимальных дозировок коагулянта и флокулянта проводились испытания пробной коагуляции. Применение коагулянтов способствует эффективной очистке воды от ряда загрязнителей: взвешенных, коллоидных и частично растворенных веществ, вступающих в химические реакции с коагулянтом. В ходе работы было исследовано 3 коагулирующих реагента [1]:

- $\text{FeCl}_3$  (Kemira PIX-111 хлорид железа (III));
- $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  (FERIX-3 сульфат железа (III));
- $\text{Aln}(\text{OH})_{3n-m}\text{Clm}$  (Аква-аурат 30 гидроксохлорид алюминия (ГОХА)).

Испытание каждого коагулирующего реагента проводились совместно с флокулянтом «Бифлок» в течение 5 дней. Эксперимент проводился 1–2 раза в сутки. Оценка результатов

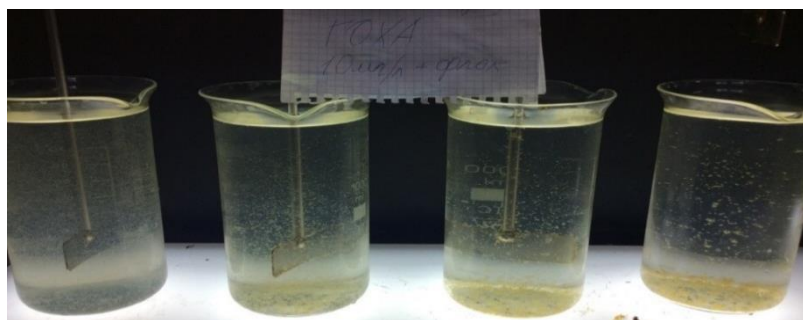
пробной коагуляции производилась по шкале от 1 до 10 баллов. В результате 1 этапа испытаний наилучшую эффективность показал коагулянт ГОХА. Использование данного реагента совместно с флокулянтom приводит к видимому осветлению воды и появлению крупных хлопьев. Опытным путем установлена рекомендуемая оптимальная доза коагулянта ГОХА **10-15 мг/л** (по  $Al_2O_3$ ). Усредненные результаты наблюдений представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Пробная коагуляция исходной воды с коагулянтom ГОХА и флокулянтom «Бифлок»**

№	Дозировка коагулянта, мг/л по $Al_2O_3$	Дозировка флокулянта «Бифлок», мг/л					Примечание
		0	1	2	3	4	
Оценка протекания процесса							
1	5	3	–	–	–	–	Крупные хлопья, интенсивное осаждение
2	10	4	5	8	9	5	
3	15	3	–	–	–	–	
4	20	3	–	–	–	–	

Пример результата работы коагулянта ГОХА продемонстрирован на рисунке 3.



**Рис. 3. Пробная коагуляция при дозировании коагулянта ГОХА, 10 мг/л (по  $Al_2O_3$ ) и флокулянта «Бифлок» (17.08.16)**

При подаче коагулянта ГОХА в оптимальном количестве, необходимая доза флокулянта составляет **0,5 мг/л**.

Во время проведения испытаний было замечено, что процесс коагуляции на данном реагенте не всегда протекает стабильно и эффективно. Это может быть связано с низкой буферностью исходной воды, что может вывести систему из зоны оптимальной работы коагулянта при снижении рН ниже 7. Следовательно, процесс гидролиза и хлопьеобразования будет затрудняться. В связи с этим, необходимо использовать дополнительный реагент, поддерживающий оптимальный уровень рН. В качестве щелочных реагентов использовались  $Na_2CO_3$  и  $Ca(OH)_2$ .

Экспериментально установлено, что подбор дозы  $Ca(OH)_2$  трудноосуществим в лабораторных, а, следовательно, и в промышленных условиях. При незначительном превышении оптимальной дозы рН резко возрастает, переходя в высокощелочную область. Таким образом, попасть в зону оптимальной работы коагулянта крайне сложно, из-за низкой буферности гидроксида кальция. Поэтому далее рассматривать данное вещество в качестве подщелачивающего реагента не имеет смысла.

В ходе апробирования щелочного реагента  $Na_2CO_3$  было выявлено, что добавление соды меняет рН плавно по мере увеличения дозировки. Это объясняется наличием буферных свойств гидрокарбонат-ионов, что является существенным преимуществом соды перед другими щелочными реагентами. Использование  $Na_2CO_3$  может быть рекомендовано, только в случае снижения рН показателя ниже нормы (рН = 7,6). Дозировка  $Na_2CO_3$  при этом должна



определяться экспериментально. Нестабильность данного процесса связана с периодическим изменением состава стоков, поступающих на УОС. Наиболее эффективный способ борьбы с нестабильностью состава исходной воды – предварительное усреднение.

В результате проведения коагуляции и флокуляции в потоке наблюдалось эффективное удаление взвешенных частиц и коллоидных веществ на стадии UF и снижение нагрузки на ультрафильтрационные мембраны. Таким образом, на основе проведенных исследований и теоретического анализа можно использовать предлагаемые рекомендации для грамотной подготовки сточных вод к стадии UF, а, следовательно, и для эффективной очистки стоков до норм сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения.

### Литература

1. Запольский А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства, получение, применение. Л. : Химия, 1987. 208 с.
2. Мудлер М. Введение в мембранную технологию. М. : Мир, 1999. 513 с.

УДК 658.562:620.1

**Филатенков О. Д., Кравцов П. С.**

*Научный руководитель: Татаринцев В. А., к. т. н., доцент, БГТУ*

### **ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Приведены результаты испытания при циклической нагрузке бездефектных и дефектных образцов. Цель испытаний – количественная оценка влияния внутренних (скрытых) литейных дефектов на сопротивление усталости стали 20 ГЛ, применяемой для изготовления литых несущих деталей грузовых вагонов, а также корпусов запорной арматуры. Получены закономерности развития усталостного разрушения в дефектных образцах и количественные значения степени разупрочнения. Выполнено сравнения полученных результатов с известными и предложены аспекты их применения.

*Ключевые слова: циклическая нагрузка, внутренний дефект, испытания на выносливость, сопротивление усталости, литые детали.*

В литых деталях распространены технологические дефекты различной природы, формы, расположения и размеров. Если поверхностные дефекты, как правило, не допускаются без исправления, то внутренние дефекты при отсутствии неразрушающего контроля остаются в деталях и могут быть причиной разрушения в эксплуатации. Внутренние дефекты часто представляют собой внутренние полости, не заполненные материалом изделия. Это могут быть усадочные раковины, газовые пузыри, рыхлости, как скопление небольших усадочных раковин и полостей, заполненных шлаком или смесью окислов [1, 2].

В связи с внедрением на сталелитейных предприятиях средств неразрушающего контроля возникает задача оценки влияния формы, величины и расположения дефекта на сопротивление детали усталостному разрушению и ее эксплуатационную надежность. По информации, полученной в результате анализа изломов, около 70 % разрушившихся в эксплуатации деталей имели усадочные раковины. Форма усадочных раковин была близка к эллиптической. Степень опасности технологического дефекта зависит от напряженно-деформированного со-

стояния в месте его расположения, остроты границ и прочностных свойств материала в окрестностях дефекта. Внутренние дефекты менее опасны, чем поверхностные. Поэтому в изломах разрушившихся деталей встречаются внутренние дефекты, занимающие до 15 % площади сечения и не получившие развития, а причиной отказа стали усталостные трещины, образовавшиеся на поверхности этого сечения в месте наибольших напряжений [3].

Для получения дефектов типа усадочных раковин различной величины применяли специальные заготовки, в которых искусственно создавали так называемые «тепловые узлы» для моделирования усадочных раковин (рис. 1 а). Из этих заготовок затем изготавливали гладкие цилиндрические образцы для испытаний на выносливость по ГОСТ 25.502. Предварительно величину дефекта оценивали с помощью рентгеновских снимков (рис. 2), что позволило выполнить априорную сортировку образцов по размерам усадочной раковины. Окончательно размеры дефекта и его положение, а также геометрические характеристики сечения определяли визуальным и инструментальным методами после разрушения образца. С помощью этих параметров оценивали номинальные напряжения в точках *A* и *B* сечения излома (рис. 1 б), которые использовали при построении кривой усталости и приближенной оценки предела выносливости. Расчет напряжений симметричного цикла выполняли по известной зависимости сопротивления материалов  $\sigma = M / W_{\text{нетто}}$ , в которой *M* – изгибающий момент в расчетном сечении,  $W_{\text{нетто}}$  – момент сопротивления расчетного сечения в месте расположения дефекта,  $W_{\text{нетто}} = I_{\text{нетто}} / y$ ,  $I_{\text{нетто}}$  – момент инерции сечения с учетом его ослабления из-за дефекта, *y* – расстояние от оси, проходящей через центр тяжести сечения до расчетной точки.

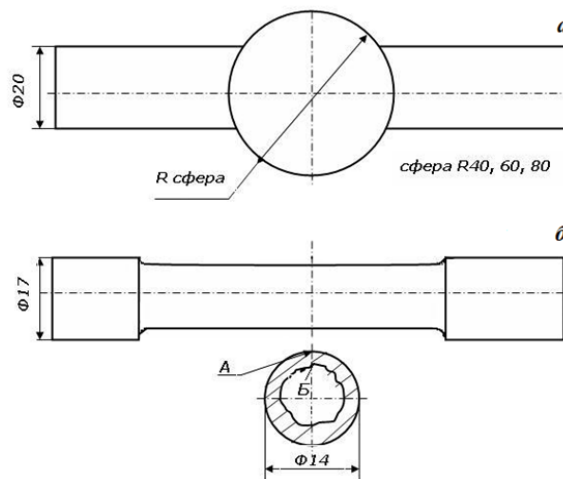


Рис. 1. Вид заготовки с искусственным дефектом – (а)  
и образца для испытаний на выносливость – (б)

Погрешность, вносимую в расчет момента сопротивления сечения в месте разрушения за счет замены очертаний границы дефекта окружностью, определяли сравнением расчетных номинальных напряжений с результатами тензометрии поверхности образца малобазными (база 1 мм) тензодатчиками. Различия в расчетной и экспериментальной оценке напряжений в исследуемом сечении не превышали 4 %.

Испытания на усталость выполняли на стенде МУИ-6000, при симметричном цикле изменения напряжений с частотой 100 Гц. Для изучения степени влияния литейных дефектов на характеристики сопротивления усталости материала испытаниям при циклическом нагружении чистым изгибом с вращением подвергали цилиндрические образцы из стали 20ГЛ с внутренними дефектами и без них.



Рис. 2. Рентгенограмма образца с дефектом и усталостной трещиной

В результате испытаний на усталость построена осредненные кривые усталости для гладких бездефектных образцов и образцов с дефектами (рис. 3). Установлено, что в бездефектных образцах и образцах с дефектами трещины зарождались на поверхности и развивались внутрь к его оси, а не от внутреннего литейного дефекта наружу к поверхности (рис. 2). Отношение напряжений в точках *A* и *B* (рис. 1)  $\sigma_A / \sigma_B = 1,06 \dots 1,71$ . Степенная аппроксимация кривых усталости имеет вид: для образцов с дефектами  $\sigma_{a_i}^{7,47} \cdot N_i = 1,39 \cdot 10^{23}$ , для образцов без дефектов  $\sigma_{a_i}^{7,24} \cdot N_i = 1,43 \cdot 10^{23}$  (рис. 3). Предел выносливости бездефектных образцов составил  $\sigma_{-1} = 186$  МПа, а образцов с дефектами –  $\sigma_{-1\text{деф}} = 152$  МПа. Коэффициент разупрочнения металла из-за присутствия дефекта составил  $\beta = \sigma_{-1} / \sigma_{-1\text{деф}} = 186 / 152 = 1,22$ .

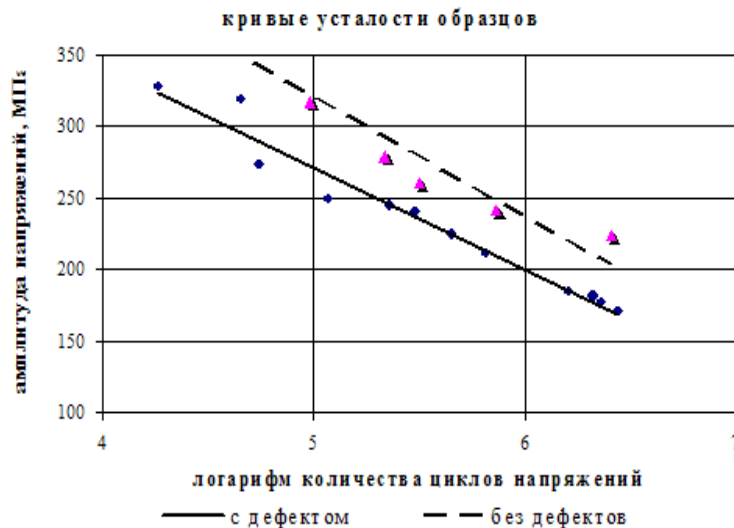


Рис. 3. Результаты усталостных испытаний

В работе [3] оценка результатов испытаний образцов из стали 20ГФЛ, имеющих литейные дефекты и бездефектных образцов производилась по долговечности и по параметрам сопротивления усталости. Анализ [3] показывает, что литейные дефекты в образцах снижают их долговечность в среднем в 2,65 раза в сравнении с бездефектными, а предел выносливости образцов, имеющих литейные дефекты, на 15 % ниже предела выносливости бездефектных образцов и соответственно равны 154 и 181,5 МПа. Отличие полученных нами результатов от результатов исследований [3] (22 % и 15 %) связано с различием в легировании литой стали (стали 20ГЛ и 20ГФЛ) и технологии получения заготовок для изготовления образцов.

Найденное значение коэффициента разупрочнения применимы к прогнозированию остаточного ресурса, влияния периодичности технического обслуживания и ремонтов, а также надежности после реновации утраченных свойств детали как на стадии проектирования, так и при производстве детали [4, 5]. Итогом выполненного исследования явилось уточнение имитационной модели при моделировании процессов усталостного разрушения для оценки надежности машин и их элементов [6].

Полученные результаты позволили расчетом установить величину и места расположения допустимых без исправления внутренних технологических дефектов литья корпуса автосцепки. Данные расчеты являются научной основой для разработки карт допустимых дефектов, которые могут быть использованы в качестве основного документа при дефектоскопическом контроле литых деталей. Для эллиптического дефекта, расположенного в переходной зоне от хвостовика к головной части корпуса автосцепки, соотношения большой и малой осей эллипса составляют – 28×2 мм, 26×4 мм, 24×6 мм, 23×8 мм, 20×10 мм.

Приведенная структура исследований позволяет получать аналогичные данные о влиянии внутренних дефектов на сопротивление разрушению других деталей применительно к конкретным режимам эксплуатационного нагружения, а также ранжировать литые стали по степени чувствительности к дефектам.

### Литература

1. Воронин Ю. Ф., Камаев В. А. Атлас литейных дефектов. Черные сплавы. М. : Машиностроение, 2005. 330 с.
2. Лакедемонский А. В., Кваша Ф. С., Медведев Я. И., Шерман А. Д., Киян Э. Ф. Литейные дефекты и способы их устранения. М. : Машиностроение, 1972. 151 с
3. Пастухов И. Ф., Пастухов М. И. О влиянии литейных дефектов на сопротивление усталости литых деталей // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2012. № 3. С. 11–18.
4. Татаринцев В. А., Толстошеев А. К. Продление жизненного цикла литых деталей вагонов путем реновации утраченных свойств // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 6. С. 23–27.
5. Татаринцев В. А., Толстошеев А. К. Сопротивление усталости литых деталей с исправленными сваркой дефектами // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : сб. науч. тр. XII Междунар. науч.-практ. конф. В 4-х т. Отв. ред. А. А. Горохов. 2015. Т. 4. С. 116–121.
6. Shlyushenkov A. P., Tatarintsev V. A., Val'kov Yu.Z. Modeling the fatigue failure processes in evaluating the reliability of machines and components // Strength of Materials. 1990. Т. 22. № 3. P. 344–352.

УДК 621.9

*Харитонов А. А., Иванова М. В.*

*Научный руководитель: Верещагина А. С., к. т. н., доцент, НГТУ*

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАГОТОВОК**

В данной статье рассмотрены актуальные вопросы машиностроения, связанные с повышением эффективности технологического процесса за счет выбора метода получения заготовок. Предложен альтернативный метод получения заготовки для изготовления детали «Корпус».

*Ключевые слова: заготовка, методы получения, оптимизация технологического процесса.*

Наиболее важными путями *повышения эффективности технологических процессов* являются: повышение качества и производительности технологических процессов, сокращение расходов на материалы, повышение технологичности изделия, типизация технологических процессов, автоматизация и механизация технологических процессов, совершенствование организации производства, улучшение условий труда.

Первоначальным этапом в получении готовой детали является производство заготовки. Главная задача заготовительного производства – максимальное приближение геометрических форм и размеров заготовки к размерам и форме готовой детали при сохранении экономической целесообразности производства. Это позволяет в дальнейшем снизить трудоемкость обработки детали, уменьшить себестоимость.

В настоящее время существует большое количество способов получения заготовок. Некоторые из них представлены на рисунке 1 [2].



**Рис. 1. Методы получения заготовок**

Литьем получают заготовки фактически любых размеров простой и очень сложной конфигурации почти из всех металлов и сплавов, а также и из других материалов (пластмассы, керамики и т. д.). Качество отливки зависит от условий кристаллизации металла в форме, определяемых способом литья. В некоторых случаях внутри стенок отливок возможно образование дефектов (усадочные рыхлоты, пористость, трещины, получающиеся в горячем или холодном состоянии), которые часто обнаруживаются только после черновой механической обработки.

Обработкой металлов давлением получают кованные и штампованные заготовки. Ковка применяется в единичном и мелкосерийном производстве, а также при изготовлении крупных, уникальных заготовок и заготовок с особо высокими требованиями к объемным свойствам материала. Штамповка позволяет получить заготовки близкие по конфигурации к готовой детали. Механические свойства заготовок, полученных обработкой давлением, выше, чем литых.

Сварные и комбинированные заготовки изготавливают из отдельных составных элементов, соединяемых между собой с помощью различных способов сварки. Неправильная конструкция заготовки или неверная технология сварки могут привести к дефектам (коробление, пористость, внутренние напряжения), которые трудно исправить механической обработкой.

Заготовки, получаемые методами порошковой металлургии, по форме и размерам могут соответствовать готовым деталям и требуют незначительной, часто только отделочной обработки.

Заготовки из конструкционной керамики применяют для теплонапряженных и (или) работающих в агрессивных средах деталей.

В моем случае, изготовление детали «Корпус» происходит из цельного «куска» мате-

риала Д16 [3]. Д16 – это сплав алюминия с магнием и медью. Такие сплавы именуется дюралюмины, а дюралюмины применяются в качестве конструкционных сплавов в авиационной и космической промышленности, благодаря их прочности и относительной легкости. Масса детали составляет 4,9 кг, а заготовки – 21,68 кг, отсюда коэффициент использования материала будет равен 0,226. Это в свою очередь очень неэкономично и не рационально. К тому же на механическую обработку уходит большое количество времени (248 мин), что тоже играет важную роль в экономике и производительности.

Проанализировав выше сказанное можно предложить другие решения по вопросу получения заготовки. Например, обратим внимание на материал, имеется возможность сделать поковку и приблизить максимально форму заготовки к готовой детали. Это позволит нам повысить коэффициент использования материала, а также время механической обработки снизится в разы. Из этого следует, что использование инструмента на производстве возрастет, так как времени на обработку одного «Корпуса» будет тратиться меньше, а значит одним и тем же инструментом мы сможем обработать большее количество поверхностей. Все эти факты указывают на то, что можно повысить производительность и эффективность технологического процесса.

Но в теории всегда легче, чем на практике. На практике возникают разного рода проблемы и нюансы, которые нужно решать. Ведь выбор метода получения заготовки, это очень сложный процесс. Нужно учесть большое количество параметров, чтобы сделать экономически оправданный выбор. Обращать внимание на материал детали, габариты, технические требования, требования к поверхностям и многие другие факторы. А также при изготовлении заготовки думать о будущих операциях и об эксплуатации детали в целом.

### Литература

1. Большая энциклопедия нефти и газа. Эффективность – машиностроительное производство [Электронный ресурс] / [ngpedia.ru](http://ngpedia.ru). Электрон. Текстовые дан. 2017. URL: <http://www.ngpedia.ru/id624505p1.html/>.
2. Виды заготовок и методы их получения [Электронный ресурс] / [studfiles.net](http://studfiles.net) / Электрон. Текстовые дан. 2016. URL: [https://studfiles.net/\(26.10.17\)](https://studfiles.net/(26.10.17)).
3. Д16Т-это сплав алюминия с магнием и медью. [Электронный ресурс] / [nfmetall.ru](http://nfmetall.ru) Электрон. Текстовые дан. 2013. URL: <http://nfmetall.ru/>.

УДК 630.32(470.13)

**Чаланов В. Д., Молчанова А. А.**

*Научный руководитель: Свойкин В. Ф., к. т. н., доцент, Сыктывкарский лесной институт*

### **МЕТОДИКА ВЫХОДА СОРТИМЕНТОВ С УЧЕТОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ OPTI 4G ХАРВЕСТЕРА ФИРМЫ PONSSE**

Разработана методика выхода сортиментов с учетом компьютерной программы Opti 4G харвестера фирмы Ponsse.

*Ключевые слова: лесозаготовительная машина, производительность, хронометраж, сортимент, хлыст, лесосека, харвестер.*

Увеличение выхода сортимента является первостепенной задачей лесного комплекса. Основной задачей является определение выхода сортимента различными методами.

Определение объема ствола возможно по простым и сложным стереометрическим формулам [1]. Исходными данными служат показатели обмера срубленных модельных или учетных деревьев. Образцы схем обмера ствола для расчета его объема показаны на рисунке 1.

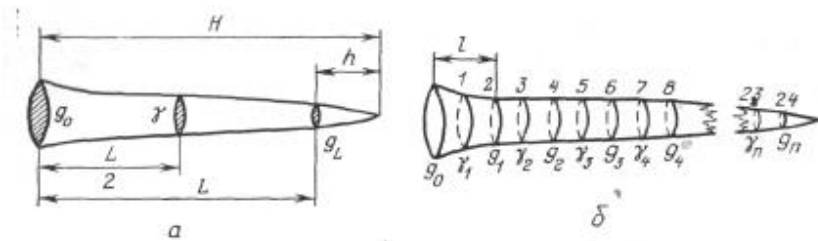


Рис. 1. Схемы обмера ствола для расчета его объема:

а) по простым стереометрическим формулам; б) по сложным стереометрическим формулам

Исследования проводились на Корткеросском участке Восточного отделения АО «Монди СЛПК» (рис. 2). Настройка программы Opti 4G на харвестере фирмы «Ponsse» [2]. Методика оценки технологии лесосечных работ дана с учетом программы сбора данных Opti4G валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (BCPM) фирмы «Ponsse», и при этом приведены экспериментальные данные по оценке технологии лесосечных работ в Республики Коми.

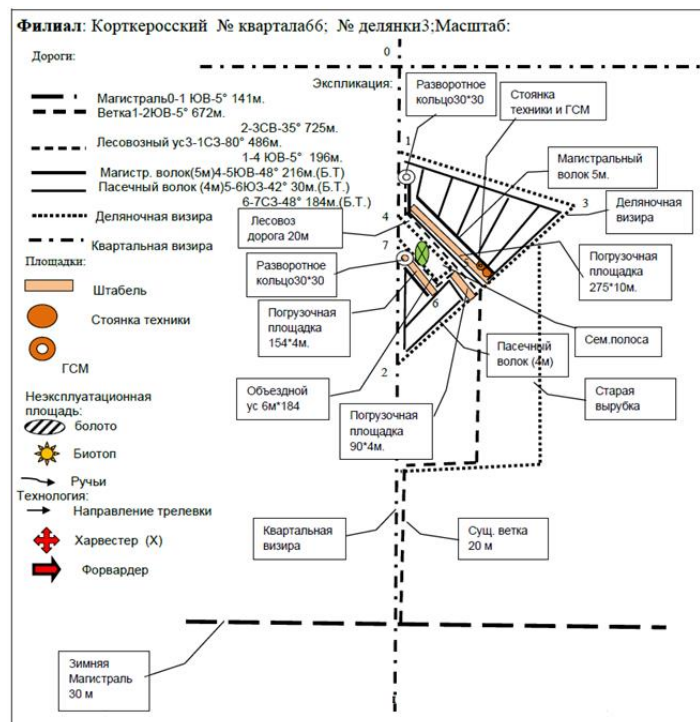
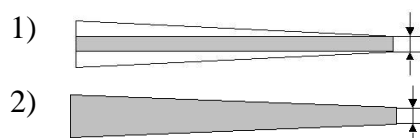


Рис. 2. Участок, на котором проводились исследования

В программе Opti 4G для измерения объема древесины можно использовать различные методы. Большинство различий связаны с точками измерения диаметра. На рисунке 3 представлены шесть различных методов измерения диаметра и объема.



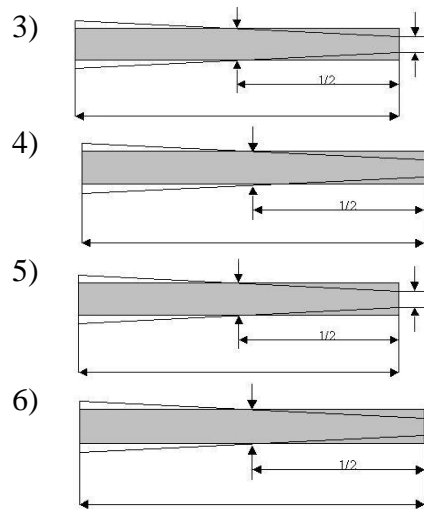




Рис. 3. Методы измерения объема

Работа начинается, нажимая на свою учетную запись в которой выставлены все параметры делянки. Далее программа открывает режим обработки, где отображаются показания датчиков длины, породы и диаметра ствола, и т. д.

Данные можно отправить для оценки количества выполненных часов, объема заготовленной древесины, как общий, так и по каждому стволу дерева в отдельности. Чтобы просмотреть данные необходимо зайти в программу OptiOffice. Программа предоставляет полный комплект по работе с данными это: планирование; отчетность; техническое; меню Ponsse. Далее необходимо выбрать данные для считывания. Для того, чтобы придти непосредственно к моделированию стволов, необходимо пройти шесть шагов для точной настройки данных: выбор функции (всплывает окно, которое предлагает либо добавить файлы стволов или создать новые); открытие банки стволов (нажимается «Открыть» и программа сама предлагает путь  $C:\Program Files\OptiWin\OptiSimu\Test.bnk$ , в котором надо лишь выбрать конечный файл  $\text{Test.bnk}$ ); файлы STM (добавляются данные для дальнейшей работы в программе, они могут располагаться как на съемном носителе, так и на жестком диске компьютера, чтобы открыть их, нам необходимо нажать «Добавить» и пройти по следующему пути:  $C:\Program Files\OptiWin\OptiData\workareas$ ); выбор породы (выбор породы, которую необходимо исследовать); перенос данных; готово (данные перемещены, можно начинать с ними работать). Выбирается знак  тем самым запуская обработку данных. Далее после обработки и сбора, данных программа показывает общее количество стволов выбранных нами, можно приступить непосредственно к работе со стволами. Нажимается «ОК». Нажимается знак  и открывается окно с данными по каждому дереву и видно сколько сортиментов получается с данного хлыста, известны длина [см], объем [дм<sup>3</sup>], диаметр каждого сортимента (D)/мм, цена, длины распила и диаметры на высоте 120 мм  $D[h120]=212$  и что из этого дерева получилось два пиловочника и два баланса. Программы-приложения и комплектующие практически идентичны тем, что и у обычных настольных компьютеров, что облегчает создание и поддержку компьютерных систем, а также их совместимость с приложениями, установленными в офисе. Компьютерная система контроля и управления лесосечной машины состоит из двух частей: система управления машиной и система управления самим процессом лесозаготовки.

На рисунке 4 видно, что из этого дерева получилось два пиловочника и два баланса, остальное дрова. В дальнейшем по этому рисунку составляется таблица, в которую заносятся данные по каждому стволу, необходимые для дальнейшего исследования. Пример таблицы показан на рисунке 5.



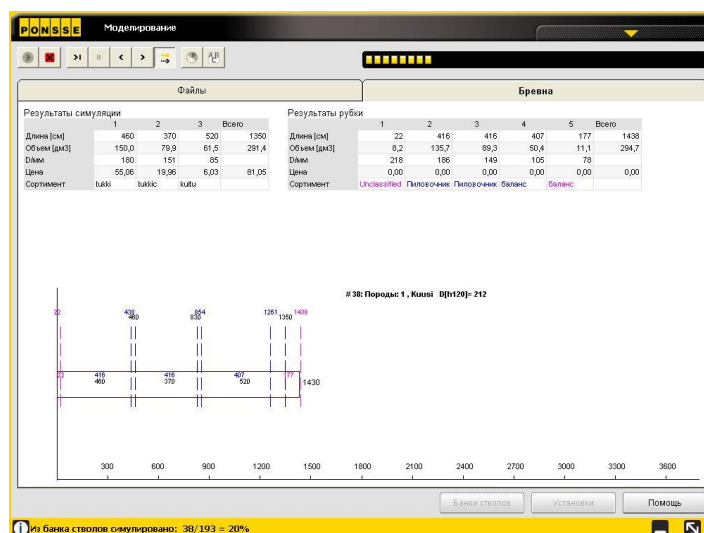


Рис. 4. Хлыст

На рисунке 5 указана длина каждого сортимента, объем, диаметр и качество ствола. Из этой таблицы для вычисления процентного выхода пиловочника выбирается строка с показателями объема сортиментов.

№ дерева	Параметры сортимента	Длины сортиментов					Всего
		L1	L2	L3	L4	L5	
#16							
	Длина (см)	21	418	409			848
	Объем (дм <sup>3</sup> )	4,5	81,4	49,2			135
	Диаметр	166	142	104			
	Сортимент	Комель	Пиловочник	Баланс			

Рис. 5. Пример таблицы

По следующему примеру на рисунке 6 в виде таблицы заносится порядковый номер дерева, его порода, общий объем, диаметр на высоте 1,2 метра. Но программа не может вычислить, какой процент пиловочника, баланса или дров получается из ствола.

	№ дерева	Порода	V, м <sup>3</sup>	D[h120]	Н. м	Процентный объем пиловочник, %	Процентный объем баланса, %	Процентный объем дров, %
1	#16	Ель	0,1351	166		60,2	36,4	3,4

Рис. 6. Пример таблицы

Так как известен объем каждого сортимента, то методом пропорции вычисляется их процентное соотношение. Таким способом определяется, сколько процентов от общего объема составляет каждый сортимент. По результатам исследования составлен график (рис. 7) зависимости выхода пиловочника от объема ствола. На рисунке 7 представлен график процентного выхода пиловочника в зависимости от объема ствола дерева.



Рис. 7. Процентного выхода пиловочника по нарастающему объему ствола

По графику видно, что при объеме ствола ели 0,12 выход пиловочника 60 %, а при объеме ствола ели 0,66 выход пиловочника 85 % т. е. при увеличении объема ствола выход пиловочника увеличивается.

### Литература

1. Виногоров Г. К. Технология лесозаготовок. М. : Лесная промышленность, 1984. 296 с.

## **ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТ. АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА**

УДК 796.01:159.9(072)

**Тягунова Ю. В.**

*Научный руководитель: Рогалева Л. Н., к. психол. н., доцент, УрФУ им Первого Президента России Б. Н. Ельцина*

### **ИЗУЧЕНИЕ ПОДХОДОВ К САМОЭФФЕКТИВНОСТИ В СПОРТЕ В ЗАРУБЕЖНОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ**

В статье рассмотрены актуальные подходы к самоэффективности в спорте в зарубежной и отечественной литературе. Подчеркивается зависимость спортивных результатов от самоэффективности спортсменов. Прослеживается взаимосвязь между определенными личностными факторами и самоэффективностью спортсменов.

*Ключевые слова: самоэффективность, спортивные результаты, личностные качества.*

В современном спорте, создающем условия жесткого соревновательного противоборства, в то время как значения спортивных рекордов находятся за пределами естественных человеческих возможностей, от спортсменов требуется проявление не только физической подготовленности, но и мобильности мышления и поведения, на первый план выходит проблема самоэффективности личности, как важнейший фактор роста спортивных результатов.

В зарубежной психологии поднимали проблему самоэффективности А. Бандура, М. Ерусалем, М. Селигман, Дж. Роттер, Р. Шварцер и др.

В российской психологии проблема самоэффективности отражена в работах А. В. Бояринцевой, Н. А. Булышко, Т. О. Гордеевой, Ю. Э. Мамедовой, Е. А. Шепелевой и др.

Самоэффективность – это уверенность человека в успехе своей деятельности в конкретной ситуации. Индивид при этом акцентирует внимание на постановке усложненных задач и трудных целей, проявляя упорство и выдержку в их достижении [2; 3].

А. Бандура выявил основополагающие факторы развития самоэффективности спортсменов:

- 1) переживание собственных успехов в спортивной деятельности;
- 2) словесное убеждение, заключающееся в эмоциональной поддержке и вере в их силы;
- 3) опыт, полученный через наблюдения за другими спортсменами успешными в похожей деятельности;
- 4) позитивное психическое состояние;
- 5) навыки саморегуляции поведенческих и эмоциональных проявлений;
- 6) организованная взаимопомощь и взаимоподдержка в условиях совместной деятельности [1].

Самоэффективность личности оказывает сильное влияние на результаты спортивной деятельности. Указанный выше тезис подтверждают данные зарубежных исследований, например, М. Шахраки, М. Р. Эсмейли, Ф. А. Ганджуэй выявили, что занятия спортом способствует физическому, психическому, когнитивному и социальному развитию. Они выделяют ведущее влияние психологической выносливости на самоэффективность [5].

К. Ли, Т. Моррис, М. Андерсен в своей работе по установлению влияния психологической прочности на эффективность Боулинга Тенпин отмечают самоэффективность как один

из ведущих компонентов психологической прочности, который стимулирует улучшение спортивных результатов [4].

Н. А. Булышко подчеркивает, что зависимость роста результатов в спорте от повышения самоэффективности имеет место только в случае, как адекватно развитого уровня умений и навыков у спортсмена, так и при достаточном уровне его мотивации, направленной на выполнение задания [2].

Ю. Э. Мамедова доказывает взаимосвязь между определенными личностными факторами и самоэффективностью спортсменов. В ее исследовании были задействованы студенты 2–3 курсов Гуманитарного колледжа Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма г. Краснодара, занимающиеся в МБОУДОД ДЮСШ «Виктория» МО Абинский район, МБОУДОД ДЮСШ МО г. Горячий Ключ, МУДОД СДЮСШОР № 7 г. Краснодара. Всего приняло участие 163 спортсмена возраста 16–20 (80 девушек и 83 юношей). Методы исследования: 16-ти факторный личностный опросник Кеттелла; диагностика самоэффективности (методика Маддукса и Шеера). Были получены следующие результаты: положительная взаимосвязь с самоэффективностью прослеживается с уровнем таких личностных факторов, как «замкнутость – общительность», «сдержанность – экспрессивность», «робость-смелость»; уровнем «нормативности поведения» и «адекватности самооценки». Наблюдается тесная взаимосвязь со шкалой «экстраверсия-интроверсия». Основываясь на вышеуказанном, можно сделать вывод, что для достижения высокого уровня самоэффективности в деятельности необходимы такие качества, как общительность, открытость, стремление работать в группе, смелость и высокая самооценка. Весомыми компонентами самоэффективности в общении являются смелость и экспрессивность, так как спортсмены у которых данные качества ярко выражены способны более конструктивно решать коммуникативные задачи, активно выражают свои эмоции и мысли [3, с. 9–10].

В заключении можно сделать следующие выводы:

1. Самоэффективность – является одним из значимых психологических понятий, влияющим на прикладываемые человеком усилия в достижении наивысших результатов в спорте.
2. Стимулируя развитие самоэффективности у спортсменов можно изменять их мышление и поведение, повышать мотивацию к деятельности, а также способствовать повышению успешности спортивной деятельности.
3. Определенные личностные факторы и самоэффективность спортсменов тесно взаимосвязаны.

## Литература

1. Bandura, A. Self-efficacy mechanism in human agency // *American Psychologist*. 1982. Vol. 37. P. 122–147.
2. Булышко Н. Самоэффективность личности как психологический ресурс повышения результативности в спорте // *Спортивный психолог*. 2009. № 1 (16). С. 41–44.
3. Мамедова Ю. Э. Особенности взаимосвязи личностных факторов и самоэффективности спортсменов // *Журнал Олимп: Физическая культура, спорт, туризм*. 2014. № 1 (1). С. 9–12.
4. Lee C., Morris T., Andersen M. Does Mental Toughness Really Work? An Evaluation on Tenpin Bowling Performance // *Australian Journal «The future of sport and science»*. 2010. С. 12–15.
5. Shahraki M., Esmaeili M. R., Ganjouei F. A. The effect of sport participation and hardiness on self-efficacy in female high school students // *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* ISSN: 2231–6345 (Online) An Open Access, Online International Journal Available at [www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/04/jls.htm](http://www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/04/jls.htm). 2014. Vol. 4 (S4). P. 1842–1847.

УДК 796.01-056.3:612.017.2:376.42

**Чистова В. В.**

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ДЕТЕЙ  
С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ С УЧЕТОМ НОРМАТИВОВ  
ВСЕРОССИЙСКОГО ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА  
«ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ»**

В статье представлены результаты педагогического тестирования физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями в возрасте 13–15 лет в количестве 15 человек, с учетом нормативов всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО.

*Ключевые слова:* всероссийский физкультурно-спортивный комплекс (ВФСК); ГТО; дети с интеллектуальными нарушениями; физическая подготовка.

Термином «умственная отсталость» обозначают стойкое, выраженное нарушение познавательной деятельности вследствие диффузного органического поражения центральной нервной системы [1].

«Согласно данным мировой статистики, умственно отсталыми людьми признаются 2,5–3 % населения, в России это заболевание встречается в 1 % случаев. Поэтому особую актуальность приобретает вопрос о привлечении детей и подростков с нарушенным интеллектом к систематическим занятиям адаптивной физической культурой и адаптивным спортом с целью увеличения их двигательной активности. На сегодняшний день доказано, что занятия адаптивной физической культурой и адаптивным спортом являются мощным средством коррекции и компенсации дефектных психофизических функций детей и подростков с интеллектуальными нарушениями». В соответствии со «Стратегией развития физической культуры и спорта на период до 2020 года», Государственной программой Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта», в свете Конвенции ООН о правах инвалидов важнейшим направлением работы с лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами является вовлечение их в систематические занятия физической культурой и спортом. Одной из причин снижения уровня качества жизни лиц с ограниченными возможностями здоровья нашей страны, недостаточное их вовлечение в систематические занятия адаптивной физической культурой являются неверные психологические стереотипы относительно лиц с ограниченными возможностями здоровья, образа и качества их жизни [3].

На физическое развитие, двигательные способности, обучаемость и приспособляемость к физической нагрузке оказывает влияние тяжесть интеллектуального дефекта, сопутствующие заболевания, вторичные нарушения, особенности психической и эмоционально-волевой сферы детей. Психомоторное недоразвитие детей с легкой умственной отсталостью проявляется в замедленном темпе развития локомоторных функций, непродуктивности движений.

Специфические особенности моторики обусловлены прежде всего недостатками высших уровней регуляции. Это порождает низкую эффективность операционных процессов всех видов деятельности и проявляется в несформированности тонких дифференцированных движений, плохой координации сложных двигательных актов, низкой обучаемости движениям, недостатках целесообразного построения движений, затруднениях при выполнении или изменении движений по словесной инструкции. Отсутствие или ограничение двигательной активности тормозит естественное развитие ребенка, вызывая цепь негативных реакций организма [1].

Таким образом, одним из факторов повышения мотивации к добровольным занятиям адаптивной физической культурой и адаптивным спортом (физической культурой и спортом

для лиц с отклонениями в состоянии здоровья) может стать внедрение в практику Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса, в котором будут представлены требования к уровню физической подготовленности лиц с ограниченными возможностями здоровья с учетом их физического состояния [3].

**Цель исследования:** оценить уровень физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями с учетом нормативов ВФСК ГТО.

**Задачи исследования:**

1. Проанализировать физическое развитие детей с интеллектуальными нарушениями.
2. Выявить наиболее эффективные тестовые упражнения для оценки уровня физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями с учетом нормативов ВФСК ГТО.
3. Провести оценку уровня физической подготовленности для детей с интеллектуальными нарушениями с учетом нормативов ВФСК ГТО.

**Материалы и методы исследования**

Для решения поставленных задач на различных этапах проведенной работы были использованы следующие методы исследования:

*Анализ литературных источников* – на основе анализа литературных источников была выявлена проблема, заключающаяся в выборе тестов для оценки уровня физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями, с учетом нормативов всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО. Для раскрытия теоретической основы исследования, мы проанализировали более 30 источников, на темы: «Физическое развитие детей с интеллектуальными нарушениями»; «Деятельность детей с интеллектуальными нарушениями»; «Физическое воспитание детей в школе VIII вида»; «Что такое комплекс ГТО?».

*Метод педагогического тестирования.*

В нашем эксперименте в качестве тестовых упражнений предлагались следующие задания:

- на выявление скоростных способностей – бег на дистанцию 30 м;
- выносливость – бег на дистанцию 2 км;
- на выявление силы – сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу;
- гибкость – наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами на полу;
- на выявление скоростно-силовых способностей – прыжок в длину с места двумя ногами;
- на выявление координационных способностей – метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м.

Исследование проводилось в три этапа на базе Казенного общеобразовательного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутская школа для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья».

**На первом этапе** (сентябрь 2016 г.) проводился анализ литературных источников по проблеме в выборе метода оценки уровня физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями, с учетом нормативов ВФСК ГТО.

**На втором этапе** (апрель – май 2017 г.) мы определяли уровень физического подготовленности детей среднего школьного возраста с интеллектуальными нарушениями.

**На третьем этапе** (май 2017 г.) обобщались результаты исследования, выводы и практические рекомендации.

Тестирование уровня физической подготовленности детей проводил инструктор по физической культуре; учителя физической культуры оказывают необходимую помощь в организации этой работы, медицинская сестра осуществляет наблюдение за состоянием детей, их реакцией на выполнение двигательного задания [2].

Для определения исходного уровня физической подготовленности детей тестирование осуществлено в рамках занятий по физической культуре.

Всем выполняемым упражнениям предшествовала разминка, которая включает ходьбу, бег, дыхательные подготавливающие упражнения, ОРУ.

Наиболее объективными показателями уровня развития физической подготовленности детей являются результаты выполнения определенных двигательных тестовых упражнений.

Сравнения результатов тестовых испытаний лиц с интеллектуальными нарушениями с нормами ВФСК ГТО (мальчиков 13–15 лет) представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели физической подготовленности мальчиков (участников эксперимента) 13–15 лет в сравнении с нормативами ВФСК ГТО**

Тесты	Нормативы ГТО			
	Мальчики в количестве 10 человек			
	Бронза/кол-во выполнивших норматив %	Серебро/кол-во выполнивших норматив %	Золото/кол-во выполнивших норматив %	Без значка
Бег на 30 м, сек	1 / 10 %	–	1 / 10 %	8 / 80 %
Бег на 2 км (мин, с)	1 / 10 %	–	1 / 10 %	8 / 80 %
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу (количество раз)	2 / 20 %	2 / 20 %	1 / 10 %	5 / 50 %
Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)	–	1 / 10 %	1 / 10 %	8 / 80 %
Прыжок в длину с места двумя ногами (см)	–	5 / 50 %	5 / 50 %	–
Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м (количество попаданий, % от максимума)	2 / 20 %	1 / 10 %	5 / 50 %	2 / 20 %

Проанализировав результаты физической подготовленности представленные в таблице 3 было выявлено, что норматив «бронзы» был выполнен в тестах «Бег 30 м» – 1 человек (10 %), «Бег на 2 км» – 1 человек (10 %), «Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу» – 2 человека (20 %), «Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м» – 2 человека (20 %); норматив «серебра» – был выполнен в тестах «Сгибание разгибание рук в упоре лежа на полу» – 2 человека (20 %), «Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)» – 1 человек (10 %), «Прыжок в длину с места двумя ногами (см) – 5 человек (50 %)), «Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м» – 1 человек (10 %); норматив «золото» был выполнен в тестах «Бег 30 м» – 1 человек (10 %), «Бег на 2 км» – 1 человек (10 %), «Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу» – 1 человек (10 %), «Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)» – 1 человек (10 %), «Прыжок в длину с места двумя ногами (см) – 5 человек (50 %)), «Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м» – 5 человек (50 %).

Результаты тестов мальчиков с интеллектуальными нарушениями свидетельствуют о том, что необходимо внедрение методики на развитие физических качеств. Для данной категории лиц на наш взгляд эффективным методом комплексного развития физических качеств, координационных способностей, эмоционально-волевой и психической сферы с ограниченными возможностями является игровой метод, позволяющие мотивировать учащихся во взаимодействии с остальными участниками двигательных процессов.

Сравнения результатов тестовых испытаний лиц с интеллектуальными нарушениями с нормами ВФСК ГТО (девочки 13–15 лет) представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели физической подготовленности девочек (участников эксперимента) 13–15 лет  
в сравнении с нормативами ВФСК ГТО**

Тесты	Нормативы ГТО			
	n = 5			
	Бронза/кол-во выполнивших норматив %	Серебро/кол-во выполнивших норматив %	Золото/кол-во выполнивших норматив %	Без значка
Бег на 30 м, сек	2 / 40 %	–	1 / 20 %	2 / 40 %
Бег на 2 км (мин, с)	–	–	–	5 / 100 %
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу (количество раз)	1 / 20 %	1 / 20 %	–	3 / 60 %
Наклон вперед из положе- ния сидя с прямыми но- гами (см)	1 / 20 %	1 / 20 %	2 / 40 %	1 / 20 %
Прыжок в длину с места двумя ногами (см)	–	2 / 40 %	2 / 40 %	1 / 20 %
Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м (ко- личество попаданий, % от максимума)	4 / 80 %	–	1 / 20 %	–

Проанализировав результаты физической подготовленности представленные в таблице 2 было выявлено, что норматив «бронзы» был выполнен в тестах «Бег 30 м» – 2 человека (40 %), «Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу» – 1 человек (20 %), «Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)» – 1 человек (20 %), «Прыжок в длину с места двумя ногами (см)» – 2 человека (40 %); норматив «серебра» – был выполнен в тестах «Сгибание разгибание рук в упоре лежа на полу» – 1 человек (20 %), «Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)» – 1 человек (20 %), «Прыжок в длину с места двумя ногами (см)» – 2 человек (40 %), норматив «золото» был выполнен в тестах «Бег 30 м» – 1 человек (20 %), «Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)» – 2 человек (40 %), «Прыжок в длину с места двумя ногами (см)» – 2 человек (40 %), «Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м» – 1 человек (20 %).

Результаты тестов девочек с интеллектуальными нарушениями свидетельствуют о том, что необходимо внедрение методики на развитие физических качеств. Для данной категории лиц на наш взгляд, необходим уклон на развитие скоростных, силовых качеств и развитие выносливости, с интеллектуальными нарушениями. Более эффективным является игровой метод, позволяющий улучшить физические качества и способности учащихся с интеллектуальными нарушениями.

### Выводы

1. Показатели физического развития детей с умственной отсталостью отстают от показателей здоровых детей на 2–3 года. Отставания в физическом развитии умственно отсталых детей, степень приспособления к физической нагрузке зависят не только от поражения ЦНС, но и являются следствием вынужденной гипокинезии. Характерной особенностью умственно отсталого ребенка является быстрая утомляемость от монотонной работы, низкая трудоспособность. Основным нарушением в двигательной сфере умственно отсталых детей является расстройство координации движений, что тормозит развитие координационных способностей, необходимых в учебной, трудовой, бытовой, спортивной деятельности, так же нарушение в развитии основных физических качеств, быстроты реакции, частоты движений, выносливости,



силовых, скоростно-силовых качеств и гибкости. Особенно плохо сформированы тонкие и точные движения рук, предметная манипуляция, жестикуляция и мимика.

2. Выявлены наиболее эффективные оценочные тесты для оценки физической подготовленности детей с интеллектуальными нарушениями с учетом норм ВФСК ГТО на основе физических возможностей двигательных функций детей. Из всех предложенных тестов, были отобраны 6 наиболее информативных тестов для получения знака отличия норм ГТО.

3. Для данной категории лиц на наш взгляд, необходим уклон на развитие выносливости, гибкости, скоростных, силовых качеств. Более эффективным является игровой метод, позволяющий улучшить физические качества и способности учащихся с интеллектуальными нарушениями. Результаты тестов детей с интеллектуальными нарушениями свидетельствуют о том, что необходимо внедрение методики на развитие физических качеств. По результатам шести оценочных тестов было выявлено, что на золотой значок ВФСК ГТО выполнило – 0 %, серебро – 12,5 %, бронза – 12,5 %, без значка – 87 % лиц с интеллектуальными нарушениями.

### **Литература**

1. Шапковой Л. В. Частные методики адаптивной физической культуры : учебник. для студ. высш. учеб. заведений / под общ. ред. проф. Л. В. Шапковой. М. : Советский спорт, 2009. 608 с.

2. Организация специальных образовательных условий для детей с ограниченными возможностями здоровья в общеобразовательных учреждениях : метод. рекомендации [сост. С. В. Алехина] / отв. ред. С. В. Алехина. М. : МГППУ 2012. 92 с.

3. О Всероссийском физкультурно-спортивном комплексе «Готов к труду и обороне» (ГТО). Указ Президента РФ от 24 мая 2014 г. № 172. URL: [http://www.csi-ugra.ru/upload/-iblock/4c5/metod\\_rekomendacii\\_bfck.pdf](http://www.csi-ugra.ru/upload/-iblock/4c5/metod_rekomendacii_bfck.pdf).

## ЭКОЛОГИЯ, БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ

УДК 574.2: 597.8(910.3)

*Аслямова А. И., Ибрагимова Д. В.*

*Научный руководитель: Стариков В. П., д. биол. н., профессор СурГУ*

### **ВИДОВАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПИТАНИЯ ЗЕМНОВОДНЫХ (AMPHIBIA, VERTEBRATA) ДЮРТЮЛИНСКОГО РАЙОНА (РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)**

В статье рассматриваются особенности питания земноводных окрестностей с. Гублюкучук. В рационе зеленой жабы, остромордой и озерной лягушек преобладают жесткокрылые (*Coleoptera*) и перепончатокрылые (*Hymenoptera*) насекомые. Разнообразие кормов снижается в ряду остромордая лягушка – озерная лягушка – зеленая жаба.

*Ключевые слова: земноводные, питание, Республика Башкортостан.*

Населяя самые разнообразные места обитания, земноводные (*Amphibia*) во взрослом состоянии питаются исключительно животной пищей. При этом они приносят пользу сельскому и лесному хозяйству, поедая вредных насекомых, особенно если учесть потребление тех вредителей, которые недоступны насекомоядным птицам. В силу своих биологических особенностей земноводные поедают беспозвоночных с неприятным запахом и вкусом, или обладающих покровительственной окраской. Внимания заслуживает и тот факт, что сухопутные виды земноводных охотятся ночью, когда подавляющее большинство насекомоядных птиц спит [2].

Цель данного исследования изучить особенности питания земноводных Республики Башкортостан (на примере окрестностей с. Гублюкучук).

#### **Материалы и методы исследования**

Исследования проводились в Республике Башкортостан в Дюртилинском районе в окрестностях с. Гублюкучук с июля по август 2015–2016 гг. В качестве объектов исследований выбрано три вида земноводных. Всего изучено 260 особей, 6 из которых зеленые жабы (*Pseudepidalea viridis*), 67 – озерных лягушек (*Pelophylax ridibundus*) и 187 – остромордых лягушек (*Rana arvalis*).

Учеты проводили в следующих биотопах: крапивно-подорожничково-клеверный луг с участием одиночных берез; ивовое злаковое пойменное сообщество; землянично-мятликовый разнотравный луг; прибрежное лютиково-рогозовое сообщество с участием березы; в двух прудах и озере.

Видовую принадлежность амфибий устанавливали по определителям [4; 5; 8; 9]. Вскрытие желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) проводили с последующим анализом содержимого. Спектр перекрывания трофических ниш рассчитывали по индексу М. Мориситы (1959); коэффициент упитанности (КУ) – по Т. В. Фультону (1902).

#### **Результаты исследования и обсуждение**

Земноводные отличаются прожорливостью и отсутствием избирательности в пище. Это дает им возможность жить почти за счет любого корма, используя максимально те, которых больше в конкретном биотопе [6]. Например, озерная лягушка питается в основном сухопутными и водными насекомыми, паукообразными, червями, моллюсками [1; 8; 11]. Известны даже случаи поедания этой лягушкой мальков рыб, головастиков, землероек, и живущих у воды мелких птиц [3]. У зеленой жабы проявляется мирмекофагия [8], взрослые особи данного

вида также питаются ползающими формами беспозвоночных, в том числе *Coleoptera*. У *Rana arvalis* основу питания составляют: жесткокрылые, перепончатокрылые, прямокрылые и чешуекрылые насекомые, моллюски, паукообразные, многоножки и кольчатые черви [8].

На исследованной территории было установлено, что у всех видов земноводных значительную долю в питании составляли жесткокрылые и перепончатокрылые (табл. 1).

Таблица 1

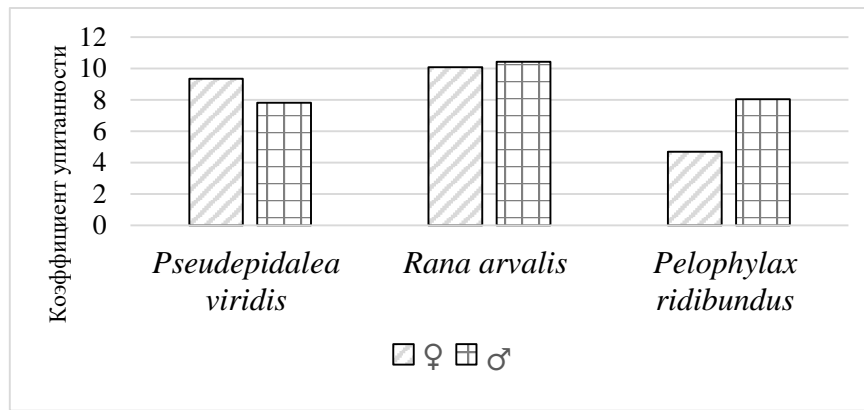
**Спектр питания земноводных (% соотношение) окрестностей  
с. Гублюкучук Дюртюлинского района Республики Башкортостан**

Объекты питания	<i>Pseudepidalea viridis</i>	<i>Rana arvalis</i>	<i>Pelophylax ridibundus</i>
Подотряд дождевые черви <i>Lumbricina</i>	0,00	0,00	0,61
Класс брюхоногие <i>Gastropoda</i>	0,00	6,13	2,42
Отряд пауки <i>Aranei</i>	6,25	10,43	1,82
Отряд стрекозы <i>Odonata</i>	0,00	0,61	0,00
Отряд полужесткокрылые, или клопы <i>Hemiptera</i>	6,25	3,68	2,42
Отряд жесткокрылые, или жуки <i>Coleoptera</i>	53,13	34,36	10,91
Отряд чешуекрылые <i>Lepidoptera</i>	15,63	17,79	3,03
Отряд сетчатокрылые <i>Neuroptera</i>	0,00	0,61	0,00
Отряд перепончатокрылые <i>Hymenoptera</i>	18,75	19,63	72,73
Отряд двукрылые, или комары и мухи <i>Diptera</i>	0,00	6,75	6,06
Всего	100	100	100

Степень перекрытия трофических ниш у амфибий исследованной территории по индексу Мориситы для *Rana arvalis* и *Pelophylax ridibundus*  $C\lambda=0,51$ ; для *Pseudepidalea viridis* и *Rana arvalis*  $C\lambda=0,91$ ; для *Pseudepidalea viridis* и *Pelophylax ridibundus*  $C\lambda=0,44$ . Зеленая жаба не привязана к водоемам вне сезона размножения, как и остромордая лягушка, что в большей степени сказывается на перекрытии их трофических ниш. Основу питания этих видов в окрестностях с. Гублюкучук составляли жесткокрылые (53,13 % и 34,36 % соответственно), перепончатокрылые (18,75 % и 19,63 %), чешуекрылые (15,63 % и 17,79 %) и пауки (6,25 % и 10,43 %). Основу питания озерной лягушки составляли перепончатокрылые (72,73 %); она наиболее привязана к водоемам, отсюда с зеленой жабой ее трофическая ниша перекрывалась слабо.

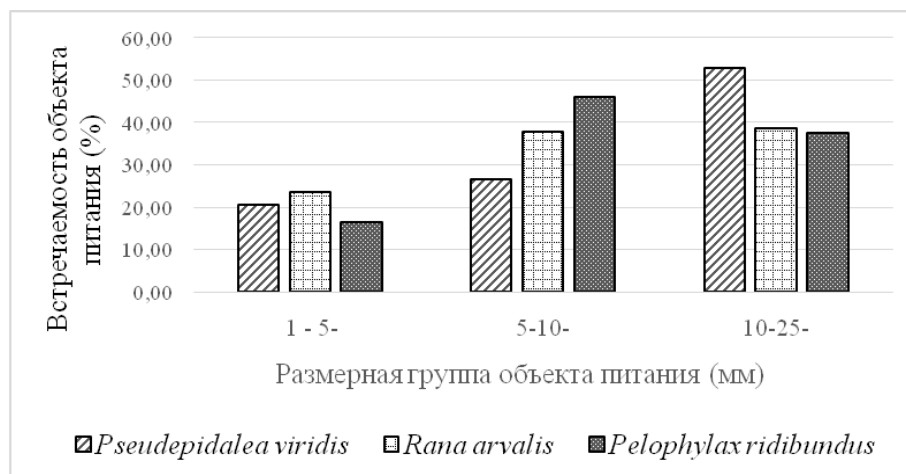
Разнообразие кормов снижалось в ряду остромордая лягушка – озерная лягушка – зеленая жаба. Это зависит, видимо, от стратегии добывания пищи. Мелкие водные растения и различные растительные остатки, встречающиеся в желудках земноводных, должно быть попадали случайно.

Различия в спектрах питания проявлялись и в индексах упитанности исследованных видов. Неизбирательность в питании остромордой лягушки сказывалось на большей доступности кормовых объектов, следовательно, данный вид не испытывал недостатка в питании и имел самые высокие показатели КУ (рис. 1). Озерная лягушка на данной территории имела широкий рацион, но все же предпочитала перепончатокрылых, тогда как зеленая жаба – жесткокрылых. По данным Xiaoming с коллегами (2010) жесткокрылые по отношению к перепончатокрылым обладают большей калорийностью [12], что, видимо, и стало причиной сильной разницы в упитанности данных видов.



**Рис. 1. Коэффициент упитанности амфибий окрестностей с. Гублюкучук Дюртилинского района по Т. В. Фультону (1902)**

Земноводные являются полифагами, они потребляют широкий набор беспозвоночных, в том числе вредителей сельского и лесного хозяйств [7]. Единственным ограничением из доступных для потребления объектов питания является размеры добычи [10]. По нашим данным размеры добычи колебались от 1 до 25 мм (рис. 2).



**Рис. 2. Размерный диапазон потребляемой добычи земноводными окрестностей с. Гублюкучук Дюртилинского района**

Встречаемость кормовых объектов различных размеров, в рационе питания изученных видов земноводных положительно скоррелирована с размерами самих амфибий (табл. 2). Это также необходимо для разграничения трофических ниш внутри вида у разных возрастных групп.

Таблица 2

**Сравнение зависимости размера добычи от размера земноводных методом  $\chi^2$**

	<i>Pseudepidalea viridis</i>	<i>Rana arvalis</i>	<i>Pelophylax ridibundus</i>
$\chi^2$	35,03	162,01	165,01
df	10	10	4

### Выводы

В рационе у зеленой жабы, остромордой и озерной лягушек преобладают жесткокрылые и перепончатокрылые насекомые. Разнообразие кормов снижается в ряду остромордая

лягушка – озерная лягушка – зеленая жаба. Однако калорийность рациона по значениям коэффициента упитанности максимальна у остромордой лягушки, минимальна у озерной, видимо это связано с разной доступностью кормовых объектов земноводных. Трофические ниши остромордой лягушки и зеленой жабы сильно перекрываются, за счет обитания в сходных биотопах и преобладания в их кормах практически одинаковых объектов питания.

### Литература

1. Баянов М. Г., Яковлева Т. В. Список пищевых объектов бесхвостых амфибий в Башкортостане // Итоги биологических исследований. 2000. Уфа, 2001. Вып. 6. С. 149–153.
2. Банников А. Г., Денисова Н. М. Очерки по биологии земноводных. М. : Учпедгиз, 1956. 168 с.
3. Березовиков Н. Н. Птицы – жертвы нападений озерной лягушки *Rana ridibunda* // Русский орнитологический журнал. 2005. Т. 14, № 286. С. 383–385.
4. Большаков В. Н., Вершинин В. Л. Амфибии и рептилии Среднего Урала. Екатеринбург : УрО РАН, 2005. 125 с.
5. Вершинин В. Л., Большаков В. Л. Амфибии и рептилии Среднего Урала: справочник-определитель. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 127 с.
6. Гаранин В. И., Хайрутдинов И. З. Герпетология : учеб. пособие. Казань, 2012. 50 с.
7. Кузьмин С. Л. Эксплуатация ресурсов земноводных в России // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М., 2005. С. 138–146.
8. Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. М. : Т-во научных изданий КМК, 2012. 370 с.
9. Ласуков Р. Ю. Обитатели водоемов. Карманный определитель. М. : Лесная страна, изд. 2-е изм., 2009. 128 с.
10. Файзулин А. И. Сезонная динамика трофической ниши популяции озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia) в Среднем Поволжье // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10, № 2. С. 452–455.
11. Файзулин А. И., Чихляев И. В., Кривошеев В. А., Кузовенко А. Е. Анализ спектра питания озерной лягушки (*Rana ridibunda*) на урбанизированных территориях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1. С. 129–132.
12. Пищевая ценность насекомых [Электронный ресурс]. URL: <http://aquavitro.org/-2015/06/12/pishhevaya-cennost-nasekomyx>.

УДК 796.01:612

**Баженова А. Е., Монастырецкая О. А., Иржанова Д. Т., Афаневич И. А.**

*Научный руководитель: Еськов В. М., д. биол. н., профессор, СурГУ*

### **ПРОБЛЕМА ПРОИЗВОЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЙ ПРИ ХОЛОДОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

В работе показана практическая возможность применения метода расчета параметров квазиаттракторов в двухмерном фазовом пространстве, в качестве количественной меры реальных изменений параметров нервно-мышечной системы человека в условиях холодного воздействия. После локального холодного воздействия, на конкретном примере, происходит увеличение площадей квазиаттракторов испытуемых – не спортсмена в 2,7 раза, а у испытуе-

мого – спортсмена в 1,8 раз. Так же, локальное холодное воздействие приводит к 3-х кратному увеличению числа пар  $k$  совпадений у мужчин, не зависимо от их физической подготовки.

*Ключевые слова:* тремор, квазиаттрактор, холодное воздействие, матрица парных сравнений.

Воздействие неблагоприятных климато-географических факторов оказывает негативное влияние на качество жизни и здоровья каждого жителя Югры. Этим факторам характерна хаотическая динамика изменения параметров среды обитания, таких как резкое изменение атмосферного давления, влажности и температуры атмосферного воздуха. Негативные факторы среды по-разному оказывают воздействие на организм человека при различной его физической активности, что уже отмечалось многими авторами в своих исследованиях [1, 3, 5, 6]. Адаптация человека в этих условиях достигается путем напряжения и сложной перестройки гомеостатических систем организма.

В связи с этим повышается роль адаптационных способностей организма к условиям с низким температурным режимом, что является индивидуальной особенностью каждого человека и ее расчет в рамках стохастики весьма затруднителен. Состояние функциональных систем организма (ФСО) человека к гипотермальным воздействиям представляет особый интерес в рамках теории хаоса-самоорганизации (ТХС) [2]. В наших исследованиях выполнялся анализ параметров нервно-мышечной системы (НМС) человека, который характеризует изменения именно у мужчин при локальном холодном воздействии. Более того, вся ТХС разрабатывается сейчас для индивидуальной медицины и физиологии (спорта) [4]. В рамках этих результатов предлагаются подобные тесты по параметрам треморограмм (ТМГ), которые можно использовать в практической деятельности тренера и медицинского работника.

**Целью** данного исследования является оценка особенностей реакции НМС на внешние стресс воздействия у мужчин, проживающих на Севере РФ.

#### **Объект и методы исследования**

В исследовании приняли участие мужчины, проживающие на территории округа не менее 5 лет. Средний возраст обследуемых: 28–30 лет. В зависимости от степени физической активности было сформировано 2 группы мужчин по 15 человек. В первую группу отнесли мужчин, занимающихся физическими упражнениями нерегулярно (не спортсмены), менее 3-х раз в неделю. Во вторую группу вошли мужчины, профессионально занимающиеся спортом (спортсмены), имеющие спортивную квалификацию не ниже 1-го взрослого разряда и продолжающие заниматься систематическими физическими упражнениями более 3-х раз в неделю.

Регистрация постурального тремора осуществлялась с помощью измерительного комплекса на базе токовых датчиков и металлической пластины, которая жестко крепится к пальцу испытуемого. Данный измерительный комплекс был уже ранее описан нами [2, 7], поэтому отметим только, что он имеет высокую точность регистрации движений (погрешность измерения координаты  $x_1(t)$  не менее 0,01 мм, а частотный диапазон охватывает от 0 Гц до 1 000 Гц включительно). Период  $T$  квантования регистрируемых ТМГ  $T = 0,01$  сек (с помощью аналогово-цифрового преобразователя, что снижает верхнюю границу регистрации  $x_1(t)$  по частоте, но и этих 100 Гц вполне достаточны, т. к. в наших исследованиях амплитудно-частотные характеристики тремора мы не выходили за пределы 1-20 Гц) и в каждом файле ТМГ мы имеем не менее 500 точек для первой фазовой координаты  $x_1(t)$ . По специально (зарегистрированной в РОСАПО) программе мы рассчитывали скорость изменения  $x_1(t)$  в виде  $x_2(t) = dx_1/dt$  и строили фазовые портреты в координатах вектора  $x(t) = (x_1, x_2)^T$  для всех ТМГ, полученных в каждом измерении. Всего для каждого испытуемого, находящегося в одном (неизменном) состоянии (гомеостазе), мы строили 225 фазовых портретов для 15-ти серии экспериментов с 15-ю повторами регистрации выборок ТМГ в каждой такой серии (по 500 точек в каждой такой выборке ТМГ для одного испытуемого). Перед испытуемыми стояла задача

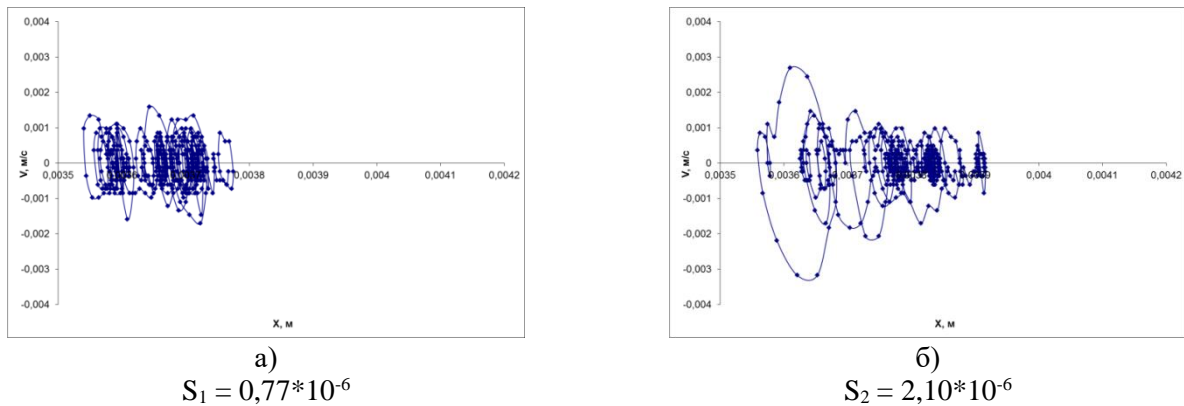
удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность. Каждый испытуемый проходил 15 серий эксперимента ( $N = 15$ ), в каждой из которых регистрация тремора проводилась 15 раз ( $n = 15$ ) в спокойном состоянии и аналогично ( $N = 15$ ,  $n = 15$ ) после локального холодого воздействия (испытуемый погружал кисть в емкость с водой с температурой  $T \approx 2-4$  °C).

Обработка данных и регистрация тремора конечности испытуемых проводилась на ЭВМ с использованием программы «Charts3». Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади квазиаттракторов (КА). Затем было произведено попарное сравнение отрезков ТМГ для каждой выборки ТМГ испытуемого на предмет принадлежности всех этих выборок к общей генеральной совокупности (у одного и того же испытуемого) [2, 7].

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка [5]. При использовании непараметрического парного сравнения ТМГ с помощью критерия Вилкоксона были построены  $15 \times 2$  таблиц для каждого испытуемого в спокойном состоянии и после локального холодого воздействия.

### Результаты исследования и их обсуждение.

В рамках ТХС нами были построены фазовые плоскости для всех 15-ти выборок ( $N$ ) из 15-ти серий ( $n$ ) экспериментов каждого испытуемого до и после локального холодого воздействия. Для КА были рассчитаны площади  $S$ , которые находились как произведение двух вариационных размахов фазовых координат  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$ , т. е.  $S = \Delta x_1 * \Delta x_2$ . При этом вектор  $x(t) = (x_1, x_2)^T$  совершал хаотические движения в пределах этих КА (их  $S$ ). На рисунке 1 представлены типовые фазовые портреты испытуемого.



**Рис. 1. Фазовые параметры движения пальцев руки для площади КА испытуемого:**  
а) до локального холодого воздействия; б) после локального холодого воздействия

Анализ всех полученных значений  $S$  представляет схожую картину в виде данных испытуемых: не спортсмена – БДК и спортсмена – АИА (как типовых). В таблице 1 представлены значения  $S$  выборок ТМГ испытуемого БДК и АИА для одной из серий эксперимента: до и после локального холодого воздействия. Уже в первом приближении  $S$  для КА демонстрировали различия значений до и после локального холодого воздействия. При расчете среднего значения площадей ( $\langle S \rangle$ ) и стандартного отклонения ( $\sigma, \pm$ ), были получены следующие данные: среднее значение площадей КА  $\langle S \rangle$  испытуемого БДК до локального холодого воздействия равно  $0,79 * 10^{-6} \pm 0,74 * 10^{-6}$  у.е., а после  $\langle S \rangle = 2,18 * 10^{-6} \pm 1,68 * 10^{-6}$  у.е. В случае с испытуемым АИА (спортсмен) среднее значение площадей КА  $\langle S \rangle$  до локального холодого воздействия равно  $0,45 * 10^{-6} \pm 0,23 * 10^{-6}$  у.е., а после  $\langle S \rangle = 0,84 * 10^{-6} \pm 0,33 * 10^{-6}$  у.е. Таким образом, после локального холодого воздействия у обоих испытуемых (не спортсмен и спортсмен) происходит увеличение площади КА: не спортсмена в 2,7 раза, спортсмена – 1,8. В целом,

такая динамика наблюдается у всех испытуемых. Следует отметить, что при проверке на соответствие вида распределения полученных данных площадей  $S$  испытуемый БДК до и после холодого воздействия имеет ненормальное распределение, тогда как у спортсменов доля стохастичности больше (в сравнении с не спортсменом) – распределение площадей нормальное.

Таблица 1

Значение площадей  $S$  КА выборок ТМГ испытуемых

	БДК-не спортсмен		АИА-спортсмен	
	До охлаждения	После охлаждения	До охлаждения	После охлаждения
1	1,77	5,47	0,33	1,44
2	0,44	2,32	0,22	0,84
3	0,32	4,14	0,26	0,95
4	0,56	2,37	0,72	0,47
5	0,48	0,93	0,14	1,03
6	1,75	1,35	0,53	0,89
7	0,77	0,29	0,46	1,03
8	0,34	0,43	0,67	0,77
9	0,23	5,55	0,28	0,92
10	0,45	2,10	0,35	1,23
11	0,55	2,41	0,32	0,53
12	0,48	0,28	0,18	0,39
13	0,49	1,39	0,85	1,23
14	0,42	2,15	0,67	0,53
15	2,84	1,50	0,71	0,39
$\langle S \rangle$	<b>0,79</b>	<b>2,18</b>	<b>0,45</b>	<b>0,84</b>
$\sigma, \pm$	<b>0,74</b>	<b>1,68</b>	<b>0,23</b>	<b>0,33</b>

При использовании непараметрического парного сравнения с помощью критерия Вилкоксона были получены 15\*2 таблиц, в которых представлены результаты расчета матриц (15 x 15) парного сравнения треморограмм  $N = 15, n = 15$ . Динамика произвольных микродвижений конечностей (тремора пальцев рук), как реакция на статическую нагрузку, проявлялась в изменении числа совпадений произвольных пар выборок ( $k$ ), которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности (см. табл. 2, 3). В нашей работе представлены число совпадений произвольных пар выборок ( $k$ ) для обоих испытуемых (не спортсмена и спортсмена) в спокойном состоянии ( $k_1$  и  $k_3$ ) и после локального холодого воздействия ( $k_2$  и  $k_4$ ). Их число увеличивается с  $k_1 = 3$  совпадений в спокойном состоянии до  $k_2 = 10$  совпадений после локального холодого воздействия у испытуемого БДК (не спортсмена), и с  $k_3 = 2$  до  $k_4 = 6$  у испытуемого АИА (спортсмена). Таким образом, локальное холодое воздействие приводит к 3-х кратному увеличению числа пар совпадений у мужчин, не зависимо от их физической подготовки.

**Заключение:** Значение площадей  $S$  КА количественно характеризует особенности параметров НМС жителей Севера РФ. Динамика увеличения площадей КА после локального холодого воздействия зависит от спортивной подготовки испытуемого. Прослеживается трехкратное превышение  $k_2$  и  $k_4$  по отношению к  $k_1$  и  $k_3$ , что характеризует различия между свободным состоянием и ТМГ после локального холодого воздействия у испытуемых. При чем различия в значениях  $k$  не зависят от физической подготовленности. Новая методика расчета матрицы парных сравнений выборок позволяет оценить влияние локального холодого воздействия на ФСО человека.



Таблица 2

**Матрица парного сравнения ТМГ испытуемого АИА-спортсмен  
до локального холодового воздействия, использовался критерий Вилкоксона  
(значимость  $p < 0,05$ , число совпадений  $k = 2$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,17</b>
2	0,00		<b>0,88</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	<b>0,88</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	<b>0,17</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таблица 3

**Матрица парного сравнения треморограмм испытуемого АИА-спортсмен  
после локального холодового воздействия, использовался критерий Вилкоксона  
(значимость  $p < 0,05$ , число совпадений  $k = 6$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,67</b>	0,00	0,00	<b>0,15</b>	0,00	0,00	<b>0,34</b>
2	0,00		0,00	0,02	0,01	0,00	<b>0,15</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,02	0,00		0,00	0,00	<b>0,99</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,01	0,00	0,00		0,00	<b>0,10</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	<b>0,15</b>	0,00	<b>0,99</b>	<b>0,10</b>	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	<b>0,67</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	<b>0,15</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	<b>0,34</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

**Литература**

1. Болтаев А. В., Газя Г. В., Хадарцев А. А., Синенко Д. В. Влияние промышленных электромагнитных полей на хаотическую динамику параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология человека. 2017. № 8. С. 3–7.

2. Гавриленко Т. В., Берестин Д. К., Дегтярев Д. А., Химиков А. Е., Клюс И. В. Хаотическая динамика параметров произвольных микродвижений тела человека в процессе удержания статической позы // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 3. С. 7–10.
3. Филатова О. Е., Майстренко Е. В., Болтаев А. В., Газя Г. В. Влияние промышленных электромагнитных полей на динамику сердечно-сосудистых систем работниц нефтегазового комплекса // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 7. С. 46–51.
4. Хадарцев А. А., Еськов В. М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем (научный обзор) // Терапевт. 2017. № 5–6. С. 5–12.
5. Bashkatova Yu. V., Karpin V. A. General characteristic of human body functional systems in conditions of Khanty-Mansi autonomous Okrug – Ugra // Human Ecology. 2014. Vol. 5. P. 9–16.
6. Filatova D. U., Veraksa A. N., Berestin D. K., Streltsova T. V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. 2017. No. 8. P. 15–20.
7. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21, No. 3. P. 224–232.

УДК 574.24

**Варлам И. И.**

Научный руководитель: Русак С. Н., д. биол. н., доцент, СурГУ

### **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ВИДОВ *PINUS SIBIRICA* И *PINUS SYLVESTRIS* ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ (СУРГУТСКИЙ РАЙОН)**

Работа посвящена изучению реакции пигментной системы хвойных растений (*Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris*). Приведены данные по содержанию водорастворимых фенольных соединений и подвижных соединений тяжелых металлов в хвойных растениях в пригородной зоне Сургутского района. Исследуемые параметры являются адаптивными биоиндикационными эколого-физиологическими особенностями хвойных растений к действию различных повреждающих факторов.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, фотосинтетические пигменты, хвойные растения.

Техногенное загрязнение воздушной среды приводит к значительным негативным изменениям в лесных экосистемах, особенно это проявляется в лесах, полностью или частично образованных различными видами хвойных.

Вредное воздействие загрязненного воздуха на растения происходит как в результате прямого действия газов на ассимиляционный аппарат, так и косвенного влияния через почву. В качестве критериев приспособляемости древесных растений к условиям обитания важны процессы фотосинтеза, которые чувствительны к внешним воздействиям, с другой стороны, ассимиляционная деятельность листового аппарата растений является первичным метаболическим процессом, эффективность которого в значительной мере определяет ростовые и репродуктивные процессы. Поэтому фотосинтетические характеристики могут рассматриваться как некоторый индикатор общего состояния растительного организма. Однако разные виды хвойных растений обладают различной устойчивостью к загрязнению воздуха [3; 4].

Объектом данного исследования являлась хвоя сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) и хвоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Сбор материала производили осенью

2014 г. в пригородной черте п. Барсово, 17 км в западном направлении от г. Сургута. С каждой пробной площадки была отобрана и осмотрена хвоя с первого по четвертый год жизни, в трехкратной повторности. В растительных образцах определяли содержание фотосинтетических пигментов спектрофотометрическим методом, водорастворимых фенольных соединений титриметрическим способом, подвижных соединений тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Данные обработаны статистически с помощью компьютерных программ *Excel* и *Statistica*.

Проведенные исследования показали, что однолетняя хвоя *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris* характеризовалась более низким содержанием фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b*) (рис. 1) относительно двух- и трехлетней хвои. Наибольший уровень общего хлорофилла (*a* и *b*) в образцах *Pinus sibirica* отмечен для трехлетней хвои, а в образцах *Pinus sylvestris* – двухлетней хвои, что подтверждается ранее проведенные исследования [1]. Исходя из данных можно сказать, что уровень содержания хлорофилла для исследуемых образцов хвойных растений территории окрестностей п. Барсово не имел достоверных статистических отличий. В сравнение с ранее проведенными исследованиями, можно сказать что содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b*) в 0,8 раз выше в пригородной черте п. Барсово, чем в лесопарковых зонах г. Сургута [1].

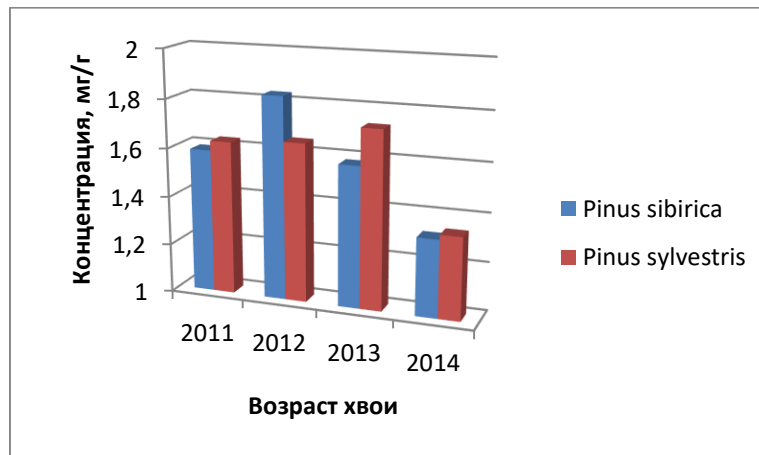


Рис. 1. Суммарное содержание хлорофилла в хвойных растениях п. Барсово, мг/г

В растениях фенольные соединения играют важную роль, являясь обязательными участниками всех метаболических процессов: дыхания, фотосинтеза, гликолиза, фосфорилирования, размножения. Фенольные соединения выступают в качестве переносчиков водорода на конечных этапах процесса дыхания, а затем вновь окисляются специфическими ферментами оксидазами, кроме того они являются регуляторами роста, развития, и репродукции растений. При этом, оказывают как стимулирующее, так и ингибирующее (замедляющее) действие [2].

Содержание фенольных соединений (осредненные значения) для хвои сосны сибирской составило  $1,61 \pm 0,21$  мг/г, для хвои сосны обыкновенной –  $1,6 \pm 0,21$  мг/г. Отметим, что накопление фенольных соединений в этих видах хвойных для городских лесопарковых зон (г. Сургут) в 1,8 раз выше, чем для растений пригородной черты (п. Барсово) согласно ранее проведенных исследований [1].

Главной причиной чувствительности фотосинтетического аппарата растений к повышению содержания тяжелых металлов в окружающей среде является снижения содержания зеленых пигментов в присутствии тяжелых металлов вследствие подавления биосинтеза хлорофилла, что связано в первую очередь с непосредственным действием металлов на активность ферментов биосинтеза, что проявляется в нарушении многих параметров его функционирования [5].

Уровень содержания тяжелых металлов в хвойных вида *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris*, произрастающих в пригородной зоне г. Сургута (район п. Барсово), представлен на рисунке 2.

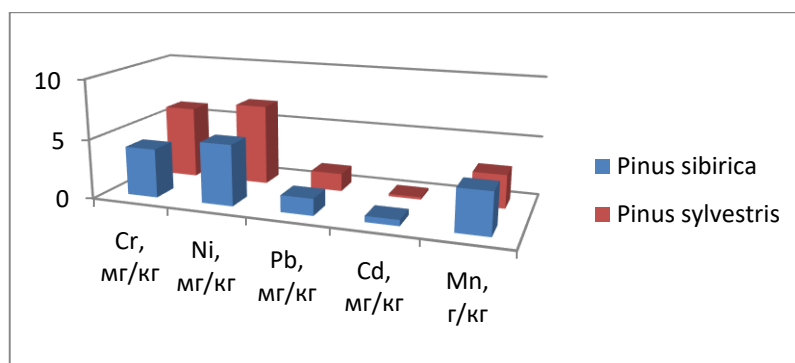


Рис. 2. Уровень содержания соединений тяжелых металлов в образцах *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris* района п. Барсово, мг/кг

Как видно из графика, растительные образцы *Pinus sylvestris* отличались более высоким содержанием соединений хрома и никеля, чем растения *Pinus sibirica*, содержание соединений свинца и кадмия практически одинаково, а накопление соединений марганца выше в растениях *Pinus sibirica*, чем *Pinus sylvestris*.

Анализ зависимости содержания хлорофилла в растениях разных видов с уровнем накопления соединений металлов и установлением характера корреляционной зависимости представлен в таблице 1.

Соединения марганца являются биогенным элементом, в связи с этим, корреляционная зависимость взаимосвязи с уровнем хлорофилла была рассчитана отдельно.

Таблица 1

Показатели корреляционной зависимости между уровнем хлорофилла и суммарным содержанием тяжелых металлов (по Пирсону)

Виды растений	Коэффициент корреляции	
	$K_{Mn}$	$K_{\Sigma TM}$
<i>Pinus sibirica</i>	-0,115	0,604
<i>Pinus sylvestris</i>	-0,126	-0,248

Как видно из данных таблицы, обратная корреляционная связь (по величине коэффициента) между уровнем хлорофиллом и суммой соединений тяжелых металлов наблюдалась для *Pinus sylvestris*. Также, растения вида *Pinus sylvestris* вместе с *Pinus sibirica*, характеризовались обратной корреляционной зависимостью между уровнями накопления хлорофилла и соединений марганца.

Накопление фенольных соединений на фоне содержания тяжелых металлов (суммарно) характеризовалось положительной корреляционной зависимостью (по коэффициенту корреляционной связи) –  $r = 0,15$  и  $r = 0,38$  для растительных образцов *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris*, соответственно.

На рисунке 3 представлены матрицы корреляционных коэффициентов, характеризующие межэлементные связи для тяжелых металлов в исследуемых образцах растений района поселка Барсово. Для оценки силы связи в теории корреляции применена шкала английского статистика Чеддока: слабая – от 0,1 до 0,3; умеренная – от 0,3 до 0,5; заметная – от 0,5 до 0,7; высокая – от 0,7 до 0,9; весьма высокая (сильная) – от 0,9 до 1,0.

	Cd	Pb	Cr	Ni	Mn
Cd					
Pb	0,55				
Cr	-0,30	-0,57			
Ni	0,11	0,69	-0,20		
Mn	0,21	0,34	-0,48	0,31	

а) *Pinus sibirica*

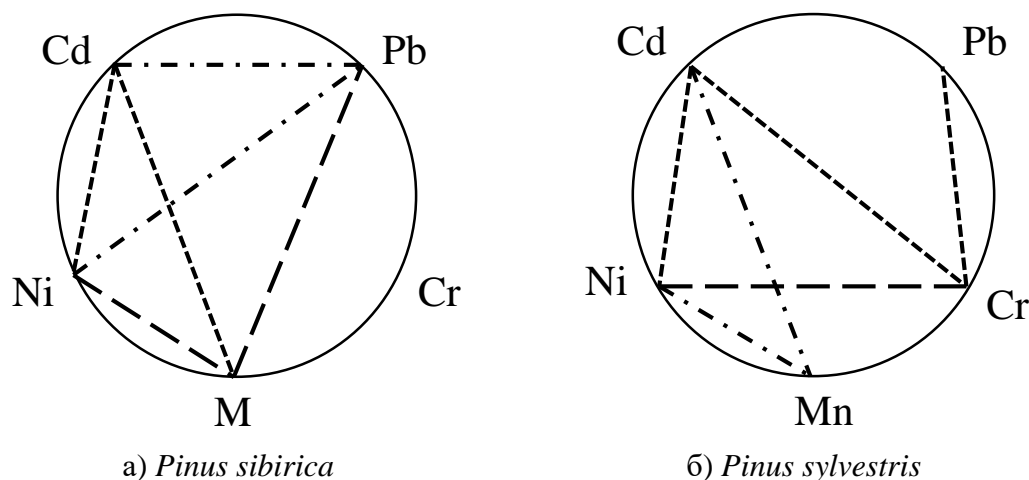
	Cd	Pb	Cr	Ni	Mn
Cd					
Pb	-0,63				
Cr	0,08	0,20			
Ni	0,19	-0,17	0,32		
Mn	0,63	-0,58	0,04	0,68	

б) *Pinus sylvestris*

**Рис. 3. Корреляционная матрица межэлементных связей для соединений тяжелых металлов в хвойных растениях**

Анализ этих матриц позволяет отметить, что большого сходства корреляционные связи для двух хвойных видов *Pinus sibirica* и *Pinus sylvestris* не имели. В образцах *Pinus sibirica* заметной связью обладали пары металлов никель-свинец (0,69) и кадмий-свинец (0,55). В других парах – связь умеренная или слабая. Стоит отметить, что хром не проявлял положительных связей с другими металлами. Для образцов *Pinus sylvestris* характерен другой набор сильно связанных пар – марганец-кадмий ( $r = 0,63$ ) и марганец-никель ( $r = 0,68$ ). Все отрицательные связи в данных образцах образует свинец, имеющий лишь одну слабую связь с хромом ( $r = 0,2$ ).

Более наглядно степень корреляции и характер взаимосвязей для соединений тяжелых металлов представлены на рисунке 4.



**Рис. 4. Корреляционные связи тяжелых металлов хвойных растений**

\*Примечание: - - - - - слабая (0,1–0,3), — — — умеренная (0,3–0,5),  
- · - · - заметная (0,5–0,7), — — — — — высокая (0,7–0,9), ————— — весьма высокая (0,9–1,0).

Установлено, что адаптация растений к воздействию различных повреждающих факторов идет по пути аккумуляции низкомолекулярных протекторных соединений (свободной аминокислоты, полиаминов и бетаинов), новообразования белковых макромолекул, а также формирования защитной системы против окислительного стресса. Сравнительная характеристика двух участков (лесопарковые зоны г. Сургута и пригородная черта п. Барсово) показала, что при увеличении уровня содержания фенольных соединений в городских лесопарковых зонах отмечалось снижение содержания фотосинтетических пигментов. Учитывая сравнительную характеристику можно предположить, что уровень содержания фенольных соединений, так же как и уровень содержания фотосинтетических пигментов, являются адаптивными биоиндикационными эколого-физиологическими особенностями хвойных растений к действию различных повреждающих факторов (антропогенной нагрузке, абиотических факторов).

Различия в содержании соединений тяжелых металлов (хрома, никеля, свинца, кадмия и марганца) в хвое сосны обыкновенной и сосны сибирской пригородной черты п. Барсово, свидетельствует о видовой и элементной специфичности, а также могут выражать стрессовое воздействие.

### Литература

1. Варлам И. И. Морфологическая и биохимическая характеристика состояния хвойных растений в условиях урбанизированной северной территории (на примере г. Сургута) // Наука и инновации XXI века : материалы III Всерос. конф. молодых ученых : в 3 т. Сургутский гос. ун-т. Сургут : ИЦ СурГУ, 2016. Т. I. С. 295–299.
2. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений : в 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. М. : Мир, 1986. 393 с.
3. Зотикова А. П., Бендер О. Г. Структура и функция ассимиляционного аппарата кедрового сибирского в горах Центрального Алтая // Journal of Siberian Federal University. Biology 1. 2009. С. 80–89.
4. Пахарькова Н. В., Калякина О. П., Шубин А. А., Григорьев Ю. С., Пахарьков С. В., Сорокина Г. А. Различия в акклиматизационных стратегиях сосны обыкновенной и ели сибирской на загрязнение воздушной среды // Хвойные бореальной зоны. 2010. XXVII, № 3–4. С. 232–237.
5. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам // Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.

УДК 574

**Зайнулина Н. В.**

*Научный руководитель: Соколов С. Н., д. геогр. н., доцент, НВГУ*

### **АНАЛИЗ ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА**

Особый интерес уделяется экологическим последствиям, так как наводнения серьезно влияют не только на жизнь и существование общества, но также и на окружающую среду. На сегодняшний день сложно переоценить экономический вклад северных районов как огромных резервных запасов природного сырья. Нередко понимались вопросы, которые задевали проблемы градостроительства и сохранности урбанизированных территорий в районах Крайнего Севера.

*Ключевые слова: наводнение, затоплений территорий, инженерная защита территорий, Нижневартовск.*

Одним из самых разрушительных природных явлений является наводнение. Они происходят на каждом континенте Земли из-за действия различных процессов и причин. Несмотря на то, что тысячи людей ежегодно гибнут от наводнений, а ущерб от них может составлять десятки миллиардов долларов, очень мало внимания уделяется либо учету самих наводнений, либо исследованию их последствий. Но особое внимание уделяется экологическим последствиям, поскольку наводнения серьезно влияют не только на жизнь и существование общества, но и на окружающую среду. Наводнение – это затопление территорий, укомплектован-

ных для хозяйственного использования, в результате чего причиняется социальный и экономический ущерб.

Ландшафт представляет собой единую литогенную основу, баланс тепла и влаги, рельеф, количество поверхностных и подземных вод, растительность и животный мир (биоценоз), почвы [4]. Очевидно, что влияние такого фактора как увеличение уровня воды в реке (озере) и дальнейшее затопление местности непосредственно меняет балансовое соотношение влаги, почвы и биоценозы. Активизация эрозионных и аккумуляционных процессов в русле реки и на ее пойме происходит за счет высокой скорости водного потока. Во время паводка и половодья наблюдаются русловые деформации, которые могут быть как горизонтальные, изменяющие положение русла реки на пойме, так и вертикальные при изменении отметки уровня его дна. В литологическом строении прирусловой части поймы происходит размыв и обрушение берегов реки, и это зависит от состава и скорости течения воды, мощности транспортируемых наносов, и это может довести до разрушения сооружений и построек, которые расположены в речной пойме, к потерям земельных угодий, и способствовать образованию оползней и обвалов [3].

Под *затоплением* понимается образование свободной поверхности воды на участке территории в результате повышения уровня водотока, водоема или подземных вод. Так же в документе «СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов» *инженерная защита территорий, зданий и сооружений* рассматривается как комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия опасных экологических, геологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также защиту от их последствий [5].

Основной проблемой является проектирование, строительство и эксплуатация городов на севере, которые связаны с повсеместным использованием многолетнемерзлых почв. Несмотря на суровые условия жизни, регионы Крайнего Севера служат постоянным и привлекательным источником крупнейших месторождений природного газа и нефти.

В настоящее время трудно переоценить экономический вклад северных регионов как огромные запасы природного сырья. Часто понимали проблемы, которые затрагивали проблемы городского развития и сохранения урбанизированных районов на Крайнем Севере [1, с. 13]. Необходимо придерживаться специальных технологий, тщательного изучения почвы и контроля над строительством - это требует строительства зданий, сооружений и транспортных путей в условиях вечной мерзлоты. Малейшее отклонение от строительных технологий или несоблюдение архитектурного плана, суровые климатические условия могут привести к деформации поверхности: трещины, оседанию, затоплению и затоплению автомобильных дорог и жилого комплекса. Есть несколько рекомендаций по благоустройству города.

Защита территории от затопления необходимо осуществлять:

- ✓ аккумуляцией, регулированием, отводом поверхностных сбросных и дренажных вод с затопленных, временно затопляемых, орошаемых территорий и низинных нарушенных земель;
- ✓ обвалованием территорий со стороны реки;
- ✓ искусственным повышением рельефа территории до незатопляемых планировочных отметок.

В инженерную защиту от затопления входят: дамбы обвалования, дренажи, водосборные и дренажные сети, перепады и быстротоки, нагорные водосборные каналы, насосные станции и трубопроводы.

В защиту от подтопления входят следующие составляющие:

- ✓ водоотведение;
- ✓ локальная защита зданий, сооружений, грунтов оснований и защита застроенной территории в целом;

- ✓ система мониторинга за режимом подземных и поверхностных вод, за расходами (утечками) и напорами в водонесущих коммуникациях, за деформациями оснований, зданий и сооружений, а также за работой сооружений инженерной защиты;
- ✓ утилизация (при необходимости очистки) дренажных вод.

Состав защитных сооружений в затопленных районах следует назначать в зависимости от характера наводнения (постоянного, сезонного, эпизодического) и величины причиненного им ущерба. На территориях, защищенных от наводнений, в зависимости от топографических и геологических условий, характера и плотности здания, условий движения подземных вод от водосбора до естественного или искусственного стока, одно-, двух-, многолинейных, контурных и комбинированные дренажные системы [5].

Современная геодинамическая обстановка в городе Нижневартовске формируется в условиях повышенной влажности и недостаточного теплоснабжения, которое связано с особенностями Крайнего Севера. На территории города преобладает рельеф, состоящий из песчаного литологического состава, который, в свою очередь, сформировался в результате речных процессов. В зоне берега реки Обь можно определить гравитационные процессы. Одной из особенностей рельефа является появление ярусов, из которых наиболее заметным является террасированный комплекс речных долин, занятых верховыми болотами. Именно по этой причине особенность города Нижневартовска, а также других городов Сибири – большая часть города размещается на территории из болот и песка.

До 2002 года в Нижневартовске не было наводнений. При затоплении в 2002 году вода поднялась на 994 сантиметра. Следующее наводнение – в 2007 году – высота воды – 1 012 сантиметра. Плотины были построены силами и средствами людей. МЧС в мае–июне 2015 года (до наводнения) в средствах массовой информации освещало информацию о максимальном уровне подъема воды в реке Обь в городе Нижневартовске 990 см, и эта цифра появлялась в СМИ до самого последнего момента, пока вода не стала превышать этот уровень. Уровень подъема воды в реке Обь составлял около 1 050 сантиметров, что на 60 сантиметров больше, чем прогнозировалось МЧС. На территории Нижневартовска в 2015 году более 9 000 дачных участков и жилых домов были затоплены более чем в ста садоводческих ассоциациях и товариществах. Более 27 000 жителей города Нижневартовска пострадали от наводнений.

Можно сделать вывод, что на 2007–2015 годы были выявлены локальные характеристики реакции компонентов природной среды на изменение климата в условиях таежной зоны Нижневартовского региона. Современное глобальное потепление происходит на фоне многолетней естественной изменчивости климата, что особенно важно в высоких широтах. В результате реструктуризации климатической системы увеличилась частота экстремальных и катастрофических природных явлений, среди которых засухи, ураганы, сильные дожди, поздние весенние заморозки, наводнения и т. д. Многие важные климатические характеристики, такие как продолжительность безморозного периода, времени снежного покрова и последних заморозков и распределения осадков стали более переменными [2, с. 61–66]. Научное общество открывает выявленные тенденции изменения окружающей среды и их связь с климатическими колебаниями, частыми аномальными явлениями и экстремальными факторами.

## Литература

1. Коркин С. Е., Тябина Н. В. Исследование геодинамических процессов и благоустройство города Нижневартовска // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: Материалы III Всерос. науч.-практ. конф. (г. Нижневартовск, 7 февраля 2014 года) / Отв. ред. А. В. Коричко. Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. Ч. III. С. 13–14.
2. Кузнецова В. П. Значение фенологических сведений в исследовании динамики климата // Проблемы региональной экологии. 2014. № 4. С. 61–66.
3. Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Руслловые процессы. М., 1986. 290 с.
4. Пармузин Ю. П., Карпов Г. В. Словарь по физической географии. М., 1994. 367 с.



5. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.

УДК 544.4.032.7

**Кадомцева А. В.**

Научный руководитель: *Объедков А. М. к. х. н., с. н. с.,  
Институт металлоорганической химии им. Г. А. Разуваева Российской академии наук*

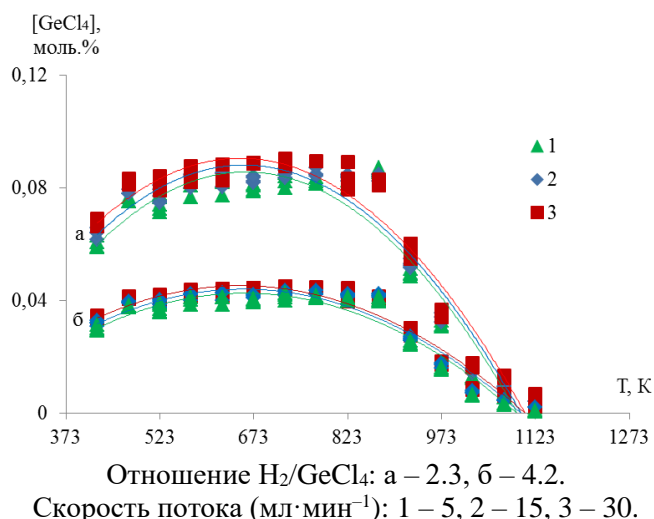
### **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕТРАХЛОРИДА ГЕРМАНИЯ**

Разработана экспериментальная установка для проведения реакции каталитического восстановления тетрахлорида германия водородом, а также изучена кинетика реакции восстановления тетрахлорида германия водородом, получена кажущаяся энергия активации, которая составила  $E_a = 48,487 \pm 1,455 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ . Изучена кинетика реакции восстановления тетрахлорида германия водородом в присутствии ряда катализаторов. Предложен вероятный механизм каталитического взаимодействия тетрахлорида германия с водородом на поверхности катализатора.

*Ключевые слова: тетрахлорид германия, катализаторы, селективность, наночастицы.*

В работе была экспериментально изучена реакция каталитического восстановления тетрахлорида германия водородом в температурном интервале 423К–1123К при различных скоростях потока.

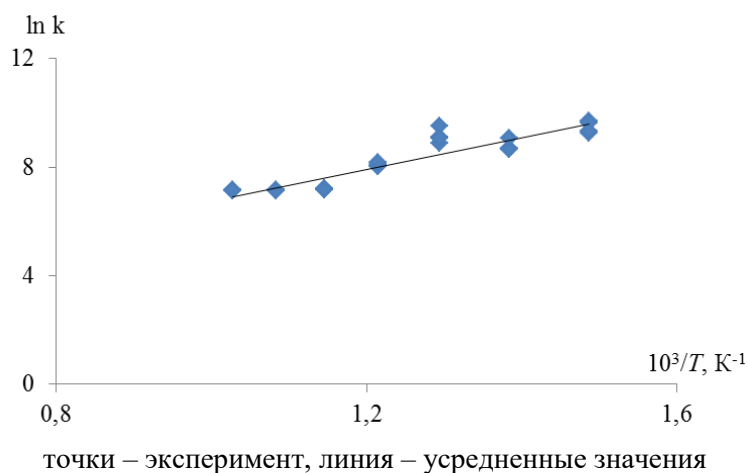
На рисунке изображена зависимость концентрации тетрахлорида германия от температуры (рис. 1).



**Рис. 1. Зависимость концентрации тетрахлорида германия  $[\text{GeCl}_4]$  (моль. %) при различных скоростях потока от температуры  $T$  (К)**

При температуре 873К адсорбция реагирующих веществ на катализаторе велика. Выход тетрахлорида германия при 1073К составил 88,9 %.

Полученные экспериментальные данные позволили получить зависимость константы скорости от температуры. В аррениусовских координатах зависимость имеет линейный характер (рис. 2).



**Рис. 2. Зависимость скорости реакции от обратной температуры**

В результате обработки полученных данных методом наименьших квадратов было получено уравнение для определения константы скорости химической реакции:

$$\ln k = (0,917 \pm 0,027) - (5,832 \pm 0,0002) \times 10^3/T.$$

По тангенсу угла наклона прямой (рис. 2) в координатах уравнения для определения константы скорости была получена кажущаяся энергия активации, которая составила  $E_a = 48,487 \pm 1,455$  кДж·моль<sup>-1</sup>.

Экспериментальное изучение кинетики реакции восстановления тетрахлорида германия водородом в присутствии катализаторов, показало, что энергия активации значительно снижается по сравнению с некаталитическим способом [2].

Были получены кажущиеся энергии активации каталитической реакции восстановления тетрахлорида германия водородом (табл. 1).

Таблица 1

**Значения энергии активации реакции восстановления тетрахлорида германия водородом в присутствии различных катализаторов**

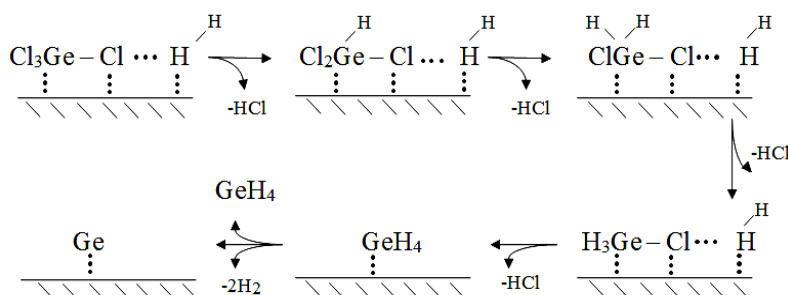
Катализатор	$E_a$ , кДж·моль <sup>-1</sup>
№ 1	$5,507 \pm 0,165$
№ 2	$18,306 \pm 0,549$
№ 3	$30,603 \pm 0,918$
№ 4	$32,259 \pm 0,968$
Без катализатора	$48,487 \pm 1,455$

Если сравнить значения энергии активации реакции каталитического восстановления тетрахлорида германия водородом, то видно, что введение в зону реакции катализатора № 1 снижает энергию активации на  $42,98 \pm 1,289$  кДж·моль<sup>-1</sup>.

Изучение кинетики химических процессов имеет большое теоретическое и практическое значение, так как позволяет выяснить механизм реакций, открывая пути для управления процессом [1].

На основании экспериментальных данных можно сделать выводы о возможном механизме реакции.

Полученные экспериментальные данные реакции восстановления тетрахлорида тетрагидрида германия водородом в присутствии катализатора, позволили предположить, что одной из основных реакций, протекающих на поверхности катализатора, является перенос атома хлора от молекулы тетрахлорида германия к молекуле водорода с образованием хлористого водорода. Вероятный механизм протекания реакции может быть описан в виде реакционной схемы (рис. 3).



**Рис. 3. Вероятный механизм протекания реакции каталитического восстановления тетрахлорида германия водородом**

На первой стадии реакции происходит адсорбция молекулы тетрахлорида германия и молекулы водорода на поверхности катализатора. На второй стадии происходит разрыхление связей Ge-Cl и H-H, в результате чего образуется хлористый водород, моногерман и германий. Моногерман десорбируется с поверхности катализатора, а германий выпадает слоями в реакторе, не уменьшая каталитическую активность катализатора.

В работе реализуется новый для данной системы, каталитический метод восстановления тетрахлорида германия, позволяющий сократить количество стадий получения германия. Метод позволяет снизить температуру реакции до 473К, что достигается применением катализатора.

### Литература

1. Воротынцев А. В., Зеленцов С. В., Воротынцев В. М., Петухов А. Н., Кадомцева А. В. Квантово-химическое моделирование диссоциативной хемосорбции водорода на металлических поверхностях нанокластеров // Известия РАН. Серия химическая. 2015. № 4. С. 759–765.
2. Кадомцева А. В., Обьедков А. М., Семенов Н. М., Каверин Б. С., Гусев С. А. Получение и исследование влияния катализатора на основе зольных микросфер с покрытием из пиролитического вольфрама на процесс получения металлического германия // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89. Вып. 11. С. 1428–1437.

УДК 371.7

**Конькова К. С.**

*Научный руководитель: Нифонтова О. Л., д. биол. н., профессор СурГПУ*

### **ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ШКОЛЬНИКОВ 11–14 ЛЕТ, ЖИТЕЛЕЙ ЮГРЫ**

Обследовано 225 школьников 11–14 лет, проживающих на территории ХМАО – Югры. Оценка физического развития выявила, что все обследованные группы школьников характеризовались гармоничным физическим развитием. Преобладающим явилось слабое и очень

слабое телосложение, которое было зафиксировано у более 70 % школьников. В группах коренной национальности ханты и метисов был обнаружен дефицит массы тела. Средние значения индексов Кетле, Пинье и Веревка-Воронцова у метисов были более близки к школьникам коренной национальности ханты.

*Ключевые слова:* физическое развитие, школьники, средний школьный возраст.

К экстремально-климатическим условиям Севера у многих коренных малочисленных народностей за несколько столетий выработался ряд приспособлений, которые закрепились генетически и соответственно передаются по наследству. Коренные жители являются своеобразным «эталоном» приспособления к климатическим условиям [1]. В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (ХМАО – Югре) происходит постоянное увеличение числа межпопуляционных браков, что в дальнейшем ведет к метисации северных этносов [5]. Как отмечает Т. И. Алексеева [3] метисация разных антропологических типов приводит к образованию нового смешанного варианта, и он, как правило, по своим признакам отличается от первоначальных.

Физическое развитие является одним из главных критериев состояния здоровья детского населения и зависит как от генетической предрасположенности, так и от ряда внешних факторов. В первую очередь к этим факторам относятся экологическая обстановка, климато-географические, социально-экономические, санитарно-гигиенические условия проживания, режим питания и двигательной активности [4]. Для оценки физического развития применяются различные индексы, так как оценка одного какого-то показателя без взаимосвязи с другим не является корректной [6].

Нами было проведено обследование 225 школьников 11–14 лет, проживающих в условиях сельской местности ХМАО – Югры. Обязательным критерием включения в исследование было добровольное письменное информированное согласие законных представителей ребенка. Критериями исключения были жалобы, хронические заболевания, освобождение от учебы. Из общего числа обследованных было выделено 6 групп: школьники коренной национальности ханты, приезжающие на учебный год в школы-интернаты (арктический адаптивный тип); метисы первого поколения (один из родителей представитель ханты); уроженцы Югры (потомки пришлого населения).

На основании антропометрических параметров рассчитывали весоростовые, грудные индексы, определяли уровень физического развития и тип телосложения. Полученные данные анализировались с использованием программного продукта STATISTICA 10.0. Проверка на нормальность распределения осуществлялась с помощью теста Шапиро-Уилка (для выборок до 50 наблюдений). Результаты, подчиняющиеся закону нормального распределения представляли в виде среднего значения ( $M$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ); не подчиняющиеся закону нормального распределения – в виде медианы ( $Md$ ), первого ( $Q_1$ ) и третьего ( $Q_3$ ) квартилей. Для всех приведенных анализов различия считались значимыми при уровне  $p < 0,05; 0,01; 0,001$ .

Установлено, что уроженцы Югры характеризовались наибольшей плотностью тела. Так средние значения индекса Кетле у девочек, уроженок Югры составили  $296,97 \pm 53,41$  г/см, что на  $29,04$  г/см ( $p = 0,030$ ) и  $38,92$  г/см ( $p = 0,000$ ) больше, чем у метисок и школьниц ханты соответственно. Средние значения данного индекса у мальчиков уроженцев Югры составили  $299,07 \pm 57,62$  г/см, что на  $31,58$  г/см больше ( $p = 0,049$ ), чем у метисов и на  $38,15$  г/см больше ( $p = 0,000$ ), чем у школьников ханты.

Медианы индекса массы тела (ИМТ) только у уроженцев Югры находились в диапазоне нормальных значений [7]:  $18,88$  ( $17,02$ – $20,58$ ) кг/м<sup>3</sup> – у девочек и  $19,13$  ( $17,44$ – $20,79$ ) кг/м<sup>3</sup> – у мальчиков, в то время как в остальных группах школьников был зафиксирован дефицит массы тела. Так у девочек метисок медиана ИМТ составила  $18,43$  ( $15,64$ – $19,77$ ) кг/м<sup>3</sup>, у мальчиков метисов –  $17,58$  ( $16,14$ – $18,59$ ) кг/м<sup>3</sup>. У девочек и мальчиков коренной национальности

ханты медианы данного показателя равнялись 17,89 (16,58–19,62) кг/м<sup>3</sup> и 17,73 (16,45–19,23) кг/м<sup>3</sup> соответственно. Было установлено, что у мальчиков уроженцев Югры ИМТ был статистически значимо выше, чем у мальчиков ханты ( $p = 0,017$ ) и мальчиков метисов ( $p = 0,029$ ).

По показателю индекса Рорера статистически значимых различий выявлено не было. Средние значения данного индекса во всех группах школьников свидетельствовали о гармоничном физическом развитии и находились в пределах 11,78–12,90 кг/м<sup>3</sup>. Персонализированный анализ значений индекса Рорера выявил, что среди мальчиков гармоничное физическое развитие встречалось у 69,05 % группы ханты, у 82,35 % метисов и у 77,55 % уроженцев Югры. Среди девочек гармоничное физическое развитие встречалось реже, а именно: в группе ханты – у 63,04 %, в группе метисок – у 47,83 %, в группе уроженок Югры – у 66,67 %. Высокое физическое развитие в группах мальчиков чаще наблюдалось у школьников коренной национальности ханты (у 23,81 %), реже – у школьников метисов (у 5,88 %). Высокое физическое развитие в группах девочек встречалось с практически одинаковой долей (21,74–25,00 %). Удельный вес школьников с низким физическим развитием во всех изучаемых группах составлял не более 13 %. Только в группе девочек метисок низкое физическое развитие было зафиксировано у 30,43 %.

Известно, что достоинством индекса Веревка-Воронцова (стении), характеризующего направленность ростовых процессов является его малая зависимость от возраста [2]. В наших исследованиях средние значения данного индекса во всех изучаемых группах соответствовали мезоморфному типу конституции, который свидетельствует о гармоничном физическом развитии. Установлено, что у школьников ханты и метисов индекс стении имел близкие значения и отличался не более чем на 0,01 усл.ед. У школьников уроженцев Югры индекс стении был статистически значимо ниже, чем у групп сравнения. Так у девочек, уроженок Югры среднее значение данного индекса составило  $0,92 \pm 0,11$  усл.ед., что на 0,05 усл.ед. ниже, чем у девочек ханты ( $p = 0,015$ ) и на 0,06 усл.ед. ниже, чем у метисок ( $p = 0,041$ ). У мальчиков уроженцев Югры среднее значение данного индекса составило  $0,91 \pm 0,11$  усл.ед., что на 0,06 усл.ед. меньше, чем у метисов ( $p = 0,040$ ) и мальчиков ханты ( $p = 0,009$ ).

Статистический анализ значений индекса Пинье выявил, что преобладающими типами телосложения во всех изучаемых группах явились слабый и очень слабый тип, которые были зафиксированы более чем у 70 % школьников каждой группы. Доля учащихся со средним и хорошим типом телосложения составила по 12,5 % в гендерных группах ханты, 17,4 % – в группе девочек метисок, 5,88 % – в группе мальчиков метисов, 15,22 % – в группе уроженок Югры и 26,19 % – в группе уроженцев Югры. Крепкое телосложение встречалось только у уроженцев Югры (у 8,70 % девочек и у 4,76 % мальчиков) и у девочек коренной национальности ханты (4,17 %).

Таким образом, анализ полученных данных выявил, что только у уроженцев Югры ИМТ соответствовал норме, в то время как в группах ханты и метисов был обнаружен дефицит массы тела. Все обследованные группы школьников характеризовались гармоничным физическим развитием, что подтверждают значения индекса Рорера и Веревка-Воронцова. Наибольшая плотность тела была характерна для уроженцев Югры, а наименьшая – для школьников коренной национальности ханты. Во всех исследуемых группах преобладающим явилось слабое и очень слабое телосложение.

Межпопуляционное сравнение установило, что средние значения индексов Кетле, Пинье и Веревка-Воронцова у метисов были более близки к школьникам ханты. Вероятнее всего, метисы, один из родителей которых потомок пришлого населения, а другой представитель коренной национальности ханты преимущественно наследуют антропометрические признаки арктического адаптивного типа.

### Литература

1. Башкатова Ю. В., Карпин В. А. Общая характеристика функциональных систем организма человека в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Экология человека. 2014. № 5. С. 9–16.

2. Воронцов И. М., Мазурин А. В. Пропедевтика детских болезней. СПб. : ООО «Издательство Фолиант», 2009. 1008 с.
3. Единство и разнообразие человечества : хрестоматия / сост. Т. И. Алексеева. М. : Московский гос. псих.-пед. ун-т, 2004. 185 с.
4. Кириллова И. А. Оценка уровня физического развития детей дошкольного возраста г. Иркутска с использованием индексов // Acta Biomedica Scientifica. 2014. № 6 (100). С. 20–22.
5. Мархинин В. В., Удалова И. В. Коренные народы Югры в системе межэтнических отношений // Вестник НГУ. Серия : Философия. 2012. Т. 10, № 1. С. 56–63.
6. Петров В. А. Методы определения и оценки состояния здоровья и физического развития детей и подростков. Владивосток : Медицина ДВ, 2014. 168 с.
7. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике ожирения у детей и подростков. М. : Практика, 2015. 136 с.

УДК 504.453

*Куриленко М. И. Хоменушко Т. И.*

*Научный руководитель: Русак С. Н., д. биол. н., профессор, СурГУ*

## **НАКОПЛЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМАХ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО РАЙОНА В СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ**

В настоящей статье рассмотрены основные показатели накопления нефтепродуктов в поверхностных водоемах Ханты-Мансийского района. Актуальность настоящего исследования связана с большими объемами нефтедобычи региона, что обуславливает наличие определенных рисков и необходимость постоянного мониторинга экологической ситуации. Полученные в ходе исследования результаты позволяют сделать выводы о текущей ситуации на водных объектах и могут быть использованы в дальнейшем с целью отражения динамики состояния.

*Ключевые слова: нефтепродукты, сезонная динамика, водная среда, добыча нефти, предельно допустимая концентрация.*

Несмотря на развитые технологии сбережения экологических ресурсов, промышленные производства, так или иначе, связаны с определенными рисками загрязнения окружающей среды. В связи с этим становится актуальным постоянное, в том числе, сезонное мониторирование состояния водных объектов как наиболее уязвимых природных составляющих. Необходимо также отметить, что природа севера остается наиболее уязвимой частью по сравнению с другими территориями Российской Федерации. Это объясняется тем, что на восстановление ее баланса требуются более существенные финансовые вложения, а сам процесс регенерации затягивается на столетия.

Объем добычи нефти в 2016 году с позиции годового выражения вырос на 2,5 % по сравнению с аналогичным показателем за предыдущий год и достиг рекордных 547,499 млн т. О данных объемах сообщается всемирно известным агентством «Интерфакс» со ссылкой на данные ЦДУ ТЭК. Общегоодовой показатель среднесуточной добычи нефти достиг уровня в 10,965 млн барр. За декабрь 2016 года Российской Федерацией извлечено на 3,7 % нефти больше, чем за аналогичный период предыдущего года [5]. В свою очередь Ханты-Мансийский автономный округ (рис. 1) также представляет собой территорию, ориентированную на нефтедобычу.



**Рис. 1. Объекты нефтедобычи на карте Ханты-Мансийского автономного округа**

Учитывая объемы добычи нефти, возникает вполне закономерный вопрос о состоянии качества окружающей среды, в частности водных объектов.

Для оценки качества воды в настоящем исследовании использовались ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК р.х.), что предполагает определенное соответствие наиболее строгим экологическим требованиям по охраны качества водных ресурсов [4].

В процессе исследования существующих в районе водных экосистем (а именно р. Евьяха, пр. Промет, пр. Норник, пр. Неулева, пр. Малый Салым, р. Обь, р. Городищенская, р. Межевая) было проведено определение на наличие нефтепродуктов в водной среде и оценка их содержания. Следует отметить, что определение нефтепродуктов является достаточно сложной задачей, которая, несмотря на многочисленные разработки и многолетние наработки продолжает оставаться не до конца решенным аспектом в методологической части. Основные ошибки в данном контексте, в частности в определении уровня загрязнения природных вод продуктами нефтепереработки, связаны с достаточно сложным, многочисленным и разнообразным составом сырой нефти и непосредственно продуктов ее переработки. Последние насчитывают тысячи различных химических соединений разных по своему строению [2].

Вышеназванная задача существенно усложняется последующей трансформацией нефтепродуктов и нефти-сырца при их поступлении в водную среду в миграционные формы, которые обусловлены их разрушением под действием кислорода, микроорганизмов, света, воздуха, переходом в водную фазу. На данном этапе происходит естественное диспергирование, улетучивание легких фракций, сорбция и, наконец, переход тяжелых составляющих в донные отложения.

Соотношения между отдельными их формами перемещения предопределяется наличием целого ряда факторов, а именно: ветром, скоростью течения, солнечной радиацией, температурой воздуха и воды, коэффициентом турбулентной диффузии и др. [6].

Распределение указанных выше веществ по формам миграции и одновременно преобразования, сопровождается изменением их химического состава. В связи с этим, постоянный аналитический контроль подобных систем должен производиться, исходя из учета сложности, неопределенности и постоянной изменчивости химического состава нефтяных веществ. Степень трансформации соответствующих загрязнений находится в зависимости от интенсивности следующих последовательно протекающих процессов: эмульгирования, растворения, испарения, химического и фотохимического окисления, биodeградации (которая включает в себя микробное разрушение и ассимиляцию бентосными и планктонными организмами), образования нефтяных агрегатов [1].

Одновременно с этим, несмотря на многообразие и сложность сопутствующих процессов, в трансформации химического состава подавляющего большинства компонентов соответствующего загрязнения проявляются относительно устойчивые закономерности [6]:

А) во всех формах миграционных процессов происходит накопление более стабильных к процессам дегградации асфальтенов и смол, в частности наибольшая устойчивость наблюдается в донных отложениях;

Б) в составе углеводородов происходит уменьшение доли парафинафтеновых, и соответственно параллельно наблюдается возрастание доли ароматических углеводородов, в частности в эмульгированной и растворенной формах миграции;

В) в составе ароматических углеводородов наблюдается возрастание доли полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в частности в донных отложениях.

Аккумуляция наиболее устойчивых компонентов рассматриваемого типа загрязнения на дне водоемов представляет серьезную угрозу для бентосных организмов и придонных рыб, что обусловлено общей зависимостью токсических свойств загрязняющих веществ непосредственно от их состава. Накопление более разветвленных и сложных молекул, в особенности циклической структуры, и увеличение молекулярного веса в гомологических рядах углеводородов способствует кратному нарастанию токсичности компонентов рассматриваемого типа загрязнения.

Отбор проб поверхностных вод производился в соответствии с требованиями [3]. Отбор и анализ поверхностных вод проводился посезонно – осенне-зимний и весенне-летний периоды года. Данные изучения велись на территории Приобского месторождения Ханты-Мансийского района.

Содержание сезонного накопления нефтепродуктов в пробах поверхностных водотоков Приобского месторождения на период 2015 года представлено в таблице 1.

Как можно видеть из данных таблицы, в динамике разных сезонов года вариабельность в показателях содержания нефтепродуктов имела схожую картину и составила в среднем 35,1 % для осенне-зимнего периода и 35,5 % в весенне-летний сезон, что вполне типично для водных объектов и соответствует пороговым значениям содержания нефтепродуктов согласно методик определения, рекомендуемых при проведении экологического мониторинга.

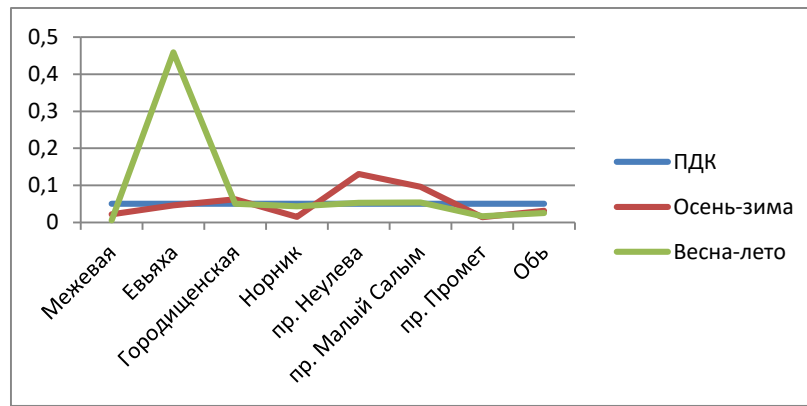
Таблица 1

**Сезонное накопление нефтепродуктов в пробах поверхностных водотоков  
Приобского месторождения на период 2015 года, мг/дм<sup>3</sup>**

	Период	Водные объекты							
		р. Евьяха	пр. Промет	пр. Норник	пр. Неулера	пр. Малый Салым	р. Обь	р. Городищенская	р. Межевая
Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup>	Осень-зима	0,046 ± 0,016	0,0140 ± 0,0049	0,0150 ± 0,0050	0,131 ± 0,046	0,096 ± 0,034	0,031 ± 0,011	0,062 ± 0,022	0,0220 ± 0,0080
	Весна-лето	0,459 ± 0,161	0,0169 ± 0,0060	0,043 ± 0,015	0,053 ± 0,019	0,054 ± 0,019	0,0250 ± 0,009	0,050 ± 0,018	<0,005

На рисунке 1 показана графическая картина, отражающая уровень содержания нефтепродуктов в этих объектах относительно нормируемых показателей – ПДК р.х.





**Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в водотоках Приобского месторождения за период 2015 года, мг/дм<sup>3</sup>**

Таким образом, анализ сезонной динамики накопления нефтепродуктов в водных объектах показал, что в целом, Ханты-Мансийский район является экологически благополучным по содержанию нефтепродуктов в исследуемых водных объектах; уровень содержания нефтяных углеводородов имеет незначительные вариации и не превышает критерии ПДКр.х. Тем не менее, необходим мониторинг указанных веществ на постоянной основе анализ должен проводиться комплексно, так как превышение содержания нефтепродуктов в отдельных водоемах может свидетельствовать о техногенном загрязнении.

### Литература

1. Биев А. А., Шпак А. В. Возможности и перспективы появления новых нефтеперерабатывающих предприятий в северных регионах России // *Экономические*. 2014. № 1 (31). С. 82–95.
2. Биев А. А., Шпак А. В. Формирование системы топливно-энергетического обеспечения северных территорий России // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2012. № 6 (42). С. 32.
3. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // URL: <http://docs.cntd.ru/document/-420389120> (Дата обращения: 08.10.2017).
5. РБК // URL: <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/586a0c009a79479eca551bd0> (Дата обращения: 08.10.2017).
6. Темердашев З. А. и др. О некоторых методических аспектах оценки нефтяного загрязнения водных объектов с учетом деградации нефтепродуктов во времени // *Аналитика и контроль*. 2016. Т. 20, № 3. С. 225–235.

УДК 676:661.728(075)

*Меникова О. М., Федорова Э. И.*

### **МЕТОД ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ: ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАТОВ В ОТБЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Метод дифференциальной фотометрии позволяет установить в какой области УФ-спектра снижается или отсутствует поглощение фенолов и хромофорных структур остаточного

лигнина, содержащихся в фильтратах отбелки целлюлозы, что свидетельствует об эффективности процессов его деструкции при воздействии озона и УФ-излучения.

*Ключевые слова:* озонирование, дифференциальная спектрофотометрия, УФ-излучение, фильтраты отбелки.

В наш индустриальный век в связи с резким увеличением отходов водоемы уже не справляются со столь значительным загрязнением, существенную роль в которых играет целлюлозно-бумажное производство. Актуальны исследования, способствующие снижению негативного воздействия на окружающую среду, а именно обезвреживание, очистка сточных вод. Однако освобождение сточных вод от загрязнения – сложное мероприятие. В нем, как и в любом другом производстве, имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода).

В последнее время много говорится о перспективах использования озона для обезвреживания сточных вод целлюлозно-бумажных производств. Отечественные исследования по очистке сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности показали, что наиболее эффективным методом обработки данных вод является озонирование.

Кроме того, обеззараживание воды до нормативного значения по микробиологическим показателям осуществляется при УФ-воздействии в процессе очистки сточных вод. Необходимые дозы облучения выбираются исходя из требуемого снижения концентрации патогенных и иных микроорганизмов. В настоящее время ультрафиолетовое (УФ) обеззараживание сточных вод – это один из наиболее перспективных и эффективных методов обеззараживания воды в очистных сооружениях, имеющий высокую эффективность по отношению к различным патогенным микроорганизмам, не образующий вредных побочных соединений.

*Цель работы* заключалась в исследовании влияния физико-химического воздействия методом дифференциальной спектрофотометрии на компоненты фильтратов отбелки, подвергающихся деструкции.

*Задачи исследования:* рассмотреть эффективность совмещения воздействия двух факторов: озона и УФ-излучения на деструкцию соединений, содержащихся в фильтратах отбелки.

Применяемый в экспериментальных исследованиях озонатор GL-3188 характеризовался следующими параметрами: производительностью 400 мг/мин, расходом озона 6,7 мг/0,5 мин.

Теоретические основы физико-химических методов, включая дифференциальную спектрофотометрию, были рассмотрены в работах [1–2]. И наиболее наглядно можно оценить совместное воздействие озона и УФ-излучения на основе метода дифференциальной спектрофотометрии.

В этом методе оптическую плотность исследуемого раствора измеряют не относительно чистого растворителя, а раствора, который подвергается какому-либо физико-химическому воздействию.

Например, в данном исследовании, раствор сравнения подвергался совместным воздействием озона и УФ-излучения (УФ лучи от ртутно-кварцевой лампы длиной волны 260 нанометра).

*Объект исследования* – фильтраты отбелки лиственной целлюлозы.

Идентификация поглощения компонентов фильтратов отбелки затруднена вследствие возможного поглощения, обусловленного как:

- $\alpha$ -карбонильными группами остаточного лигнина сопряженными с фенольным гидроксилом (295–305);
- несопряженными фенольными структурами (250; 296–305);
- $\beta$ -Карбонильными группами в соединениях фенольного типа (279 нм).

*Экспериментальные исследования* включали получение УФ-спектров фильтратов отбелки лиственной целлюлозы до и после физико-химического воздействия.

Так, на рисунке 1 представлен спектр исходного фильтрата отбели лиственной целлюлозы.

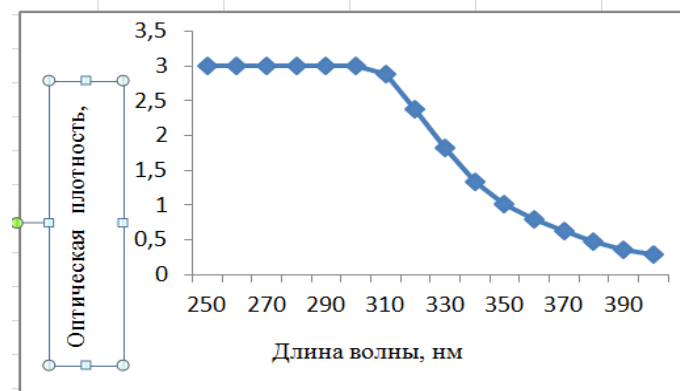


Рис. 1. УФ-спектр исходного фильтрата отбели целлюлозы: раствор сравнения вода

В УФ-спектре исходного фильтрата отбели (раствор сравнения вода) проявляется поглощение в области фенолов, рисунок 1.

В УФ-спектре исходного фильтрата отбели (раствор сравнения фильтрат после физико-химического воздействия озоном и УФ-излучением) наблюдается отсутствие поглощения в области не только фенолов, но и хромофорных структур остаточного лигнина, рисунок 2.

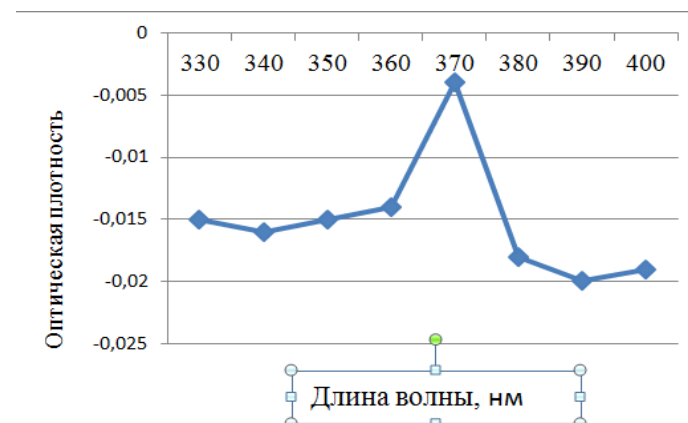


Рис. 2. УФ-спектр исходного фильтрата отбели целлюлозы (раствор сравнения: фильтрат после физико-химического воздействия  $O_3$ + УФ-излучение)

В то время действие только озона показывает существенное снижение поглощения в области хромофорных структур (310–400 нм) и отсутствие поглощения, соответствующее фенолам в области 270–285 нм, рисунок 3.



Рис. 3. УФ-спектр исходного фильтрата отбели целлюлозы (раствор сравнения фильтрат после озонирования 1 мин., 60 °C)

### **Заключение**

На предприятиях ЦБП функционируют в основном механические и биологические методы очистки сточных вод, куда поступают и фильтраты отбелного производства.

В то время как для уменьшения негативного воздействия сбросов, поступающих в водоемы, необходимы и химические методы очистки.

На основе метода дифференциальной спектрофотометрии рассмотрены УФ спектры фильтратов отбелки, которые поступают в общий поток сточных вод производства, до и после физико-химического воздействия при совмещении действия озона и УФ-излучения.

Результат исследования показали, что при одновременном воздействии двух факторов можно сделать вывод об эффективности деструктивных процессов.

Дальнейшие исследования в этом направлении предполагают изучение влияния ряда факторов, включая температуру и продолжительности процесса воздействия.

### **Литература**

1. Васильев В. П., Морозова Р. П., Кочергина Л. А. Практикум по аналитической химии : учебн. пособие для вузов ; под ред. В. П. Васильева. М. : Химия, 2000. 328 с.
2. Жуков А. Ф. [и др.]. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа : учебник для вузов. М. : Химия, 2001. 496 с.

УДК 579

*Новак А. С.*

*Научный руководитель: Ямпольская Т. Д., к. биол. н., доцент, СурГУ*

### **МИКОЛОГИЧЕСКАЯ КОНТАМИНАЦИЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В Г. СУРГУТЕ**

В данной статье рассматриваются таксономическое разнообразие, встречаемость, численность и структура доминирования микромицетов, обнаруженных в жилых помещениях г. Сургута. Изучена сезонная динамика бактериальных и микологических комплексов. Разработаны методические подходы расчета «микогенной нагрузки» в жилых помещениях.

*Ключевые слова: микромицеты, плесневые грибы, контаминация воздуха.*

Общепризнано, что присутствие плесневых грибов и ежедневный контакт с ними влекут за собой негативные последствия: токсическое воздействие, развитие микозов и аллергических реакций, что особенно проявляется на здоровье детей [3; 5; 6]. Кроме того, грибковые поражения являются одним из факторов развития «синдрома больного здания» (Sickhouse), хотя и не занимают преобладающего положения в списке проблем, сопряженных с этим синдромом [6]. Уровни бактериальной и грибковой обсемененности воздушной среды помещений регламентируются определенными документами, но в данных санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах отражены допустимые концентрации плесневых грибов только для лечебных учреждений.

Цель данной работы: охарактеризовать структурную организацию микобиоты жилых помещений г. Сургута и найти пути снижения их обсемененности.

**Материалы и методы.** Исследование микологической и микробной контаминации воздуха проводилось с 2015 года по 2017 год. За период исследования было обследовано 30 квартир, расположенных в панельных домах, в разных частях города Сургута и имеющих центральное отопление.

Отбор проб воздуха осуществлялись седиментационным методом [1]. Исследование проводилось в гостевых комнатах, в которых на высоте 1–1,5 м от пола расставляли 10 чашек Петри диаметром 90мм. Время экспозиции составляло 1 час. Во время экспозиции из комнаты удалялись все домочадцы и животные, закрывались окна и двери.

Концентрацию пропагул микробов и грибов определили по формуле Омелянского [1]. Рассчитывалась встречаемость разных видов грибов во все сезоны; общие обилие, как общее число спор данного вида, выраженное в КОЕ/м<sup>3</sup>; удельное обилие, как число спор данного вида от общего числа спор, выраженное в процентах.

Проводилась оценка контаминации воздуха по общему микробному числу, где за норму брались критерии оценки воздуха закрытых помещений по А. И. Шафиру [2]. Уровень грибковой контаминации оценивался в сравнении с уловной нормой, равно 500 КОЕ/м<sup>3</sup> [9].

**Результаты исследования.** Во всех исследуемых квартирах пик общей микробной численности и микромицетов наблюдается в весенний период. В это время года в наружном атмосферном воздухе увеличивается численность грибов и вполне возможен их занос в квартиры во время проветривания, либо через вентиляционные системы [2]. Исключение составляют квартира № 3 и № 7. В случае с квартирой № 7 доля грибов в общей численности микроорганизмов довольно высока в весенний период и наибольшая в летнее-осенний период по сравнению с другими квартирами (табл. 1). Это можно объяснить проблемами с вентиляцией в данном помещении, о которых говорили владельцы квартиры, способствующие постоянному накоплению микромицетов на различных поверхностях [5]. Наибольшую концентрацию микромицетов в зимний период в квартире № 3 можно объяснить низкой относительной влажностью в этот период. Ведь именно в сухую погоду освобождение спор идет более интенсивно [3]. Несмотря на то, что общее микробное число воздуха квартиры № 4 подчиняется сезонным колебаниям, пики численности микромицетов отмечены не только весной, но и в зимний период. Подобные «скачки» можно объяснить тем, что исследуемое помещение находится на первом этаже. Более высокие концентрации спор грибов характерны для первых и последних этажей здания, что согласуется с литературными данными [2; 8].

Таблица 1

Доля грибов и бактерий в исследуемых помещениях

Исследуемое помещение	Весна		Лето		Осень		Зима	
	Г (%)	Б (%)	Г (%)	Б (%)	Г (%)	Б (%)	Г (%)	Б (%)
Кв. № 1	71,8	28,2	5,9	94,1	3,7	96,3	3,2	96,8
Кв. № 2	20,1	79,9	11,1	88,9	3,4	96,6	15,1	84,9
Кв. № 3	13,3	86,7	12,4	87,6	3,3	96,7	64,8	35,2
Кв. № 4	79,3	20,7	15,3	84,7	0,95	99,05	57,98	42,02
Кв. № 5	41,7	58,3	21,2	78,8	22,7	77,3	1,9	98,1
Кв. № 6	63,1	36,9	9,55	90,45	1,2	98,8	3,7	96,3
Кв. № 7	53,2	46,8	25,4	74,6	47,4	52,6	3,4	96,6

Примечание: Г – плесневые грибы; Б – бактерии.

Для грибковой обсемененности воздушной среды исследуемых помещений наблюдается та же тенденция, которая характерна для общей микробной обсемененности. В весенний период зарегистрирована наибольшая средняя численность спор микромицетов 2 459,6 КОЕ/м<sup>3</sup>. Напротив, наименьшее значение этого показателя выявлено осенью и зимой – 695,8 и 358 КОЕ/м<sup>3</sup> соответственно. В летний сезон общая микробная контаминация равна 1 068,5 КОЕ/м<sup>3</sup>. Кроме того, была превышена норма грибковой контаминации воздуха в весенний и летний режимы для некоторых обследованных квартир.

Основополагающими факторами, которые способствовали загрязнению воздуха помещений, являются следующие:

1. Дата постройки здания, в котором находится помещений. С течением времени плесневые грибы, как активные биодеструкторы, способны колонизировать любые субстраты [7].
2. Неудовлетворительные показатели температурно-влажностного режима внутри помещения. Самый главный фактор, который определяет возможность для роста и развития микромицетов – это относительная влажность воздуха [4].
3. Наличие открытого плесневого поражения стен в различных комнатах помещений.
4. Наличие домашних животных. Домашние животные являются резервуарами для спор микромицетов [3].
5. Сравнительно большое количество домочадцев на единицу площади помещения. Основная причина, вследствие которой повышается концентрация спор в воздушной среде закрытых помещений – это дыхание человека [2].

В воздухе исследуемых помещений было обнаружено 4 рода и 39 видов, без учета не идентифицированных микромицетов (рис. 1). В том числе, были обнаружены условно-патогенные и аллергенные виды грибов: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Altenaria alterata* [7]. Ядро микобиоты воздуха формируют рода *Penicillium*, *Aspergillus* и *Altenaria*. Встречаемость рода *Paecilomyces* была минимальной.

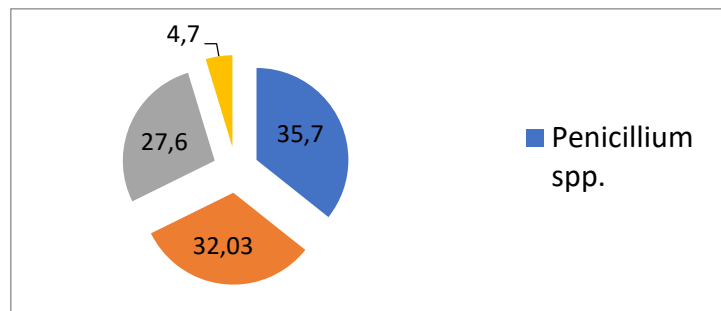


Рис. 1. Встречаемость выявленных родов микромицетов в исследуемых помещениях

Один из основных факторов, влияющих на встречаемость различных родов микромицетов – это аэродинамические свойства спор. Так, например, для рода *Altenaria* характерны крупные споры, которые вследствие этого имеют высокую скорость оседания. Поэтому встречаемость этого рода уступает таковому показателю для родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Иными словами, для рода *Altenaria* характерны плохие аэродинамические свойства. Споры родов *Penicillium* и *Aspergillus* имеют более хорошо выраженные аэродинамические свойства, что позволяет выявлять их чаще других родов [7].

Обобщив все ответы респондентов, участвующих в исследовании, нами предложено разработать алгоритм, который помог бы рассчитать микологическую нагрузку внутри жилых помещений города Сургута. Все факторы следует разделить на две группы: к первой относятся микробиологические показатели, отражающие численность спор ко второй группе – социально-бытовые факторы, оказывающие наибольшее влияние на микобиоту воздуха (рис. 2).

#### Выводы

1. Микобиота воздуха жилых помещений г.Сургута представляет собой специфическое сообщество, имеющее собственные черты структурной организации и характеризуется не значительным таксономическим разнообразием.
2. Ядро микобиоты жилых помещений формируют роды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Altenaria*, удельное обилие которых составляет 35,7 %, 32,03 % и 27,6 % соответственно.
3. Установлено, что как для комплекса микромицетов, так и для бактерий жилых помещений характерны сезонные колебания численности. При этом максимальная общая численность наблюдается в весенний период, минимальная – в зимний период.

4. Разработан и предложен к применению алгоритм расчета микологической нагрузки, охватывающий факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на контаминацию воздуха спорами грибов.

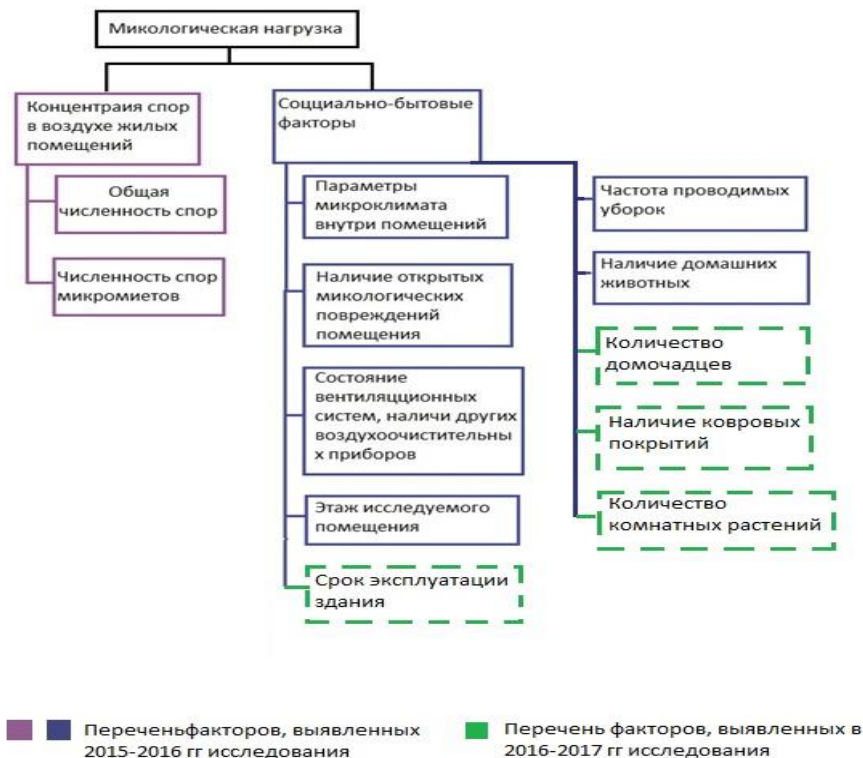


Рис. 2. Группы факторов для расчета микологической нагрузки

### Литература

1. Алехин В. Г., Ямпольская Т. Д. Методическое пособие к лабораторным занятиям по курсу общей микробиологии с основами вирусологии. Сургутский государственный университет. Сургут, 2001. 67 с.
2. Антропова А. Б. Микромицеты как источник аллергенов в жилых помещениях г. Москвы : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.24. М., 2005. 210 с.
3. Арбузова Л. Л. Микобиота воздуха некоторых помещений Владивостока // Научные труды Дальрыбвтуза. 2007. № 19. С. 1–7.
4. Гончарова И. А. Выявление скрытых очагов плесневого поражения в помещениях медицинского назначения // Проблемы медицинской микологии. 2014. № 2. С. 58.
5. Ершова Н. Н. Изучение обсемененности микробиоты воздуха // Проблемы медицинской микологии. 2014. № 2. С. 70.
6. Жоголев С. Д. Влияние микробной обсемененности воздуха в спальнях помещений на заболеваемость острыми респираторными инфекциями у военнослужащих // Проблемы медицинской микологии. 2014. № 2. С. 71.
7. Каневская И. Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л. : Наука, 1984. 232 с.
8. Чуприна О. В. Эколого-гигиеническая оценка микологической обсемененности жилой среды : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.07. М., 2006. 130 с.
9. WHO. Indoor air quality: biological contaminants. Report on a WHO meeting. Copenhagen: WHO Regional publications, 1990. № 31. P. 1–67.

УДК 581.5

*Сухорукова О. Л., Абрамов А. В., Ребрин О. И.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОБРАЗЦОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА

Анализ образцов растительного происхождения позволяет произвести экологический мониторинг любой местности, и поэтому является важной и перспективной задачей в области экологии и аналитической химии. В рамках данной проблемы была разработана методика определения 23 элементов в образцах растительного происхождения, методом рентгенофлуоресцентного анализа проанализированы пробы листьев березы.

*Ключевые слова:* рентгенофлуоресцентный метод анализа, метод внешнего стандарта, образцы растительного происхождения, экологический мониторинг.

В настоящее время весьма актуальной является проблема загрязнения окружающей среды. Особенно для таких регионов РФ, как Свердловская и Челябинская области, в связи с их загруженностью промышленными предприятиями и неблагоприятной экологической обстановкой. По данным общероссийской организации «Зеленый патруль» на 2017 год самым грязным регионом РФ является Челябинская область (85 место), Свердловская область занимает 84 место. Поэтому в данных регионах велик интерес к поиску новых, более точных, экспрессных и менее затратных методов оценки загрязнений окружающей среды.

В связи с этим для эффективного экологического мониторинга нами разработана методика количественного определения 23 элементов: Al, B, Ba, Br, Ca, Cl, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Si, Sr, Ti, Zn в растительных образцах, и с помощью данной методики проанализированы материалы листьев березы. Для достижения этой цели в качестве метода анализа выбран рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА) – многоэлементный, экспрессный метод, позволяющий качественно и количественно определять элементы от бериллия в порошкообразных, твердых и жидких пробах в широком диапазоне концентраций. Возможности РСФА особенно полезны при анализах сложных многокомпонентных объектов, что важно в случае анализа растительных материалов.

**Объект анализа.** Объектом анализа в данной работе является материал листьев березы (ЛБ), отобранный в различных городах Свердловской и Челябинской областей. Места отбора выбирались вблизи предприятий, являющихся потенциальными источниками загрязнений окружающей среды: Белоярская атомная электростанция (г. Заречный), ООО «ВИЗ-Сталь» (г. Екатеринбург), РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е. И. Забабахина (г. Снежинск).

В данной работе был выбран метод прямого внешнего стандарта с использованием государственных стандартных образцов (СО), предоставленных нам Институтом геохимии имени А. П. Виноградова СО РАН: образцы листьев березы ЛБ-1 (ГСО № 8923-2007) и травосмеси Тр-1 (ГСО № 8922-2007).

**Первичная подготовка и прессование пробы.** Материалы для анализа были собраны собственноручно в указанных выше зонах, дальнейшая подготовка проб производилась аналогично пробам стандартных образцов (приготовление СО было описано в соответствующих паспортах). Пробы были высушены до воздушно-сухого состояния в проветриваемом помещении в затененных условиях и затем досушены в сушильном шкафу при температуре 70 °С (без озонения). Далее пробы были измельчены до крупности частиц не более 0,14–0,16 мм и гомогенизированы в шаровой мельнице.

В качестве пробоподготовки был выбран метод прессования. Предварительно прессовалась подложка из специального вещества Vogeox массой 7 г, режим прессования – 5 т в те-



чение 5 с. Далее проба растительного материала засыпалась в изготовленную подложку и прессовалась. Опытным путем был выбран оптимальный режим прессования, при котором получались ровные нерастрескивающиеся таблетки: 1 стадия – 5 т, 5 с, 2 стадия – 15 т, 5 с, 3 стадия – 20 т, 5 с. Масса навески 2 г, диаметр прессуемых таблеток 40 мм. Полученные таблетки расфасовывались в полиэтиленовые пакеты и хранились в эксикаторе в атмосфере сухого воздуха.

**Выбор аналитических линий определяемых элементов.** Выбор линий для измерения аналитического сигнала в данной методике должен определяться их интенсивностями, т. к. концентрации большинства компонентов крайне низкие. Также необходимо учитывать, что растительные материалы – это многокомпонентная система, поэтому предпочтительны линии, свободные от спектральных наложений. Для легких элементов были выбраны самые интенсивные  $K_{\alpha}$ -линии, а для тяжелых элементов, у которых энергия края поглощения превышает 60 кэВ, были выбраны  $L_{\alpha}$ -линии. Для элементов с низкими содержаниями определение фонового сигнала осуществляли с помощью линейной коррекции. Опираясь на литературные источники [1, 3], а также на результаты обработки спектров проб, для каждого элемента был выбран кристалл-анализатор и детектор.

**Выбор оптимальных условий возбуждения аналитических линий.** Для определения оптимальных условий возбуждения линий элементов проведен ПФЭ  $2^2$ , в котором для каждого элемента в качестве параметра оптимизации выбрано среднеквадратическое отклонение (СКО) аналитического сигнала, в качестве факторов – напряжение и сила тока. Эксперимент проводился для элементов с низкими концентрациями: Ва, Вг, Сг, Сu, Na, Ni, Rb, Sr, Ti. Уровни варьирования факторов выбирали следующим образом. Для эффективного возбуждения характеристических линий легких элементов достаточны малые значения напряжения на рентгеновской трубке, а для средних и тяжелых элементов – высокие. Однако с ростом напряжения увеличивается и фоновый сигнал, что может ухудшать чувствительность определения. Поэтому в качестве верхнего уровня данного фактора для всех элементов выбиралось максимально возможное напряжение рентгеновской трубки, а в качестве нижнего уровня – значение, близкое к троекратной энергии края поглощения рентгеновского излучения элементом, поскольку данное значение оптимально для возбуждения аналитических линий элементов [2]. Таким же образом выбирались уровни факторов для тяжелых элементов, определяемых по L-линиям.

Анализ уравнений показал, что СКО для всех элементов уменьшается с ростом напряжения и силы тока. Поэтому для более легких элементов: Ti, Cr, Ni и Cu выбраны параметры 50 кВ и 80 мА, а для более тяжелых, с высокой энергией возбуждения: Вг, Sr и Ва – 60 кВ и 70 мА.

**Оценка метрологических показателей методики анализа.** Для оценки метрологических показателей разрабатываемой методики анализа растительных материалов были приготовлены 2 набора образцов (Тр-1 (ГСО № 8922-2007) и ЛБ-1 (ГСО № 8922-2007)), по 2 таблетки в каждом, которые измеряли по 5 раз в разной последовательности в течение 10 дней. Затем провели статистическую обработку полученных данных согласно РМГ 61-2010. Результаты данной обработки для некоторых элементов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения показателей точности методики

Аналит	Аттестованное значение, массовая доля, %	Погрешность аттестованного значения, %, отн.	Повторяемость		Воспроизводимость		Абсолютная неисключенная систематическая погрешность, $\Delta_c$ , %	Точность, $\Delta_{абс.}$ , %
			$S_r$ , %	$r$ , %	$S_R$ , %	$R$ , %		
для образца Тр-1								
Fe	$9,7 \cdot 10^{-2}$	5 %	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-3}$
Mn	$5,1 \cdot 10^{-3}$	4 %	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
N	2,2	5 %	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$9,1 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$9,8 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$

Окончание табл. 1

Аналит	Аттестованное значение, массовая доля, %	Погрешность аттестованного значения, %, отн.	Повторяемость		Воспроизводимость		Абсолютная неисключенная систематическая погрешность, $\Delta_c$ , %	Точность, $\Delta_{\text{абс.}}$ , %
			Sr, %	r, %	S <sub>R</sub> , %	R, %		
для образца ЛБ-1								
P	$1,5 \cdot 10^{-1}$	4 %	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$
Ca	1,6	6 %	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$
Mg	$4,4 \cdot 10^{-1}$	7 %	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$

**Анализ материалов листа березы.** После разработки методики были проанализированы собранные нами пробы листьев березы. Пробоподготовка, возбуждение и регистрация аналитического сигнала, а также расчет результатов были проведены в соответствии с разработанной методикой определения состава материалов природного происхождения методом рентгенофлуоресцентного анализа. Полученные результаты можно считать удовлетворительными, так как они не выходят за пределы ПДК по всем определяемым элементам, следовательно, деятельность вышеперечисленных предприятий с экологической точки зрения отвечает существующим нормам и требованиям.

**Выводы.** Разработана методика определения состава образцов растительного происхождения рентгенофлуоресцентным методом анализа. В качестве пробоподготовки был выбран метод трехстадийного прессования. Выбраны аналитические линии, в качестве способа учета фона для элементов с низкими содержаниями предложен метод линейной коррекции; подобраны оптимальные условия возбуждения и регистрации аналитического сигнала.

Проанализированы материалы листа березы по разработанной методике. Полученные результаты соответствуют установленным нормам.

Необходимо отметить, что данная методика является универсальной и подходит для анализа разных растительных объектов, т. к. они подобны по элементному составу; и может быть использована на территории различных областей Российской Федерации и других стран.

### Литература

1. Чупарина Е. В., Айсуева Т. С., Жапова О. И., Анцупова Ц. П. Определение металлов Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba и Pb в лекарственных растениях методом рентгенофлуоресцентного анализа // Аналитика и контроль. 2008. Т. 12, 1–2. С. 2–10.
2. Эрхардт Х. Рентгенофлуоресцентный анализ. Применение в заводских лабораториях. М.: Металлургия, 1985. 254 с.
3. Hettipathirana T. D., Grey N. A., Naidu R. Analysis of silicates using wavelength-dispersive x-ray fluorescence spectrometry for major elements: effects of loss elimination and catch-weights // X-ray spectrometry. 2004. No 33. P. 117–123.

УДК 543.427.4

*Шибитко А. О., Саркисова А. С., Дегтярева О. Л., Абрамов А. В., Ребрин О. И.*

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОВМЕСТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ U, Cr, Fe, Ni, Mo, Mn В ХЛОРИДНЫХ ПЛАВАХ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Разработана методика совместного определения U, Cr, Fe, Ni, Mo, Mn в хлоридных плавах методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РСФА). Экспериментально подобраны оптимальные условия возбуждения и регистрации рентгеновских спектров. С использованием методики химического анализа солевых плавов установлена концентрация

урана до и после коррозионных испытаний. Полученные данные по содержанию урана сопоставлены с результатами фотометрических методов анализа. Произведена оценка скорости коррозии различных образцов металлических сплавов.

*Ключевые слова:* рентгеноспектральный флуоресцентный анализ, урансодержащие хлоридные смеси, методика анализа, метод внешнего стандарта.

Хлоридные солевые системы на основе  $\text{NaCl-KCl-UCl}_3$  перспективны в качестве теплоносителя и материала активной зоны в жидкосолевом реакторе, вошедшем в шестерку реакторных концепций четвертого поколения [5, с. 115–118]. Также данные системы перспективны для реализации пирохимической технологии переработки облученного ядерного топлива. Одной из основных проблем реализации данных проектов является отсутствие стойких конструкционных материалов. Активно ведутся исследования коррозионных свойств различных сплавов и сталей в хлоридных солевых системах на основе  $\text{NaCl-KCl-UCl}_3$ . Поэтому возникает необходимость в химическом анализе данных солей до и после коррозионных испытаний для понимания механизмов коррозии металлов и сплавов, установления очередности и скорости растворения отдельных компонентов сталей и сплавов, а также определения скорости коррозии материалов в целом. В связи с отсутствием методик одновременного определения урана и микропримесей в системах  $\text{NaCl-KCl-UCl}_3$  создана методика рентгеноспектрального флуоресцентного количественного анализа U и Cr, Mn, Fe, Ni, Mo в хлоридной солевой системе.

**Аппаратура и материалы.** Порошковые пробы измельчали с помощью шаровой планетарной мельницы «PULVERISETTE 6 classic line» компании «Fritsch» в размольном агатовом стакане при помощи агатовых мелющих шаров. Оценку крупности частиц, получаемых после размола, выполняли ситовым анализом на вибрационном грохоте «Analysette 3 Spartan» компании «Fritsch». Для прессования полученных порошков использовали автоматический пресс «Vaneox-40T Automatic» компании «Fluxana».

Для приготовления образцов сравнения (ОС) использовали оксиды и хлориды определяемых элементов квалификации «ХЧ». Все исходные реактивы перед использованием выдерживались в сушильном шкафу при 110 °С для удаления адсорбированной влаги, оксиды прокаливались при 850 °С в течение 3 ч в алундовых тиглях, реактивы хранились в инертном боксе «MBraun».

Образцы (прессованные таблетки) измерены с помощью волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра «ADVANT'X 4200W» компании «Thermo Fisher Scientific». В качестве независимого метода сравнения использовали фотометрический анализ, результаты которого получены с помощью фотоколориметра КФК-3 с максимумом поглощения при 590 нм.

**Пробоподготовка и синтез образцов сравнения.** Для изготовления прессованных таблеток исследуемые плавы и порошкообразные материалы предварительно измельчали: масса пробы для измельчения – 10 г, количество шаров – 50 шт, скорость вращения мельницы – 350 об./мин, время размола – 4 цикла по 5 мин со сменой направления вращения. При этом необходимо, чтобы размер зерен не превышал 60 мкм, в этом случае состав порошка можно считать однородным. Полученные порошки далее трехстадийно прессовали: 1 стадия – нагрузка 10 т, время воздействия 5 с; 2 стадия – 20 т, 5 с; 3 стадия – 30 т, 5 с. Прессование осуществляли на подложке из борной кислоты (5 т, 5 с).

Для построения градуировочных зависимостей приготовлены порошкообразные смеси хлоридов и оксидов определяемых элементов. Из полученных смесей изготовили 10 образцов сравнения для реализации метода внешнего стандарта. Содержание компонентов задали в диапазоне от 0.0002 до 0.20 мас. % для Fe, Ni, Mn; от 0.0001 до 0.06 мас. % для Mo; от 0.05 до 6 мас. % для U.

**Условия возбуждения и регистрации линий.** В качестве аналитических линий были выбраны:  $K\alpha_{1,2}$ -линия для Cr, Mn, Fe, Ni, Mo и  $L\alpha_1$ -линия для U. Также производили регистрацию  $K\alpha_{1,2}$ -линий элементов матрицы (Na, K, Cl) для учета матричных эффектов. Для выбора оптимальных условий возбуждения провели ПФЭ  $2^3$ , в котором для каждого элемента в качестве параметра оптимизации выбрали отношение сигнал/фон, в качестве факторов – напряжение, сила тока, время регистрации сигнала. На основании проведенных исследований установлены оптимальные параметры регистрации аналитических линий определяемых элементов (табл. 1).

Таблица 1

Параметры регистрации аналитических линий

Параметр	Элемент					
	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	U
Кристалл-анализатор	LiF 200					
Детектор	FPC	FPC	FPC	SC	SC	SC
Напряжение, кВ	30	60	60	60	60	50
Сила тока, mA	80	70	70	70	70	50
Время регистрации, с	20	20	20	10	40	4
Положение пика $2\theta$ , °	69.35	62.97	57.52	48.67	20.33	26.14
Точки измерения фона, °	68.65	62.72	57.07	47.95	20.14	25.20
	70.00	63.57	58.19	49.29	20.43	27.10

**Построение градуировочных зависимостей.** Для построения градуировочных зависимостей изготовили 10 образцов сравнения. Все полученные зависимости описывались линейной функцией. Учет матричных эффектов производили методом теоретических поправок. Произвели учёт аддитивного наложения  $L\beta_3$ -линии урана на линию Mo, а также учли матричное влияние  $K\beta_{1,3}$ -линии хрома на аналитический сигнал Mn.

Полученные зависимости линейны за исключением градуировочной кривой для урана (рис. 1). Здесь с ростом концентрации тангенс угла наклона градуировочной кривой уменьшается. Такая зависимость характерна для РСФА в том случае, если концентрация определяемого элемента меняется в значительных пределах и при этом массовый коэффициент ослабления рентгеновского излучения определяемого компонента выше, чем коэффициент ослабления матричных компонентов.

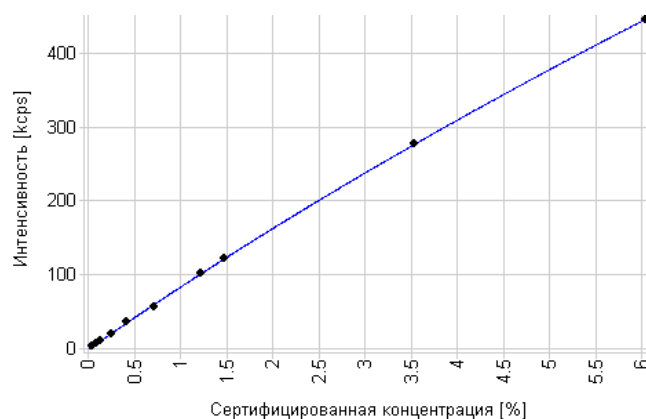


Рис. 1. Градуировочная зависимость интенсивности U  $L\alpha_1$ -линии от концентрации элемента в образцах сравнения

**Оценка метрологических показателей методики.** Для оценки метрологических характеристик разрабатываемой методики анализа урансодержащих хлоридных солей создан набор образцов сравнения с содержаниями определяемых компонентов, сгруппированных в три характерных концентрационных диапазона, представленных в таблице 2.

Таблица 2

**Характерные диапазоны содержаний компонентов  
для определения метрологических характеристик, мас. %**

Элементы	Cr, Mn, Fe, Ni	Mo	U
Диапазон 1	0.0002–0.001	0.0001–0.001	0.05–0.15
Диапазон 2	0.001–0.01	0.001–0.008	0.15–0.72
Диапазон 3	0.01–0.2	0.008–0.06	0.72–6.02

Для каждого диапазона изготовлено два образца, которые измеряли по 3 раза в разной последовательности в течение 10 дней для определения метрологических характеристик анализа. Затем провели статистическую обработку полученных данных согласно [3].

В таблице 3 сведены метрологические характеристики определения всех исследуемых элементов в виде относительных показателей правильности и точности.

В области низких концентраций получились высокие погрешности методики, что связано с тем, что данная область концентраций для РСФА граничит с пределом обнаружения. Тем не менее, для оценки скорости коррозии сплавов и сталей полученные погрешности методики удовлетворительны, т. к. при таком уровне концентраций скорость коррозии имеет крайне низкое значение и допустимые уровни варьирования достаточно велики согласно [2].

Таблица 3

**Метрологические характеристики методики**

Диапазон	Метрологические характеристики	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	U
1	Правильность, %	22.29	16.10	7.99	17.89	17.76	1.52
	Точность, %	58.08	42.23	56.39	53.34	42.94	2.10
2	Правильность, %	2.30	5.41	2.07	2.30	5.63	1.20
	Точность, %	9.98	8.66	9.90	8.88	10.45	1.39
3	Правильность, %	0.81	2.89	1.43	2.11	6.02	0.14
	Точность, %	1.69	3.90	1.93	2.51	7.13	0.23

**Оценка правильности определения урана в плавах.** Проведена оценка содержания урана в плавах после коррозионных испытаний независимым методом анализа – фотометрией. Для быстрого определения урана в плавах предложен метод, основанный на однократной экстракции урана метилэтилкетонном с последующим фотометрическим определением в виде окрашенного комплекса с Арсеназо I. Данный реагент взаимодействует с ионами уранила в слабокислых средах, образуя стабильное сине-фиолетовое комплексное соединение [4, с. 402]. Определению урана мешают ионы многих элементов: железа, алюминия, меди, титана, циркония, тория, хрома, редкоземельных элементов и т. д., для отделения от которых используют экстракцию нитрата уранила кислородсодержащими органическим растворителем – метилэтилкетонном. Данная методика подробно описана в [1, с. 36].

Градуировочный график строили с использованием стандартного раствора нитрата уранила. График был линейным и отвечал закону Бэра в вышеприведенном интервале концентраций. Оптическую плотность растворов измеряли по отношению к раствору сравнения, приготовленному таким же образом, что и исследуемые растворы и содержащему все реагенты кроме урана. Сравнение проводили по 6 пробам, полученным после коррозионных испытаний ряда сплавов в урансодержащих расплавах с исходной концентрацией урана 6.12 мас. % и 1.02 мас. %. Результаты анализов представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Содержание урана в плавах после коррозионных испытаний, определенное методом фотометрии (КФК-3) и методом РСФА (ADVANT'X 4200), мас. %**

Исходная соль	NaCl–KCl–UCl <sub>3</sub> (U 6 %)			NaCl–KCl–UCl <sub>3</sub> (U 1 %)		
	КФК-3	5.32	5.42	5.67	0.87	0.91
ADVANT'X 4200	5.38	5.44	5.83	0.89	0.90	0.95
δ, %	1.12	0.37	2.78	2.27	1.10	2.13

Сходимость результатов анализов содержания урана в плавах достаточно высокая. Результаты независимого метода анализа подтверждают правильность разработанной методики по определению урана в солевых плавах методом РСФА.

**Определение скорости коррозии сплавов аналитическим методом.** С помощью разработанной методики можно оценивать скорость коррозии образцов. Зная убыль массы образцов и примесный состав плава после коррозионных испытаний, можно рассчитать степень выхода каждого компонента из сплава при контакте с соевым расплавом и сравнить эти данные с ожидаемыми. Так можно понять, какие компоненты растворяются в большей степени, а какие в меньшей. В таблице 5 приведен примесный состав плавов после коррозионных испытаний различных никелевых сплавов.

Таблица 5

**Содержание примесей в плавах после 30 ч выдержки сплавов при температуре 750 °С в NaCl–KCl–UCl<sub>3</sub> (U 6%)**

Исследуемый сплав	Содержание примесей в плаве, мас.%				
	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo
XH65MBY	0.005	–	–	0.006	0.0006
Hastelloy G-35	0.006	–	0.0005	0.005	0.0002
Hastelloy C-2000	0.004	0.002	0.0004	0.006	0.0004
Hastelloy N	0.003	0.002	0.001	0.006	0.002
Hastelloy B-3	0.011	0.003	0.008	0.047	0.010

Зная конечную массу плавов после испытаний, можно рассчитать суммарную убыль каждого образца и, следовательно, их площадь и время контакта с расплавом. В таблице 6 приведены скорости коррозии, рассчитанные аналитическим и гравиметрическим методами.

Таблица 6

**Скорость коррозии сплавов, рассчитанные аналитическим и гравиметрическим методами**

Исследуемый сплав	m <sub>плава</sub>	m <sub>потерь</sub>	S, см <sup>2</sup>	t, ч	v <sub>ан.</sub> , г/(м <sup>2</sup> ·ч)	v <sub>грав.</sub> , г/(м <sup>2</sup> ·ч)	δ, %
XH65MBY	44.38	5.31	4.52	30	0.39	0.41	4.6
Hastelloy G-35	48.40	5.52	6.51	30	0.28	0.29	2.6
Hastelloy C-2000	46.20	5.52	5.18	30	0.35	0.36	1.4
Hastelloy N	46.37	6.22	5.39	30	0.38	0.39	1.3
Hastelloy B-3	49.72	39.58	5.21	30	2.53	2.62	3.4

Из полученных данных видно, что значения скоростей имеют высокую сходимость. Интенсивность коррозии, оцененная аналитическим методом, в среднем на 1–4 % ниже, чем скорость коррозии, полученная гравиметрическим методом. Это вполне допустимо, т. к. при извлечении образцов из замороженных плавов небольшая часть соли остается на образцах.

**Выводы.** В ходе разработки методики количественного химического анализа систем на основе NaCl–KCl–UCl<sub>3</sub> создали методику подготовки проб к анализу, определили оптимальные условия возбуждения спектральных линий, построили градуировочные зависимости, а также произвели учёт аддитивных и матричных влияний на аналитический сигнал элементов. Использование разработанной методики позволило определить химический состав солевых плавов и рассчитывать скорость коррозии различных сплавов и сталей в хлоридных солевых системах.

### Литература

1. Домбровская М. А., Лисиенко Д. Г., Пальчикова С. Ю., Слепухин В. К., Хамзина Л. Б. Методы спектрофотометрии и люминесценции : метод. указ. к лаб. практ. Екатеринбург : УрФУ, 2011. С. 36
2. ГОСТ 13819-68 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы и сплавы. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости (с Изменением N 1).
3. РМГ 61–2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.
4. Busev A. I., Tiptsova V. G., Ivanov V. M. Handbook of the Analytical Chemistry of Rare Elements. London: Ann Arbor-Humphrey Science Publishers, 1970. P. 402.
5. Generation IV nuclear energy system: Road map and concepts // Transactions of the American Nuclear Society, 2001. Vol. 84. P. 115–118.

УДК 542.08

### Шишкина Ж. Б.

*Научный руководитель: Нехорошев В. П. д. т. н., профессор СурГУ*

### **РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГИДРОКСИБЕНЗОЛА (ФЕНОЛА) В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ, ВОЗДУХЕ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

Особую группу органических соединений, которые являются весьма токсичными для живых организмов, является гидроксibenзол. Он оказывает негативное влияние на человека даже при небольших количествах. В связи с этим установлены низкие значения предельно-допустимых концентраций в атмосферном воздухе, воздухе замкнутых помещений, воздухе рабочей зоны. Для контроля гидроксibenзола встала задача в разработке и аттестации новой методики его определения, позволяющей объединить несколько объектов аналитического контроля в одном документе.

*Ключевые слова: гидроксibenзол, предельно-допустимая концентрация, газовая хроматография.*

Загрязнение атмосферного воздуха непосредственно влияет на здоровье человека. Наиболее распространенные группы загрязнителей:

- в атмосферном воздухе – атмосферные газы (окислы азота, серы, углерода);
- в воздухе замкнутых помещений – фенольные соединения и предельные альдегиды в строительных и отделочных материалах, в лакокрасочных изделиях;
- в воздухе рабочей зоны – углеводороды, аэрозоли тяжелых металлов, другие органические и минеральные соединения.

Особую группу органических соединений, которые являются весьма токсичными для живых организмов, составляет гидроксibenзол (*далее* – фенол). Фенол относится к веществам II-го класса опасности (высокоопасные вещества) [2]. Он оказывает негативное влияние на человека даже при небольших количествах.

В виду отсутствия фенольных производств в Сургутском районе, особое значение придается исследованию воздуха производственных, административных помещений, жилых и общественных зданий, а также исследованию образцов в камеральных условиях по заявкам структурных подразделений ОАО «Сургутнефтегаз». Исследования связаны с тем, что при производстве материалов все больше используются химические реактивы, которые служат добавками при изготовлении стройматериалов, придавая им новые свойства, удлинняя срок эксплуатации, улучшая внешний вид.

В связи с этим установлены очень низкие значения предельно-допустимых концентраций (*далее* – ПДК) в атмосферном воздухе, воздухе замкнутых помещений, воздухе рабочей зоны. Для атмосферного воздуха ПДК фенола составляют 0,01/0,006 мг/м<sup>3</sup> [4], для воздуха рабочей зоны – 1,0/0,3 мг/м<sup>3</sup> [3].

В структурных подразделениях ОАО «Сургутнефтегаз» отделом мониторинга воздушной среды контроль содержания фенола проводится в:

- воздухе замкнутых помещений – в административных помещениях, жилых и общественных зданиях (в помещениях на объектах капитального строительства как вводимых в эксплуатацию, так и по жалобам сотрудников);
- в атмосферном воздухе – при контроле фоновых значений наружного воздуха, который учитывается при окончательном расчете;
- в воздухе рабочей зоны на рабочих местах:
- маляров при применении противокоррозионных покрытий;
- операторов автоматических и полуавтоматических линий станков и установок;
- слесарей по ремонту автомобилей;
- изолировщиков-пленочников;
- вулканизаторщиков и др.

На сегодняшний день отделом мониторинга воздушной среды Инженерно-экономического внедренческого центра ОАО «Сургутнефтегаз» контроль фенола в атмосферном воздухе и воздухе замкнутых помещений осуществляется в соответствии с МУК 4.1.1478-03 «Определение фенола в атмосферном воздухе и в воздушной среде жилых и общественных зданий методом высокоэффективной жидкостной хроматографии», разработанные Центром Госсанэпиднадзора, утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко; контроль фенола в воздухе рабочей зоны осуществляется в соответствии с МИ-05-02 «Методика выполнения измерений массовой концентрации фенола и крезолов в воздухе рабочей зоны методом газовой хроматографии», разработанная Инженерно-экономическим внедренческим центром ОАО «Сургутнефтегаз» (свидетельство об аттестации №2420/108-2002 от 18.12.2002).

В связи с вступлением в силу [4] величина ПДКс.с. фенола равна 0,006 мг/м<sup>3</sup> (ранее ПДКс.с. составляла 0,003 мг/м<sup>3</sup>). Данный норматив используется при контроле воздуха замкнутых помещений объектов капитального строительства. Согласно п. 5 [1], методика измерений должна обеспечивать измерение с указанной погрешностью концентрации загрязняющего вещества в пределах величин от 0,8 до 10 ПДК.

Для реализации требований п.5 [1] границы диапазона методики должны соответствовать: для ПДКс.с. от 0,0048 до 0,06 мг/м<sup>3</sup> (контроль воздуха закрытых помещений), для ПДКм.р. от 0,008 до 0,10 мг/м<sup>3</sup> (контроль атмосферного воздуха). Следовательно, МУК 4.1.1478-03, диапазон измерений которых составляет (0,0015–0,02) мг/м<sup>3</sup>, не удовлетворяет данному требованию.



Имеющаяся на оснащении методика измерений МИ-05-02 не соответствует требованиям статьи 5 [5]. Сведения об аттестованных методиках (методах) измерений должны передаваться в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, проводящими аттестацию юридическими лицами, т. е. должен присваиваться регистрационный номер в федеральном реестре аттестованных методик измерений.

В связи с изменениями законодательной базы в системе менеджмента качества и охраны окружающей среды встала задача в необходимости поиска существующих стандартизованных методик измерений или разработке и аттестации новой методики определения фенола в атмосферном воздухе, воздухе замкнутых помещений и в воздухе рабочей зоны.

Поиск по существующей нормативной базе стандартизованных методик, в том числе в федеральном реестре аттестованных методик измерений, находящихся на официальном сайте ФГУП «ВНИИМС», не дал результатов на наличие методик измерений, позволяющих объединить необходимые объекты аналитического контроля в одном документе.

Для эффективного использования существующей материально-технической базы и трудовых ресурсов в 2016 году отделом мониторинга воздушной среды Инженерно-экономического внедренческого центра ОАО «Сургутнефтегаз» разработана МИ ФГХ-01-2016 «Методика измерений массовой концентрации гидроксibenзола (фенола) в воздухе рабочей зоны, воздухе замкнутых помещений и атмосферном воздухе методом газовой хроматографии».

Метод заключается в концентрировании фенола из воздуха на твердом сорбенте сорбционной трубки с последующей термодесорбцией и анализом на газовом хроматографе. Регистрацию аналитических сигналов проводят с использованием пламенно-ионизационного детектора, идентификацию пиков анализируемого компонента – по абсолютному времени удерживания.

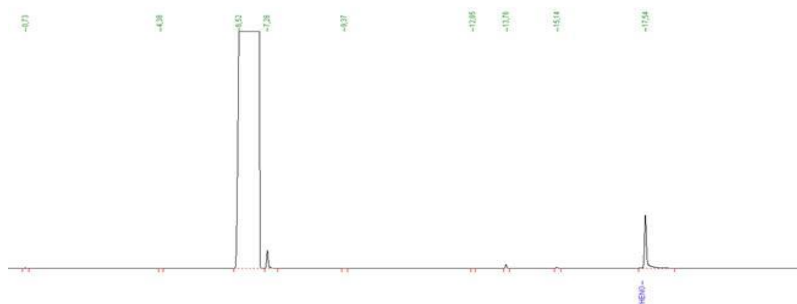


Рис. 1. Хроматограмма стандартного раствора фенола

Отличительной особенностью разработанной методики является сокращение трудозатрат на отбор аналитических проб. Ранее для атмосферного воздуха время отбора составляло 30 мин, для воздуха рабочей зоны – 5 мин, на данный момент время отбора составляет 20 мин и 2 мин соответственно (табл. 1).

Для сравнения результатов измерений проведены исследования по количественному определению фенола, мигрирующего из образцов строительных и отделочных материалов в камеральных условиях в воздушную среду в соответствии с МУК 4.1.1478-03 и МИ ФГХ-01-2016. В качестве объектов контроля использовались образцы плит минераловатных теплоизоляционных на синтетическом связующем.

Таблица 1

Параметры отбора проб

Атмосферный воздух, воздух замкнутых помещений				Воздух рабочей зоны			
МУК 4.1.1478-03		МИ ФГХ-01-2016		МИ-05-02		МИ ФГХ-01-2016	
Скорость отбора, дм <sup>3</sup> /мин	Время отбора, мин	Скорость отбора, дм <sup>3</sup> /мин	Время отбора, мин	Скорость отбора, дм <sup>3</sup> /мин	Время отбора, мин	Скорость отбора, дм <sup>3</sup> /мин	Время отбора, мин
3,0	30	0,45	20	0,2	5,0	0,60	2,0

В ходе исследований установлено, что результаты, полученные при выполнении измерений в соответствии с прописью методик, идентичны, т. е. полнота поглощения фенола из воздуха в поглотительный раствор при времени отбора 30 мин и скоростью 3,0 дм<sup>3</sup>/мин равнозначна поглощению фенола поверхностью сорбента Tenax-ТА при условии отбора 20 мин и 0,45 дм<sup>3</sup>/мин соответственно (табл. 2).

Разработанная методика имеет ряд преимуществ:

- низкие пределы обнаружения;
- высокая селективность;
- отсутствие пробоподготовки;
- широкий диапазон определяемых концентраций;
- сокращение времени отбора пробы;
- применение к различным объектам контроля (атмосферный воздух, воздух замкнутых помещений, воздух рабочей зоны).

Таблица 2

**Сравнение результатов измерений,  
полученных при исследовании образцов плит минераловатных теплоизоляционных**

Наименование исследуемого образца	Условия термостатирования	Результаты измерений, полученные в соответствии с:	
		МУК 4.1.1478-03	МИ ФГХ-01-2016
Образец № 1	(23 ± 2) °С	0,0027 ± 0,0003	0,0031 ± 0,0007
	(40 ± 2) °С	0,0029 ± 0,0004	0,0030 ± 0,0007
Образец № 2	(23 ± 2) °С	0,0031 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0009
	(40 ± 2) °С	0,0033 ± 0,0005	0,0036 ± 0,0009

Методика условно разделена на две стадии: отбора аналитической пробы и аналитическую.

Для установления приписанных характеристик погрешности измерений был проведен эксперимент по оценке показателей качества методики измерений. Нарботка данных производилась с использованием образцов для оценивания. В качестве образцов использовали сорбционные трубки с нанесенными на сорбент известными количествами определяемого компонента (в качестве вводимых добавок использовались растворы фенола, приготовленных на основе ГСО 7101-94).

По результатам обработки экспериментальных данных оценены следующие показатели качества методики измерений:

- показатель внутрилабораторной прецизионности аналитической стадии методики - среднее квадратическое отклонение результатов измерений, полученных в условиях внутрилабораторной прецизионности;
- показатель правильности аналитической стадии методики – границы интервала (верхняя, нижняя), в которых неисключенная систематическая погрешность аналитической стадии методики находится с принятой вероятностью  $P = 0,95$ ;
- показатель точности стадии отбора аналитической пробы – границы относительной погрешности с доверительной вероятностью  $P = 0,95$ ;
- показатель точности аналитической стадии – границы относительной погрешности при доверительной вероятности  $P = 0,95$ ;
- показатель точности методики – границы интервала (верхняя, нижняя), в которых погрешность любого из совокупности результатов измерений, получаемых по методике, находится с принятой доверительной вероятностью  $P = 0,95$ .

Показатели точности методики измерений соответствуют требованиям, установленным в «Перечне измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и выполняемых при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей

точности» (утвержденным Приказом Минприроды от 7 декабря 2012 № 425) и в «Перечне измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и производимых при выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда, в том числе на опасных производственных объектах, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности» (утвержденным Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 9 сентября 2011 г. № 1034н).

Таблица 3

**Показатели качества МИ ФГХ-01-2016**

Диапазон измерений, мг/м <sup>3</sup>	Показатель точности (границы относительной погрешности при доверительной вероятности $P = 0,95$ ), %		
	Установленный в МИ ФГХ-01-2016	Нормируемый Приказом от 07.12.2012 г. № 425	Нормируемый Приказом от 09.09.2011 г. № 1034н
Атмосферный воздух, воздух замкнутых помещений			
от 0,003 до 0,1 вкл.	24	10...25	–
Воздух рабочей зоны			
от 0,5 до 3,0 вкл.	24	–	25

МИ ФГХ-01-2016 «Методика измерений массовой концентрации гидроксibenзола (фенола) в воздухе рабочей зоны, воздухе замкнутых помещений и атмосферном воздухе методом газовой хроматографии» прошла метрологическую экспертизу и аттестована в соответствии с Приказом Минпромторга № 4091 от 15.12.2015 г. Федеральным Государственным унитарным предприятием «Уральский научно-исследовательский институт метрологии», внесена в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, регистрационный код методики измерений ФР.1.31.2016.25215.

Методика позволяет объединить объекты аналитического контроля: атмосферный воздух, воздух замкнутых помещений, воздух рабочей зоны. В настоящее время аналогичных методик по определению фенола в атмосферном воздухе, воздухе замкнутых помещений методом газовой хроматографии посредством концентрирования на твердом адсорбенте не зарегистрировано.

**Литература**

- ГОСТ 17.2.4.02-81 «Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ». М. : Изд-во стандартов, 1981. 2 с.
- Коршак В. В. Фенол (гидроксibenзол, карболовая кислота) // Портал Pro полимеры: Энциклопедия. Статьи. 2016. URL: <https://mplast.by/encyklopedia/fenol-gidroksibenzol-karbolovaya-kislota/> (дата обращения: 05.12.2016).
- О введении в действие ГН 2.2.5.1313-03 «Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы» [Электронный ресурс] : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 N 76 (ред. от 29.06.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
- О внесении изменений в ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [Электронный ресурс]: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 12.01.2015 N 3. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
- Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

## МЕДИЦИНА

УДК 616.831-009.11-053.2(574.2)

*Айшагуова Р. Р.*

*Научный руководитель: Мещеряков В. В., д. м. н., профессор, СурГУ*

### **КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПНЕВМОНИИ У ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ**

Проведен анализ характера течения пневмонии у 33 детей с разными формами детского церебрального паралича (ДЦП). Установлено, что более тяжелое течение пневмонии с выраженными, длительными симптомами дыхательной недостаточности и лихорадки наблюдалось при двойной гемиплегии со спастическим тетрапарезом и выраженной мышечной гипертонии; атонически-астатической с низким мышечным тонусом и поражением корково-подкорковых связей; гиперкинетической с гиперкинезами. Эти больные длительно находились в отделении реанимации (в среднем  $29 \pm 3,2$ ) с проведением ИВЛ. Стойкость и выраженность респираторных симптомов поддерживалась наличием гастро-эзофагального рефлюкса, микроаспирации, рвоты, нарушением глотательного рефлекса (85,7 %). Из этого следует, что всем больным ДЦП следует регулярно исследовать легочную функцию, даже при отсутствии респираторных симптомов, обследовать на характер аспирационной патологии, подбирать специальные дыхательные методики при неэффективном кашлевом рефлексе.

*Ключевые слова: дети, церебральный паралич, пневмония.*

**Актуальность исследования.** Детский церебральный паралич (ДЦП) – нарушение двигательной функции и позы, обусловленные статическим дефектом или поражением незрелого мозга. Распространенность этой патологии в странах с достаточно развитой помощью в перинатальном периоде составляет около 2 : 1000 живых новорожденных [9]. В среднем эта цифра колеблется в различных регионах мира и в различные годы (от 0,76 до 5,8 : 1 000 живых новорожденных). В Республике Казахстан, по данным статистики о причинах детской инвалидности, количество детей с ДЦП в возрасте до 5 лет варьирует от 3,5 на 1 000 населения по г. Алматы, до 6,4 : 1 000 в отдельных регионах. Наблюдается тенденция к увеличению больных ДЦП из года в год.

В структуре случаев смерти детей с респираторными заболеваниями больные с нервно-мышечными нарушениями (NMW) занимает 15 % [5]. При бронхолегочной патологии детей с NMW имеет место снижение жизненной емкости легких вследствие мышечной слабости или спастического сколиоза, ослабления кашлевого рефлекса и дисфагии, рвоты и частые аспирации, вторичные иммунодефицитные состояния, тяжелой белково-энергетической недостаточности, антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов и т. д. [3; 4; 5]. У этой категории больных выявляется особая предрасположенность к пневмонии с атипичным, с затяжным течением, высокой частотой бронхолегочных осложнений, включая апноэ и картину вторичной асфиксии. Вместе с тем, характер течения респираторной патологии зависит от типа поражения центральной нервной системы [6; 7; 8].

Патоморфологическое исследование Н. Г. Паленовой доказало, что «гибель детей при явлениях расстройства дыхания является следствием повреждения не только вышележащих отделов дыхательного центра, располагающихся в коре больших полушарий и продолговатом мозгу, но и связана с повреждением спинного мозга, а именно спинального отдела дыхательного центра». Впервые морфологически доказано существование спинального дыхательного

центра, располагающегося в ядрах диафрагмального нерва на уровне 4-го шейного сегмента спинного мозга, и «для выполнения дыхательных движений у детей раннего возраста функция ядра дыхательного центра является ведущей». Значение этого факта для понимания многих дыхательных нарушений у детей трудно переоценить [1].

В «British Thoracic Society guideline for respiratory management of children with neuromuscular weakness» даны рекомендации относительно больных респираторной патологией у детей с нервно-мышечной слабостью (NMW). У этих больных трудности с глотанием могут привести не только к недостаточности питания, но и риску аспирации и неэффективности кашлевого синдрома. Кроме того, кашель может быть следствием гастро-дуоденального рефлюкса. Аспирации вызывает воспаление и обструкцию дыхательных путей, может приводить развитию ателектазов, бронхоэктазов и легочному фиброзу. Уменьшение силы вдоха, размеров голосовой щели и мышечной силы выдоха приводит к снижению эффективности кашля. Слабость мускулатуры, в том числе дыхательной, ухудшается при острой инфекции, снижая эффективность кашля в критический период, затрудняя эвакуацию бронхиального содержимого, что приводит к вентилиционной перфузии, усиливая дыхательную недостаточность. Поэтому, важно проводить контроль и мониторинг функции внешнего дыхания (ФВД), обязательно включая период сна [2].

Респираторные осложнения NMW затрагивают три группы мышц: инспираторные, экспираторные и орофарингеальные, поэтому патофизиологические механизмы, участвующие в развитии дыхательной недостаточности разнообразны и сложны, что представляет несомненный интерес для исследования и последующего подбора адекватной состоянию больного средств профилактики и лечения [10].

Распространённость перинатальной патологии с поражением центральной нервной системы (ЦНС), тяжелые проявления и осложнения, частые повторные, затяжные бронхолегочные заболевания ведущие к потере трудоспособности и ухудшению жизненного прогноза, высокая стоимость лечения свидетельствует о значимости медико-социальных вопросов детского возраста.

Высокая встречаемость пневмонии у детей с ДЦП (69 %) является наиболее важной причиной острой дыхательной недостаточности и начала проведения искусственной вентиляции легких.

**Цель исследования** – определение характера клинического течения пневмонии у детей с детским церебральным параличом.

**Методы исследования.** Проанализирован характер течения бронхолегочной патологии у 33 детей с ДЦП по данным городской детской больницы № 2 г. Астаны. Больным проведены общепринятые методы исследования, биохимические (белковый, углеводный, жировой, билирубиновый) бактериологический анализ мокроты/промывных вод бронхов, лучевые (рентгенография, КТ грудной клетки и мозга, НСГ, ЭходопплерКГ), функциональные: спирометрия, ЭКГ, ЭЭГ, ЭМИ. По показаниям – бронхоскопия и бронхография.

**Результаты исследования.** Среди анализируемой группы больных преобладали мальчики (63,6 %), дети до 3-хлетнего возраста (51,5 %), 3–5 лет – 21,7 %, 7–9 лет – 9,4 %, старше 9 лет – 6,1 %. Из отягощающих факторов формирования ДЦП чаще отмечалась патологии течения беременности в виде угрозы прерывания и токсикоза (44,4 %), в каждом третьем случае имела место анемия беременной (33,3 %). Признаки врожденной патологии разной степени сложности установлены в 51,8 % случаев. Роды среди через кесарево сечение проводилось в 29,6 % случаев, асфиксия новорожденного с применением ИВЛ наблюдалась в 25,9 % случаев. Таким образом, у подавляющего большинства больных отмечались неблагоприятные факторы внутриутробного, перинатального и постнатального развития (98,8 %). Диагноз ДЦП был верифицирован в разные возрастные сроки.

Выявлены разные формы поражения ЦНС и периферической нервной системы: двойная гемиплегия – у 60,6 %, спастическая диплегия – у 12,1 %, гемипаретическая форма – у 9,1 %, гиперкинетическая – у 12,1 %, атонически-астатическая – у 6,1% больных. Из этого

следует, что преобладали наиболее тяжелые формы ДЦП (71,9 %): двойная гемиплегия со спастическим тетрапарезом и выраженной мышечной гипертонией; атонически-астатическая с низким мышечным тонусом и поражением корково-подкорковых связей; гиперкинетическая с гиперкинезами (атетоз, хореоатетоз, торсионная дистония).

Среди этих больных чаще диагностировалась двусторонняя пневмония (81,8 %) и только у 18,2 % – правосторонняя. Очаговый характер воспаления выявлен у 85,2 % больных, сегментарный и полисегментарный – у 14,8 %. Тяжелое течение пневмонии имели 67,7 % больных, в том числе все дети с правосторонней локализацией воспаления. У этих больных чаще наблюдался правосторонний гемипарез, что связано, возможно, с тем, что левое полушарие головного мозга, как более филогенетически молодое, страдает в первую очередь от воздействия агрессивных факторов воспаления. Наиболее тяжело протекала пневмония при атонически-астатической форме ДЦП. Одновременно с этим тяжесть неврологической симптоматики характеризовалась выраженностью лабиринтно-тонического рефлекса, резким усилением гиперкинезов и нейродинамическими сдвигами на гипоталамо-подкорковые структуры, что согласуется с данными разных исследований [6]. Все больные с тяжелым течением пневмонии находились в условиях ОАРИТ в среднем  $29 \pm 3,2$  дня (от 16 до 42 дней), им проводилась ИВЛ. Продолжительность ИВЛ зависела, в первую очередь, от выраженности и тяжести респираторного синдрома (преимущественно, вирусно-бактериального генеза), труднокупируемого судорожного синдрома (истинные и фебрильные судороги).

Тяжесть состояния, в том числе стойкость и выраженность признаков дыхательной недостаточности (100 %) усугублялась гастро-эзофагальным рефлюксом, микроаспирацией или рвотой (85,7 %). Из-за ослабления кашлевого рефлекса и дисфагии у всех больных отмечалось затруднение выделения густой вязкой мокроты. Во всех случаях определялась гипоксия, гиперкапния и метаболический ацидоз. Более того, тяжелая белково-энергетическая недостаточность, отягощающая течение обоих заболеваний выявлена у 44,4 % обследуемых больных.

Установлено, что чем более выражены признаки поражения ствола мозга и верхних отделов спинного мозга, тем тяжелее и продолжительнее пневмония с формированием участков гипервентиляции и ателектазов, легочного фиброза (18,2 %). Для исследуемых больных характерным оказалось наличие длительной (до 10 дней), стойкой и труднокупируемой высокой лихорадки (82,1 %).

Среди больных с ДЦП и частыми респираторными заболеваниями (ОРВИ, бронхиты, пневмонии), повторными продолжительными госпитализациями с рецидивами, присоединением осложнений определены вторичные иммунодефицитные состояния (82,1 %) с присоединением герпесвирусной, грибковой инфекции, формированием дисбиоза слизистых дыхательных путей и кишечника. Этому способствовала частая, длительная, не всегда обоснованная антибактериальная терапия. Из бактериальных возбудителей преобладающими были *Str.pneumonia*, *H.influenzae*, *Klebsiellae spp.*, *Staph.aureus*, *Ps.aeruginosa* с формированием резистентных форм, согласно проводимым бактериологическим исследованиям мокроты или содержимого бронхов (44,4 %).

Таким образом, характер течения и тяжесть пневмонии у детей зависит от формы и выраженности ДЦП. Наиболее тяжелое течение пневмонии с признаками дыхательной недостаточности отмечалось при следующих формах ДЦП: двойной гемиплегии со спастическим тетрапарезом и выраженной мышечной гипертонией; атонически-астатической с низким мышечным тонусом и поражением корково-подкорковых связей; гиперкинетической с гиперкинезами. Эти больные длительно находились в условиях ОАРИТ с проведением искусственной вентиляции легких. Выраженность и стойкость признаков дыхательной недостаточности поддерживалась за счет гастро-эзофагального рефлюкса, микроаспирации, рвоты, дисфагии, длительной стойкой лихорадки. Отсутствие эффекта от проводимой терапии связано также с развитием вторичного иммунодефицитного состояния, дисбиоза слизистых дыхательных путей и кишечника, наличием резистентных форм возбудителей.

Из этого следует, что всем больным ДЦП следует регулярно исследовать легочную функцию, даже при отсутствии респираторных симптомов, обследовать на характер аспирационной патологии, подбирать специальные дыхательные методики при неэффективном кашлевом рефлексе. Желательно координированное ведение больного коллективом многопрофильных специалистов.

### Литература

1. Паленова Н. Г. Развитие спинального отдела дыхательного центра и влияние на него вредных факторов : дис. ... канд. биол. наук. М., 1963. С. 20.
2. British Thoracic Society guideline for respiratory management of children with neuromuscular weakness. *Thorax* 2012;67:Suppl 1 i1-i40
3. Gerdung C. A., Tsang A., Yasseen A. S., Armstrong K., McMillan H. J., Kovesi T. Association Between Chronic Aspiration and Chronic Airway Infection with *Pseudomonas aeruginosa* and Other Gram-Negative Bacteria in Children with Cerebral Palsy. *Lung*. 2016. Apr; 194(2):307–14.
4. Jain S., Williams D. J., Arnold S. R., Ampofo K., Bramley A. M., Reed C., et al. Community-acquired pneumonia requiring hospitalization among US children. *N Engl J Med*. 2015; 372: 835–45.
5. Michelow I. C., Olsen K., Lozano J., Rollins N. K., Duffy L. B., Ziegler T., Kauppi-la J., Leinonen M., McCracken G. H. Jr. Epidemiology and clinical characteristics of community-acquired pneumonia in hospitalized children. *Pediatrics*. 2004. Apr; 113(4): 701–7.
6. Millman A. J., Finelli L., Bramley A. M., Peacock G., Williams D. J., Arnold S. R., Grijalva C. G., Anderson E. J., McCullers J. A., Ampofo K., Pavia A. T., Edwards K. M., Jain S. Community-Acquired Pneumonia Hospitalization among Children with Neurologic Disorders. *J Pediatr*. 2016 jun; 173: 188–195.e4.
7. Panitch H. B. and Kolb S. M. Home Care of Ventilator-Assisted Children. In: *A Practical Guide to Pediatric Respiratory Diseases*. Schidlow DV and Smith DS, ed. Hanley & Belfus, Philadelphia. pp. 301–306.
8. Seddon P., Khan Y. Respiratory problems in children with neurological impairment. *Arch. Dis. Child*. 2003 Jan; 88(1): 75–78.
9. Veugelers R., Calis E., Penning C., Verhagen A., Bernsen R., Bouquet J., Bennin-ga M. A., Merkus P., Arets H., Tibboel D., Evenhuis H. M. A population-based nested case control study on recurrent pneumonias in children with severe generalized cerebral palsy: ethical considerations of the design and representativeness of the study sample. *BMC Pediatr*. 2005; 5:25.
10. Vianello A., Corrado A., Arcaro G., Gallan F., Ori C., Minuzzo M., Bevilacqua M. Mechanical insufflation-exsufflation improves outcomes for neuromuscular disease patients with respiratory tract infections. *Am.J.Phys.Med.Rehabil*. 2005. Feb; 84(2): 83-8; discussion 89–91.

УДК 616.831.38-008.811-053.2-073.756.8

*Афинеевская А. Ю., Тарасенко Л. Л.*

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ КАК МЕТОД ВЫБОРА В ДИАГНОСТИКЕ И ОЦЕНКЕ ДИНАМИКИ ЛЕЧЕНИЯ ГИДРОЦЕФАЛИИ ДЕТЕЙ ПЕРВЫХ ДВУХ ЛЕТ ЖИЗНИ В ХМАО – ЮГРЕ**

Проанализированы результаты основных методов лечения гидроцефалии головного мозга 85 детей первых двух лет жизни методом компьютерной томографии с использованием индекса Эванса.

*Ключевые слова:* гидроцефалия, лучевая диагностика, компьютерная томография, ликвородинамика.

По данным различных литературных источников, частота гидроцефалии (ГЦ) составляет 0,1–4 на 1000 новорожденных [4, 6] и является одним из самых распространенных заболеваний нервной системы у детей раннего возраста [4,5].

Гидроцефалия, как полиэтиологическое заболевание, проявляется в выраженном увеличении ликвороносящих путей за счёт избыточного скопления спинномозговой жидкости (СМЖ) [3, 4, 6]. Известны различные классификации этого заболевания [4], однако единой классификации не существует. Большинство авторов подразделяют ГЦ на врожденную и приобретенную [3, 4]. В 80 % врожденная ГЦ сочетается с пороками развития, в других случаях – с внутриутробной инфекцией [6].

На сегодняшний день применяют консервативную и хирургическую тактику лечения ГЦ в зависимости от тяжести состояния больного. К основным видам хирургического лечения относят операции, направленные на временное снижение внутричерепного давления (ВЧД), на подавление продукции ликвора, на восстановление ликвороциркуляции, на активизацию ликворосорбции, на выведение ликвора в другие системы организма [2]. Наиболее частой причиной неудач хирургического лечения ГЦ (50,7 %) является непроходимость, дисфункция шунта [7]. Отдельную категорию пациентов с ГЦ составляют недоношенные дети с низкой, очень низкой и экстремально низкой массой тела. В 50 % случаев, у недоношенных детей с желудочковым кровоизлиянием (ВЖК) диагностируется развитие этого грозного состояния [8].

Результат лечения ГЦ напрямую зависит от веса ребенка на момент операции, степень выраженности кровоизлияния, тяжесть состояния [7]. На основе нейровизуализирующих методов исследований, в частности КТ, разработаны индексы, характеризующие относительные размеры желудочков головного мозга (ГМ) для их оценки: индекс Эванса [1, 7], индекс Шлаттенбрандта-Нюренбергера, индекс Акимова-Комиссаренко.

**Цель исследования.** Оценить динамику консервативного и оперативного лечения гидроцефалии у детей первых двух лет жизни в ХМАО – Югре методом компьютерной томографии (КТ).

**Материалы и методы.** Методом КТ, на базе Сургутской клинической травматологической больницы, детского нейрохирургического отделения, было проведено динамическое обследование 85 детей в возрасте первых двух лет жизни с диагнозом ГЦ.

Учитывая определения ВОЗ, все 85 детей были разделены на две группы: доношенные дети ( $n = 36$ ) и недоношенные дети ( $n = 49$ ). Среди пациентов первой группы, все дети имели нормальный вес. Среди детей второй группы – 22 (44,9 %) ребенка были с низким весом, 16 (32,6 %) детей с очень низким весом и 11 (22,4 %) детей с экстремально низким весом. Всем пациентам было проведено клиничко-лучевое динамическое обследование. Первое сканирование головного мозга (ГМ) методом КТ было проведено на момент обращения, в течение первых шести месяцев жизни. С учетом тяжести состояния, 53 (62,3 %) пациентам из обеих групп были оказаны хирургические методы лечения, 32 (37,6 %) детям – консервативные. Контрольное исследование ГМ было выполнено на момент выписки из стационара.

Исследования проводились на компьютерном томографе Philips Brilliance CT 40, с шагом сканирования 2 мм, с силой постоянного тока 30 мА.

**Результаты.** По данным КТ оценивалась структура вещества головного мозга, для анализа степени выраженности ГЦ использовался индекс Эванса.

При интерпретации КТ-картины ГМ, на этапе поступления в стационар, была выявлена внутренняя гидроцефалия у 24 (66,6 %) детей первой группы и 30 (61,2 %) детей второй группы. Практически в равных процентных соотношениях между группами, были установлены такие признаки как: гипоксически-ишемические поражения ГМ, перивентрикулярная



лейкомаляция, порэнцефалические и арахноидальные кисты. Учитывая клинико-лучевые данные на момент первичного обращения, были определены основные этиологические факторы развития ГЦ ГМ детей на территории ХМАО. На первый план выступает геморрагическое поражение ГМ (в 9 (25 %) случаях первой группы и 6 (12,2 %) случаях второй группы). На втором месте аномалии развития мозолистого тела, прозрачной перегородки (в 5 (13,8 %) случаях в первой группы и в 5 (10,2 %) случаях во второй группы), аномалия Арнольда-Киари (в 5 (13,8 %) случаях первой группы).

Результаты и консервативного, и оперативного лечения ГЦ ГМ были оценены методом динамического КТ-контроля с использованием индекса Эванса. По данным индекса Эванса, на момент первичного исследования, степень выраженности ГЦ была отмечена как умеренная у 18 (50 %) детей первой группы и 23 (46,9 %) детей второй группы. Выраженная степень ГЦ ГМ была отмечена в 9 (25 %) случаях первой группы и 14 (28,6 %) случаях второй группы. В 9 (25 %) случаях в группе доношенных детей и в 12 (24,5 %) случаях группы недоношенных детей, индекс Эванса показал вариант нормы, что не соответствовало КТ-картине головного мозга в целом (табл. 1).

Таблица 1

**Особенности КТ-картины головного мозга на момент первичного обращения (%)**

Особенности КТ-картины головного мозга	1-я группа, доношенные дети n = 36	2-я группа, недоношенные дети n = 49
Характеристика ГЦ по морфологическому признаку:		
- наружная ГЦ	0	6 (12,2)
- внутренняя ГЦ	24 (66,6)	30 (61,2)
- смешанная ГЦ	12 (33,3)	13 (26,5)
Особенности КТ-картины на момент первичного обращения:		
- ВЖК	0	10 (20,4)
- признаки гипоксически-ишемического поражения ГМ	18 (50)	20 (40,8)
- перивентрикулярная лейкомаляция	12 (33,3)	14 (28,5)
- кальцинаты вещества головного мозга	4 (11,1)	10 (20,4)
- порэнцефалические, субарахноидальные, кисты желудочков	12 (33,3)	13 (26,5)
- гидромы	4 (11,1)	8 (16,3)
- внутримозговые гематомы	3 (8,3)	8 (16,3)
Индекс Эванса на момент первичного обращения:		
- вариант нормы 24 %–30 %	9 (25)	12 (24,5)
- умеренно выраженная ГЦ до 42 %	18 (50)	23 (46,9)
- выраженная ГЦ >42 %	9 (25)	14 (28,6)

При анализе результатов оперативного лечения ГЦ ГМ, существенной разницы между двумя группами исследуемых детей выявлено не было. Практически в равных соотношениях было произведено хирургическое вмешательство на ГМ в обеих группах (табл. 2). В целом, в оперативном лечении нуждался больший процент детей первой группы (74,9 %), чем второй (53 %).

Таблица 2

Оперативное лечение ГЦ ГМ (%)

Количество проведенных оперативных лечений ГЦ на одного пациента:	1-я группа, доношенные дети n = 36	2-я группа, недоношенные дети n = 49
1 операция	13 (36,1)	13 (26,5)
2 и более операции	14 (38,8)	13 (26,5)

Примерно в одинаковых процентных соотношениях, с помощью индекса Эванса, была зарегистрирована положительная динамика консервативного и оперативного лечения у 11 (30,5 %) пациентов первой группы и 15 (30,6 %) пациентов второй группы. Отрицательная динамика превалировала в группе доношенных детей (12 (33,3 %) случаев в сравнении 6 (12,2 %) случаями в группе недоношенных детей). Отсутствовала динамика у 13 (36,1 %) детей первой группы и 28 (57,1 %) детей второй группы (табл. 3).

Таблица 3

Динамика лечения ГЦ, изменения показателей индекса Эванса (%)

Динамика лечения ГЦ	1-я группа, доношенные дети n = 36	2-я группа, недоношенные дети n = 49
Динамика изменения индекса Эванса (на момент выписки из стационара):		
- положительная	11 (30,5)	15 (30,6)
- отрицательная	12 (33,3)	6 (12,2)
- нет динамики	13 (36,1)	28 (57,1)
Динамика лечения ГЦ ГМ по клиническим, лабораторным, инструментальным данным (КТ-картине в целом):		
- положительная	18 (50)	29 (59,2)
- отрицательная	12 (33,3)	5 (10,2)
- без динамики	6 (16,6)	15 (30,6)

**Обсуждение.** При анализе 85 случаев ГЦ ГМ, чаще выявлялась умеренно выраженная (по данным индекса Эванса) внутренняя гидроцефалия. Этиологическим фактором, повлиявшим на развитие ГЦ стало следствие перенесенных геморрагических поражений ГМ, аномалии развития мозолистого тела и прозрачной перегородки, аномалии Арнольда-Киари, Денди-Уокера (рис. 1).



**Рис. 1.** Пациент О. Врожденная внутренняя гидроцефалия. Мальформация Dandy-Walker. а) 20 дней после рождения. КТ-картина выраженной внутренней симметричной гидроцефалии; перивентрикулярной лейкомаляции; расширения IV желудочка, соединяющегося с большой кистой задней черепной ямки; признаков гипоплазии мозжечка с высоким расположением мозжечкового намета.

б) КТ через бмес. Состояние после закрытого наружного дренирования слева, эндоскопической кисто-вентрикулостомии, стентирования сильвиева водопровода, вентрикулоперитонеального шунтирования системой среднего давления справа.

В целом, учитывая клинические, лабораторные данные и результаты КТ, в 55 % случаев среди исследуемых детей двух групп, результат оперативного и консервативного лечения был положительным. У 12 (33,3 %) детей первой группы и 5 (10,2 %) детей второй группы результат лечения неблагоприятный.

**Выводы.** Среди 85 пациентов, проходивших лечение ГЦ ГМ, 53 (62,3 %) детям были оказаны хирургические методы лечения, 32 (37,6 %) детям – консервативные. Данные результаты свидетельствуют о важности роли хирургической тактики ведения таких больных.

По данным зарубежных исследований [9], и в ходе нашей научной работы, стало очевидным, что на конечный отрицательный результат лечения ГЦ повлияла не только степень ее выраженности, но и в подавляющем большинстве низкий вес ребенка на момент операции. В результате исследования данной патологии с использованием индекса Эванса как варианта оценки динамики этого заболевания, нами было доказано, что в 24,7 % его показатели не соответствовали истинной картине. Ложноотрицательные результаты при использовании индекса Эванса были выявлены вследствие нарушения ликвородинамики с выраженным расширением полостей задних и височных рогов желудочков мозга, при относительно нормальных размерах передних (рис. 2).



Рис. 2. Пациент П., 7мес., врожденная внутренняя гидроцефалия

Таким образом, не во всех случаях можно оценить динамику степени выраженности ГЦ ГМ, используя лишь индекс Эванса. Оценка состояния ликворных систем возможна в совокупности клинических данных и учетом вариантов развития головного мозга.

### Литература

1. Богомякова О. Б., Станкевич Ю. А., Месропян Н. А., Шрайбман Л. А., Тулупов А. А. Применение фазово-контрастной магнитно-резонансной томографии в количественной оценке ликвородинамики у пациентов с сообщающейся гидроцефалией // Вестник рентгенологии и радиологии. 2016. № 1. С. 20–27.
2. Гаврилов Г. В., Черebilло В. Ю., Легздайн М. А., Свистов Д. В. Лечение окклюзионной гидроцефалии // Нейрохирургия. 2010. № 2. С. 52–57.
3. Кузьмичев Д. Е., Вильцев И. М., Чирков С. В., Кузьмичева Т. Г. Злокачественная гидроцефалия // Проблемы экспертизы в медицине. 2013. № 3. С. 42–43.
4. Орлов Ю. А., Маловичко И. А., Марущенко Л. Л. Гидроцефалия критической степени у детей (состояние проблемы и перспективы) // Украинский нейрохирургический журнал 2012. № 1. С. 10–11.
5. Орлов Ю. А., Маловичко И. А., Марущенко Л. Л., Шмелева А. А. Качество жизни детей при гидроцефалии критической степени // Украинский нейрохирургический журнал. 2012. № 2. С. 8–11.

6. Петрухин А. С. Детская неврология. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. 560 с.
7. Beuriat P. A., Puget S., Cinalli G., Blauwblomme T., Beccaria K., Zerah M., Sainte-Rose C. Hydrocephalus treatment in children: long-term outcome in 975 consecutive patients // J Neurosurg Pediatr. 2017. 20. P. 81–85.
8. Ros-López B., Jaramillo-Dallimonti A.M., De Miguel-Pueyo L.S., Rodríguez-Barceló S., Domínguez-Páez M., Ibáñez-Botella G., Márquez-Márquez B., Arráez-Sánchez M.A. Ventricular haemorrhage in preterm neonates and posthemorrhagic hydrocephalus. Proposal of a management protocol based on early ventriculo-peritoneal shunt // Neurocirugia(Astur). 2009. 11. P. 45–49.

УДК 616-08-031.84

*Волкинский А. Б., Каримов И. М., Дарвин В.В.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ГНОЙНО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**

Цель: провести анализ литературных данных использования антибактериальной фотодинамической терапии для обоснования рабочей гипотезы – возможности включения фотодинамической терапии в программу лечения распространенного перитонита.

Обсуждение: метод антибактериальной фотодинамической терапии основан на избирательной способности фотосенсибилизатора накапливаться в энергодефицитных тканях (пролиферирующие раковые клетки, воспаленные ткани, бактерии и вирусы). При активации фотосенсибилизатора квантами света происходит фотодинамическая реакция с образованием синглетного кислорода, последующим запуском свободнорадикальных цитотоксических реакций, в результате которых происходит гибель клеток. Приведены основные преимущества использования антибактериальной фотодинамической терапии.

Заключение: анализ литературных данных позволяет сделать вывод о высокой эффективности использования фотодинамической терапии при гнойно-воспалительных заболеваниях.

*Ключевые слова: гнойно-воспалительные заболевания, антимикробная фотодинамическая терапия.*

Гнойно-воспалительные заболевания являются чрезвычайно актуальной проблемой современной хирургии, составляя до 30–40 % в структуре хирургической патологии. В структуре нозокомиальных инфекций частота хирургических инфекций мягких тканей составляет 24–36 %. Гнойно-воспалительные заболевания мягких тканей занимают третье место в этиологической структуре сепсиса [1].

Основные принципы комплексного лечения данной патологии остаются неизменными в течение длительного времени – раннее и радикальное оперативное лечение, адекватная санация и дренирование гнойно-воспалительного очага, дополненное антибактериальной терапией. Однако, неудовлетворенность результатами лечения, рост и массовое распространение антибиотико-резистентных форм микроорганизмов, определило необходимость поиска новых подходов в комплексном лечении гнойно-воспалительных заболеваний. Помимо совершенствования хирургической техники и расширения арсенала антибактериальных препаратов, необходимы новые пути влияния на патогенную флору, позволяющие устранить или нивелировать резистентность микроорганизмов. Одним из таких способов стала фотодинамическая терапия.

Фотодинамическая терапия – интенсивно развивающаяся медицинская технология, получающая все большее распространение в мире. Влияние квантов света при лечении различных заболеваний имеет давнюю историю. Еще в древнеегипетской, индийской и китайской цивилизации использовался свет для лечения различных заболеваний, включая псориаз, рахит, витилиго и рак кожи. В 1774 г. Faure в своей работе предложил лечить трофические язвы голени солнечными лучами. В 1775 г. Le Peuge и Le Comte доложили об излечении язв голени подобным способом [3]. История научного изучения фотодинамического эффекта начинается с 1900 г. с работы О. Raab в лаборатории Н. von Tarpeiner в Мюнхенском университете при изучении взаимодействия различных красителей и света на парамеции. Он доказал, что комбинация светового воздействия и наличия некоторых красителей приводит к гибели парамеций, в то время как по отдельности эти факторы не приводят к гибели последних. В 1904 г. Н. von Tarpeiner ввел термин фотодинамическая реакция для описания специфической фотохимической реакции, которая приводит к гибели биологических систем в присутствии света, красителя, поглощающего световое излучение и кислорода [2]. В 1903 г. датский ученый Нильс Рюберг Финзен получил Нобелевскую премию за разработку фототерапии в лечении оспы и кожного туберкулеза. Однако, отсутствие возможности получения фотосенсибилизаторов и необходимых источников света, ограничивало внедрение фотодинамической терапии в практику. Открытие и массовое внедрение в клиническую практику антибиотиков приостановило развитие антимикробной фотодинамической терапии. В последние годы распространение антибиотико-резистентных форм микроорганизмов, развитие лазерной техники определило возрождение интереса к антибактериальной фотодинамической терапии.

Сущность метода состоит в способности фотосенсибилизатора избирательно накапливаться в энергодефицитных тканях (пролиферирующие раковые клетки, воспаленные ткани, бактерии и вирусы) [8]. При воздействии энергией когерентного или некогерентного светового излучения происходит активация молекул фотосенсибилизатора, которая в присутствии кислорода приводит к выделению синглетного кислорода. Синглетный кислород образуется в молекулах липидов и белков мембран клеток, внутриклеточных органеллах при воздействии на них квантов света. Происходит разрыв атомарных связей молекул и запускается каскад свободно-радикальных цитотоксических реакций, в результате которых происходит гибель клеток.

В ходе экспериментальных и клинических работ были определены основные преимущества использования антимикробной фотодинамической терапии:

- эффективность фотодинамической терапии не зависит от спектра чувствительности микроорганизмов к антибиотикам, она оказалась эффективной в том числе и в отношении антибиотикорезистентных штаммов *St. Aureus*, *E.coli*, микобактерий туберкулеза и других [4, 5, 10];
- при необходимости длительной терапии хронических инфекционных процессов эффективность фотодинамической терапии не убывает со временем [6, 7, 11];
- при длительном применении патогенные микроорганизмы не приобретают резистентности к фотодинамической терапии [6, 7, 11];
- Бактерицидный эффект фотодинамической терапии имеет локальный характер, нет системного влияния на нормальную микрофлору организма, поскольку фотодинамическая реакция наступает только лишь при комбинации двух факторов – фотосенсибилизатора и светового воздействия при наличии кислорода. Потому зона воздействия фотодинамической реакции ограничена полем светового излучения и не распространяется на другие локализации, не подвергающиеся лечению [5, 9, 12].

Несмотря на указанные преимущества, применение фотодинамической терапии редко выходило за рамки клинических исследований из-за отсутствия подходящего фотосенсибилизатора. Имеющиеся фотосенсибилизаторы I поколения (на основе гематопорфирина) обладали высокой фототоксичностью, длительно выводились из организма и требовали соблюдения темного режима от 1 до 6 месяцев, что существенно ограничивало их применение.

В начале 21 века прошли клинические испытания фотосенсибилизаторы II поколения (фталоцианины, бензопорфирины, хлорины и др.). Их синтез и промышленное производство

позволили значительно расширить области применения фотодинамической терапии и ввести ее в широкую клиническую практику. Обладая высокой скоростью накопления в тканях (до нескольких часов) и быстрым периодом выведения (до нескольких суток), они стали находить свою нишу в разных областях клинической медицины, в том числе и при лечении гнойно-воспалительных заболеваний.

Таким образом, антимикробная фотодинамическая терапия может существенно расширить имеющийся арсенал лечения гнойно-воспалительных заболеваний. Целесообразность использования антимикробной фотодинамической терапии выше в случаях тяжелых инфекционно-воспалительных заболеваний. Особенно перспективным представляется использование ее в случаях, когда традиционные способы воздействия на инфекционно-воспалительный процесс, такие как хирургическая санация, антибактериальная терапия, ограничены топографо-анатомическими, микробиологическими факторами. Например, при сложности или невозможности достижения адекватной санации и дренирования инфекционно-воспалительного очага, обусловленного ассоциацией полирезистентных микроорганизмов. Разумеется, антимикробная фотодинамическая терапия не способна заменить традиционные методы лечения, но она может стать той опцией, которая позволит значительно улучшить прогноз в наиболее тяжелых клинических случаях.

### Литература

1. Гельфанд Б. Р. и редакционный совет. Хирургические инфекции кожи и мягких тканей. Российские национальные рекомендации. 2-е перераб и доп. изд.. М., 2015. 109 с.
2. Гейниц А. В., Сорокатый А. Е., Ягудаев Д. М., Трухманов Р. С. Фотодинамическая терапия. История создания метода и ее механизмы // Лазерная медицина. 2007. Т. 11, № 3. С. 42–46.
3. Гинюк В. А. Использование фототерапии для лечения гнойных ран и возможность ее применения у больных с острым парапроктитом // Военная медицина. 2010. № 3. С. 79–83.
4. Странадко Е. Ф. Гастродуоденальный геликобактериоз и ассоциированные с ним заболевания как объекты для фотодинамической терапии // Лазерная медицина. 2002. Т. 6, № 1. С. 53–58.
5. Странадко Е. Ф., Толстых П. И., Коробоев У. М. Фотохимическое воздействие на патогенные микроорганизмы, вызывающие гнойно-воспалительные заболевания мягких тканей : Материалы III Всерос. симп. 11–12 ноября 1999. М., 1999. С. 83–91.
6. Толстых М. П. Комплексная оценка нового раневого покрытия дальцекс-трипсином-серебро в лечении экспериментальных гнойных ран : дис. ... канд. мед. наук. М., 1999. 131 с.
7. Толстых П. И., Клебанов Г. И., Шехтер А. Б., Толстых М. П. Антиоксиданты и лазерное излучение в терапии ран и трофических язв. М. : Издательский дом «Эко», 2002. 234 с.
8. Толстых П. И., Странадко Е. Ф., Коробоев У. М. Фотодинамическое воздействие на бактериальную микрофлору ран в эксперименте // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2001. № 2. С. 85–87.
9. Maisch T., Szeimies R-M., Love B., Abeles Ch. Antibacterial PDT against MRSA *S. aureus* a therapeutic window in vitro // 9-th World Congress of the International Photodynamic Association. 20–23 May 2003. Miyazaki. Japan. P. 27.
10. Malik Z., Ladan H., Nitzan Y., Smetana Z. Antimicrobial and antiviral activity of porphyrin photosensitization. In Photodynamic therapy of cancer. G. Jori, J. Moan, W. Star, Editors, Proc. SPIE 2078. 1994. P. 305–312.
11. Grosserode M. H., Wenzel R. P. The continuing importance of staphylococci as major hospital pathogens // J. Hosp. Infect. 1991. Vol. 19. P. 3–17.
12. Jori G., Roncucci G. Phthalocyanines as PDT agents for the treatment of infections diseases // 9-th World Congress of the International Photodynamic Association. 20–23 May 2003. Miyazaki. Japan. P. 27.

УДК 61:004

**Гаулика С. О., Хорина М. Ю.**

*Научный руководитель: Тюрина И. А., к. м. н., доцент, СурГУ*

## **ОТНОШЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ К ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ АМБУЛАТОРНО-ПОЛИКЛИНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В г. СУРГУТЕ**

В статье приводятся результаты изучения мнения респондентов о некоторых возможностях использования информационных технологий в амбулаторно-поликлиническом обслуживании населения. К возможности использования интернет-технологий для оказания медицинской помощи большинство относится с недоверием. Треть опрошенных, преимущественно в возрасте до 30 лет, пользуются для записи на прием сайтами медицинских учреждений. Респонденты более старшего возраста, предпочитают традиционные способы записи на прием.

*Ключевые слова: информационные технологии, интернет-технологии, амбулаторно-поликлиническая помощь, качество медицинской помощи, запись на прием.*

В эпоху информационного общества перед медициной и системой здравоохранения открываются огромные перспективы. Учитывая темпы роста пользователей сети Интернет в нашей стране, эта тема является особо актуальной. Стратегически важная задача в условиях реформирования здравоохранения – организация принципиально нового взаимодействия лечебно-профилактических учреждений со специализированными медицинскими учреждениями путем дистанционного оказания высококвалифицированной помощи населению, с использованием современных информационных технологий и интеллектуального потенциала лучших специалистов [1].

В соответствии с Концепцией создания единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ), утвержденной приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28 апреля 2011 № 364 и 323-ФЗ от 21.11.2011 г. (ред. от 03.07.2016), основной целью создания Системы является обеспечение эффективной информационной поддержки процесса управления системой медицинской помощи, а также процесса оказания медицинской помощи.

Для решения проблемы повышения доступности и качества медицинской помощи на сегодняшний день в учреждениях округа и в том числе в г. Сургуте осуществляются мероприятия, позволяющие решать задачи ЕГИСЗ. Внедрены информационные системы с разным функционалом, такие как электронная регистратура, лабораторная система.

Электронная регистратура активно используется всеми категориями пациентов, что повышает доступность медицинской помощи. Внедрение этого сервиса позволило разгрузить отделы регистратуры, снизить напряженность по отношению к медицинскому персоналу со стороны пациентов. Лабораторная система позволила уменьшить время получения результатов анализов врачом-специалистом, отследить движение результата анализа от забора биологического материала до пациента и др. [3].

Отсутствие опыта предоставления медицинских услуг с возможностью использования дистанционных интернет-технологий, а также появление этических, юридических, психологических и социальных вопросов медицинского применения Интернета только начинают вызывать у отечественных исследователей интерес [2]. Эти проблемы, тесно связанные с темпами информатизации отечественной системы здравоохранения, и определяют актуальность нашего исследования.

**Целью исследования явилось** отношение пациентов к возможности использования современных информационных технологий в области медицины, позволяющих увеличить доступность и повысить качество оказываемой амбулаторно-поликлинической помощи.

**Задачи исследования**

1. Определить эффективность использования пациентами электронной регистратуры для решения проблемы записи на прием к врачу.
2. Изучить отношение пациентов к возможности использования телемедицины в амбулаторно-поликлинических условиях.
3. Определить факторы, влияющие на возможность использования интернет-технологий пациентами.
4. Выявить основные трудности и причины отказа пациентов от использования телемедицинских технологий.

**Материалы и методы исследования**

Было опрошено 200 человек различных возрастных категорий и социального статуса, проживающих как в г. Сургуте, так и в Сургутском районе и других городах. В анкетировании приняли участие студенты СурГУ, пациенты ГП № 1 и ГП № 3. Ответы респондентов распределились следующим образом: предпочитают лично в регистратуре записываться на прием 45 % (91 человек), используют звонок в регистратуру 22 % (43 человека), записываются онлайн на сайте 33 % (66 человек), преимущественно лица до 30 лет.

Таблица 1

**Структура респондентов по полу, использующих интернет для записи на прием к врачу**

Место жительства	Пользуются интернетом		Не пользуются интернетом		Итого
	м	ж	м	ж	
Сургут	16 % (32 чел.)	34,5 % (69 чел.)	13 % (26 чел.)	15,5 % (31 чел.)	79 % (158 чел.)
Сургутский р-он	2,5 % (5 чел.)	5 % (10 чел.)	–	2 % (4 чел.)	9,5 % (19 чел.)
Другие города ХМАО	2,5 % (5 чел.)	5 % (10 чел.)	3 % (6 чел.)	1 % (2 чел.)	11,5 % (23 чел.)
<b>Всего</b>	<b>42 (21 %)</b>	<b>89 (44,5 %)</b>	<b>32 (16 %)</b>	<b>37 (18,5 %)</b>	<b>200 (100 %)</b>

В Сургуте для записи на прием онлайн среди мужчин пользуются интернетом 16 %, не пользуются с этой целью – 13 %; среди женщин пользуются 34,5 %, не пользуются – 15,5 %.

В Сургутском районе для записи на прием онлайн среди мужчин пользуются интернетом 2,5 %, среди женщин – 5 %.

В других городах для записи на прием онлайн среди мужчин пользуется интернетом 2,5 %, среди женщин – 3 %.

В г. Сургуте для записи на прием к врачу интернет используют 59,5 % в возрасте до 30 лет, 16% в возрасте от 31 до 50 лет, 24,5 % в возрасте от 51 и старше.

В Сургутском районе интернет с этой целью используют 70 % респондентов в возрасте до 30 лет, 20 % от 31 до 50 лет, 10 % от 51 и старше.

В других городах распределение следующее: используют интернет-технологии для записи на прием 75 % в возрасте до 30 лет, 12,5 % в возрасте от 31 до 50 лет, 12,5 % в возрасте старше 51 года.

Таблица 2

**Структура опрошенных по возрасту, использующая интернет для записи на прием к врачу**

Место жительства	Пользуются интернетом			Не пользуются интернетом			Итого
	До 30 лет	31–50 лет	51 и < лет	До 30 лет	31–50 лет	51 и < лет	



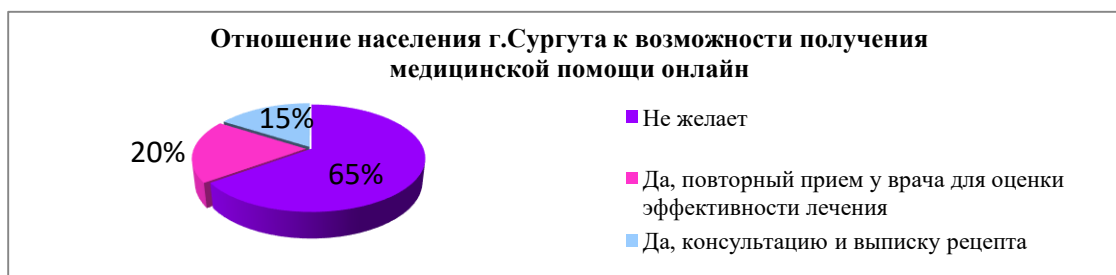
Сургут	59,5 % (68 чел.)	16 % (18 чел.)	24,5 % (28 чел.)	52 % (32 чел.)	22 % (14 чел.)	26 % (16 чел.)	176
Сургутский р-он	70 % (7 чел.)	20 % (2 чел.)	10 % (1 чел.)	0	0	0	10
Другие города ХМАО	75 % (6 чел.)	12,5 % (1 чел.)	12,5 % (1 чел.)	50 % (3 чел.)	17 % (1 чел.)	33 % (2 чел.)	14
<b>Всего</b>	<b>81</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>200</b>

Лично в регистратуре записывается на прием 45 % (91 человек), используют звонок в регистратуру 22 % (43 человека), записываются онлайн на сайте 33 (65 человек) (преимущественно лица до 30 лет). Медицинскую помощь online в возрастной категории до 30 лет получали 48 % женщин и 33 % мужчин, от 31 до 50 лет – 35 % женщин и 34 % мужчин, от 51 и старше – 17 % женщин и 33 % мужчин.



**Рис. 1. Способы записи на прием к врачу**

В Сургуте 65 % (97 человек) не хотели бы получать медицинскую помощь онлайн, 20 % (29 человек) человек – хотели бы повторный прием врача для оценки эффективности лечения, 15 % (22 человека) – хотели бы консультацию и выписку рецепта в онлайн-режиме. 35 % опрошенных из города Сургута хотели бы получать медицинскую помощь по интернету. Предпочли бы медицинскую помощь онлайн стандартному приему у врача 17 % в основном, это население в возрасте до 30 лет. Стандартный прием у врача предпочитают 83 % (156 человек) среди них преобладает население старше 50 лет, 30 человек затруднились ответить. При этом по полу мнения разделились следующим образом: 35 % мужчин и 33 % женщин (в возрасте до 30 лет); 27 % мужчин и 30 % женщин (в возрасте от 31 до 50 лет); 38 % мужчин и 37 % женщин (в возрасте старше 51 года).



**Рис. 2. Отношение населения г.Сургута к возможности получения медицинской помощи онлайн**

В зависимости от времени ожидания желание получить медицинскую помощь в другой форме респонденты выразили следующим образом: среди ожидавших приема врача до 15 минут медицинскую помощь онлайн желают получить 60 %, не желают – 40 %; среди ожидавших приема до 30 минут: желают 38 %, не желают – 62 %; среди ожидавших более 30 минут: желают получать помощь с использованием новых технологий – 28 %, не желают – 72 %. Большинство опрошенных желающих получить медицинскую помощь по интернету, это люди ожидавшие в очереди не более 15 минут.

Распределение респондентов, выражающих желание получать медицинскую помощь онлайн в зависимости от частоты обращений следующее: обратившихся за медицинской помощью до 1 раза/год – желание получать медицинскую помощь онлайн выразили 36 %, нежелание – 64 %. Среди обратившихся за медицинской помощью от 2 до 5 раз/год желание получать медицинскую помощь онлайн выразили 45 %, нежелание – 55 %. Среди обратившихся за медицинской помощью более 5 раз/год желание получать медицинскую помощь онлайн выразили 20 %, нежелание – 80 %.

Среди ожидавших приема у кабинета врача до 15 минут наибольшую долю составили люди в возрасте старше 51 года (52 %), 32 % приходится на людей в возрасте от 31 до 50 лет, и наименьший процент – это люди в возрасте до 30 лет (16 %). Среди ожидавших приема врача до 30 минут наибольший удельный вес составили люди в возрасте до 30 лет (57 %), 33 % приходится на людей в возрасте от 31 до 50 лет, и наименьший процент – это люди в возрасте от 51 и старше (10 %). Среди ожидавших приема врача до 30 минут наибольшее количество составили люди в возрасте до 30 лет (54 %), 27 % приходится на людей в возрасте от 31 до 50 лет, и наименьший процент – это люди в возрасте от 51 и старше (19 %). Из 21 человека, получавших медицинскую помощь online 35 % чувствуют неуверенность в качестве данной помощи, 20 % испытывают сложность с доступом в интернет, 35 % не видят сложностей в получении медицинской помощи по интернету, и 10 % испытывает сложность в использовании интернета. Из 179 человек, не получавших медицинскую помощь по интернету, 60 % чувствуют неуверенность в качестве данной помощи, 11 % испытывают сложность с доступом в интернет, 23 % не видят сложностей в получении медицинской помощи по интернету, и 6 % испытывают сложность в использовании интернета. Из числа респондентов, получавших медицинскую помощь по интернету, не уверены в качестве данной помощи, в основном, люди старше 30 лет (44 % в возрасте до 50 лет и 52 % в возрасте старше 50 лет). Среди желающих получить медицинскую помощь онлайн все респонденты не видят сложностей в ее использовании. Среди нежелающих получить данный вид помощи 69 % говорят о неуверенности в качестве такой помощи и 31 %, хоть и не желает, но, тем не менее, не видит сложностей в использовании медицинской помощи в онлайн-режиме.

### **Выводы**

1. Используют онлайн-запись к врачу только 33 % респондентов. Электронные регистратуры позволяют увеличить возможность и доступность записи к врачу, однако пользуются данным способом записи преимущественно лица в возрасте до 30 лет, среди которых ведущее место принадлежит женщинам.

2. Преобладающая доля респондентов (38 % мужчин и 37 % женщин в возрасте старше 50 лет) выразила недоверие к возможности использования телемедицинских технологий при оказании медицинской помощи.

3. Причинами отказа от возможности использования интернета явилось недоверие к качеству предоставляемой помощи в рамках телемедицинской технологии. Недоверие в основном выразили люди старше 30 лет (44 % в возрасте 31–50 и 52 % в возрасте старше 50 лет). Несмотря на отмеченную респондентами длительность ожидания, они все равно предпочитают стандартный прием.

4. Основная доля респондентов, выразившая сомнение в возможностях получения качественной медицинской помощи при использовании телемедицинских технологий, оказались люди старше 30 лет. Предпочитают использовать медицинские онлайн-технологии, в основном, лица в возрасте до 30 лет.

### **Литература**

1. Баранов А. А., Вишнева Е. А., Намазова-Баранова Л. С. Телемедицина – перспективы и трудности перед новым этапом развития // Педиатрическая фармакология. 2013. № 3. С. 6–11.

2. Павленко Е. В. Киберпространство медицины: Интернет как враг и союзник врача и пациента // Социология медицины. 2013. № 1 (22). С. 42–46.

3. Чучалина Т. В., Тюрина И. А. Новые информационные технологии в организации работы городской поликлиники № 2 г. Сургута // Фундаментальные и прикладные проблемы здоровьесбережения человека на Севере : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Сургут, 29 октября 2016 г. ; Сургут. гос. ун-т., Медицинский институт. Сургут, 2016. С. 183–187.

УДК 616-053.6/.7-056.57:616.891

*Герасимчик О. А., Гири Я. В.*

### **ДИНАМИКА УРОВНЯ ТРЕВОЖНОСТИ У ПОДРОСТКОВ С РАЗЛИЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА**

Детское ожирение влечет за собой как краткосрочные, так и долгосрочные неблагоприятные последствия для физического и психосоциального здоровья, и во многом является фактором риска для развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, ортопедических проблем и психических расстройств.

*Ключевые слова: тревожность, подростки, ожирение.*

Распространенность ожирения в мире настолько велика, что приобрела характер глобальной проблемы. Ожирение признано ВОЗ неинфекционной «эпидемией», сопровождающейся повышенным риском развития сопутствующих заболеваний: артериальной гипертензии, сахарного диабета 2 типа, атеросклероза, варикозной болезни и др [1; 7]. В случае сохранения имеющихся темпов роста заболеваемости прогнозируется, что к 2025 г. более 40 % мужчин и 50 % женщин будут иметь избыточный вес [7]. Максимально значим резкий рост распространенности ожирения среди детей и подростков [3; 4]. В США за последние 30 лет количество детей с ожирением увеличилось втрое: с 9 % в 1960 г. до 35 % в 2004 году. В Европе более 80 млн. детей (15–40 % детского населения) страдают избыточным весом и ожирением.

Глобальный кризис за последнее время резко повысил роль и значимость социальных, информационных, экологических и стрессовых факторов в жизни человека. Резкое увеличение количества вредных психологических воздействий привело к повышенной уязвимости личности по отношению к психоэмоциональным факторам социальной среды, способствовало увеличению заболеваемости психосоматическими расстройствами детей и подростков [5].

Заболевание, которые выявляют в связи с трудностями приспособления к резко ухудшенным условиям существования, называют болезнями адаптации, или «болезнями цивилизации», поскольку они в значительной мере связаны с прогрессом [5, с. 9]. Ожирение относится к группе психосоматических заболеваний, поскольку в механизме его возникновения, в клинических проявлениях, а так же течения и последствий огромную роль играют психологические и социальные вредности, особенности личности больных, их реакция на болезнь, жизненные ситуации, возникающие в связи с заболеванием [2].

По данным Д. М. Исаева (2005), задолго до появления явных психосоматических расстройств или первых симптомов ожирения у детей отмечают отдельные признаки эмоционального напряжения или состояния хронической тревожности. В детском возрасте при избыточном весе и ожирении выявляются функциональные отклонения со стороны центральной и вегетативной нервных систем, эндокринных желез и внутренних органов.

Уже в дошкольном возрасте, детей тревожит собственная масса тела, которое влияет на внешность, физическую активность, отношение к себе, самоуважение и реализацию в соци-

альной среде [6; 8]. У детей с избыточной массой тела происходит изменение психоэмоционального статуса ребенка, появляется ощущение тревожности, агрессивности, незащищенности, которая ухудшает качество жизни детей. Однако, данные о влиянии ожирения на психологическое здоровья детей чаще всего основываются лишь на субъективном мнении родителей о своем ребенке.

Тяжесть течения психосоматических заболеваний во многом зависит от состояния волевой и психоэмоциональной сферы личности, какие вступают во взаимодействие с социально-экологическими стрессовыми факторами, возникает вопрос о роли и значении конституционно типологических основ личности в формировании психосоматических расстройств при ожирении [5].

**Цель исследования.** Оценка уровня тревожности у подростков с различной массой тела.

**Материалы и методы.** Исследование проведено методом сплошной выборки. Объектом исследования стали 268 учащихся общеобразовательных школ г. Сургута. На первом этапе проведена оценка антропометрических показателей: масса тела, длина тела, расчет индекса массы тела (ИМТ), оценка проводилась с учетом возраста и гендерных признаков. Наличие ожирения устанавливалось при показателе ИМТ более 95 перцентиля, избыточная масса тела при ИМТ более 85 перцентиля. В зависимости от значений ИМТ, учащиеся были разделены на 3 группы: 1 группа – с нормальной массой тела; 2 – группа с избыточной массой тела, 3 группа подростки с ожирением.

На втором этапе исследования проведено анкетирование, для оценки уровня тревожности. В возрастной группе 13–17 лет использовали тест Спилбергера-Ханина, методика, исследующая психологический феномен тревожности: состояние тревожности, реактивная или ситуативная тревожность и личностные особенности (свойство тревожности). В нашей стране употребляется в модификации Ю. Л. Ханина (1976), которая им же была адаптирована к русскому языку.

Статистический анализ материала произведен с использованием программы STATISTIKA версия 8, программы Microsoft Excel 7.0. Применен корреляционный анализ с вычислением коэффициентов ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждения.** В исследования включены 268 подростков 13–17 лет: девочек 133 (49 %) и мальчиков 135 (51 %), средний возраст  $14 \pm 1,1$  лет. Оценка ИМТ позволила выделить 3 группы подростков: 1 группа – с нормальной массой тела, 204 человека (76 %), 2 группа – с избыточной массой тела, 47 подростков (17 %), 3 группа – с ожирением, 17 человек (7 %).

В группе подростков определяли ситуативную и личностную тревожность. При оценке личностной тревожности в группе подростков с нормальной массой тела получено, что низкий уровень имел место в 9 % случаев, умеренный уровень тревожности – в 67 %, высокий уровень – в 24 % случаев. В группе подростков с избыточной массой тела: в 9 % низкий уровень, в 57 % умеренный, в 34 % выявлен высокий уровень тревожности. У подростков с ожирением: низкий уровень тревожности в этой группе не определялся, умеренный уровень личностной выявлен в 53 %, высокий в 47 % случаев (таб. 1).

Таблица 1

Показатели личной тревожности в группах пациентов с различной массой тела

Группы	Степень тревожности			Сравнения между степенью в группе
	Высокая	Умеренная	Низкая	
Норма, n = 204	50 (24 %)	136 (67 %)	18 (9 %)	$\chi^2 = 109,5; df = 2;$ $p < 0,0001^*$
Избыточная масса, n = 47	16 (34 %)	27 (57 %)	4 (9 %)	$\chi^2 = 16,9; df = 2;$ $p = 0,0002^*$

Ожирение, n = 17	8 (47 %)	9 (53 %)	0	$\chi^2 = 0,0; df = 1;$ $p = 1,0$
------------------	----------	----------	---	--------------------------------------

Различия между группами статистически значимы при  $p < 0,05$ .

При оценке ситуативной тревожности в группе подростков с нормальной массой тела, соответствующей возрасту и полу, низкий уровень тревожности выявлен в 10 % случаев, умеренный в 74 % и высокий в 16 % случаев. У подростков с избыточной массой тела в 9 % случаев выявлен низкий уровень ситуативной тревожности, в 55 % случаев умеренная ситуативная тревожность, высокая ситуативная тревожность в 36 % случаев.

В группе ожирения низкий уровень диагностирован в 18 % случаев, умеренная тревожность в 59 %, высокий уровень выявлен в 23 % случаев (таб. 2).

Таблица 2

### Показатели ситуационной тревожности в группах пациентов с различной массой тела

Группы	Степень тревожности			Сравнения между степенью в группе
	Высокая	Умеренная	Низкая	
Норма, n = 204	33 (16 %)	150 (74 %)	21 (10 %)	$\chi^2 = 149,4; df = 2;$ $p < 0,0001^*$
Избыточная масса, n = 47	17 (36 %)	26 (55 %)	4 (9 %)	$\chi^2 = 15,6; df = 2;$ $p = 0,0004^*$
Ожирение, n = 17	4 (23 %)	10 (59 %)	3 (18 %)	$\chi^2 = 5,1; df = 2;$ $p = 0,08$

Различия между группами статистически значимы при  $p < 0,05$ .

Тревожность – общий термин для обозначения ряда расстройств, которые вызывают нервозность, страх, опасение и беспокойство. Эти нарушения влияют на наши чувства и поведение, и они могут проявляться реальными физическими симптомами. Тяжелое тревожное состояние может оказывать значительное влияние на повседневную жизнь. Тест Спилбергера-Ханина позволяет измерить тревожность как свойство личности и как состояние, связанное с текущей ситуацией.

Личностная тревожность – это склонность воспринимать, практически, все ситуации, как угрожающие, и реагировать на эти ситуации состоянием сильной тревоги. Высокая личностная тревожность может быть причиной невротического конфликта, эмоционального срыва и психосоматического заболевания.

Реактивная тревожность – (ситуативная тревожность, тревожность как состояние в данный момент времени) характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью. Это состояние возникает как эмоциональная реакция на стрессовую ситуацию и может быть разным по интенсивности и динамичности во времени. Очень высокая реактивная тревожность вызывает нарушения внимания, иногда нарушение тонкой координации.

Как правило, показатели личностной и ситуативной тревожности связаны между собой: у подростков с высокими показателями личностной тревожности ситуативная тревожность в схожих ситуациях проявляется в большей степени. При оценке шкалы Спилберга – Ханина, в группе подростков с избыточной массой тела и ожирением преобладал высокий уровень тревожности по сравнению с группой подростков с нормальной массой тела. Как установлено, ситуативная тревожность определяет степень тревоги (состояние) в данное время, личностная тревожность является наиболее стабильной психологической характеристикой детей. Высокая степень ситуативной тревожности приводит к беспокойству, напряженности, нервозности и нарушению внимания.

**Выводы.** Степень тревожности возрастает по частоте и силе выраженности у подростков с избыточной массой тела и ожирением. Повышение уровня тревожности (как ситуативной, так и личностной) у детей могут сопровождаться разнообразными психоэмоциональными расстройствами.

### Литература

1. Ахмедова Р. М. Ожирение у детей и подростков: распространенность, клиничко-метаболические особенности, возможности терапии и профилактики : автореф. дис... канд. мед. наук: 14.01.08. Пермь, 2015. С. 3–12
2. Васюкова О. В. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению ожирения у детей и подростков. М. : Институт детской эндокринологии ЭНЦ, 2013. С. 6–14
3. Гирш Я. В., Юдицкая Т. А., Тепляков А. А. Сравнительная характеристика типов пищевого поведения у детей и подростков с различной массой тела // Научно-практический журнал «Вестник СурГУ. Медицина». 2013. № 16 (2). С. 33–37.
4. Дедов И. И., Петеркова В. А Федеральные клинические рекомендации (протоколы) по ведению детей с эндокринными заболеваниями. М. : Практика, 2014. С. 167–178.
5. Исаев Д. Н. Психосоматическая медицина детского возраста. СПб. : Спец. лит., 2005. С. 150–151.
6. Слестухина Г. А. Роль психологической коррекции в лечении ожирения у детей : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.09. Саратов, 2009. С. 3–12.
7. Ehrenberg H. M., Dierker L. [et al.]. Prevalence of maternal obesity in an urban center // Am. J. Obs. Gyn. 2002. № 5. P. 1189.
8. Strauss R. S., Pollac H. A. Social marginalization of overweight children // Arch. Pediatr. Adolesc. Med. 2003. Vol. 157. P. 746–752.

УДК 612.43:613.13

*Губина А. Е., Койносов Ан. П.*

### СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

В статье представлены результаты исследования 60 спортсменов высокой квалификации, из которых 20 юношей и 40 девушек. Изучены следующие показатели: свободный тироксин и трийодтиронин, тиреотропный гормон, кортизол, общий тестостерон, дегидроэпиандростерон-сульфат. По результатам исследования у юношей и девушек выявлены статистически значимые сезонные изменения содержания в крови гормонов щитовидной железы,  $p < 0,05$ . Полученные данные свидетельствуют о высокой тренированности организма и отражают оптимальную адаптацию эндокринной системы спортсменов к интенсивным физическим нагрузкам и специфическим природно-климатическим условиям Севера.

*Ключевые слова:* спортсмен, адаптация, гормоны щитовидной железы, тиреотропный гормон, кортизол, тестостерон, дегидроэпиандростерон-сульфат.

**Актуальность.** Среднее Приобье, относится к северным регионам России, а Север является природной экстремальной зоной, предъявляющей повышенные требования к приспособительным возможностям организма. Суровые природно-климатические условия оказы-

вают существенное влияние на жизнедеятельность человека на Севере. Климат характеризуется длительным периодом низких температур с выраженной неустойчивостью погоды, измененной относительно обычной для умеренного климата, фотопериодичностью, тяжелым аэродинамическим режимом [1, 2, 3, 5]. Длительное воздействие комплекса экстремальных природно-климатических факторов оказывает влияние на течение физиологических процессов в организме. Приспособительные трансформации происходят во всех физиологических системах, в том числе и эндокринной, осуществляющей регуляторную функцию гомеостаза.

**Цель.** Изучить сезонную динамику некоторых показателей гормонального статуса у юношей и девушек с высокой двигательной активностью в гипокомфортных условиях Среднего Приобья.

**Материалы и методы.** Проведено комплексное обследование юношей и девушек с высокой физической активностью в различные фотопериоды года: период минимальной (5–6 часов) и максимальной продолжительности светового дня (18–19 часов). В нем участвовали 60 спортсменов высокой квалификации, из них 40 девушек, средний возраст  $18,0 \pm 2,7$  года и 20 юношей, средний возраст  $18,8 \pm 1,7$  года. Физическая нагрузка составляла от 28 до 32 часов в неделю, северный стаж у всех обследованных составлял более трех лет, спортивный стаж  $8,3 \pm 3,0$  (M  $\pm$  SD). Обследования проводились в соревновательном периоде годичного тренировочного цикла. Применялись методы исследования: анамнестический, антропометрический, лабораторный. От каждого спортсмена было получено информированное согласие на использование материалов в научных обобщениях. Нами было сформировано 2 группы (СПД – спортсменки девушки, СПЮ – спортсмены юноши). Анализ полученных данных проводился с использованием прикладной программы IBM SPSS Statistics 23. Для оценки достоверности различий между двумя связанными выборками применялся непараметрический критерий Вилкоксона. За критический уровень значимости принимали значение  $p < 0,05$  (95 %). Результаты непараметрических методов обработки данных представлялись в виде медианы (Me), первого ( $Q_1$ ) и третьего ( $Q_3$ ) квартилей.

**Результаты.** В группе СПЮ выявлены статистически значимые сезонные различия по уровню гормонов щитовидной железы в крови. Концентрация  $T_3$  и  $T_4$  свободного выше в период «светового голодания» и составляет 5,10 (4,8–5,6) пмоль/л; 13,20 (11,5–13,9) пмоль/л, соответственно. В группе СПД также обнаружены статистически значимые сезонные различия по уровню  $T_3$  и  $T_4$  свободного в крови. В период короткого светового дня концентрация тиреоидных гормонов выше, чем в период максимальной продолжительности и составляет 4,50 (4,1–4,9) пмоль/л; 11,80 (11,0–12,7) пмоль/л, соответственно. Для лиц, занимающихся спортом в условиях низких температур, особенно занимающихся спортом на улице, умеренное, в пределах референсных значений, повышение концентрации  $T_3$  и  $T_4$  обеспечивает регуляцию и поддержание основного обмена, увеличивая теплопродукцию [4].

В группе СПД сезонной динамике подвержены гормоны коры надпочечников: выявлено недостоверное увеличение концентрации кортизола, тестостерона, ДГЭА-С в период максимальной продолжительности светового дня. У СПЮ также установлено недостоверное увеличение концентрации кортизола и тестостерона в период максимальной продолжительности светового дня. Данные литературы свидетельствуют о наличии статистически значимых сезонных колебаний уровней кортизола и стероидных гормонов у жителей Севера, а также более высоких показателях уровня ДГЭА-С и тестостерона у северян по сравнению с жителями южных регионов.

Таблица 1

Сезонная динамика показателей гормонального статуса у юношей спортсменов,  
Me ( $Q_1$ – $Q_3$ )

Показатель	Короткий световой день (n = 20)	Максимальный световой день (n = 20)	p
$T_3$ свободный, пмоль/л	5,10 (4,8–5,6)	4,70 (4,2–5,0)	0,006*

Т <sub>4</sub> свободный, пмоль/л	13,20 (11,5–13,9)	12,70 (10,6–13,5)	0,022*
ТТГ, мЕд/л	1,88 (1,5–2,0)	1,80 (1,2–2,8)	0,763
Кортизол, нмоль/л	434,00 (389,0–472,0)	464,00 (375,0–508,0)	0,324
Общий тестостерон, нмоль/л	23,78 (21,5–28,9)	25,07 (20,5–27,5)	0,984
ДГЭА–С, мкмоль/л	10,80 (8,3–11,9)	9,70 (6,4–11,5)	0,332

Примечания: сравнение связанных выборок осуществлялось непараметрическим критерием Вилкоксона, \* $p < 0,05$ .

Таблица 2

**Сезонная динамика показателей гормонального статуса у девушек спортсменок,  
Ме (Q<sub>1</sub>–Q<sub>3</sub>)**

Показатель	Короткий световой день (n = 40)	Максимальный световой день (n = 40)	P
Т <sub>3</sub> свободный, пмоль/л	4,50 (4,1–4,9)	4,30 (3,9–4,6)	0,006*
Т <sub>4</sub> свободный, пмоль/л	11,80 (11,0–12,7)	11,60 (10,8–12,5)	0,028*
ТТГ, мЕд/л	1,67 (1,2–2,0)	1,46 (1,25–1,9)	0,161
Кортизол, нмоль/л	420,00 (382,0–449,0)	456,00 (285,0–545,0)	0,610
Общий тестостерон, нмоль/л	1,25 (1,1–1,4)	1,31 (1,1–1,6)	0,072
ДГЭА–С, мкмоль/л	7,80 (6,3–10,0)	8,80 (6,3–11,2)	0,080

Примечания: сравнение связанных выборок осуществлялось непараметрическим критерием Вилкоксона, \* $p < 0,05$ .

**Выводы**

1. Специфические природно-климатические условия Севера и интенсивные физические нагрузки вызывают сезонную гормональную перестройку.
2. Индивидуальные значения исследованных лабораторных показателей спортсменов находятся в пределах физиологических нормативов.
3. В исследованных группах выявлены статистически значимые сезонные изменения содержания в крови свободного тироксина и трийодтиронина в период короткого светового дня, а также недостоверное повышение кортизола и стероидных гормонов в период максимальной продолжительности светового дня.
4. Полученные данные свидетельствуют о высокой тренированности организма и отражают оптимальную адаптацию эндокринной системы спортсменов к интенсивным физическим нагрузкам и специфическим природно-климатическим условиям Севера.

**Литература**

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П. Патология человека на Севере. М. : Медицина, 1988. 416 с.
2. Агаджанян Н. А., Жвавый Н. Ф., Ананьев В. Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы. М. : Крук, 1998. 240 с.
3. Башкатова Ю. В., Карпин В. А. Общая характеристика функциональных систем организма человека в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Экология человека. 2014. № 5. С. 10.
4. Дедов И. И., Балаболкин М. И., Марова Е. И. Болезни органов эндокринной системы: руководство для врачей. М. : Медицина, 2000. 568 с.
5. Hasnulin V. Geophysical perturbations as the main cause of Northern stress // Alaska medicine. 2007. Vol. 49, N 2. P. 237–245.



УДК 616-379-008.64-053.2-036.22

*Исаков Д. А., Гири Я. В.*

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САХАРНОГО ДИАБЕТА 1 ТИПА У ДЕТЕЙ В Г. СУРГУТЕ

Сахарный диабет и его осложнение – диабетический кетоацидоз остается основной причиной госпитализации, инвалидизации и смертности детей и подростков с СД 1. Проведен анализ 547 историй болезни детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа, находившихся на лечении в БУ ХМАО – Югры «Сургутская ГКБ» за период 2010–2016 гг. Заболеваемость сахарным диабетом 1 типа (СД1) в популяции детей и подростков г. Сургут существенно превышает среднюю заболеваемость по России, отмечается умеренная тенденция к увеличению заболеваемости СД 1 типа. ДКА встречался в 26,9 % случаев, преобладают среднетяжелые и тяжелые формы.

*Ключевые слова:* сахарный диабет 1 типа, заболеваемость, диабетический кетоацидоз, дети.

Сахарный диабет (СД) является важной медико-социальной проблемой, учитывая постоянный рост заболеваемости сахарным диабетом 1 и 2 типа, как в России, так и во всем мире [1, 5]. За последнее два десятилетия изобретены и внедрены в клиническую практику несколько типов инсулинов (короткого, ультракороткого, продленного и сверхдлительного действия), появились новые методы и аппараты для контроля уровня глюкозы крови, разнообразные системы доставки инсулина, разработаны интенсивные режимы коррекции метаболических нарушений, проводится обучение больных и их родителей в школах диабета, однако оптимальные метаболические показатели достигаются менее чем у 30% обследованных пациентов. В условиях недостижения целевых показателей гликемии риск развития осложнений остается очень высоким [4]. Помимо сосудистых осложнений СД, острые осложнения (диабетический кетоацидоз и диабетическая кома) сахарного диабета регистрируются не редко. Несмотря на современные достижения медицины, диабетический кетоацидоз остается основной причиной госпитализации, инвалидизации и смертности детей и подростков с СД 1 [5, 4].

**Цель работы.** Изучить структуру и заболеваемость сахарным диабетом 1 типа у детей и подростков г. Сургута и Сургутского района.

**Материалы и методы.** Проведен анализ 547 историй болезни детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа, находившихся на лечении в БУ ХМАО – Югры «Сургутская городская клиническая больница» за период 2010–2016 гг. Показатели заболеваемости и распространенности рассчитывали на 100 тыс. детского и подросткового населения. При статистической обработке использована программа MS Excel. Учитывая обязательную госпитализацию в БУ ХМАО «СГКБ» всех пациентов до 18 лет, как в случаях впервые выявленного сахарного диабета 1 типа, так и при декомпенсации заболевания, критерии исключения не определялись.

**Результаты и обсуждение.** Заболеваемость сахарным диабетом 1 типа у детей и подростков в 2016 г. по результатам анализа историй болезни составила 19,1 на 100 тыс. детского населения. За анализируемый период этот показатель существенно превышал среднюю заболеваемость по Российской Федерации и составлял максимально 26,8 в 2015 году, минимально 11,25 в 2014 году. За последние 6 лет отмечается умеренная тенденция к увеличению заболеваемости СД 1 типа у детей и подростков. В абсолютных числах количество манифестаций сахарного диабета 1 типа составило 104 случая (19,0 %) за шестилетний период. Заболевание чаще регистрировалось в группе пациентов 10–14 лет (48,1 %). Пик заболеваемости сахарным диабетом приходится на возраст 4–6 и 10–12 лет, с тенденцией к росту в младшей возрастной группе. Распределение детей по полу и возрасту представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Распределение детей и подростков по возрасту и полу, 2010–2016 гг.**

Возрастные группы (в годах)	Мальчики		Девочки	
	Абс. значение	%	Абс. значение	%
До 1 года	3	0,18 %	6	1,10 %
1–2 года	9	1,46 %	15	2,74 %
3–5 лет	22	2,74 %	27	4,94 %
6–9 лет	54	4,20 %	66	12,07 %
10–14 лет	121	7,31 %	142	25,96 %
15–18 лет	53	8,41 %	29	5,30 %
Всего:	262	47,90 %	285	52,10 %

С длительностью заболевания до 5 лет были госпитализированы 118 (21,6 %) пациентов, от 5 до 10 лет – 30 (5,5 %), более 10 лет – 399 (72,9 %) пациентов. Количество госпитализаций у большинства детей и подростков не превышало 1 раза в год – 337 (76,1 %), 2 госпитализации потребовались 128 пациентам (28,9 %), более 2-х госпитализаций – 82 (18,5 %) детям и подросткам.

Анализ осложнений сахарного диабета 1 типа показал, что наиболее часто у пациентов выявлялись липодистрофии – 302 пациента (55,21 %), с более частой встречаемостью у мальчиков, чем у девочек (28,43 % и 26,87 % соответственно). Микрососудистые осложнения в анализируемой группе распределились следующим образом: диабетическая полинейропатия – 297 (54,3 %), из них у мальчиков – 26,51 %, у девочек 27,79 %, ретинопатия – 60 (10,97 %, мальчики – 4,94 %, девочки 6,03 %), нефропатия – 43 (7,9 %, мальчики 2,93 %, девочки 4,94 %), кардиопатия – 4 (0,7 %, мальчики 0,18 %, девочки 0,55 %).

Из острых осложнений чаще всего встречался диабетический кетоацидоз (ДКА). В среднем каждый четвертый пациент поступал в стационар в состоянии кетоацидоза – 147 пациентов (26,9 % от общего количества пациентов), из которых 94 случая (17,2 %) – ДКА средней и тяжелой степени, лечение которого проводилось в условиях палаты реанимации и интенсивной терапии. В 48 случаях (8,8 %) пациенты госпитализировались с диагнозом: впервые выявленный сахарный диабет. Церебральные нарушения (кетоациidotическая кома) зафиксированы у 1-го ребенка за весь анализируемый период.

Одним из критериев эффективности контроля СД 1 типа является компенсация углеводного обмена [3, 2]. За анализируемый период уровень HbA1c менее 6,5 % зарегистрирован у 3,4 % детей и подростков, уровень HbA1c от 6,5 до 8,0 % – в 7,9 % случаев, HbA1c от 8,0–12,0 % – в 53,0 % случаев, HbA1c более 12,0 % – в 35,7 % случаев. Относительно небольшое количество пациентов с уровнем гликированного гемоглобина, соответствующего рекомендуемым значениям (<7,0 %), свидетельствует о недостаточно эффективном контроле заболевания пациентами в домашних условиях, низкой приверженностью к контролю гликемии и необходимости коррекции терапии. Более чем у половины обследованных детей и подростков средний уровень глюкозы крови составил 10–16 ммоль/л, что соответствует уровню HbA1c 8,0–12,0 %. В то же время отсутствие случаев кетоациidotической комы и небольшое количество случаев ДКА тяжелой степени свидетельствует о своевременном обращении большинства пациентов за специализированной помощью и корректной диагностике на догоспитальном этапе.

### Литература

1. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой, А. Ю. Майорова. Вып. 8. М. : УП ПРИНТ, 2017. 112 с.

2. Галстян Г. Р. Международные рекомендации по исследованию уровня гликированного гемоглобина HbA1c как диагностического критерия сахарного диабета и других нарушений углеводного обмена // Сахарный диабет. 2010. № 4. С. 57–61. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/glikirovannyy-gemoglobin-v-praktike-endokrinologa-obzor-literatury-i-sobstvennye-dannye> (дата обращения: 03.10.2017).

3. Гирш Я. В., Велиева О. А. Безопасная и эффективная комбинация базального инсулина сверхдлительного действия деглюдек и ультракороткого инсулина аспарт у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа // Фарматека. 2017. № 5. С. 8–13.

4. Осложнения сахарного диабета: лечение и профилактика / Под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой. М. : ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2017 774 с.

5. Сахарный диабет типа 1: реалии и перспективы / Под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой. М. : ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2016. 504 с.

УДК 616.921.5

*Катаныхова Л. Л., Козловская О. В., Камка Н. Н., Бондаренко А. С.*

### **КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРИППА ТИПА А С РАЗЛИЧНЫМИ ПОДТИПАМИ (H1N1 и H3N2) В ЭПИДЕМИЧЕСКИЕ СЕЗОНЫ В 2016–2017 ГГ.**

Грипп относится к группе острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ). Отмечается высокая заболеваемость в разных возрастных группах, а также летальные исходы, как правило, в группах риска (дети раннего возраста, беременные женщины, лица с хронической патологией сердечно-сосудистой системы, легких, сахарным диабетом). В структуре циркулирующих типов вирусов на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, как и в Российской Федерации, преобладает вирус гриппа типа А(H1N1) pdn09. Большое значение в профилактике заболевания имеет проведение вакцинации, эффективность которой доказана многочисленными клиническими исследованиями.

*Ключевые слова: грипп типа А, клинические синдромы, противовирусные препараты, группы риска, вакцинация.*

**Цель исследования:** Выявить клинические особенности течения гриппа типа А с различными подтипами (H1N1/2009 и H3N2) у лиц, госпитализированных в БУ ХМАО – Югры «Сургутская окружная клиническая больница» в период январь-февраль 2016 г. и январь-февраль 2017 г. на основе ретроспективного анализа документальных материалов инфекционного отделения № Для реализации были поставлены следующие основные задачи:

Выявить половозрастные особенности гриппа типа А госпитализированных в инфекционное отделение № 1.

Выявить различия в сроках госпитализации при гриппе типа А с различными подтипами.

3. Особенности эпидемиологического анамнеза у госпитализированных в стационар с гриппом типа А.

4. Выявить клинико-лабораторные особенности гриппа типа А (H1N1/2009 и H3N2).

**Материалы и методы исследования:** Работа выполнена на базе инфекционного отделения № 1 БУ ХМАО-Югры «Сургутская окружная клиническая больница». Лабораторная диагностика проводилась методом ПЦР в лаборатории больницы, были исследованы смывы и мазки из ротоглотки и носоглотки. Проведен анализ 77 медицинских карт стационарного больного (форма 003/у) за период январь-февраль 2016–2017 гг. Из них у 57 подтвержден диагноз:

Грипп типа А, обусловленный вирусом (H1N1/2009) (по МКБ X J 09) и у 27 подтвержден диагноз: Грипп типа А, обусловленный вирусом (H2N3) (по МКБ X J 09). Все пациенты были обследованы и пролечены в соответствии с приказом МЗ РФ № 724 н от 09.11.2012 «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при гриппе средней степени тяжести». Беременным женщинам обследование и лечение проведено в соответствии с Национальными клиническими рекомендациями «Грипп у беременных». Все беременные женщины при поступлении и в динамике были осмотрены акушером-гинекологом и проведено УЗИ органов малого таза.

За период января-февраля 2016 и 2017 гг. было пролечено 77 пациентов, летальные случаи нами не рассматривались. В 2016 году среди госпитализированных в стационар мужчины составили 24 (42 %), женщины – 33 (58 %) из них 18 (31 %) беременные. Лиц из группы риска старше 65 лет было госпитализировано – 3 (5 %). Сопутствующую патологию с гриппом H1N1 имели 34 (47 %) пациентов: со стороны сердечно-сосудистой системы 13 (23 %), нервной системы: 2(3 %), дыхательной системы: 19 (33 %). Сопутствующие диагнозы была разнообразными: гипотиреоз, диффузная В-крупноклеточная лимфома, гипертоническая болезнь, ожирение, болезнь Дауна, аскаридоз, хроническая фибрилляция предсердий, тромбофлебит, острые нарушения мозгового кровообращения, атеросклеротическая болезнь, сахарный диабет и др.

В 2017 году в инфекционное отделение было госпитализировано мужчин – 8 (30 %), женщин – 19 (70 %) из них 8 (29 %) беременные. Лиц 65 лет и старше было 9 (33 %). Сопутствующую патологию с гриппом H3N2 имели 22 (55 %) пациента: со стороны сердечно-сосудистой системы: 9 (33 %), нервной системы: 3 (11 %), дыхательной системы: 10 (37 %). Сопутствующие диагнозы были следующие: гипертоническая болезнь, нейроциркуляторная дистония, бронхиальная астма, ожирение, сахарный диабет, абсцесс правой ягодицы, инфекция мочевыводящих путей.

В 2016 году пациенты были доставлены в инфекционный стационар в основном в экстренном порядке скорой помощью – 49 %, самообращения – 5 %, из поликлиник – 46 %.

В 2017 году были направлены в инфекционный стационар скорой помощью – 74 %, рация – 8 %, из поликлиник – 18 %.

В среднем большинство больных были госпитализированы более двух суток от начала заболевания. Сроки госпитализации в стационар с гриппом H1N1: до 24 часов – 18 (31,5 %), до 48 часов – 11 (19,2 %), более 48 часов – 26 (45,6 %) пациентов. Сроки госпитализации в стационар с гриппом H3N2: до 24 часов – 5 (18,5 %), до 48 часов – 9 (33,3 %), более 48 часов – 13 (48,1 %) пациентов.

У всех пациентов собирался эпидемиологический анамнез, на основании которого нами были установлено, что среди лиц с гриппом H1N1 вакцинация отсутствовала у 55 (96 %) госпитализированных, лишь 2 (4 %) были привиты вакциной «Гриппол». С гриппом H3N2: не было вакцинации у 24 (88 %) госпитализированных, привиты вакциной «Гриппол» было 1 (4 %) пациента.

Во всех случаях гриппа пациенты отмечали острое начало заболевания с повышения температуры и появлением катарального синдрома. У всех пациентов отмечалась лихорадка с синдромом интоксикации (боли в глазных яблоках, головной боли). Температура в основном была субфебрильная до 38,5 С. У всех больных наблюдалась гиперемия ротоглотки различной степени выраженности с сосудистой инъекцией мягкого неба и миндалин.

Клинические синдромы на фоне гриппа типа А (H1N1): бронхообструктивный синдром с одышкой (18 %), пневмония (12 %), бронхит без синдрома обструкции и одышки (2 %), трахеит (2 %), трахеобронхит (8 %), ринофарингит (4 %). Купирование легочного синдрома (жаLOB) наблюдали на 3–6 день у 18 пациентов (31 %), 6–10 день: 39 (69 %). У 7 пациентов грипп осложнился развитием пневмонии: левосторонняя нижнедолевая пневмония вирусной этиологии у 3 пациентов, двусторонняя полисегментарная вирусно-бактериальная пневмония – 2, двусторонняя нижнедолевая вирусно-бактериальная пневмония – 2. Все пациенты прошли через РАО и получали в лечении ИВЛ.

Клинические синдромы на фоне гриппа H3N2: бронхообструктивный синдром с одышкой (15 %), пневмония (11 %), трахеит (4 %), фаринготрахеит (4 %), синусит (11 %). У трех пациентов развилась пневмония: левосторонняя нижнедолевая пневмония вирусно-бактериальной этиологии-2, двусторонняя полисегментарная вирусно-бактериальная пневмония-1. Ни один пациент не был госпитализирован в РАО и не получал ИВЛ. Во всех неясных случаях помимо рентгенографии органов грудной клетки пациентам с пневмониями проводилась спиральная компьютерная томография легких с введением контрастного вещества. Купирование легочного синдрома (жалоб) на 3–6 день произошло у 14 (52 %), на 6–10 день у 13 (48 %) пациентов.

ПЦР диагностика проведена всем пациентам, у всех пациентов был положительный результат, то есть обнаружен РНК гриппа типа А. Отрицательных результатов в данной выборке не было так как в анализ вошли истории болезни только с подтвержденным положительным результатом. У пациентов с гриппом H1N1 смывы взяты были на 1–3 день заболевания у 27 (47 %), на 3–6 день 23 (40 %), на 6-й день заболевания вирус обнаружен у 7 пациентов (13 %). У пациентов с гриппом H3N2 смывы взяты были на 1–3 день заболевания у 6 (22 %), на 3–6 день 13 (48 %), на 6-й день заболевания вирус обнаружен у 8 пациентов (30 %).

В результате анализа лабораторных данных удалось выяснить, что в острую фазу заболевания наблюдается изменение уровня лейкоцитов, тромбоцитов и СОЭ в общем анализе крови. Сравнительные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Результаты общего анализа крови

Показатель	Грипп типа А (H1N1/2009)				Грипп типа А (H3N2)			
	Кол-во чел.	Мин.	Мак.	Среднее	Кол-во Чел.	Мин.	Макс.	Среднее
Лейкопения	36	3,6	8,0	4,9	16	3,5	7,4	5,8
Лейкоцитоз	20	8,4	13,8	10,2	11	8,3	14,2	13,8
Тромбоцитопения	5	92	129	115,4	6	118	147	135,6
Тромбоцитоз	1	–	–	735	0	0	0	0
Нормальное значение тромбоцитов	50	153	307	208	21	159	412	218,5
СОЭ	57	3	74	22	27	4	66	24,9

При обоих подтипах гриппа отмечалась умеренная лейкопения, тромбоцитопения, но средние значения были ниже при гриппе (H1N1/2009). В обоих случаях картина крови носила воспалительный характер с увеличением скорости оседания эритроцитов (СОЭ) более 20 мм/ч. Умеренное увеличение лейкоцитов практически у половины больных встречается при гриппе типа А.

Больным, госпитализированным в отделение, проводилась терапия следующего характера (табл. 2).

Таблица 2

#### Лекарственная терапия

Грипп типа А (H1N1/2009)				Грипп типа А (H3N2)			
Противовирусная терапия		Антибактериальная терапия		Противовирусная терапия		Антибактериальная терапия	
Осельтамивир	70 %	Цефтриаксон	81 %	Осельтамивир	59 %	Ципрофлоксацин	45 %
Ингавирин	19 %	Цефазолин	8 %	Ингавирин	30 %	Цефтриаксон	45 %
Виферон	10 %	Офлоксацин	8 %	Виферон	3 %	Цефазолин	10 %
		Операз	3 %				
		Сумамед	8 %				

В основном терапия была комбинированная (противовирусный и антибактериальный препарат) это связано с тем, что большинство пациентов уже поступали с бактериальными

осложнениями гнойного характера (трахеитами и бронхитами, пневмониями). А у тех, кто был госпитализирован в первые сутки, в процессе лечения очень быстро присоединялись осложнения бактериального характера. Основными противовирусными препаратами были Осельтамивир и Ингавирин. Дозы препаратов использовались в соответствии с Национальными клиническими рекомендациями Осельтамивир по 75 мг 2 раза в сутки, Ингавирин по 90 мг 1 раз в сутки. У беременных использовали Осельтамивир и свечи Виферон. Так как не все беременные женщины оформляли информированное добровольное согласие в ранние сроки беременности на препарат Осельтамивир. При пневмониях использовали 2 антибактериальных препарата (цефалоспориновый антибиотик 3 поколения и фторхинолоны). В лечении использовали ингаляции у 50 (87 %) и 22 (81 %), физиолечение у 9 (15 %) и у 3 (11 %). В 2017 году активно использовали централизованную кислородную поддержку через лицевые маски в связи с организацией подачи увлажненного кислорода к 6 койкам в боксированные палаты.

Согласно результатам госпитализации при гриппе H1N1 выздоровление наблюдалось у 37 (64 %) пациентов, с улучшением выписаны 37 (64 %), отказы от лечения у 11 (19 %). При гриппе выздоровление наблюдалось у 3 (11,1 %) пациентов, с улучшением выписаны 24 (88,8 %), отказы от лечения 6 (22 %). Средний показатель койко-дней составил  $7,8 \pm 1,2$  с другим гриппом  $6,8 \pm 0,7$  дней.

#### **Выводы**

1. В эпидемических сезонах 2016–2017 гг. среди госпитализированных преобладали женщины (58 % и 70 %), из них беременные составили (29 % и 31 %), лиц из группы риска (по ВОЗ) в 2017 г. было госпитализировано больше 33 %.

2. Пациенты в основном поступали в экстренном порядке по скорой помощи (49 % и 74 %), из поликлиник города в 2016 г. было направлено больше пациентов (46 %), чем в 2017 г. (8 %)

3. В течение двух лет имела место поздняя госпитализация более 48 часов, что увеличивало риск возникновения осложнений гриппа. Имели сопутствующую патологию в 2016 г. 47 % и в 2017 г. 55 % пациентов.

4. Среди госпитализированных от гриппа были привиты: 4 % в 2016 г. и 13 % в 2017 г. Остальные пациенты не имели вакцинации от гриппа, несмотря на активную прививочную компанию в округе.

5. Клиническая картина гриппа H1N1 была более многогранная с большим количеством различных синдромов, осложнениями являлись в основном двусторонние пневмонии вирусно-бактериальной этиологии. Купирование легочного синдрома происходило позже на 6–10 день, что подтверждает более тяжелое течение гриппа H1N1.

6. Вирус гриппа А присутствовал в носоглотке более 6 суток, что подтверждает лабораторное выделение его методом ПЦР при H1N1 – 13 % и H3N2 – 30 %.

7. Вирус гриппа типа А подтип H1N1 вызывал умеренные изменения в общем анализе крови токсического характера (лейкопения, тромбоцитопения) по средним значениям.

8. Сроки госпитализации были меньше у гриппа H3N2 (6, 8 койко-дней). Сроки госпитализации не соответствовали федеральному стандарту по гриппу (15 дней) и отклонялись в сторону уменьшения более допустимых 30 %. Данный факт был связан с отказами от лечения в 20 % случаев и большим потоком пациентов и необходимостью ежедневно иметь свободные места для госпитализации.

9. В лечении в основном использовались 2 противовирусных препарата (тамифлю и ингавирин). Для лечения пневмоний использовалась схема (цефалоспориновые препараты 3 поколения и препараты группы фторхинолонов)

10. В основном пациенты выписывались с улучшением при обеих формах гриппа.

## Литература

1. Белокриницкая Т. Е., Лига В. Ф., Трубицына А. Ю. и др. Медикаментозная профилактика гриппа у беременных // Вопр. гинекологии, акушерства и перинатологии. 2012. № 11 (4): 31–6.
2. Клинические рекомендации «Грипп у взрослых» 2016 г. URL: <http://www.static-o-ros-minzdrav.ru>.
3. Белокриницкая Т. Е., Кошмелева Е. А., Трубицына А. Ю., Мурикова Е. А. Эффективность и безопасность препарата арбидол при профилактике и лечении гриппа А(Н1N1) у беременных : Материалы XVIII Рос. нац. конгр. «Человек и лекарство», 11–15 апреля 2011 г. М., 2011. С. 169.

УДК 618.33/.36/.595

*Кельдасова М. Р., Конченкова Е. Н.*

### ВЛИЯНИЕ ПОЛА ПЛОДА НА УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН МАТЕРИ И ПЕРИНАТАЛЬНЫЕ ИСХОДЫ

Проведен ретроспективный анализ 129 историй родов пациенток с гестационным сахарным диабетом (ГСД) с учетом пола плода. Данные между группами достоверно не отличались по уровню глюкозы натощак во всех трех триместрах, по результатам глюкозотолерантного теста, осложнениям во время беременности и родов. Выявлен достоверно более высокий процент распределения новорожденных мужского пола в 3-ю группу здоровья.

*Ключевые слова:* гестационный сахарный диабет, глюкоза, крупный плод.

**Актуальность.** Гипергликемия – одно из наиболее распространенных заболеваний, которое встречается у женщин во время беременности [1, 2]. По оценкам Международной федерации диабета (IDF), каждый шестой живорожденный ребенок (16,8 %) рождается от матери с какой-либо формой гипергликемии во время беременности, в большинстве случаев (84 %) связанной с гестационным сахарным диабетом (ГСД). Частота встречаемости ГСД растет во всем мире. В то же время в мире наблюдается увеличение количества женщин репродуктивного возраста с избыточным весом и ожирением [3].

Беременность – это критический период времени, когда многочисленные факторы меняют материнский и/или фетальный обмен. В научной среде до сих пор остается дискуссионным вопрос о влиянии пола плода на метаболизм матери, в частности на углеводный обмен. Так, ученые из Liggins Institute, University of Auckland (New Zealand) считают, что у матерей с избыточным весом или ожирением, вынашивающих плод женского пола, более высокие концентрации глюкозы в крови (особенно на поздних сроках беременности) и маркер воспаления (СРБ), однако инсулинорезистентности не наблюдается [4]. Но другие исследования показали, что женщины, вынашивающие плод мужского пола, имеют более высокий уровень инсулинорезистентности [5] и более склонны к развитию гестационного сахарного диабета [6].

**Цель исследования:** Изучить влияние пола плода на углеводный обмен матери и перинатальные исходы.

#### **Материалы и методы исследования.**

Нами проведено ретроспективное сравнительное исследование течения беременности, родов и состояния новорожденных у 129 беременных, родоразрешенных в Бюджетном учреждении Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский клинический перинатальный центр» в 2014–2016 гг. Пациентки были распределены на 2 группы: 1 группа – женщины, родившие плод мужского пола (n = 69), 2 группа – женщины, родившие плод женского

пола ( $n = 60$ ). Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью пакета программы Excel, сравнение групп проводили с использованием метода непараметрической статистики –  $\chi^2$ .

Возраст, индекс массы тела, наличие ожирения, наследственность по сахарному диабету (СД), наличие крупного плода в анамнезе в группах не имели статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). Характеризуя возраст и паритет пациенток, можно отметить, что в основном это были повторнородящие (59,4 % и 61,6 %) женщины старше 30-ти лет (62,3 % и 65,0 % соответственно).

Во втором триместре у матерей 2-й группы концентрация глюкозы в крови была достоверно выше, чем у матерей 1-й группы:  $5,4 \pm 0,8$  ммоль/л против  $5,1 \pm 0,9$  ммоль/л ( $p > 0,05$ ).

По результатам перорального глюкозотолерантного теста (ПГТТ) данные были практически одинаковыми между 1-й и 2-й группами ( $5,1 \pm 0,6$ ;  $8,3 \pm 2,4$ ;  $6,9 \pm 2,0$  ммоль/л против  $5,1 \pm 0,5$ ;  $8,2 \pm 2,0$ ;  $7,0 \pm 1,7$  ммоль/л).

По осложнениям течения беременности не было статистически значимых различий.

Частота оперативного родоразрешения путем кесарева сечения значительно чаще встречалось в 1-й группе (47,8 % и 41,7 %,  $p = 0,492$ ), во 2-й группе роды чаще осложнялись разрывами родовых путей (20,3 % и 30 %,  $p = 1,622$ ) и асфиксией новорожденных (5,8 % и 11,7 %;  $p = 1,418$ ), но различия были статистически недостоверными.

Между группами не было статистически значимых различий по развитию таких перинатальных осложнений, как внутриутробная инфекция, преждевременным родам, рождению маловесных детей. Частота рождения крупных детей (макросомия, диабетическая фетопатия) была больше в 1-й группе (34,7 %), по сравнению со 2-й (25,0 %), но различия оказались статистически не достоверными ( $p = 1,62$ ). У новорожденных мужского пола 3-я группа здоровья определена в 3 раза чаще, чем у новорожденных женского пола (15,9 % и 5,0 %;  $p < 0,05$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Течение и исходы беременности у пациенток, изучаемых групп<sup>1</sup>

Результаты обследования и лечения	1-я группа, n = 39	2-я группа, n = 61
Срок выявления ГСД, недели	$24,6 \pm 8,3$	$24,4 \pm 7,3$
Глюкоза плазмы натощак в 1-м триместре, ммоль/л	$5,1 \pm 0,7$	$5,2 \pm 0,9$
Глюкоза плазмы натощак во 2-м триместре, ммоль/л	$5,1 \pm 0,9$	$5,4 \pm 0,8$
Глюкоза плазмы натощак в 3-м триместре, ммоль/л	$4,9 \pm 0,6$	$5,0 \pm 0,9$
ПГТТ: глюкоза плазмы натощак, ммоль/л	$5,1 \pm 0,6$	$5,1 \pm 0,5$
ПГТТ: глюкоза плазмы через 1 ч, ммоль/л	$8,3 \pm 2,4$	$8,2 \pm 2,0$
ПГТТ: глюкоза плазмы через 2 ч, ммоль/л	$6,9 \pm 2,0$	$7,0 \pm 1,7$
Потребность в инсулинотерапии, количество пациенток	22 (31,8)	18 (26,0)
Осложнения беременности		
Отеки с протеинурией, без значительной гипертензии (O12.2)	29 (42,0)	33 (55,0)
Вызванная беременностью гипертензия без значительной протеинурии (O13)	11 (16,0)	12 (20,0)
Преэклампсия (O14)	6 (8,7)	1 (1,6)
Хроническая фетоплацентарная недостаточность	31 (44,9)	27 (45,0)
Угроза самопроизвольного выкидыша	10 (14,5)	9 (15,0)
Многоводие	14 (20,3)	14 (23,3)
Гиперплазия плаценты	6 (8,7)	7 (11,6)
Глюкозурия	3 (4,3)	5 (8,3)



Срок родов, недель	38,7 ± 2,1	39,4 ± 1,5
Преждевременные роды (до 37 недель)	8 (11,6)	3 (5,0)
Преждевременное излитие околоплодных вод	15 (21,7)	15 (25,0)
Кесарево сечение	33 (47,8)	25 (41,7)
Разрыв родовых путей	14 (20,3)	18 (30,0)
Вес новорожденного, г	3570,9 ± 653,4	3514,9 ± 502,4
Асфиксия плода	4 (5,8)	7 (11,7)
Вес новорожденного, (>90 перцентилей), крупный плод	24 (34,7)	15 (25,0)
3-я группа здоровья новорожденного	11 (15,9)	3 (5,0)*

<sup>1</sup>Данные представлены как среднее арифметическое ± квадратичное отклонение (M ± σ) или n (%).

\* –  $\chi^2 = 4,049$ ,  $p < 0,05$ .

**Выводы.** Данные между группами беременных, родивших детей разного пола, достоверно не отличались по уровню глюкозы натощак во всех трех триместрах, по результатам глюкозотолерантного теста, осложнениям во время беременности и родов и исходам родоразрешения. Выявлен достоверно более высокий процент распределения в 3-ю группу здоровья новорожденных мужского пола.

Поскольку причины противоречивых данных в литературе также неизвестны, полученные результаты требуют дальнейшего исследования в этой области.

### Литература

1. Гестационный сахарный диабет. Диагностика, лечение, послеродовое наблюдение. Клинические рекомендации (протокол). М., 2014. 17 с.
2. Дедов И. И., Краснопольский В. И., Сухих Г. Т. от имени рабочей группы. Российский национальный консенсус «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение» // Сахарный диабет. 2012. № 4. С. 4–10.
3. Ход М, Капур А., Сакс Д. А., Хадар Э., Агарвал М., Ди Ренцо Дж., Роура Л. К., Макиннтаер Х. Д., Моррис Д. Л., Дивакар Х. «Инициатива международной федерации гинекологии и акушерства (FIGO) по гестационному сахарному диабету: рациональное руководство по обследованию, лечению и уходу» // Акушерство и гинекология. 2017. Спецвыпуск.
4. Seneviratne S. N., Derraik J. G. B., Jiang Y., Mc Cowan L. M. E., Gusso S., Cutfield W. S., Hofman P. L. The sex of the foetus affects maternal blood glucose concentrations in overweight and obese pregnant women // J Obstet Gynaecol. 2017. № 37 (5). P. 667–669.
5. Walsh J. M., Segurado R., Mahony R. M., Foley M. E., McAuliffe F. M., The Effects of Fetal Gender on Maternal and Fetal Insulin Resistance // PLoS One. 2015. № 10 (9). P. 1–8.
6. Retnakaran R., Shah B. R. Fetal sex and the natural history of maternal risk of diabetes during and after pregnancy // J Clin Endocrinol Metab. 2015. № 100 (7). P. 2574–2580.

УДК 615.4

*Кручинина А. Д., Любченко О. Д.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЭЛЮЦИИ СИРОЛИМУСА ИЗ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СТЕНТОВ В УСЛОВИЯХ IN VITRO

Исследование направлено на изучение профиля высвобождения сиролимуса из лекарственных стентов (ООО «НаноМед») в условиях in vitro. Оценку кинетики высвобождения сиролимуса из лекарственных стентов in vitro проводили методом высокоэффективной жид-

костной хроматографии. Результаты исследования свидетельствуют о длительном высвобождении достаточного количества препарата для снижения риска возникновения рестеноза в ранний постимплантационный период.

*Ключевые слова:* лекарственный стент, сиролимус, полилактид-ко-гликолид.

Болезни сердца и сосудов являются одной из основных причин смертности и инвалидизации населения во всем мире. Стентирование представляет собой эффективный метод лечения коронарных поражений различной сложности, однако вероятность развития рестеноза, или повторного сужения просвета сосуда, составляет 10–50 % [3]. Основными причинами процесса являются ответная реакция организма на имплантат и травматизацию стенки сосуда при оперативном вмешательстве [11]. Снизить частоту появления повторного стеноза сосуда позволили разработка и внедрение в медицинскую практику стентов с лекарственным покрытием [5]. На металлоконструкцию наносится смесь биodeградируемого полимера и препарата, снижающего интенсивность пролиферации клеток интимы сосуда (сиролимус, эверолимус, зотаролимус, такролимус, биолимус, паклитаксел) [12]. При этом постепенное разрушение полимерного покрытия обеспечивает дозированное, локальное выделение лекарственного вещества в зону стентированной сосудистой стенки [1].

В настоящее время существует широкий спектр лекарственных стентов различных производителей [7], однако сохраняется потребность в создании конкурентоспособных отечественных аналогов.

Компанией ООО «НаноМед» были разработаны сиролимус-элюирующие лекарственные стенты длиной 28 мм с полимерным покрытием на основе полилактид-ко-гликолида (50 : 50) [4, 9].

Поскольку для достижения необходимого терапевтического эффекта препарат должен высвобождаться контролируемо и дозировано, одним из первых этапов оценки изделия является моделирование деградации лекарственного покрытия в условиях *in vitro* для оценки профиля высвобождения сиролимуса [6].

Целью данного исследования было изучение профиля высвобождения сиролимуса при деградации полимерных покрытий лекарственных стентов (ООО «НаноМед») в условиях *in vitro*.

**Методика исследования.** Для создания лекарственного покрытия использовали смесь 0,75 % раствора полилактид-ко-гликолида (50 : 50, Mr 27,2 кДа, характеристическая вязкость 0,39 дл/г) (Lactel, США) в хлороформе с сиролимусом (Sigma Aldrich, США), содержание которого составило 4 мг/мл. Смесь наносили с помощью установки покрытия стентов MediCoat™ DES3000, которая интегрирована с устройством автоматической подачи раствора и с устройством Sono-Tek MicroMist для ультразвукового распыления капель (Sono-Tek, США). Стерилизацию полученных образцов осуществляли оксидом этилена.

Общее количество лекарственных стентов, исследуемых в эксперименте – 10 штук, содержание сиролимуса на стенте составило 53,3 мкг.

В качестве модельной среды для оценки скорости деградации полимерного покрытия в условиях *in vitro* использовали 0,133 М фосфатный буфер Соренсена (pH 7,4) [2].

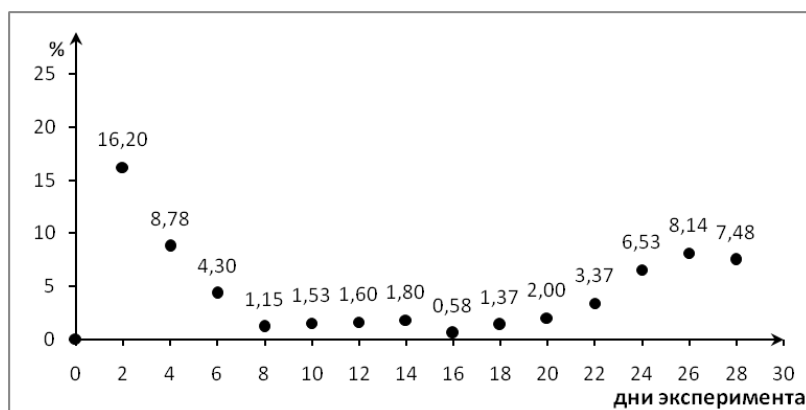
Образцы инкубировали при постоянном перемешивании в растворе объемом 10 мл при 37 °С в течение 28 дней. Учитывая период полужизни сиролимуса 57–63 часов, замену буфера производили каждые 48 часов. При смене буфера отбирали 2,5 мл жидкости, анализ которой проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Содержание сиролимуса в пробах определяли с помощью жидкостного хроматографа Shimadzu LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония) с диодно-матричным детектором SPD-M20A. Исследование проводили на колонке для хроматографии Luna C18 (150x4,6 мм), в качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрила и уксусной кислоты (pH 3,6) 70:30, скорость потока составила 1,2 мл/мин, температура 37 °С. Объем инъекции – 20 мкл. В качестве

калибровочных растворов применяли стандартные растворы сиролимуса в ацетонитриле с концентрациями 50 нг/мл, 250 нг/мл, 500 нг/мл, 1000 нг/мл и 2000 нг/мл. Остаточное содержание препарата определяли спектрофотометрически после растворения покрытия в хлороформе.

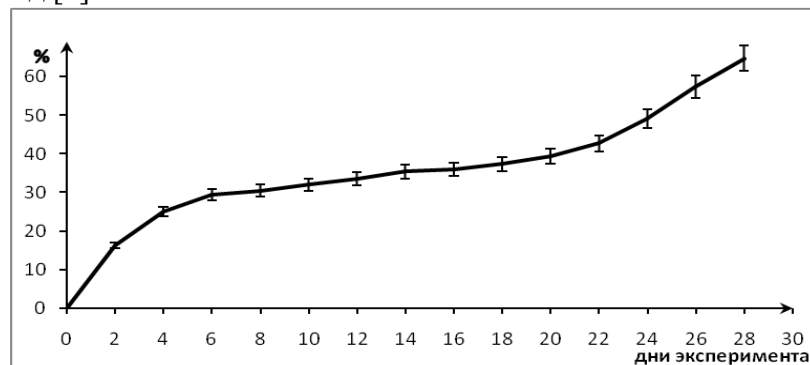
**Результаты исследования.** Согласно результатам исследования, высвобождение лекарственного препарата происходит неравномерно. Профили элюции препарата по дням и его суммарного высвобождения представлены на рисунках 1, 2. Можно выделить три фазы с различной интенсивностью выхода сиролимуса, что соответствует результатам других исследований [4, 8]. 30 % от первоначального содержания препарата высвобождается за первую неделю эксперимента, 11,15 % за следующие две недели и 24,15 % за последнюю неделю эксперимента. Суммарный выход препарата за 28 дней составил 65,3 % от первоначального содержания. Остаточное содержание сиролимуса, определяемое путем растворения покрытия в хлороформе, составило 35 %, что подтверждает полученный результат.

Поскольку высвобождение препарата происходит за счет его диффузии и деградации полимера [10], максимальный выход сиролимуса в первые дни эксперимента может быть обусловлен его смыыванием с поверхности покрытия. Замедление скорости высвобождения, по видимому, связано с процессами деградации самого покрытия. Начиная с 24 дня эксперимента, отмечено повышение выхода препарата в раствор, что, вероятно, является результатом интенсификации процессов деградации полимера и диффузии сиролимуса из более глубоких слоев.



**Рис. 1. Профиль элюции сиролимуса при моделировании деградации полимерного покрытия лекарственного стента в условиях *in vitro*, %**

Таким образом, лекарственные стенты ООО «НаноМед» являются хорошими аналогами изделий зарубежных производителей, успешно применяемых для лечения коронарных нарушений. Результаты исследования свидетельствуют о длительном высвобождении достаточного количества препарата для снижения риска возникновения рестеноза в ранний постимплантационный период [9].



**Рис. 2. Суммарный выход сиролимуса при деградации полимерного покрытия лекарственного стента в условиях *in vitro*, %**

## Литература

1. ГОСТ Р ИСО 13781-2011. Смолы и отформованные элементы на основе поли (l-лактида) для хирургических имплантатов. Исследование деградации методом *in vitro*. М. : Стандартинформ, 2011. 15 с.
2. Жамгырчиев Ш. Т., Фетцер Д. В., Першуков И. В., Левицкий И. В., Самко А. Н., Батыралиев Т. А. Клиническое значение коронарных стентов с лекарственным покрытием // Терапевтический архив. 2007. Т. 79, № 9. С. 79–84.
3. Зейналов Р., Ковальчук И. А., Громов Д. Г., Колединский А. Г., Матини М. Б. Стенты с биодеградирующим полимерным покрытием: общее состояние вопроса и перспективы // Международный журнал интервенционной кардиоангиологии. 2011. № 25. С. 42–46.
4. Любченко О. Д., Кручинина А. Д., Шатров А. Н. Кинетика деградации антипролиферативного полимерного покрытия стентов в условиях *in vitro* // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2015. № 2. С. 55–61.
5. Руководство по рентгенэндоваскулярной хирургии сердца и сосудов. М. : Издательство ФГБУ «НЦССХ им. А. Н. Бакулева», 2008. 598 с.
6. Bozsak F., Gonzalez-Rodriguez D., Sternberger Z., Belitz P., Bewley T., Chomaz J. M., Barakat A. I. Optimization of Drug Delivery by Drug-Eluting Stents // PLoS One. 2015. V. 10, № 6. P. e0130182.
7. Ielasi A., Latib A., Colombo A. Current and Future Drug-eluting Coronary Stent Technology // Expert. Rev. Cardiovasc. Ther. 2011. V. 9, № 4. P. 485–503.
8. Kim S. J., Park J. G., Kim J. H., Heo J. S., Choi J. W., Jang Y. S., Yoon J., Lee S. J., Kwon I.K. Development of a biodegradable sirolimus-eluting stent coated by ultrasonic atomizing spray // J. Nanosci. Nanotechnol. 2011. V. 11, № 7. P. 5689–5697.
9. Kruchinina A. D., Lyubchenko O. D., Yastremskaya Y. P., Shatrov A. N. Evaluating biological effects of sirolimus-eluting cardiovascular stents // Sovremennye tehnologii v medicine. 2017. V. 9 (1). P. 56–61.
10. Ma X., Oyamada S., Gao F., Wu T., Robich M. P., Wu H., Wang X., Buchholz B., McCarthy S., Gu Z., Bianchi C. F., Sellke F. W., Laham R. Paclitaxel/sirolimus combination coated drug-eluting stent: *in vitro* and *in vivo* drug release studies // J. Pharm. Biomed. Anal. 2011. V. 54, № 4. P. 807–811.
11. Nakano M., Otsuka F., Yahagi K., Sakakura K., Kutys R., Ladich E.R., Finn A. V., Kolodgie F. D., Virmani R. Human autopsy study of drug-eluting stents restenosis: histomorphological predictors and neointimal characteristics // Eur. Heart J. 2013. V. 34, № 42. P. 3304–3313.
12. Strohbach A., Busch R. Polymers for Cardiovascular Stent Coatings // International Journal of Polymer Science. 2015. P. 1–11.

УДК 616.36-089

**Мурунова Ю. Н.**

*Научный руководитель: Дарвин В. В., д. м. н., профессор, СурГУ*

### **ТРАДИЦИОННЫЕ И МИНИИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ ПРИ НЕПАРАЗИТАРНЫХ КИСТАХ ПЕЧЕНИ**

В статье проанализированы результаты лечения 42 больных с непаразитарными кистами печени. Больным выполнялись традиционные открытые операции и миниинвазивные методы лечения. Проведено сравнение ближайших и отдаленных результатов лечения паци-

ентов. На основании полученных результатов можно говорить о преимуществах эндовидеохирургического метода лечения при неосложненном клиническом течении непаразитарных кист печени над традиционными лапаротомными операциями. При гнойно-септических осложнениях непаразитарных кист печени операцией выбора является наружное дренирование.

*Ключевые слова:* миниинвазивное лечение, лапароскопическое лечение, кисты печени.

**Введение.** В настоящее время не существует единой точки зрения в отношении выбора оптимального хирургического лечения пациентов с непаразитарными кистами печени [1, 5]. Тактика ведения, характер и объем операции при различных вариантах распространенности патологического процесса остаются предметом дискуссии [1, 3]. Хорошие результаты миниинвазивного лечения непаразитарных кист печени послужили поводом для развития эндовидеохирургического направления [2, 6]. Наиболее благоприятными для лечения данным способом считаются неосложненные кисты печени расположенные на поверхности органа, когда складываются оптимальные условия для визуализации и инструментальной доступности кист [2, 4, 6]. Отдаленные результаты различных видов хирургического лечения кист печени и качество жизни изучены недостаточно. Рецидив симптомов выявляют у 42–100 % больных [3, 4]. В настоящей работе проведен сравнительный анализ миниинвазивного и традиционного методов лечения осложненных и неосложненных непаразитарных кист печени.

**Цель работы.** Улучшить ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения непаразитарных кист печени путем разработки персонализированного подхода к лечению пациентов с данной патологией.

**Материал и методы исследования.** В основу исследования положен анализ результатов хирургического лечения 42 пациентов с непаразитарными кистами печени за период с 2011 по 2015 год, находившихся в хирургическом отделении БУ «Сургутская окружная клиническая больница».

Все пациенты проходили объективное обследование с оценкой общего состояния при поступлении и наличия жалоб. Диагностические методы включали: ультразвуковое исследование органов брюшной полости, компьютерную томографию брюшной полости и/или магнитно-резонансную томографию, по данным которых оценивали число и размеры кист, плотность и однородность содержимого, толщину и структуру капсулы, лабораторные методы обследования с оценкой состояния функции печени. Для дифференциальной диагностики непаразитарных и гидатидных кист определяли антитела к эхинококку методом иммуноферментного анализа. У ряда пациентов по показаниям определяли уровень АФП, РЭА, СА 19,9, СА 242.

Все 42 пациента с непаразитарными кистами печени в зависимости от клинического течения были разделены на 2 группы. Группу пациентов с осложненным течением непаразитарных кист печени составили 19 пациентов. В структуре осложнений кист печени преобладали гнойно-септические – 89,5 %. В 1 (5,25 %) случае отмечен компрессионный синдром и в 1 (5,25 %) случае – разрыв кисты печени вследствие удара. В группу неосложненного клинического течения непаразитарных кист печени вошли 23 человека.

Показанием к хирургическому вмешательству служили: в экстренном и срочном порядке – инфицированные кисты и разрыв кисты, а также выраженные клинические проявления, в плановом порядке – кисты большого диаметра с клинической симптоматикой. Также в плановом порядке оперированы пациенты с кистами небольших размеров, вызывающими развитие билиарной и гипертензии (по данным визуализационных методов исследования). Пациенты были оперированы открытым (31,7 %) и миниинвазивными (68,3 %) способами, при этом выполняли лапароскопическую фенестрацию кист печени с дезпителизацией их паренхиматозной части, атипичную резекцию печени традиционным методом, а также наружное дренирование и склерозирование кист под контролем УЗИ. Отдаленные результаты и качество

жизни через 6–60 месяцев оценивали анкетированием с использованием русифицированной версии опросника SF\_36, лабораторными методами и УЗИ.

Результаты исследования и их обсуждение. Среди пациентов было 34 (81 %) женщин и 8 (19 %) мужчин. Возраст пациентов варьировал от 21 до 81 лет, медиана 56,05 лет. Пациенты с солитарными кистами печени составили 45,2 % (n = 19), с множественными – 54,8 % (n = 23).

Пациенты с размерами кист более 5 см в диаметре n = 35 (83,3 %) предъявляли жалобы на боль и тяжесть в правом подреберье и в эпигастральной области. Клиническая картина была неярко выраженной у пациентов с размерами кист менее 5 см в диаметре и при отсутствии осложнений. При наличии осложнений у 9 (21,4 %) пациентов наблюдалась лихорадка; бессимптомное течение выявлено у 7 (16,7 %) больных. Показаниями к операции в данных наблюдениях явились интенсивный рост кист (2 пациента), подозрение на паразитарный характер (2 пациента) и хирургическая патология других органов – у 3 пациентов, а кисты печени были удалены симультанно.

В биохимическом анализе крови выявлены умеренно выраженные признаки цитолиза при неосложненном течении кист (n = 6), при осложненном течении (n = 6) и слабо выраженные при осложненном течении кист – холестаза (n = 1). При наличии толстой капсулы и перегородок в полости кисты (n = 4) и снижении массы тела (n = 2) онкомаркеры были в пределах нормы.

Кисты размером до 5 см выявлены у 3 (7,1 %) пациентов, 5–10 см – у 21 (50 %), 10–15 см – у 10 (23,8 %) и более 15 см – у 8 (19,1 %) пациентов, при этом диаметр кист варьировал от 3 до 21 см.

Распределение пациентов по локализации кист: в правой доле у 31 пациента (48,4 %), в левой доле – 19 (29,7 %), в обеих долях – 14 (21,9 %).

В лечении пациентов использовали традиционные операции и миниинвазивные вмешательства в виде наружного дренирования, выбор которых осуществляли с учетом наличия и тяжести сопутствующих заболеваний, ранее перенесенных операций на брюшной полости, локализации, ультразвуковых и компьютерных характеристик кист, осложнений.

В первой группе пациентов предпочтения отдавали наружному дренированию, т. к. учитывалось тяжелое состояние пациентов. А также в 34,8 % (p < 0,05) операции были выполнены на фоне угрожающих жизни состояний. При проведении лапаротомии 1 (5,3 %) пациенту данной группы выполнена атипичная резекция печени, 1 (5,3 %) пациенту выполнена фенестрация кисты печени. Двум пациентам (10,5 %) проведено наружное дренирование и тампонирование кисты печени через минилапаротомный доступ. Остальным пациентам (n = 15, 78,9 %) выполнено дренирование кист печени под контролем УЗИ. Во второй группе пациентов лапаротомия выполнена 11 (47,8 %) пациентам, лапароскопическая фенестрация выполнена 7 (30,4 %) пациентам, дренирование под УЗ-контролем проведено 5 (21,8 %) пациентам.

В послеоперационном периоде 4 (21,1 %) пациента первой группы получали лечение в условиях реанимационного отделения. Средний реанимационный койко-день в группе составил 0,8. Для адекватного обезболивания пациентам назначали наряду с НПВС наркотические анальгетики. В подгруппе пациентов с миниинвазивным лечением наблюдение в условиях реанимации не требовалось, адекватное обезболивание достигалось введением ненаркотических анальгетиков. Во второй группе пациентов наблюдение в условиях реанимации также требовалось пациентам подгруппы традиционных лапаротомных методик. В среднем в реанимации пациенты данной группы наблюдались 0,4 койко-дня.

Послеоперационные осложнения у пациентов наблюдались в обеих группах. В 1 группе осложнения выявлены у 5 (26,3 %) пациентов. После проведения дренирования кист печени отмечены: реактивный гепатит – у 1 (6,7 %) пациента, двусторонний плеврит – у 1 (6,7 %) пациента, кровотечение из области стояния дренажа – у 1 (6,7 %) пациента. В подгруппе лапаротомных методов лечения осложнения выявлены у 2 (50 %) пациентов: у обоих – односторонний плеврит, реактивный гепатит – в 1 наблюдении и нагноившаяся гематома печени –

в 1 наблюдении. Послеоперационный койко-день у данной группы пациентов составил – 28,3 ( $p < 0,05$ ).

Во второй группе всего у 2 (8,7 %) пациентов выявлены послеоперационные осложнения. В обоих наблюдениях диагностирован реактивный гепатит после резекции печени традиционным методом. После дренирования под контролем УЗИ и лапароскопической фенестрации послеоперационных осложнений выявлено не было. Длительность лечения после операции составила в среднем 12,6 койко-дней, что в 2 раза меньше чем в первой группе. Минимальная продолжительность госпитализации была отмечена в группе лапароскопической фенестрации и составила 8,7 койко-дней. Летальных исходов в группах не выявлено.

Анализ отдаленных результатов лечения непаразитарных кист печени, изученный в сроки от 6 до 60 месяцев (в среднем 12–30 месяцев) у 33 (78,6 %) пациентов, показал что после дренирования кист печени под УЗ-контролем в обеих группах отмечено повторное наполнение кист: у 4 (26,7 %) пациентов первой группы и у 4 (80 %) пациентов 2 группы. У 2 пациентов в связи с появлением вновь клинической симптоматики проведена в плановом порядке лапароскопическая фенестрация. Рубцовой тканью замещены кисты в 11 (73,3 %) и в 1 (20 %) наблюдениях первой и второй группах соответственно.

Остаточные полости диагностированы у 2 (20 %) пациентов второй группы после лапароскопической фенестрации. Данное осложнение не влияло на субъективное состояние пациентов и не требовало повторных операций. Аналогичная ситуация была у пациентки после резекции кисты печени подгруппы лапаротомного доступа.

У одной пациентки после проведения хирургического лечения кисты печени лапаротомным доступом выявлена послеоперационная вентральная грыжа, которая, по нашему мнению, имела место вследствие сопутствующей патологии пациентки – ожирение 2 степени, сахарный диабет 2 типа, что ухудшает заживление раны и формирование рубцовой ткани.

Таким образом, наименьшее количество осложнений в отдаленном периоде отмечено после лапароскопической фенестрации (рис. 1).

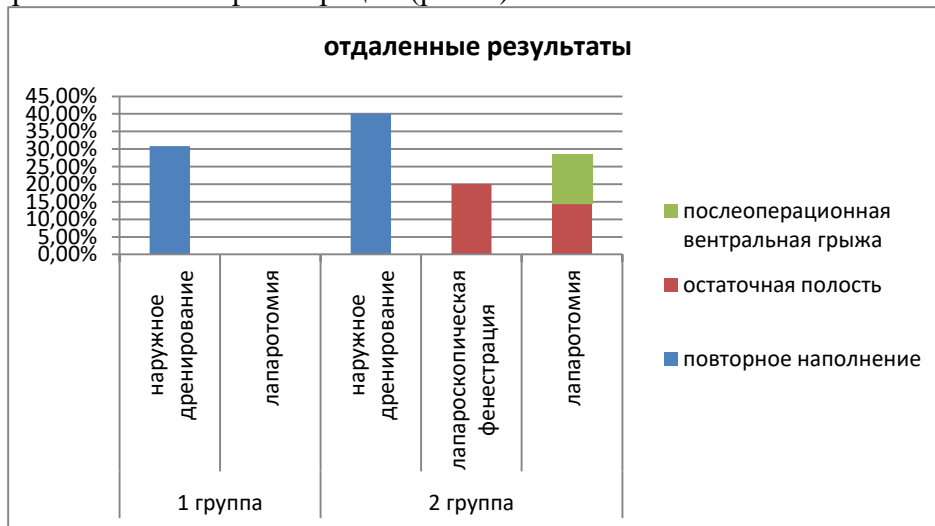


Рис. 1. Отдаленные результаты хирургического лечения непаразитарных кист печени

У пациентов подгруппы наружного дренирования и первой, и второй группы отмечены низкие показатели физического и психического компонента здоровья в сравнении с другими группами. Это обусловлено большей частотой повторного наполнения кист печени. При множественном поражении сохранялся риск роста кист, что уменьшало показатели психического компонента. Пациенты отмечали наличие более и менее выраженного болевого, диспепсического синдрома, необходимость в приеме анальгетиков, соблюдении диеты. Все это в значительной мере ограничивало пациентов в повседневной жизни и трудовой (профессиональной) деятельности и снижало качество жизни. В группе пациентов после лапаротомных операций

показатели физического и психического компонента здоровья несколько выше. Обусловлено это радикальностью операции. После длительного восстановления (что отрицательно влияло на качество жизни) пациенты вновь возвращались к привычному образу жизни без появления рецидивов. Показатели качества жизни были снижены также вследствие возникновения послеоперационной вентральной грыжи у пациентки, что требовало повторной операции.

Самый высокий уровень физического и психического компонента здоровья отмечен в группе лапароскопической фенестрации, в результате которой пациенты быстро восстанавливались и возвращались к обычной жизни без рецидивов.

**Заключение.** Выбор хирургического вмешательства зависит от этиологии кистозных образований, их локализации, осложнений, сопутствующих заболеваний. Лапароскопическая фенестрация непаразитарных кист печени сопровождается лучшими ближайшими и отдаленными результатами. При осложненном течении непаразитарных кист печени предпочтение отдается таким миниинвазивным методикам как наружное дренирование под контролем методов медицинской визуализации. В отдельных наблюдениях может использоваться как подготовительный этап перед плановым радикальным хирургическим лечением. Традиционные методы остаются актуальными в диагностически сложных ситуациях и при развитии осложнений непаразитарных кист печени неинфекционного характера.

Показатели качества жизни у пациентов с непаразитарными кистами после открытых оперативных вмешательств и дренирования кист меньше, чем после лапароскопической фенестрации.

### Литература

1. Гальперин Э. И., Ахаладзе Г. Г., Чевокин А. Ю., Прокофьев О. А. Чрескожные вмешательства под контролем УЗИ в хирургии печени и поджелудочной железы // Анн. хирург. гепатол. Приложение. Материалы пленума правления хирургов гепатологов России и стран СНГ. Пермь, 2001. С. 93–94.
2. Малышева А. Ф., Шкуратов А. Г., Соболевская О. А., Пуздаев В. И. Значение современных медицинских технологий в диагностике и лечении очаговых и диффузных заболеваний печени // Анн. хирург. гепатол. 2003. Т. 8, № 2. С. 319–320.
3. Тимербулатов М. В., Имаев А. Б. Результаты инвазивного лечения непаразитарных кист печени и селезенки // Пермский медицинский журнал. 2010. № 2 7 (2). С. 29–33.
4. Giuliani F., D'Acapito F., Vellone M. Risk for laparoscopic fenestration of liver cysts // Surg. Endosc. 2003. V. 17, N 11. P. 1735–1738.
5. Kornprat P., Cerwenka H., Bacher H. et al. Minimally invasive management of dysontogenetic hepatic cysts // Langenbecks Arch. Surg. 2004. V. 389, N 4. P. 289–292.
6. Szabo L. S., Takacs I., Arkosy P. et al. Laparoscopic treatment of nonparasitic hepatic cysts // Surg. Endosc. 2006. V. 20. N 4, P. 595–597.

УДК 618.146-006.6-07

**Пелевина А. В.**

*Научный руководитель: Парсаданян А. М., д. м. н., профессор, СурГУ*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЦЕРВИКАЛЬНОЙ НЕОПЛАЗИИ И ИНРАЭПИТЕЛИАЛЬНОГО РАКА ШЕЙКИ МАТКИ**

Цель исследования – провести обзор литературы по использованию инновационных методов в диагностике и лечении тяжелой цервикальной неоплазии и интраэпителиального



рака. В РФ в 2015 году смертность населения от всех новообразований составила 296 476 человек. В последние годы обозначились тенденции роста заболеваемости раком шейки матки, и прежде всего у женщин в молодых возрастных группах до 30 лет. Так в 2015 году в РФ с впервые в жизни установленным диагнозом рака шейки матки было выявлено 16 710 женщин, при этом смертность женщин раком шейки матки моложе 30 лет составила 9,7 %, а в возрасте 30–39 лет – 21,7 %. Рост показателя заболеваемости раком шейки матки во всем мире и нашей стране свидетельствует о недостаточности мер по первичной и вторичной профилактике данного заболевания, низкой чувствительности и специфичности используемых методов диагностики и лечения.

*Ключевые слова: тяжелая цервикальная неоплазия, интраэпиталиальный рак.*

Несмотря на внедрение современных методов диагностики – лабораторных и инструментальных, и использование хирургических, лучевых и медикаментозных методов комплексной терапии, в РФ, как и во всем мире, отмечается рост заболеваемости и смертности от этих злокачественных опухолей. Так в РФ в 2015 году смертность населения от всех новообразований составила 296 476 человек. Цервикальный рак представляет важную проблему для здравоохранения во всем мире. Ежегодно в мире регистрируется 529,4 тыс. больных раком шейки матки и 274,9 тыс. умерших. По данным статистики в 2015 году в РФ с впервые в жизни установленным диагнозом рака шейки матки было выявлено 16 710 женщин [2].

При этом в последние годы обозначилась отрицательная динамика заболеваемости и смертности от рака шейки матки у женщин в возрастной группе до 40 лет [6]. В структуре смертности от злокачественных новообразований женщин моложе 30 лет рак шейки матки составляет 9,7 %, а в возрасте 30–39 лет – 21,7 %. Положительная динамика роста заболеваемости раком шейки матки отчасти может быть связана более высоким уровнем диагностики онкологических заболеваний на ранних стадиях [7].

Новые знания об этиологии и патогенезе рака шейки матки привели к тому, что диагностические и лечебные возможности патологии расширились, и тактика ведения женщин стала более щадящей [7]. Дополнительным вкладом в определении механизмов формирования патологии, индукцию и развитие опухолевого процесса шейки матки внесли эпигенетические факторы, возникающие под воздействием гормональных нарушений и роста метаболитов гормонов [6, 7]. Однако многие вопросы, касающиеся интерпретации результатов обследования и проведения того или иного метода терапии, до сих пор остаются дискуссионными.

В настоящий момент все факторы канцерогенеза шейки матки можно условно разделить на две большие группы – модификационные (эндогенные и экзогенные) и генетические. В 2008 году Нобелевская премия в области медицины была присуждена за открытие роли вируса папилломы человека (ВПЧ) в развитие неопластического процесса шейки матки. Была разработана панель, с определением 30 генотипов ВПЧ. Для метода жидкостной цитологии в современных условиях рекомендовано несколько систем: Cytospin AutoCytePrep Thin Prep [10]. Из общего количества вирусов, выделены ВПЧ высокого канцерогенного риска, которые являются главными экзогенными этиологическими факторами рака шейки матки. При этом ВПЧ высокого канцерогенного риска (типы 16, 18, 33, 35) обнаруживают в 96,4 – 99,7 % образцов опухолевой ткани шейки матки. Течение ВПЧ-инфекции зависит от состояния иммунной системы, одно из самых неблагоприятных течений – длительная персистенция вируса.

По данным С. И. Роговской, 82 % женщин инфицированы через 2 года после сексуального дебюта [6], а персистенция проонкогенных типов ВПЧ более двух лет является наиболее опасным фактором прогрессии цервикальной интраэпиталиальной неоплазии шейки матки в онкопроцесс. Применение молекулярно-биологических методов диагностики позволяет определить и стадировать встраивание генома вируса в геном клетки. Ранние белки ВПЧ (регион E), включающий гены E6, E7 и др., активны в базальных слоях эпителия. Поздние гены L1 и L2 кодируют структурные белки вириона [1].

Цитологическое исследование - общепринятый метод диагностики, который позволяет оценить состояние эпителия при различных состояниях ШМ. Перспективным методом является жидкостная цитология. Метод снижает количество ложноотрицательных мазков, благодаря консервирующей транспортной среде, препятствующей повреждению клеток. Кроме того, жидкая среда исключает бактериальное загрязнение. При прочтении результатов жидкостной цитологии с использованием адаптированного варианта классификации Бетесда, высокая степень интраэпителиального поражения (High grade squamous intraepithelial lesion - HSIL) часто связана с персистенцией ВПЧ, при этом риск прогрессии в более тяжелую дисплазию или интраэпителиальный рак высок [4].

Иммуноцитохимическое определение белка p16ink4a является инновационным методом выявления неопластического процесса шейки матки на начальных стадиях опухолевого процесса. Так, его накопление в цитоплазме позволяют выявить предраковые состояния и самые ранние формы рака шейки матки, которые установить другим способом зачастую невозможно [9; 13]. Известно, что белок p16ink4a появляется в процессе метилирования генов супрессоров и отражает эпигенетическую нестабильность, что предшествует раковой трансформации.

По данным Л. И. Мальцевой и соавт. [3], у пациенток с хроническим цервицитом (188 женщин) при проведении жидкостного цитологического исследования выявлена цервикальная интраэпителиальная неоплазия (CIN) эпителия шейки матки у 74, 64 и 50 женщин были выявлены CIN I, CIN II и CIN III соответственно, из них 169 пациенток – с наличием ВПЧ. При сравнительном анализе традиционной и жидкостной цитологии мазков с экзо- и эндоцервикса с использованием определения белка p16ink4a, положительные результаты были выявлены у 65 (8,4 %) женщин с CIN, и только с CIN, в том числе у 38 пациенток с CIN III. Однако обнаружен тот факт, что даже при использовании жидкостной цитологической технологии у p16-позитивных женщин не были диагностированы в 27,7 % (18) тяжелые интраэпителиальные поражения. К недостаткам цитологических исследований с определением белка p16ink4a могут быть отнесены сложность исполнения, необъективность трактовки результатов, сложность стандартизации и высокие требования к квалификации врача-цитолога. Поэтому одной из технологий, улучшающих результаты цитологического исследования является автоматизированная компьютерная технология Pap Wet, позволяющая при цитологическом исследовании идентифицировать 128 типов измененных клеток или клеточных скоплений.

Антиген плоскоклеточной карциномы (SCCA) – это опухолеассоциированный антиген плоскоклеточных карцином различных локализаций. Этот онкомаркер был впервые выделен из тканей плоскоклеточной карциномы шейки матки в 1977 г. Группа принадлежит к семейству серпинов – ингибиторов сериновых протеиназ, и состоит более чем из 10 белков, различающихся по изоэлектрическим точкам (от 5,9 до 6,6).

В последние годы в литературе появились данные, посвященные биологическим свойствам этого опухолеассоциированного маркера SCCA (squamous cell carcinoma antigen), показывая к его использованию в оценке степени распространенности опухоли и эффективности проводимой терапии РШМ [6].

Кольпоскопический метод признается многими авторами как ведущий. В литературе встречаются данные о высокой чувствительности расширенной кольпоскопии при диагностике CIN II-III, достигающей 80–83 % и недостаточной специфичности – 64–87 %, целесообразности проведения пробы с уксусной кислотой для выделения пациентов для ВПЧ-тестирования [4; 6]. В отличие от стран с организованными программами скрининга РШМ, в России кольпоскопия является рутинным методом обследования.

Прогрессом в использовании данного метода стало принятие на Всемирном конгрессе по патологии ШМ и кольпоскопии в Риме в 1990 г. для практического врача Международной

классификации кольпоскопических терминов, которая была пересмотрена в 2003 г., доработана и одобрена в 2011 г. Международной Федерацией по кольпоскопии и цервикальной патологии (AFCPC) в Рио-де-Жанейро.

Еще одно направление изучаемой патологии – оптико-электрическая диагностика. Суть метода оптической когерентной томографии заключается в измерении времени задержки светового луча, отраженного от исследуемой ткани. Для проведения оптико-электрической диагностики используется современный прибор – Сканер TruScreen, работа которого основана на использовании инфракрасного видимого света с электрическим компонентом. Метод характеризуется как высокочувствительный в идентификации цервикальной дисплазии и рака [12; 14]. В литературе представлены данные о диагностической ценности TruScreen в сравнении с PAP-тестом: чувствительность 67–70 % и специфичность 81 %. При совместном использовании жидкостной цитологии и системы TruScreen чувствительность составляет 87 % и специфичность – 93 %, что указывает на перспективность сочетанной диагностики [8; 17].

Проведение морфологического исследования биопсийного материала тканей шейки матки является обязательным заключительным звеном в выявлении патологии органа. Биопсия может быть точечной, когда материал получают прицельно, или обширной, полученной путем эксцизии. Проведение морфологической верификации патологии шейки матки является очень актуальной до настоящего времени.

Несколько слов о предраковой патологии шейки матки, которая является фактором риска прогресса патологии шейки матки в онкопроцесс. Термин «дисплазия» объединяет группу эпителиальных поражений шейки матки. Он был предложен в 1953 г. J. W. Reagan. Согласно определению ВОЗ, дисплазией называется такой патологический процесс, при котором в толще покровного эпителия шейки матки появляются клетки с различной степенью атипии (нарушение дифференцировки клеток), с последующим изменением слоистости эпителия [6]. Международное название дисплазии – это цервикальная интраэпителиальная неоплазия (CIN-system), или плоскоклеточное интраэпителиальное повреждение, которая включена в морфологическую классификацию болезней. В случаях выраженной (тяжелой) дисплазии изменения захватывают большую часть толщи эпителиального пласта, за исключением нескольких поверхностных слоев из зрелых клеток, сохраняющих нормальное строение. При этом, в отличие от CIN тяжелой степени, дисплазия высокой степени занимает промежуточное положение между нормальным эпителием шейки матки и раком *in situ* и относится к предраковым состояниям, предшествующим развитию инвазивного РШМ. При этом в мире ежегодно первично диагностируются более 30 млн. случаев дисплазии плоского эпителия шейки матки легкой степени, а дисплазии умеренной и тяжелой степени – более 10 млн случаев [5].

Таким образом, раку шейки матки всегда предшествует CIN, и только эта патология с позиций онкологии, в отличие от фоновых заболеваний шейки матки, требует лечения. При этом, возможности традиционных методов обследования ограничены, что может быть причиной излишнего радикализма или необоснованного отказа от хирургического лечения, и негативно влиять на репродуктивную функцию или на здоровье и жизнь женщины.

В связи с вышеизложенным представляет интерес использования щадящей технологии фотодинамической терапии (ФДТ) для диагностики и лечения CIN и внутриэпителиального рака у женщин репродуктивного возраста с возможностью сохранения органа. ФДТ – это двухкомпонентный метод диагностики и лечения опухолевых заболеваний, основанный на эффектах взаимодействия фотосенсибилизатора (ФС) и света строго определенной длины волны. В результате реализации фотодинамической реакции происходят геморрагический некроз опухолевой ткани и ее замещение соединительнотканью структурами. Фотохимическая реакция включает в себя прямую гибель клеток за счет синглетного кислорода, повреждение сосудистого русла опухолевой ткани, иммунный ответ [15]. Для использования ФДТ используется введение фотосенсибилизатора.

В современных условиях, для лечения РШМ могут быть использованы не только хирургические, но и химиотерапевтические и лучевые методы, в том числе и методы ядерной медицины [7].

Таким образом, при существующих и предлагаемых методиках исследования плоского эпителия шейки матки необходим поиск и внедрение новых диагностических чувствительных и специфичных критериев, которые помогут в раннем выявлении CIN, РШМ, и выбору современной лечебной тактики, в том числе и с целью сохранения репродуктивного здоровья женщины и семейной пары.

## Литература

1. Белокринитская Т. Е., Белокриницкая И. А., Золотарева А. А. и др. Проспективная оценка эффективности лечения цервикальных интраэпителиальных неоплазий, ассоциированных с папилломавирусной инфекцией // *Акушерство и гинекология*. 2016. № 4. С. 86–92.
2. Злокачественные новообразования в России в 2010 г. (заболеваемость и смертность) / ред. Чиссов В. И., Старинский В. В., Петров Г. В. М., 2012. 260 с.
3. Мальцева Л. И., Фаррахова Л. Н., Нюхнин М. А. Инновационные подходы к диагностике предрака и рака шейки матки у женщин с ВПЧ-ассоциированным цервицитом // *Ульяновский медико-биологический журнал*. № 3. 2013. С. 85–88.
4. Прилепская В. Н., Назарова Н. М., Мзарелуа Г. М. и др. ВПЧ-ассоциированные заболевания шейки матки: новое в диагностике // *Акушерство и гинекология*. 2015. № 9. С. 20–26.
5. Протасова А. Э., Беженарь В. Ф., Антонова А. Л. З, Дзюбий Т. И., Цыпурдеева А. А. Диагностика и выбор тактики ведения больных с диспластическими плоского эпителия шейки матки // *Журнал акушерства и детских болезней*. Т. LXII, № 1. 2013. С. 55–63.
6. Роговская С. И., Липова Е. В. Шейка матки, влагалище, вульва: руководство для практикующих врачей / StatusPraesens, 2014. 830 с.
7. Сухих Г. Т. Наша миссия – внедрять лучшие технологии // *Онкология и репродукция*. 2017. № 4 (6). С. 4–11.
8. Храмова О. К., Минкина Г. Н., Фириченко С. В. Сравнение чувствительности опико-электронной технологии TruScreen, ВПЧ-Digene-теста и жидкостной цитологии в диагностике предраковых поражений шейки матки : *Материалы XI Всерос. науч. форума «Мать и дитя»*. М., 2010. С. 174.
9. Раскин Г. А. [и др.]. Эффективность использования жидкостной цитологии в сочетании с иммуноцитохимическим исследованием p16ink4a в сравнении с традиционной цитологией и ПЦР-анализом ВПЧ высокого онкогенного риска в диагностике дисплазий и рака шейки матки // *Вопросы онкологии*. 2009. Т. 55, № 2. С. 192–195.
10. Crosswell J. M., Ransohoff D. F., Kramer B. S. Principles of cancer screening: lessons from history and study design issues // *Semin. Oncol.* 2010. Vol. 37, N 3. P. 202–215.
11. Meyer J. L. [et al.]. Evaluation of p16INK4a expression in ThinPrep cervical specimens with the CINtec p16INK4a assay: correlation with biopsy follow-up results // *Cancer*. 2007. P. 83–92.
12. Monk A., Brewer C., Van Nostrand K., Bems M.W. et al. Photodynamic therapy using topically applied dihematoporphyrin ether in the treatment of cervical intraepithelial neoplasia // *Gynecol. Oncol.* 1997. Vol. 64: 1. P. 70–75.
13. Rocco J. W., Sidransky D. P16 (MTS-I/CDKN2/INK4a) in cancer progression // *Exp Cell Res.* 2001. P. 42–55.
14. Stork S. D., Duthie L., Tremaine T. and al. Elafin (SKALP/Trappin-2/proteinase inhibitor) is produced by the cervix in pregnancy and cervicovaginal levels are diminished in bacterial vaginosis // *Reprod. Sci.* 2009. 16 (12). P. 1125–1139.
15. Soergel P., Wang X., Stepp H. et al. Photodynamic therapy of cervical intraepithelial neoplasia with hexaminolevulinate // *Lasers Surg. Med.* 2008. Vol. 40, № 9. P. 611–615.

16. Ivanova T. A. [et al.]. Up-regulation of expression and lack of 5' CpG island hypermethylation of p16INK4 $\alpha$  in HPV-positive cervical carcinomas // BMC Cancer. 2007. P. 47.
17. Yamaguchi S., Tsuda H., Takemori M. et al. Photodynamic therapy for cervical intraepithelial neoplasia // Oncology. 2005. Vol. 69. P. 110–116.

УДК 618.33

*Перегудина А. В., Конченкова Е. Н.*

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ РОЖДЕНИЯ ГИГАНТСКОГО ПЛОДА

Статья посвящена одной из актуальных проблем современного акушерства – крупному плоду при беременности. Несмотря на значительное число исследований, посвященных проблеме родоразрешения беременных крупным плодом, общепризнанной тактики ведения беременности и родов не существует. Высокие показатели родового травматизма матери и неблагоприятные перинатальные исходы при макросомии плода имеют большое медицинское и, несомненно, социальное значение. Представлен анализ клинического случая рождения гигантского плода в городе Сургуте в 2017 г.

*Ключевые слова:* макросомия, гестационный сахарный диабет, крупный плод, гигантский плод.

В клинической практике крупный плод ассоциируется с акушерскими и перинатальными осложнениями. К сожалению, дородовая диагностика крупного плода клиническими и ультразвуковыми методами не обладает высокой точностью. В связи с этим нет четкой концепции относительно ведения родов при предполагаемом крупном плоде. Актуальность изучения данной проблемы продиктована явной тенденцией к увеличению числа родов крупным плодом на протяжении последнего десятилетия. Частота родов крупным плодом, по данным литературных источников, в последние годы составляет 4,5–20 %. Роды плодом с массой тела 4 000–4 500 г наблюдаются в 7,6 %, 4 500–5 000 г – в 1,2 %, 5 000 г и более – в 0,2 % случаев [1]. Макросомия у матерей с гестационным сахарным диабетом (ГСД) встречается намного чаще, чем в общей популяции – в 25–49% случаев [2, 3].

В Бюджетном учреждении Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский клинический перинатальный центр» за последние 5 лет частота рождения детей с массой тела более 4000 г варьировала от 12 до 14,2 %, частота ГСД за последние 3 года составляет 6,2–10,1 %.

Повторнобеременная повторнородящая Н., 33 лет, поступила в роддом Сургутского клинического перинатального центра с жалобами на нерегулярные боли внизу живота тянущего характера. Данная беременность пятая. Акушерский анамнез отягощен рождением трех крупных плодов весом 4 750 г, 5 050 г, 4 400 г. Предыдущая беременность осложнилась развитием гестационного сахарного диабета, проводилась диетотерапия.

Соматический анамнез отягощен наличием хронического вирусного гепатита С минимальной степени активности, ожирением I степени по ВОЗ (рост 178 см, вес до беременности 103 кг, ИМТ – 32,5 кг/м<sup>2</sup>), хронической железодефицитной анемией легкой степени.

Течение настоящей беременности.

В I триместре диагностировано нарушение гликемии натощак (в 6 недель глюкоза венозной плазмы – 5,3 ммоль/л; в 8 недель глюкоза плазмы натощак – 5,2 ммоль/л), беременная была консультирована эндокринологом, выставлен диагноз: нарушенная гликемия натощак, ожирение I степени. Рекомендовано: диета № 8, дозированная физическая нагрузка, йодомарин 200 мкг/сут, определение гликозилированного гемоглобина (HbA1c).

Во II триместре – анемия легкой степени, низкая плацентация, кольпит. Участковым акушером-гинекологом диагноз ГСД выставлен с 19 недель, рекомендовано – самоконтроль глюкозы крови, разгрузочные дни. Пациентка наблюдалась нерегулярно, самоконтроль гликемии не проводила, диету не соблюдала. Уровень HbA1c в 24 недели составил 5,4 %.

В III триместре – анемия легкой степени, кольпит, острая респираторная вирусная инфекция, отеки, вызванные беременностью. В 35 недель гликемия натощак – 8,5 ммоль/л, в 38 недель гликемия натощак – 4,9 ммоль/л. С 35 недель при ультразвуковом исследовании была диагностирована макросомия плода (табл. 1).

Таблица 1

**Ультразвуковое исследование во время беременности пациентки Н.:**

Триместр	Гестационный срок	Заключение УЗ-исследования
I	11 недель + 3 дня	Фетометрия 11 недель + 0 дней
I	13 недель + 3 дня	Фетометрия 12 недель + 3 дня, признаков врожденных пороков развития (ВПР) и маркеров хромосомной патологии (ХП) не выявлено
II	21 неделя + 1 день	Фетометрия 20 недель + 5 дней, ВПР и гемодинамических нарушений (ГДН) нет. Низкая плацентация
III	33 недели + 1 день	Фетометрия 35 недель + 4 дня, ВПР и ГДН нет. Гиперплазия плаценты. Крупный плод (2691±393 г)
III	38 недель + 1 день	ГДН нет. Крупный плод (4440±400 г).

При поступлении в роддом состояние беременной удовлетворительное, артериальное давление 115/72 мм рт. ст., 117/75 мм рт. ст., пульс 76 в мин., температура тела в норме. Матка возбудима при пальпации, расслабляется полностью. Положение плода продольное, ко ходу в малый таз предлежит головка плода, прижата ко входу в малый таз. Шейка матки – «недостаточно зрелая» (4 балла по Е. Х. Бишопу). Сердцебиение плода ясное, ритмичное, частота 142 уд/мин, по результатам кардиотокографического исследования состояние плода компенсированное. Предполагаемый вес плода по И. Ф. Жордания – 5 418 г, по З. Н. Якубовой – 4 275 г. Срок беременности по менструации – 42 недель, по I УЗИ – 41 неделя и 4 дня. Фетометрия соответствует свыше 42 недель по размерам плода, крупный плод (5 430 ± 600 г), маловодие (индекс амниотической жидкости 5 см).

Исходя из полученных данных, было решено родоразрешить беременную путем кесарева сечения в плановом порядке. Операция была проведена под эпидуральной анестезией. Разрезом по Джоелу-Коухену на 2 минуте извлечен живой доношенный ребенок, девочка, весом 7 500 г, ростом 69 см, с окружностью головы 41 см, окружностью груди 45 см. Без видимых признаков ВПР, оценка по шкале В. Апгар 8–9 баллов. Послед гиперплазирован, массой 818 г, маловодие, околоплодные воды светлые. Кровопотеря составила 600 мл.

При первичном осмотре ребенка состояние удовлетворительное, в первые сутки после родов отмечалась тенденция к гипогликемии (табл. 2).

Таблица 2

**Уровень глюкозы крови новорожденного**

	1-е сутки после родов			2-е сутки после родов	
Глюкоза крови, ммоль/л	2,8	4,1	3,5	3,8	3,1

В роддоме ребенок находился на смешанном вскармливании. Выписан домой на 4-е сутки с весом 7200 г. Диагноз ребенка: P08.0. Чрезмерно крупный ребенок. Группа здоровья II А.

**Выводы.** Таким образом, можно отметить, что случай гестационного сахарного диабета проведен некорректно, углеводный обмен беременной женщины не был компенсирован, что могло быть отчасти связано с тем, что пациентка наблюдалась нерегулярно, самоконтроль гликемии с помощью глюкометра не проводила, диету не соблюдала.

Представленный клинический случай демонстрирует необходимость мотивирования пациенток на проведение самоконтроля гликемии в течение беременности и соблюдение рекомендаций по питанию, физической активности и лечению гестационного сахарного диабета. Необходим индивидуальный подход при родоразрешении беременных крупным плодом, дальнейшее совершенствование методов диагностики макросомии плода, а также прогнозирования исхода родов.

### Литература

1. Мудров В. А., Мочалова М. Н., Пономарева Ю. Н., Мудров А. А. Исходы беременности и родов крупным плодом // Журнал акушерства и женских болезней. 2016. № 6. С. 36–44.
2. Мирошник Е. В., Рюмина И. И., Зубков В. В. Влияние сахарного диабета матери на здоровье новорожденного // Акушерство и гинекология. 2016. № 9. С. 45–49.
3. Красный А. М., Климченко М. И., Дегтярева Е. И., Федорова М. В. Взаимосвязь макросомии плода с функцией трофобласта // Материалы VIII Регион. науч. форума «Мать и дитя» (29 июня – 1 июля 2015 г., г. Сочи): «МЕДИ Экспо», 2015. С. 27–28.

УДК 616.9

*Петрук И. В.*

*Научный руководитель: Кухта В. Е., ОГУ*

### ПРОФИЛАКТИКА ВИЧ-ИНФЕКЦИИ В ГРУППЕ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ

Статья посвящена проблеме распространения ВИЧ-инфекции и анализу актуальности профилактической работы в отношении ВИЧ-инфекции в группе несовершеннолетних. Представлены результаты социологического исследования 2016 года, направленного на анализ информированности несовершеннолетних Омской области по вопросам профилактики ВИЧ-инфекции.

*Ключевые слова: ВИЧ-инфекция, профилактика ВИЧ-инфекции, здравоохранение, несовершеннолетние.*

В настоящее время, по оценкам ВОЗ (Всемирной Организации Здравоохранения) и ЮНЭЙДС, в мире официально зарегистрировано более 40 миллионов ВИЧ-инфицированных. На территории России общее количество зарегистрированных людей с ВИЧ на 1 июля 2017 г. достигло отметки 1 167 581 человек. Показатель пораженности населения РФ ВИЧ-инфекцией в 2017 году составил 795,3 зараженных ВИЧ на 100 тысяч населения России[1].

С 2006 года в России отмечается ежегодный рост числа новых случаев ВИЧ-инфекции в среднем на 10% в год. Сейчас проблема ВИЧ-инфекции стоит настолько остро, что в октябре 2016 года Правительством Российской Федерации была утверждена Государственная стратегия противодействия распространению ВИЧ-инфекции в Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу.

Излечить инфекцию невозможно, поэтому единственно-верным способом сокращения числа новых случаев заражения является профилактика ВИЧ-инфекции. При отсутствии профилактических вакцин основными методами профилактики ВИЧ выступает повышение информированности населения о реальной угрозе заражения ВИЧ, а так же формирование у населения мотивации на изменение поведения в сторону менее рискованного в отношении ВИЧ-инфекции.

Уровень информированности населения по вопросам ВИЧ-инфекции выступает одним

из показателей информационной эффективности профилактической работы Российских СПИД-центров. Информированность затрагивает ряд ключевых аспектов данного заболевания от путей передачи до мест обследования (тестирования) на ВИЧ. На основе данных об уровне информированности населения по вопросам ВИЧ-инфекции планируются и корректируются мероприятия, направленные на профилактику заболевания.

В августе 2016 года специалистами БУЗОО «Центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями» под патронажем Министерства здравоохранения Омской области было проведено социологическое исследование, целевой группой которого стали несовершеннолетние города Омска и муниципальных районов Омской области.

Основная цель исследования – выявление уровня информированности по вопросам ВИЧ-инфекции и разработка практических рекомендаций по проведению профилактической работы среди несовершеннолетних. В исследовании приняли участие 125 общеобразовательных учреждений, из них 75 школ, 11 лицеев и 17 гимназий в городе Омске, 32 школы муниципальных районов Омской области. Общее количество участников исследования составило 1604 старшеклассника в возрасте 15–17 лет, из них 734 юноши и 870 девушек.

Информированность школьников по основным путям передачи ВИЧ-инфекции в обеих группах находится на достаточно высоком уровне, что свидетельствует о существующей системе профилактики ВИЧ-инфекции на территории региона. О передачи ВИЧ при незащищенных половых контактах информированы 90 % старшеклассников; при употреблении наркотиков – 74 % школьников; от ВИЧ-инфицированной матери к ребенку – 50 % школьников; при нанесении татуировок нестерильным инструментарием 53 % старшеклассников.

Еще одним индикатором информированности подростков о ВИЧ-инфекции в данном исследовании стал вопрос о мерах предосторожности, которые необходимо соблюдать для снижения риска возможного заражения ВИЧ-инфекцией. Значительная часть несовершеннолетних (78 %) информированы о мерах предосторожности, которые помогают избежать заражения ВИЧ-инфекцией. Среди мер профилактики несовершеннолетние выделяют следующие: не употреблять наркотики (55 %), при сексуальных контактах пользоваться презервативом (88 %), использование стерильных медицинских инструментов (54 %).

На фоне такой положительной тенденции стоит отметить и недостатки в знаниях о ВИЧ-инфекции. Только 38 % подростков придерживаются верной позиции, что *ВИЧ-инфекция не излечима*, при этом девушки в данном вопросе более осведомлены, чем юноши. 44 % опрошенных подростков, считают, что *ВИЧ-инфекция излечима, если лечение начато вовремя*. 17 % *не знают*, излечима ли ВИЧ-инфекция. Подобная ситуация может свидетельствовать об ошибочной ориентации несовершеннолетних, что заболевание можно вылечить (рис. 1).

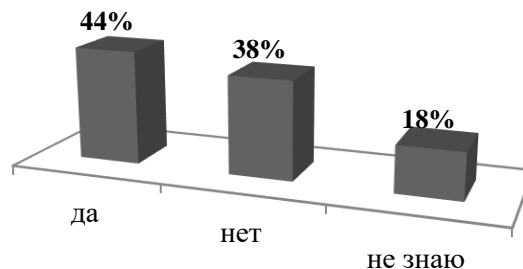


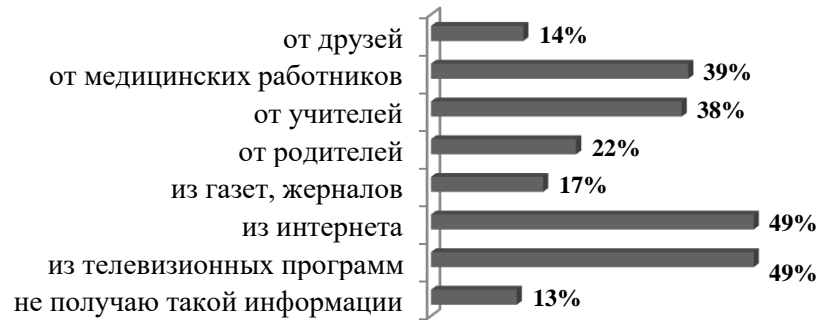
Рис. 1. Распределение ответов респондентов на вопрос «Излечима ли ВИЧ-инфекция?»

Более половины респондентов (56 %) знают о том, что для тестирования можно обратиться в любое медицинское учреждение.

Барьерная контрацепция является средством профилактики ВИЧ-инфекции, о защите презерватива от ВИЧ-инфекции информированы 88 % старшеклассников.



Пробелы в знаниях могут быть причиной разных факторов: источник информации, объем информации, которой обладает респондент и заинтересованность в информации подобного рода. Важным элементом профилактики ВИЧ-инфекции являются источники информации для несовершеннолетних и их достоверность (рис. 2).

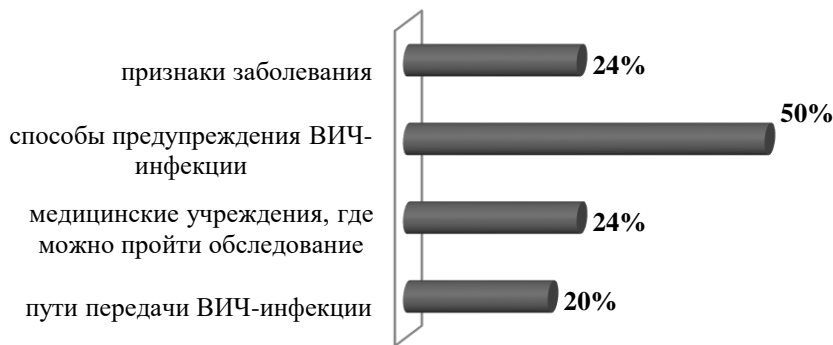


**Рис. 2. Распределение ответов респондентов об их источниках получения информации по проблеме ВИЧ/СПИДа**

По результатам исследования основными источниками информации для несовершеннолетних являются: интернет (49 %), телевизионные программы (49 %), медицинские работники (39 %), учителя (38 %).

Не более 22 %, чаще девушки, обсуждают эту тему в семье, с родителями. Виртуальные средства информации, пользуются большей популярностью у несовершеннолетних, чем реальное обсуждение темы ВИЧ-инфекции со специалистами. Важно отметить, что 13 % подростков не сталкивались с информацией о профилактике ВИЧ-инфекции.

65 % старшеклассников заинтересованы в получении дополнительной информации о ВИЧ-инфекции. Наибольший интерес у респондентов вызывает информация: о признаках заболевания (50 %), о способах профилактики ВИЧ-инфекции (24 %), о медицинских учреждениях, где можно пройти обследование (24 %). (Рис. 3).



**Рис. 3. Распределение ответов респондентов о желании получить дополнительную информацию по проблеме ВИЧ/СПИДа**

35 % опрошенных не нуждаются в дополнительной информации, подобная незаинтересованность служит основанием для привлечения внимания к проблеме ВИЧ-инфекции.

В проведенном исследовании было выяснено, какие чувства несовершеннолетние испытывали, если бы узнали о положительном ВИЧ-статусе своего друга или одноклассника. Большинство опрошенных несовершеннолетних в первую очередь, проявили бы сострадание и желание поддержать, помочь (57 %). Это критерий достаточного уровня толерантности по отношению к ВИЧ-инфицированным в обеих группах несовершеннолетних.

Вторым по популярности стал вариант «почувствую желание обезопасить себя», такой

точки зрения придерживается 38 % несовершеннолетних. Такое желание сохранить собственное здоровье является критерием значимости профилактической работы в данной группе респондентов.

Таким образом, уровень информированности по вопросам ВИЧ-инфекции, у опрошенных старшеклассников Омской области находится на достаточно высоком уровне: знают все пути передачи ВИЧ 89 % респондентов. Знаниями, как избежать заражения ВИЧ-инфекцией обладают 88 %. О неизлечимости заболевания, информированы только 38 % респондентов. Имеют представление, где можно пройти тестирование крови на ВИЧ – 56 % старшеклассников.

Результаты исследования показали необходимость дальнейшей профилактической работы по проблеме ВИЧ-инфекции среди учащихся образовательных организаций города Омска и муниципальных районов Омской области. Необходимо акцентировать внимание на вопросы, связанные: с мифами в отношении ВИЧ-инфекции (излечимость заболевания); с особенностями поведения, позволяющими снизить риск инфицирования ВИЧ-инфекцией; с возможностью передачи ВИЧ от инфицированной матери ребенку, с обследованием на ВИЧ-инфекцию.

УДК 612.017

**Чёрная Е. Е.**

*Научный руководитель: Койносов А. П., д. м. н., профессор,  
Ханты-Мансийская государственная медицинская академия*

### **ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ У БЕРЕМЕННЫХ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ**

Проведено исследование вариабельности сердечного ритма у беременных в третьем триместре (37-40 недель), проживающих в природно-климатических условиях Среднего Приобья (210 человек). Группу сравнения составили исконные жительницы Европейского Предуралья (70 человек). Полученные результаты указывают на преобладание высокой активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы над низким уровнем симпатического отдела ВНС у беременных, проживающих на территории Среднего Приобья.

*Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, физиологическая беременность в условиях Среднего Приобья, вегетативная регуляция.*

В настоящее время во всем мире и в нашей стране возрастающей является тенденция к росту числа миграционных процессов. Значительное число мигрантов составляет население репродуктивного возраста. Проживание человека в неблагоприятных природно-климатических условиях северного региона сопряжено с процессами напряжения адаптационных механизмов, в том числе репродуктивного гомеостаза [19]. В результате наступления и развития беременности происходят многочисленные изменения, направленные на достижение полезного приспособительного результата – вынашивания и рождения здорового ребенка. По многочисленным данным литературы, значительное влияние на регуляцию данных изменений оказывает вегетативная нервная система [4; 14]. Конечным звеном нервной и гуморальной регуляции является вариабельность ритма сердца, анализ изменений которой позволяет судить о состоянии регуляторных систем во всем организме [2]. Существуют данные об использовании вариабельности сердечного ритма у беременных для оценки вегетативной регуляции [1;

4; 5; 7; 8; 10; 12; 13; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22]. Однако исследования, посвященные вариабельности сердечного ритма у беременных, проживающих в неблагоприятных природно-климатических условиях Севера единичны. Таким образом, целью нашего исследования было определение особенностей вегетативной регуляции у беременных, мигрировавших на территорию Среднего Приобья.

**Материалы и методы.** Проведено одномоментное проспективное исследование вариабельности сердечного ритма кардиоинтервалографии 280 женщинам в третьем триместре (37–40 недель) физиологической беременности. Репрезентативность выборки осуществлялась при помощи отбора методом случайных чисел. Критерии исключения: возраст менее 18 и более 40 лет, отсутствие компенсации соматической и акушерско-гинекологической патологии, сахарный диабет, аутоиммунные заболевания, ВИЧ-инфекция, коренное население Среднего Приобья, отказ от участия в исследовании. Формирование групп наблюдения осуществлялось по принципу длительности проживания на территории Среднего Приобья с учетом исключения периодов напряжения адаптационных механизмов [9]. Группа сравнения (1 группа) представлена исконными жительницами Европейского Предуралья. Основная группа: 2 – рожденные в условиях Севера мигранты во 2–4 поколениях; 3 группа – мигранты, проживающие в условиях Севера от 4,9 до 10 лет; 4 группа – мигранты, проживающие в условиях Севера от 11 до 16 лет. Обследование соответствовало стандартам Хельсинкской декларации 1975 года и её пересмотра 2013 года. Всеми женщинами была заполнена информированная форма индивидуального согласия на участие в исследовании до его проведения.

Исследование вариабельности сердечного ритма проводилось с использованием метода кардиоинтервалографии на ЭКГ-аппарате Нейроспектр-ритм (г.Иваново). Запись коротких интервалограмм (в течение 5 минут) проводилась в утренние часы по стандартной методике в положении лежа на левом боку. Погрешности записи исключались из анализа путем визуальной коррекции в процессе записи. Обработка полученных кардиоритмограмм производилась автоматически в режиме off-line. После чего подвергалась математическому и статистическому анализу с использованием пакета программ Statsoft Statistica of 10. Проверка на нормальность распределения в выборке осуществлялась при помощи теста Шапиро-Уилка. Для оценки достоверности различий между несколькими несвязанными выборками применялся непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. За критический уровень значимости при сравнении 4 групп принимался  $p < 0,001$ . Для оценки достоверности различий между двумя несвязанными выборками применялся непараметрический критерий Манна-Уитни. За критический уровень значимости принимали значение  $p < 0,05$  (95 %). Результаты непараметрических методов обработки данных представлялись в виде медианы (Me), первого ( $Q_1$ ) и третьего ( $Q_3$ ) квартилей [3].

**Результаты и их обсуждение.** В основной группе жительниц Среднего Приобья средняя длительность интервалов R-R (мода) была достоверно ниже в сравнении с группой жительниц Предуралья ( $p < 0,01$ ). При этом, достоверных различий в основной группе в зависимости от длительности проживания в условиях Севера выявлено не было ( $p > 0,05$ ). Активность механизмов симпатической регуляции отражает показатель амплитуды моды [1]. В основной группе жительниц Среднего Приобья амплитуда моды в 10 раз ниже в сравнении с группой жительниц Предуралья ( $p < 0,01$ ). В основной группе жительниц Среднего Приобья наиболее низкие значения амплитуды моды получены для рожденных в условиях Севера мигрантов во 2–4 поколениях в сравнении с мигрантами, проживающими в условиях Севера от 4,9 до 10 и от 11 до 16 лет ( $p < 0,05$ ).

Индекс напряжения отражает степень централизации управления сердечным ритмом. Его повышение указывает на активацию симпатического отдела ВНС. В группе жительниц Предуралья индекс напряжения практически в 10 раз достоверно выше, чем в группах жительниц Среднего Приобья ( $p < 0,01$ ). Наиболее низкие значения индекса напряжения регистрировались в группе мигрантов, проживающих в условиях Севера от 11 до 16 лет в сравнении с

более высокими в группе рожденных на Севере мигрантов во 2–4 поколения и мигрантов, проживающих в условиях Севера от 4,9 до 10 лет ( $p < 0,01$ ).

Анализ вышеописанных показателей ВРС отражает низкий уровень активности симпатического отдела ВНС. При этом наиболее низкий уровень активности симпатического отдела ВНС наблюдается в группе рожденных в условиях Севера мигрантов во 2–4 поколения и мигрантов, проживающих в условиях Севера от 4,9 до 10 лет. (табл. 1).

К показателям, отражающим активность парасимпатического отдела ВНС, относят вариационный размах (ВР), вегетативный показатель ритма (ВПР), индекс вегетативного равновесия (ИВР). Активность парасимпатического отдела ВНС повышается пропорционально увеличению ВР и уменьшению ВПР и ИВР [1]. Значение ВР в группе жительниц Среднего Приобья в 4,5 раза превышало таковое в группе жительниц Предуралья ( $p < 0,01$ ). ВПР в пять раз достоверно ниже в группе жительниц северных широт по сравнению с жительницами Предуралья ( $p < 0,01$ ). Вегетативный показатель в пять раз достоверно ниже в группе жительниц Среднего Приобья по сравнению с жительницами Предуралья ( $p < 0,01$ ). Индекс вегетативного равновесия у жительниц Среднего Приобья в 11 раз достоверно ниже, чем у жительниц Предуралья ( $p < 0,01$ ). Полученные результаты отражают высокий уровень активности парасимпатического отдела ВНС в группе жительниц Среднего Приобья независимо от длительности проживания в условиях Севера.

Частота сердечных сокращений в группе жительниц Среднего Приобья была на 14 уд/мин ниже, чем в группе жительниц Предуралья ( $p < 0,01$ ). Снижение ЧСС в основной группе указывает на преобладание активности парасимпатического отдела ВНС (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели variability сердечного ритма у беременных сравниваемых групп  
(в сроке 37–40 недель)**

Данные представлены в виде медианы (Me) и квартилей ( $Q_{25}–Q_{75}$ )

Показатели	Группы наблюдения				Критерий Краскела-Уоллиса (Chi-квадрат; p)
	Контрольная группа	Основная группа (жители Среднего Приобья)			
		Жительницы Предуралья n = 72	Рожденные на Севере мигранты во 2–4 поколения n = 70	Мигранты, проживающие в условиях Севера от 4,9 до 10 лет n = 70	
Вариационный размах, усл. ед.	0,12 (0,09–0,15)	0,54 (0,26–0,56)	0,54 (0,54–0,54)	0,54 (0,34–0,54)	(167; P<0,0001)**
	$P_{1-2}<0,01^*$	$P_{2-3}>0,05$	$P_{3-4}>0,05$		
	$P_{1-3}<0,01^*$	$P_{2-4}>0,05$			
	$P_{1-4}<0,01^*$				
Вегетативный показатель ритма, усл. ед.	11 (9–13)	2,04 (2,04–5,3)	2,04 (2,04–2,04)	2,0 (2,0–2,0)	(175; P<0,0001)**
	$P_{1-2}<0,01^*$	$P_{2-3}>0,05$	$P_{3-4}>0,05$		
	$P_{1-3}<0,01^*$	$P_{2-4}>0,05$			
	$P_{1-4}<0,01^*$				
Индекс вегетативного равновесия, усл. ед.	300 (226–536)	27 (25,7–27,7)	27,7 (27,4–27,7)	28 (27–28)	(159; P<0,0001)**
	$P_{1-2}<0,01^*$	$P_{2-3}>0,01$	$P_{3-4}>0,01$		
	$P_{1-3}<0,01^*$	$P_{2-4}>0,05$			
	$P_{1-4}<0,01^*$				

Индекс напряжения, усл. ед.	194,5 (154–335)	15,3 (15,1–15,4)	15,3 (15,1–15,3)	15 (15–15)	(176; P<0,0001)**
	P <sub>1-2</sub> <0,01*	P <sub>2-3</sub> >0,05	P <sub>3-4</sub> <0,01*		
	P <sub>1-3</sub> <0,01*	P <sub>2-4</sub> <0,01*			
	P <sub>1-4</sub> <0,01*				
Мода, мс.	0,8 (0,7–0,8)	0,9 (0,8–0,9)	0,9 (0,9)	0,9 (0,8–0,9)	(88; P<0,0001)**
	P <sub>1-2</sub> <0,01*	P <sub>2-3</sub> >0,01	P <sub>3-4</sub> >0,05		
	P <sub>1-3</sub> <0,01*	P <sub>2-4</sub> >0,01			
	P <sub>1-4</sub> <0,01*				
Амплитуда моды, %.	42 (32–50)	14,8 (5,5–14,9)	14,9 (12,9–14,9)	14,9 (10–14,9)	(159; P<0,0001)**
	P <sub>1-2</sub> <0,01*	P <sub>2-3</sub> <0,05*	P <sub>3-4</sub> >0,05		
	P <sub>1-3</sub> <0,01*	P <sub>2-4</sub> <0,05*			
	P <sub>1-4</sub> <0,01*				
	P <sub>1-2</sub> <0,01*	P <sub>2-3</sub> <0,05*	P <sub>3-4</sub> >0,05		
	P <sub>1-3</sub> <0,01*	P <sub>2-4</sub> <0,05*			
	P <sub>1-4</sub> <0,01*				
ЧСС, уд/мин	80 (74–88)	66 (66–78)	66 (66–66)	66 (66–70)	(105; P<0,0001)**
	P <sub>1-2</sub> <0,01*	P <sub>2-3</sub> <0,05	P <sub>3-4</sub> >0,05		
	P <sub>1-3</sub> <0,01*	P <sub>2-4</sub> <0,05*			
	P <sub>1-4</sub> <0,01*				

Проверка гипотезы о равенстве медианных значений в нескольких независимых выборках осуществлялась тестом Краскела-Уоллиса (гипотеза о равенстве при сравнении всех групп отклоняется при  $p < 0,001^{**}$ ). Проверка гипотезы о равенстве между двумя независимыми выборками осуществлялась критерием Манна-Уитни (различия достоверны при  $p < 0,05^*$ ).

Физиологическое течение беременности сопровождается формированием доминантных состояний. Так, согласно представлениям А. А. Ухтомского, 1950 к концу 36 недели беременности начинается формирование «родовой» доминанты. При этом в функциональной системе «мать-плацента-плод» происходят изменения, направленные на подготовку к родам. В ряде исследований, посвященных изучению ВРС при физиологическом течении беременности, показано, что накануне родов преобладающей является функциональная активность СО ВНС над парасимпатическим отделом ВНС [8; 13; 14]. Кроме того, существуют данные о том, что за 10–5 суток до родов происходит некоторое снижение активности СО ВНС и повышение активности ПО ВНС в сравнении с периодом 90–30 суток до родов [4; 5]. Полученные нами показатели вариабельности сердечного ритма в третьем триместре физиологической беременности, у мигрантов, проживающих на территории Среднего Приобья, достоверно отличаются от таковых для жительниц Европейского Предуралья.

**Заключение.** Полученные нами в ходе исследования результаты позволяют сделать выводы о высоком уровне функциональной активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и низком уровне активности симпатического отдела вегетативной нервной системы у жительниц Среднего Приобья в третьем триместре физиологической беременности. Наиболее низкая активность симпатического отдела вегетативной нервной системы наблюдается в группе рожденных в условиях Севера мигрантов во 2–4 поколениях, а также мигрантов, проживающих в условиях Севера от 4,9 до 10 лет. Подобное изменение баланса отделов ВНС, по нашему мнению, может свидетельствовать о напряжении регуляторных механизмов ВНС накануне родов у беременных, проживающих в неблагоприятных природно-климатических условиях Среднего Приобья.

## Литература

1. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. 2004. № 1. С. 54–64.
2. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Волковская И. В. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование // Аналы аритмологии. 2009. № 4. С. 21–32.
3. Гржибовский А. М. Выбор статистического критерия для проверки гипотез // Экология человека. 2008. № 11. С. 48–57.
4. Гудков Г. В., Поморцев А. В., Федорович О. К. Комплексное исследование состояния вегетативной нервной системы у беременных с гестозом // Акушерство и гинекология. 2001. № 3. С. 45–50.
5. Дмитриева С. Л., Новоселова А. В., Хлыбова С. В., Циркин В. И. Изменения показателей variability сердечного ритма при беременности, в родах и послеродовом периоде // Вятский медицинский вестник. 2012. № 3–4. С. 13–20.
6. Михайлов В. Н. Variability ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново, 2002. 182 с.
7. Ноздрачев А. Д., Котельников С. А., Мажара Ю. П. и др. Один из взглядов на управление сердечным ритмом: интракардиальная регуляция // Физиология человека. 2005. № 2 (31). С. 116–129.
8. Сидорова И. С. Физиология и патология родовой деятельности : учеб. пособие. М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2006. 240 с.
9. Скосырева Г. А. Влияние природных факторов Азиатского Севера на репродуктивное здоровье женщин : автореф. дис. ... док-ра мед. наук. Новосибирск, 2002. 36 с.
10. Хлыбова С. В., Циркин В. И., Дворянский С. А. и др. Variability сердечного ритма у женщин при физиологическом и осложненном течении беременности // Физиология человека. 2008. № 5 (34). С. 97–105.
11. Худолей В. В. Экологически опасные факторы // Критерии экологической безопасности : материалы науч.-практ. конф. СПб., 1994. С. 3–11.
12. Циркин В. И., Сизова Е. Н., Кайсина И. Г., Кононова Т. Н. и др. Variability сердечного ритма в период полового созревания и при беременности // Российский вестник акушера-гинеколога. 2004. № 2. С. 4–9.
13. Циркин В. И., Хлыбова С. В., Крысова А. В. и др. Изменение адreno- и холинореактивности эритроцитов женщин на протяжении менструального цикла и беременности // Актуальные вопросы современной физиологии и медицины : Материалы межрегион. науч.-практ. конф. Ижевск : ИГМА, 2010. С. 132–134.
14. Abe S., Toyoola M., Yamaguchi I., Yoshizawa M. Autonomic nervous function during normal pregnancy and postpartum : Abstr. 12th World Congress of the International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy. 2000 // Hypertens. Pregnancy. 2000. 19, suppl.1. 121 p.
15. Amtonazzo P., Cetin I., Tarricone D. et al. Cardiac autonomic modulation in normal, high-risk, and in vitro fertilization pregnancies during the first trimester // Am.J. Obstet. Gynecol. 2004. Vol. 190, № 1. P. 199–205.
16. Blake M., Martin A., Manktelow B. et al. Changes in baroreceptor sensitivity for heart rate during normotensive pregnancy and the puerperium // Clin. Sci. (Lond). 2000. V. 98, № 3. P. 259–268.
17. Curione M., Cugini P., Napoli A. et al. A lower level of entropy in circadian rhythm of the sinus R-R intervals suggest a prevalence of the cardiac sympathetic regulation in early physiological pregnancy // Chronobiol Int. 2005. Vol. 22, № 4. P. 711–722.
18. de Weerth C., Buitelaar J. Physiological stress reactivity in human pregnancy – a review // Neurosci Biobehav Rev. 2005. Vol. 29, № 2. P. 295–312.

19. Kuo C., Chen G., Yang M. et al. Biphasic changes in autonomic nervous activity during pregnancy // Br. J. Anaesth. 2000. V. 84, № 3. P. 323–329.
20. van Mook W., Peeters L. Severe cardiac disease in pregnancy, part I: hemodynamic changes and complaints during pregnancy, and general management of cardiac disease in pregnancy // Curr.Opin.Crit.Care. 2005. Vol. 11, № 5. P. 430–434.
21. Voss A., Baumert M., Baier V. et al. Autonomic cardiovascular control in pregnancies with abdominal uterine perfusion // Am.J.Hypertens. 2006. Vol. 19, № 3.
22. Weissman A., Lowenstein L., Peleg A. et al. Power spectral analysis of heart rate variability during the 100-g oral glucose tolerance test in pregnant women // Diabetes Care. 2006. V. 29, № 3. P. 571–574.

УДК 616.379-008.64-036.22(571.122)

*Шевадуцкая К. С., Добрынина И. Ю.*

### АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ НА ПЕРИОД 2014–2016 ГГ. В ХМАО – ЮГРЕ

По всему миру отмечается постоянный прирост численности больных сахарным диабетом (СД), который опережает прогнозы экспертов Международной диабетической федерации. На момент 2014 года количество больных в Российской Федерации (РФ) составило 387 млн человек, а эксперты IDF прогнозировали такие цифры только к 2030 году [2].

Анализ эпидемиологических показателей сахарного диабета по РФ и по Ханты-Мансийском автономному – округу Югры (ХМАО – Югры), базирующийся на данных годовых статистических отчетов «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» (ф.-12) и отчетах государственного регистра сахарного диабета (ГРСД) обеспечивает оценку заболеваемости, распространенности, смертности, осложнений и лекарственной обеспеченности того или иного субъекта РФ.

*Ключевые слова:* сахарный диабет; эпидемиология; распространенность; заболеваемость; регистр.

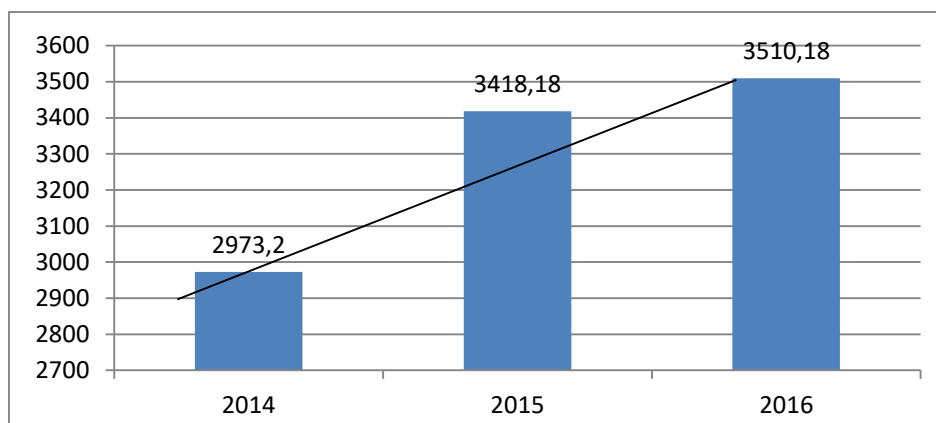
#### **Результаты и обсуждение.**

**Распространенность.** Распространенность СД в ХМАО – Югре характеризуется неуклонным ростом данного показателя в динамике. На конец отчетного периода 2016 г. по данным ГРСД в ХМАО – Югре зарегистрировано 57 102 больных (3 510,18 чел. на 100 тыс. нас.), что превышает показатели 2014 г. (47 729 больных; 2 973,2 на 100 тыс. нас), 2015 г. (54 590 больных; 3 418,18 на 100 тыс. нас) (таб. 1) (рис. 1).

*Таблица 1*

#### **Распространенность сахарного диабета среди населения ХМАО – Югре на конец 2016 г.**

Возрастные группы	СД1		СД2		Всего	
	Абс. значения	На 100 тыс.	Абс. значения	На 100 тыс.	Абс. значения	На 100 тыс.
Дети	270	76,58	1	0,28	281	79,70
Подростки	102	191,59	3	5,64	112	210,38
Взрослые	2 470	202,30	52 847	4 328,32	56 709	4 644,62
Все группы	2 842	174,70	52 851	3 248,86	57 102	3 510,18



**Рис. 1. Динамика окружного показателя распространенности в ХМАО – Югре СД в 2014–2016 гг. (на 100 тыс. нас.)**

По РФ в 2016 г. распространенность СД составила 4,348 млн человек, в основном за счет сахарного диабета 2 типа (СД 2) который составил 4 001 860 человек [1] (таб. 2).

Таблица 2

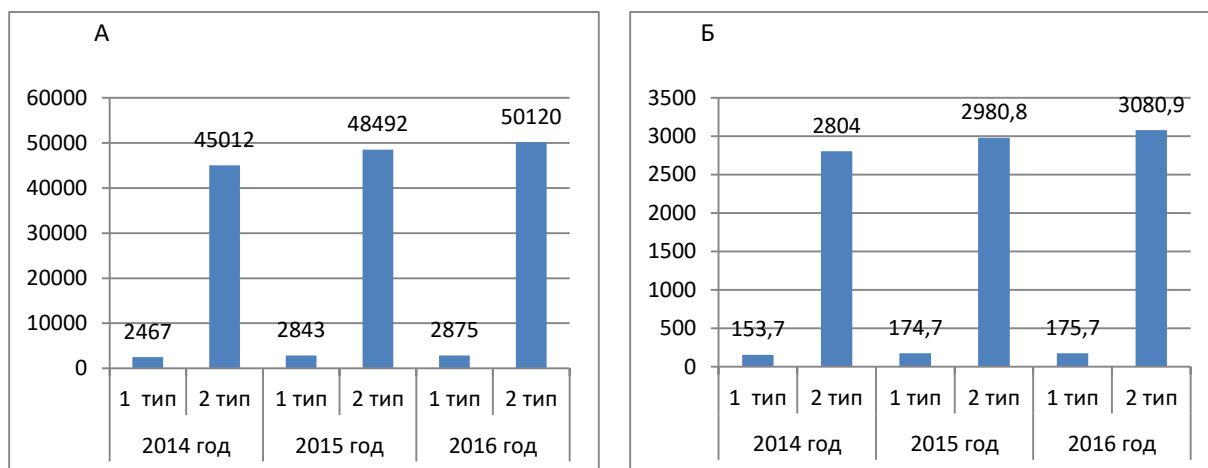
**Распространенность СД1 и СД2 в Российской Федерации на 31.12.2016**

79 регионов РФ	СД1		СД2		Всего	
	Абс. значения	На 100 тыс.	Абс. значения	На 100 тыс.	Абс. значения	На 100 тыс.
Дети	20 468	86,7	1 261	5,34	21 964	
Подростки	7 748	203,29	260	6,82	8 108	
Взрослые	199 298	179,30	3 652 661	3 286,13	3 921 766	
Всего	227 514	164,19	3 654 182	2 637,17	3 951 838	2 851,98

Учитывая проблемы, обусловленные несвоевременной актуализацией региональных сегментов баз данных ГРСД, возможно несоответствие со сведениями о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения. Годовые статистические отчеты (ф.-12) на сегодня являются источником официальной информации для анализа эпидемиологических показателей.

Анализ распространенности по типам СД характеризуется динамикой роста за период 2014–2016 гг.: в 2016 году с СД 1 типа на учете состояло 2 875 человек или 175,7 чел. на 100 тыс. (в 2014 г. – 2 467 чел. или 153,7 на 100 тыс., в 2015 г. – 2 843 чел. или 174,7 на 100 тыс.), со 2 типом – 50 120 чел. или 3 062,8 чел. на 100 тыс. (в 2014 г. 45 012 чел. или 2 804,0 на 100 тыс. в 2015 г. – 48 492 чел. или 2 980,8 на 100 тыс.) (рис. 2 А, Б).



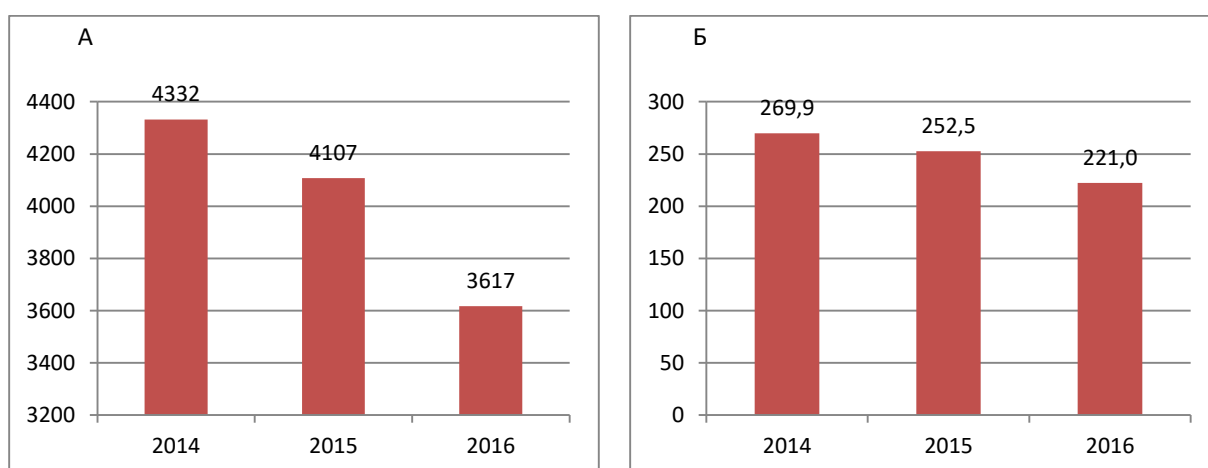


**Рис. 2. Динамика распространенности СД по типам за 2014–2015–2016 года:**  
А – по абсолютным значениям; Б – на 100 тыс. населения

Преимущественно увеличение распространенности СД отмечается за счет СД 2, что подтверждает глобальные мировые тенденции роста распространенности и увеличения доли СД 2 среди общего количества пациентов с СД.

**Заболеваемость.** По данным online-регистра, в 79 регионах РФ в 2016 г. зарегистрировано 235 173 новых случаев СД, это не соответствует общемировой тенденции заболеваемости СД. Говорить о снижении заболеваемости СД в РФ преждевременно, вероятнее всего это не истинное снижение данного показателя, а результат ненадлежащей регистрации новых случаев СД [1].

По ХМАО – Югре также отмечается тенденция к снижению заболеваемости. В целом по округу в 2016 году зарегистрировано 3 617 больных с впервые установленным диагнозом сахарного диабета, что на 491 человек меньше, чем в 2015 году (4 107 больных) и на 490 человек в 2014 году (4 332 чел.; рис. 3 А, Б). В том числе, с СД 1 типа – 243 больных, это на 11 случаев меньше чем в 2015 году (254 чел.), но на 57 случаев больше чем в 2014 году (186 чел.); с СД 2 типа – 3 318 чел., что на 535 случаев меньше, чем в 2015 г. (3 853 чел.), и на 780 случаев меньше чем в 2014 году (4 098 чел.).



**Рис. 3 Динамика окружного показателя заболеваемости СД в 2012–2016 годах:**  
А – в абсолютных числах; Б – на 100 тыс. населения

Департамент здравоохранения ХМАО – Югры уделяет особое внимание качеству ведения ГРСД в части своевременной актуализации баз данных. В качестве основного этапа реализации «Стратегии лекарственного обеспечения населения Российской Федерации на период

до 2025 года» Приказом ДЗ ХМАО № 572 от 14 июля 2014 года «О мерах по совершенствованию ведения окружного регистра больных сахарным диабетом» инициирован переход на новую платформу программного обеспечения Государственного регистра больных сахарным диабетом. В 2014 году Ханты-Мансийский автономный округ – Югра включен в общероссийский Федеральный регистр.

Приказ ДЗ ХМАО № 572 2014 г. регламентирует время для работы в автоматизированной информационной системе. Опыт Югры является уникальным для Российской Федерации и показательным в отношении обеспечения регламента времени для работы с регистром непосредственных исполнителей в медицинских учреждениях [3].

В 2016 году в регистр диабета информация поступала из 47 медицинских организаций. Для обеспечения высокого качества работы Медицинский информационно-аналитический центр (МИАЦ) находится в тесном контакте с главным внештатным специалистом по профилю заболевания и ответственными медицинских организаций за введение ГРСД.

Сравнение показателей заболеваемости по годовым статистическим отчетам «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» (ф.-12) и по данным ГРСД за период 2014–2016 гг. также подтверждают разницу данных в реальной практике медицинских учреждений (рис. 4).

На начальном этапе качество ведения ГРСД осуществлялось во время выездных плановых и (внеплановых) проверок департамента здравоохранения. На это расходовалось большое количество времени и бюджетных средств.

Ежеквартальная экспертная оценка актуализации баз данных региональных сегментов (относящихся к медицинским учреждениям), на основании расчетных данных, которые формируются в рамках дополнительных отчетов в программе «Государственный регистр больных сахарным диабетом» (<https://crm.astonconsulting.ru/DM/main.aspx#>), уменьшает число посредников передачи данных в МИАЦ, сокращает расходы, связанные с выездными проверками. Медицинские учреждения самостоятельно осуществляют мониторинг качества и количества внесенных данных для пациентов на учете и объем обновлённых данных за год.

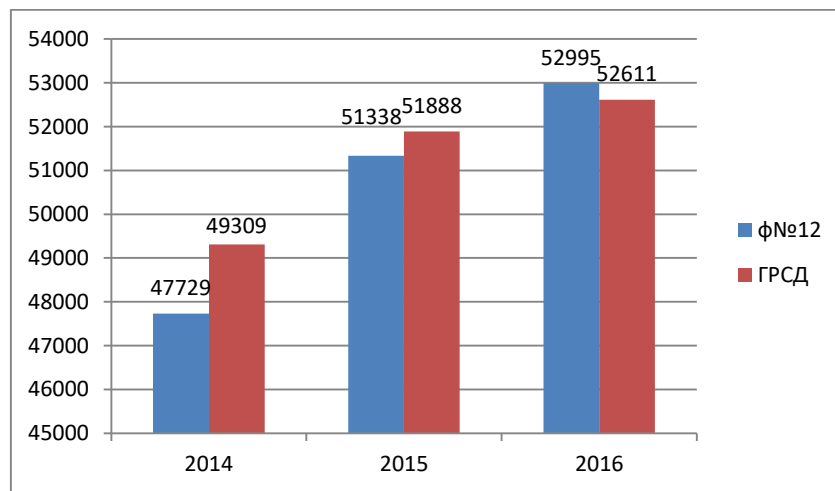


Рис. 4. Сведения о впервые выявленных больных сахарным диабетом в 2014 году, по ф.-12 и в «Государственном регистре больных сахарным диабетом»

Инженер отдела WEB-сопровождения оперативной отчетности Государственного регистра сахарного диабета БУ «Медицинский информационно-аналитический центр» ХМАО – Югры осуществляет контролируемую функцию за перманентной актуализацией баз данных ГРСД. Такой принцип параллельного контроля позволяет своевременно выявлять и устранять дефекты заполнения ГРСД по следующим показателям: «На учете», «Дубли», «Ошибочные

соц. демографические данные». «Нерациональная терапия», «Наличие визитов», «Наличие сведений об HbA1C», «Наличие сахароснижающей терапии», «Наличие осложнений».

#### **Заключение.**

1. Постоянная актуализация баз данных ГРСД обеспечивает мониторинг эпидемиологических показателей СД в онлайн режиме.

2. Ежеквартальный мониторинг качества вводимых данных и их обновления (актуализации) в реальной клинической практике является основой планирования организации лечебно-профилактической помощи населению с учетом прогноза заболеваемости и распространенности.

3. Опыт Югры является уникальным для Российской Федерации и показательным в отношении обеспечения регламента времени для работы с регистром непосредственных исполнителей в медицинских учреждениях.

4. В рамках действующего плана реализации «Стратегии лекарственного обеспечения ...» на период до 2025 года согласно Приложению № 1 к приказу Министерства здравоохранения РФ от 13 февраля 2016 г. № 66 актуальность внесенных в регистр сахарного диабета данных по терапии имеет приоритетное значение. Ежеквартальный мониторинг качества вводимых данных и их обновления обеспечит оптимизацию формирования заявок на лекарственные средства медицинскими учреждениями, основанных на регистровой (персонифицированной) потребности.

#### **Литература**

1. Дедов И. И., Шестакова М. В., Викулова О. К. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический анализ по данным Федерального регистра сахарного диабета // Сахарный диабет. 2017. № 20 (1). С. 13–41.

2. Сахарный диабет 2 типа: от теории к практике ; под ред. ак. РАН И. И. Дедова, чл.-к. РАН М. В. Шестаковой // Медицинское информационное агентство. М., 2016. С. 57–88.

3. О мерах по совершенствованию ведения окружного регистра больных сахарным диабетом : приказ департамента здравоохранения № 572 от 14.07.2014. Официальный сайт департамента здравоохранения URL: [http://dzhmao.ru/company/prikazy/prikaz-departamenta-zdravookhraneniya-572-ot-14-07-2014/?sphrase\\_id=175727](http://dzhmao.ru/company/prikazy/prikaz-departamenta-zdravookhraneniya-572-ot-14-07-2014/?sphrase_id=175727).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Абрамов Александр Валерьевич** – кандидат химических наук, доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Айшауова Раушан Рсалиевна** – аспирант, Сургутский государственный университет, Медицинский университет Астана

**Антропова Виктория Романовна** – магистрант, ФГБОУ ВО «НВГУ»

**Аслямова Айгуль Ильфировна** – магистрант, Сургутский государственный университет

**Афаневич Иван Андреевич** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Афинеевская Анна Юрьевна** – врач-рентгенолог, Сургутская Клиническая Травматологическая больница

**Баженова Анастасия Егоровна** – кандидат биологических наук, Сургутский государственный университет

**Байтасова Марьям Баяновна** – учитель, МБОУ СОШ №8 имени Сибирцева А.Н.

**Блинов Виталий Леонидович** – старший преподаватель, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Богданец Сергей Владимирович** – магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Бондаренко Анастасия Сергеевна** – ординатор, Сургутский государственный университет

**Бошняк Михаил Васильевич** – магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Бурангулов Роман Радикович** – магистрант, ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»

**Варлам Ирина Ивановна** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Василевская Светлана Игоревна** – ассистент, Новосибирский государственный технический университет

**Войнаш Сергей Александрович** – инженер, Рубцовский индустриальный институт

**Волкиевский Александр Борисович** – врач-онколог, Сургутская ОКБ

**Гаулика Станислав Олегович** – студент 4 курса, Сургутский государственный университет

**Гашкова Валентина Ивановна** – кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Герасимчик Олеся Александровна** – ассистент, Сургутский государственный университет

**Гириш Яна Владимировна** – доктор медицинских наук, профессор, Сургутский государственный университет

**Голубятников Максим Андреевич** – студент 3 курса, Военно-инженерный институт

**Губина Анастасия Евгеньевна** – ассистент, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия

**Давыдова Светлана Анатольевна** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет

**Дарвин Владимир Васильевич** – доктор медицинских наук, профессор, Сургутский государственный университет

**Джавадова Сабина Вагифовна** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет

**Добролюбова Дарья Владимировна** – младший научный сотрудник, ИНГТ СО РАН

**Добрынина Ирина Юрьевна** – доктор медицинских наук, профессор, Сургутский государственный университет

**Долгов Андрей Александрович** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет

**Ельников Андрей Владимирович** – доктор физико-математических наук, профессор, Сургутский государственный университет

**Зайнулина Наталья Викторовна** – студентка 4 курса, Нижневартовский государственный университет

**Ибрагимова Динара Владимировна** – кандидат биологических наук, Сургутский государственный университет

**Иванов Иван Владимирович** – аспирант, Новосибирский государственный технический университет

**Иванова Мария Валерьевна** – ассистент, Новосибирский государственный технический университет

**Иванова Юлия Анатольевна** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет

**Иржанова Диана Турсуновна** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Исаков Данила Александрович** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Кадошцева Алёна Викторовна** – кандидат химических наук, Нижегородская государственная медицинская академия Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Калинин Илья Александрович** – студент 4 курса, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Камка Надежда Николаевна** – ассистент, Сургутский государственный университет

**Каримов Ильнур Миратович** – врач-онколог, Сургутская ОКБ

**Катанасова Людмила Леонидовна** – кандидат медицинских наук, доцент, Сургутский государственный университет

**Кельдасова Манетли Рысмухамедовна** – ординатор, Сургутский государственный университет

**Козловская Ольга Витальевна** – кандидат медицинских наук, старший преподаватель, Сургутский государственный университет

**Койносов Андрей Петрович** – доктор медицинских наук, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия

**Конченкова Елена Николаевна** – кандидат медицинских наук, доцент, Сургутский государственный университет

**Конькова Кристина Сергеевна** – аспирант, Сургутский государственный педагогический университет

**Копылов Никита Владимирович** – студент 4 курса, Военно-инженерный институт

**Костина Дарья Андреевна** – магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Кочеров Станислав Алексеевич** – магистрант, Сургутский государственный университет

**Кравцов Павел Сергеевич** – студент 4 курса, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

**Крохин Александр Евгеньевич** – магистрант, Сибирский государственный университет водного транспорта

**Кручинина Анастасия Дмитриевна** – кандидат биологических наук, доцент, Пензенский государственный университет

**Кузьмин Руслан Изатович** – аспирант, Новосибирский государственный технический университет

**Куриленко Мария Игоревна** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Лобанов Владимир Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Любченко Олеся Дмитриевна** – инженер-исследователь, ООО «НаноМед»

**Малышева Анастасия Олеговна** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет

- Малышева Надежда Николаевна** – кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «НВГУ»
- Марков Виктор Александрович** – кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
- Марков Сергей Игоревич** – младший научный сотрудник, Новосибирский государственный технический университет
- Меникова Олеся Михайловна** – студентка 2 курса, Сыктывкарский лесной институт
- Молчанова Анастасия Анатольевна** – ведущий инженер, Сыктывкарский лесной институт, ведущий
- Монастырецкая Олеся Александровна** – аспирант, Сургутский государственный университет
- Мороз Анастасия Игоревна** – студентка 3 курса, ФГБОУ ВО Уральский государственный педагогический университет
- Мурунова Юлия Николаевна** – врач, БУ «Сургутская окружная клиническая больница»
- Новак Анна Сергеевна** – магистрант, Сургутский государственный университет
- Парамзин Александр Олегович** – студент 3 курса, Югорский государственный университет
- Пелевина Анжела Владимировна** – аспирант, Сургутский государственный университет
- Перегудина Анастасия Владимировна** – ординатор, Сургутский государственный университет
- Петрук Ирина Владимировна** – магистрант, Омский государственный университет
- Просвиркина Александра Сергеевна** – магистрант, Санкт-Петербургский Лесотехнический Университет им. С.М. Кирова
- Ракин Дмитрий Васильевич** – студент 3 курса, Сыктывкарский лесной институт
- Ребрин Олег Иринархович** – доктор химических наук, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
- Руктуев Алексей Александрович** – старший преподаватель, Новосибирский государственный технический университет
- Русанов Борис Андреевич** – магистрант, ФГБОУ ВО Уральский государственный педагогический университет
- Самуль Артём Геннадьевич** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет
- Саркисова Анна Сергеевна** – магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
- Сидорова Алена Владимировна** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет
- Соколова Виктория Александровна** – кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
- Столярук Дмитрий Викторович** – студент 2 курса, Севастопольский государственный университет
- Сухорукова Ольга Львовна** – магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
- Тарасенко Любовь Леонидовна** – кандидат медицинских наук, доцент, Сургутский государственный университет
- Тараховский Анатолий Алексеевич** – студент 4 курса, Севастопольский государственный университет
- Тёммес Александр** – аспирант, Новосибирский государственный технический университет
- Тягунова Юлия Вячеславовна** – студентка 4 курса, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
- Утюмова Анна Сергеевна** – студентка 4 курса, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Федорова Эльвира Ильинична** – кандидат химических наук, доцент, Сыктывкарский лесной институт

**Филатенков Олег Дмитриевич** – студент 4 курса, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

**Харитонов Андрей Александрович** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет

**Хоменушко Татьяна Ивановна** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Хорина Мария Юрьевна** – студентка 4 курса, Сургутский государственный университет

**Царегородцев Евгений Юрьевич** – магистрант, ФГБОУ ВО «НВГУ»

**Цвырко Олег Леонидович** – кандидат физико-математических наук, доцент, Ишимский педагогический институт (филиал Тюменский государственный университет в г.Ишим)

**Цыгарова Марина Валентиновна** – кандидат технических наук, доцент, Сыктывкарский лесной институт

**Чаланов Владимир Дмитриевич** – студент 2 курса, Сыктывкарский лесной институт

**Чёрная Екатерина Евгеньевна** – младший научный сотрудник, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия

**Черных Лариса Георгиевна** – аспирант, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

**Чистова Виктория Васильевна** – студентка 4 курса, Сургутский государственный педагогический университет

**Шадрин Геннадий Анатольевич** – кандидат физико-математических наук, доцент, Сургутский государственный университет

**Шевадуцкая Кристина Сергеевна** – врач-эндокринолог, БУ Сургутская ОКБ

**Шибитко Анна Олеговна** – магистрант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**Шишкина Жанара Бейсембаевна** – аспирант, Сургутский государственный университет

**Штанько Екатерина Игоревна** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, ИНГГ СО РАН

**Юсупов Алексей Сергеевич** – аспирант, Новосибирский государственный технический университет

*Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых  
«Наука и инновации XXI века», г. Сургут, 2017 г.*

---

Научное издание

**НАУКА И ИННОВАЦИИ XXI ВЕКА**

*Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых  
30 ноября 2017 г.*

Том I

*Технический редактор Т. И. Чупис*

За информацию, содержащуюся в статьях, ответственность несут авторы

БУ ВО «Сургутский государственный университет»,  
628412, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,  
г. Сургут, пр. Ленина, 1. Тел. (3462) 76-31-79.

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. - 27,00