

ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА В Г. СЕВАСТОПОЛЕ  
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА  
ТУЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА  
ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА  
ТООО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

# **ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
XV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Издательство «Инновационные технологии»  
Тула 2014

**Приоритетные направления развития науки и технологий:**  
тезисы докладов XV международной научн.-техн. конф.; под общ. ред.  
В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2014. – 76 с.

Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы развития инновационной деятельности, науки и технологий. Изложены аспекты современных энергосберегающих и ресурсосберегающих производственных технологий, рационального природопользования и экологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных и образовательных технологий для решения научных и прикладных задач.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем развития науки и технологий.

#### **Редакционная коллегия**

Академик РАН С.М. Алдошин, член-корр. РАН В.П. Мешалкин, д.м.н. проф. М.Э. Соколов, академик НАН Украины В.А. Иванов, д.т.н., проф. В.М. Панарин, к.и.н. Г.А. Голубев, к.т.н. А.А. Горюноква.

Техническая редакция Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ISBN 978-5-905762-07-6 © Авторы докладов, 2014

© Издательство «Инновационные технологии»,  
2014

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ**

В.А. Бурахта, А.А. Банникова  
Западно-Казахстанский инженерно-технологический университет,  
г. Уральск

На сегодняшний день отходы резинотехнических изделий составляют значительную часть среди твердых бытовых отходов. Основным источником образования резинотехнических отходов является автомобильный транспорт. Необходимость рациональной утилизации отходов резинотехнических изделий обуславливается их отрицательным воздействием на экологическую обстановку как во всем мире, так и в Казахстане, так как они не подвергаются биологическому разложению и огнеопасны. Помимо прочего, при складировании отходы резинотехнических изделий являются идеальным местом размножения грызунов и кровососущих насекомых, которые служат источником инфекционных заболеваний.

К известным методам переработки отходов резинотехнических изделий относятся физические и химические методы. Если при переработке резинотехнических отходов физическими методами в качестве продукта можно получить только резиновую крошку, то при переработке отходов резинотехнических изделий химическими методами ассортимент получаемых продуктов значительно больше, что позволяет выбрать целевой продукт, либо ряд целевых продуктов.

Одним из перспективных методов переработки отходов резинотехнических изделий является пиролиз, к преимуществам которого относится отсутствие отходов при производстве, низкие энергетические затраты, возможность использования получаемого от переработки резины топлива для внутренних технологических процессов.

В результате переработки отходов резинотехнических изделий Западно-Казахстанской области методом пиролиза в условиях предприятия в качестве целевого продукта получено жидкое углеводородное топливо. Проведенные нами исследования фракционного состава полученного топлива показали, что в его составе содержится бензиновая фракция в количестве 14 %, керосино-дизельная фракция в количестве 39 %. Плотность топлива составляет  $0,8982 \text{ г/см}^3$ , что позволяет отнести пиролизное топливо к средней

нефти; по значению вязкости -  $1120 \text{ мм}^2/\text{с}$  - пиролизное топливо соответствует высоковязкой нефти.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что в жидком углеводородном топливе, полученном при переработке отходов резинотехнических изделий методом пиролиза, содержатся легкие углеводородные фракции. Для установления возможности использования фракций, выделенных из пиролизного топлива, в качестве компонентов моторного топлива, необходимо их дальнейшее исследование.

## **РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЗОНАХ ВОЗВЕДЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Ю.Н. Пушилина, П.Н. Чеботарев  
Тульский государственный университет  
г. Тула

В условиях большого города влияние на человека природного компонента ослаблено, а действие антропогенных факторов резко усилено. Города, в которых на сравнительно небольших территориях концентрируется большое количество людей, автотранспорта и различных предприятий, являются центрами техногенного воздействия на природу. Газовые и пылевые выбросы, загрязнение водоемов сточными водами, коммунальные и бытовые отходы крупного города загрязняют окружающую среду разнообразными химическими элементами.

Результаты экологических исследований однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на человека, пищевую цепь и окружающую среду. Загрязнение атмосферы в первую очередь влияет на сопротивляемость организма, результатом снижения которой становится повышенная заболеваемость, а также другие физиологические изменения организма. По сравнению с другими источниками химического загрязнения (пища, питьевая вода) атмосферный воздух представляет собой особую опасность, поскольку на его пути нет химического заслона, подобного печени при проникновении загрязняющих веществ через желудочно-кишечный тракт [1].

Характер образования воздушных потоков в условиях города очень сложен и зависит от плотности застройки, высоты зданий, рельефа местности, ширины улиц, их расположения и других факторов, которые сложно учесть при расчете рассеивания выбрасываемых в атмосферу вредных примесей на основе общетеоретических моделей. Это обстоятельство существенно повышает ответственность выбора методики и условий расчета, обеспечивающей достаточную надежность прогнозирования величин максимальных концентраций вредных примесей в приземном воздухе городской застройки.

Проблема защиты воздушной среды в зонах возведения и функционирования строительных комплексов от загрязнения связана со значительными расходами, поэтому требует комплексного научно – обоснованного подхода. Одним из первых этапов решения данной проблемы является создание математических моделей адекватно оценивающих процессы загрязнения воздушного бассейна. В сочетании с оперативной службой мониторинга, математическое моделирование позволяет провести контроль текущего состояния атмосферы, а также предвидеть опасные периоды высокой загрязненности воздушной среды пылегазовыми веществами.

Математическая модель реальной системы является абстрактным формально описанным объектом, изучение которого возможно различными математическими методами, в том числе и с помощью численного решения полученных уравнений на компьютере. Сложность и многообразие процессов функционирования реальных систем не позволяет строить для них абсолютно адекватные математические модели.

Математическая модель распространения вредных веществ в воздушной среде урбанизированных территорий основана на гауссовском уравнении рассеивания для точечных источников. Для получения общей концентрации рассчитывается концентрация для каждого источника и суммируется.

Согласно гауссовской модели рассеивания концентрация вредного вещества рассчитывается по формуле:

$$q_{(i)}(x, y, 0) = \frac{G_{(i)} K V D}{2\pi\sigma_{y(i)}\sigma_{z(i)}u_{eff(i)}} \cdot \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma_{y(i)}^2}\right\}, \quad (1)$$

где  $q_{(i)}(x, y, 0)$  – концентрация выбрасываемого вещества в точке с координатами  $x, y, 0$ , мкг/м<sup>3</sup>;  $G_{(i)}$  – выброс вещества, г/с;  $K$  – коэффициент пересчета,  $K=1 \cdot 10^6$ ;  $V$  – вертикальные условия рассеивания,

$$V = \exp\left\{-\frac{H^2_{eff(i)}}{2\sigma_{z(i)}^2}\right\}; \quad (2)$$

$D$  – условия распада;  $\sigma_y, \sigma_z$  – параметры рассеивания по горизонтали и вертикали, м;  $u_{eff(i)}$  – скорость ветра на эффективной высоте источника выбросов, м/с.

Определение суммарной концентрации примеси в атмосфере ведется по формуле (3):

$$q_{\Sigma} = q_0 + \sum_{i=1}^n q_{(i)}(x, y, 0), \quad (3)$$

где  $q_0$  – фоновая концентрация.

Прогноз состояния приземной атмосферы осуществляется по комплексным данным. К ним, прежде всего, относятся результаты мониторинговых наблюдений, закономерности миграции и трансформации загрязняющих веществ в атмосфере, особенности антропогенных и природных процессов загрязнения воздушного бассейна изучаемой территории, влияние метеопараметров, рельефа и других факторов на распределение загрязнителей в окружающей среде.

Прогнозирование загрязнения окружающей среды неразрывно связано с разработкой средств контроля и управления качеством окружающей среды. Целью такого прогнозирования является выявление скопления загрязняющих веществ, с указанием адреса управляющего воздействия, определением источников, выбросы которых необходимо регулировать в данный конкретный момент времени для уменьшения загрязнения, предупреждения его критического уровня.

Важнейшей характеристикой информационного обеспечения должна быть своевременность и соответствие предоставляемых данных фактическим параметрам состояния окружающей среды. В последние годы ведется большая работа по компьютерной реализации расчетных методик, применительно к решению тех или иных прикладных задач.

В настоящее время существует множество программных продуктов, созданных специально для картографического обеспечения экологических исследований. Привлечение программных компьютерных средств, обладающих мощным графическим иллюстративным инструментарием, в технологию изготовления и, особенно, анализа карт необходимо и позволяет поднять картографическое изображение на более высокий технический и художественный уровень оформления, существенно улучшить наглядность и читаемость [2].

Научные исследования в области охраны окружающей среды сейчас сориентированы на снижение возможных отрицательных последствий того или иного вида строительной деятельности, направлены на обоснование норм допустимых воздействий на природные экосистемы урбанизированных территорий.

*Статья подготовлена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (№ 14.Z56.14.1983-МК) на 2014-15 гг.*

### **Список литературы**

1. Пушилина Ю.Н. Влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье населения Тулы и Тульской области // *Современные проблемы экологии: докл. VIII Международной научн.-техн. конф.* / Под общ. ред. д.т.н., проф. Э.М. Соколова. – М.; Тула, 2013. С. 52-56.

2. Пушилина Ю.Н. Применение современных информационных технологий в экологии // *«Автоматизация и современные технологии». Научно-техническое издание «Машиностроение». 2011. Вып. №7. С.28-30*

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Т.Ю. Будюкова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Практически номенклатура показателей экологичности элементов технологий бурения скважин установлена для каждого источника загрязнения окружающей природной среды.

Широкая применяемость показателей экологичности элементов технологий бурения скважин определяется этапами проводимых работ, а также ранжируется по видам нормативно-технической документации и используемой продукции.

Известное определение показателей экологичности (ПЭ) элементов технологий бурения скважин производится различными способами, изложенными в соответствующих ГОСТ, РД, инструктивных указаниях. При отсутствии нормативных документов, регламентирующих методы определения показателей экологичности, они должны определяться расчётным путём [1,2].

Например, удельный расход материалов  $q_M$  реагентов, очистных агентов, тампонажных композиций, ГСМ и др. должен определяться по фактическим затратам при бурении скважин

$$q_M = Q_M / l, \quad (1)$$

где  $Q_M$  – общий расход материала на бурение скважин;

$l$  – фактическая глубина скважины, м.

Показатель «биоразлагаемость» вредного вещества определяется соотношением:

$$P = (\text{БПК} / \text{ХПК}) \cdot 100\%, \quad (2)$$

БПК и ХПК – показатели полной биохимической и химической потребностей в кислороде.

Неизвестную концентрацию вредного вещества в воде водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового  $(C_B)^P$ , а также рыбохозяйственного назначения  $(C_{в.рх})^P$  следует определять по формуле:

$$(C_{в.рх})^P = (10^6 \cdot K_{\text{пот.}} \cdot M^P) / V_{\text{Врх}}, \quad \text{мг/л} \quad (3)$$

где  $K_{\text{пот}}$  – коэффициент возможных потерь реагентов, очистного агента и т.п., попадающих в водоём; он численно равен отношению массы потерь (утечек) к общей массе;

$M^p$  – общая масса вредного вещества, использованная в технологическом процессе, т;

$V_{в.рх}$  – объём водоёма хозяйственно –питьевого, культурно-бытового или рыбохозяйственного назначения, в который попадает вредное вещество, м<sup>3</sup>.

Если вредное вещество находится в составе очистного агента, то в этом случае  $M^p$  вычисляется по формуле [1].

$$M^p = \rho^{ao} (C_{ao})^p (V_M)^{ao}, \text{ т}, \quad (4)$$

где  $\rho^{ao}$  – плотность очистного агента, обусловленная наличием в нём вредного вещества, т/м;

$(C_{ao})^p$  – концентрация вредного вещества в очистном агенте, численно равная отношению массы вредного вещества к общей массе воды и этого вещества;

$(V_M)^{ao}$  – общий расход очистного агента на 1 скважину (или куст скважин), м<sup>3</sup>.

При этом концентрация вредного в почве вещества необходимо определять исходя из возможного попадания реагентов, очистных агентов, тампонажных композиций и др. при их доставке, разгрузке, переливе и т.д.

$$(C_{п})^p = (10^6 \cdot K_{пот.} \cdot M^p) / M_{п}, \text{ мг/кг}, \quad (5)$$

где  $M_{п}$  – общая масса загрязнённого слоя почвы, т.

Если вредное вещество находится в составе очистного агента, то его количество вычисляют по формуле (4), если же вредное вещество находится в жидкообразной тампонажной композиции – по формуле:

$$M^p = \rho^{кт} (C_{кт})^p (V_M)^{кт}, \quad (6)$$

где  $\rho^{кт}$  – плотность тампонажной композиции, т/м<sup>3</sup>;

$(C_{кт})^p$  – концентрация вредного вещества в тампонажной композиции, численно равная отношению массы вредного вещества к общей массе тампонажной композиции;

Таким образом, определение показателей экологичности может быть проведено различными способами, в том числе расчётными

### Список литературы

1. Блинов Г.А., Яковлев Ю.П., Васильев В.И.. Охрана окружающей природы при бурении скважин на твёрдые полезные ископаемые и воду. Учебное пособие СПб, ВИТР, с. 149.

2. Будюкова Т.Ю., Будюков Ю.Е. Оценка уровня экологической безопасности технологий бурения скважин на карьерах. Приоритетные направления развития науки и технологий тезисы докладов XIII всероссийской научн.-техн конф. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2013.

## ПРЕВРАЩЕНИЯ Н-ГЕКСАДЕКАНА И Н-ГЕКСАНА НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Р.И. Кузьмина, М.Ю. Степанов, М.А. Заикин

Институт химии Саратовского государственного университета  
им. Н.Г. Чернышевского,  
г. Саратов

### Введение

Одной из основных целей вторичных процессов переработки углеводородного сырья является получение высокооктановых компонентов автомобильных бензинов, а также ценных сжиженных газов – сырья для последующих нефтехимических производств.

В данной работе проведено исследование активности цеолитсодержащих катализаторов Ni+Ce/H-ЦВМ и Cr+Bi/ZSM-5, их влияние на степень и направления превращения н-гексана и гексадекана.

### Экспериментальная часть

Полный экспериментальный цикл проводился в три этапа:

- а) активирование катализатора;
- б) процесс крекинга;
- в) регенерация катализатора после ведения процесса.

Исследования проводили на лабораторной установке проточного типа при атмосферном давлении, в интервале температур 350-550 °С с шагом в 50 °С.

Анализ газообразных продуктов каталитического крекинга проводился хроматографическим методом.

Анализ жидких продуктов проводили на газо-жидкостном аналитическом стационарном лабораторном хроматографе «Кристалл 5000».

### Результаты и их обсуждение

Исследована каталитическая активность биметаллических катализаторов Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZSM-5 и Ni+Ce/H-ЦВМ в превращении н-парафинов. Установлено, что процесс превращения н-гексана и н-гексадекана направлен в сторону образования продуктов каталитического крекинга, изомеризации и дегидроциклизации. Суммарный анализ газообразных и жидких продуктов превращения н-гексана и н-гексадекана показал, что на цеолитной системе, модифицированной оксидами хрома и висмута, с ростом температуры наблюдается уменьшение газообразных продуктов, которые образуются в результате реакций крекинга, и увеличение доли углеводородов строения C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> и изомеров строения C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub>. Содержание в продуктах реакции углеводородов изомерного строения достигает максимального значения при 400 °С. На цеолитной системе, модифицированной оксидами никеля и церия, с ростом температуры наблюдается интенсивный рост содержания продуктов ароматического строения. Большую долю в продуктах реакций крекинга на

обоих цеолитных системах составляет пропан, что позволяет говорить о симметричном распаде молекулы н-гексана и н-гексадекана по связи С-С. Ниже в таблице приведен количественный состав продуктов реакции.

Превращение гексана и гексадекана на биметаллических катализаторах

Катализатор	Конверсия, %		Содержание в продукте превращения, % масс.			
			C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>		C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>	
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>
Cr+Bi/ZSM-5	99,8	99,8	4,6	17,7	62	48,9
Ni+Ce/H-ЦВМ	98,9	99,9	21,9	14,9	49,9	40,9

Катализатор	Содержание в продукте превращения, % масс.					
	изо C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>		Арены		Бензол	
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>
Cr+Bi/ZSM-5	17,9	12,8	20,6	26,3	0,6	4,8
Ni+Ce/H-ЦВМ	2,1	3,5	29,4	37,9	6,1	7,9

### Вывод

Таким образом, процессы превращения н-гексана и н-гексадекана на катализаторах Ni+Ce/H-ЦВМ и Cr+Bi/ZSM-5 приводят, в основном, к крекингу исследуемого вещества, с наибольшим процентным содержанием углеводородов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> в продуктах конверсии. Причем, висмутхромовый катализатор дает более высокий выход данных углеводородов, при пониженном содержании ароматических соединений (в том числе бензола), нежели катализатор Ni+Ce/H-ЦВМ. Выход продуктов изомеризации C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> также наибольший на висмутхромовом катализаторе.

### Список литературы

1. Ивлев Н.Т., Кузнецова К.С., Чугайнова Е.А., Якименко Е.В. Об использовании газойлевых фракций каталитического крекинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1990. - № 1. - С. 17-19.
2. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. – М.: Техника, 2001. – 384 с.
3. Бабаев М.И., Михалев М.С., Катализаторы каталитического крекинга // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2006.- № 10. - С 13 - 15.

## ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИСУЛЬФИДОВ НЕОДИМА И ЭРБИЯ В ПОТОКЕ ВОДОРОДА, СЕРОВОДОРОДА

Е.И. Сальникова<sup>1,2</sup>, К.С. Зырянова<sup>1</sup>, О.В. Андреев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Аграрный университет Северного Зауралья,

<sup>2</sup>Тюменский государственный университет,

г. Тюмень

Окисисульфиды лантаноидов  $\text{Ln}_2\text{O}_2\text{S}$  ( $\text{Ln} = \text{La} - \text{Lu}$ ) и иттрия привлекают свое внимание как флуоресцентные материалы [1-4].

Исходное соединение – сульфат неодима, получен при взаимодействии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на раствор нитрата неодима, образовавшегося при воздействии  $\text{HNO}_3$  на товарный оксид неодима  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  марки НО-Д. После высушивания и термической обработки продукт представляет собой кристаллогидрат  $\text{Nd}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (ориентировочно  $n = 8$ ).

Образование оксисульфида неодима происходит в результате процессов, отражаемых уравнением химической реакции:



О протекании реакции свидетельствуют следующие явления: появление в реакторе парообразной серы и образование сульфида меди (II) в колбе-приемнике с раствором соли двухвалентной меди, происходящие на первых этапах синтеза. Полученный продукт  $\text{Nd}_2\text{O}_2\text{S}$  по данным РФА является однофазным. На дифрактограмме не обнаружены пики исходных веществ, промежуточных продуктов реакции, либо примесей.

По результатам работы представлена дифрактограмма пробы образца  $\text{Nd}_2\text{O}_2\text{S}$  (рис. 1).

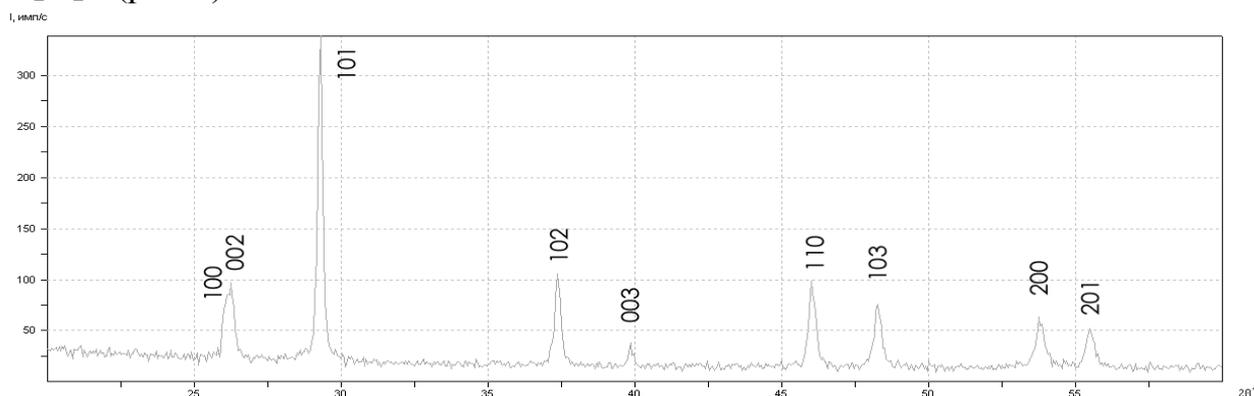


Рис. 1. Дифрактограмма образца соединения  $\text{Nd}_2\text{O}_2\text{S}$  после обработки сульфата неодима в потоке водорода, а затем сероводорода  $a = 3,942 \text{ \AA}$ ;  $c = 6,784 \text{ \AA}$

Исходным соединением для получения оксисульфида эрбия является кристаллогидрат сульфата эрбия. Отличительной особенностью химических превращений сульфата эрбия в потоке водорода является высокий процент выхода  $\text{Er}_2\text{O}_2\text{S}$ , при  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  – 94 мол. % и низкий – менее 50 мол. % при  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ . Навеску массой 10-12 г помещают в кварцевый стакан, а затем в кварцевый

реактор с подводящей трубкой и пробкой. Реактор помещают в муфельную вертикальную печь установки с температурой 400 °С. Плавно повышают температуру в печи, фиксируя начало реакции (485±5 °С) по образованию черного осадка сульфида меди (II) при взаимодействии сульфата меди с выделяющимся в процессе реакции сероводородом. Синтез проводят по методике, описанной в [5]. Анализ образца проводят с помощью метода рентгенофазового анализа на рентгеновском дифрактометре ДРОН-7. На рисунке 2 представлена дифрактограмма пробы образца.

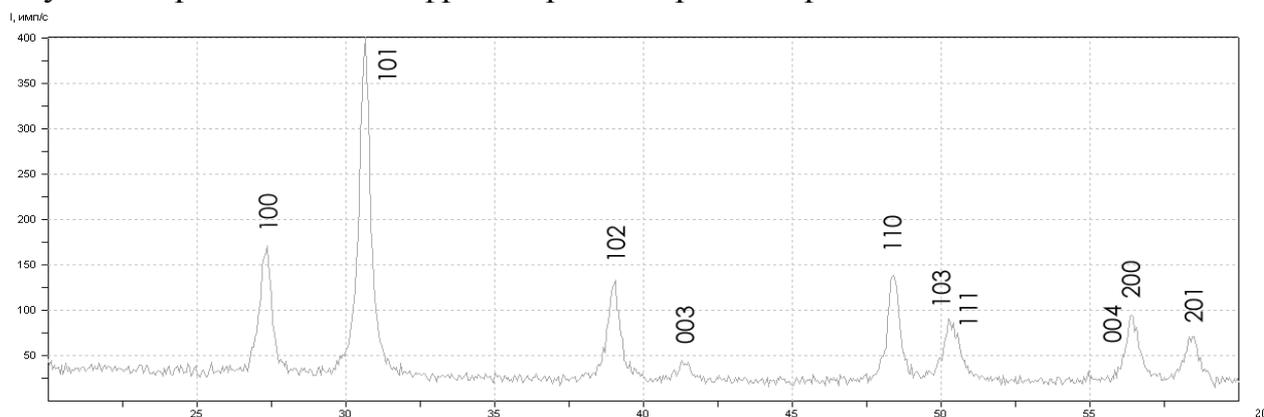


Рис. 2. Дифрактограмма образца  $\text{Er}_2\text{O}_2\text{S}$  после обработки сульфата эрбия в потоке водорода, а затем сероводорода  $a = 3,763 \text{ \AA}$ ;  $c = 6,549 \text{ \AA}$

### Список литературы

1. Михитарьян Б.В. Люминесцентно-спектральные свойства твердых растворов  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}-\text{Tb}_2\text{O}_2\text{S}$  и  $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}-\text{Tb}_2\text{O}_2\text{S}$ : Дис. ... канд. физ.- мат. наук: Ставрополь, 2007. 171 с.
2. Кириллович А.А. Катодолюминесцентные и оптические свойства полупроводниковых кристаллов  $\text{La}_2\text{S}_3$  и  $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}$  с примесью неодима: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.03, 01.04.07. М. 1989. 22 с.
3. Orlovskii Yu.V. Oxysulfide optical ceramics doped by Nd for one micron lasing / Yu.V. Orlovskii, T.T. Basiev, K.K. Pukhov etc. // *Journal of Luminescence*. - V. 125. I. 1. 2007. P. 201 – 215.
4. Супоницкий Ю.Л., Кузьмичева Г.М., Елисеев А.А. Оксосульфиды редкоземельных элементов // *Успехи химии*. 1988. Т. LVII. Вып. 3. С. 367 – 383.
5. Андреев П.О., Сальникова Е.И., Ковенский И.М. Получение соединений  $\text{Ln}_2\text{O}_2\text{S}$  ( $\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Dy}, \text{Y}, \text{Er}, \text{Lu}$ ) в потоке водорода, сероводорода // *Неорган. материалы*. 2014. Т. 50. № 10. С. 1102-1107.

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ПЕРЕДВИЖНАЯ ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.И. Спирин, В.В. Царёв, Ю.Е. Будюков,  
Н.Е. Борисов, В.Г. Бочков, А.С. Рыбаков

ОАО «Тульское научно-исследовательское геологическое предприятие»,  
г. Тула

ОАО «Тульское НИГП» в течение многих лет занимается научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами по обогащению рудного и россыпного золота, а также алмазосодержащего сырья и разнообразных руд цветных металлов, рудных и техногенных месторождений. При этом разрабатываются эффективные технологии обогащения россыпных и коренных месторождений золота, алмазов и цветных металлов рудных и техногенных месторождений с комплексным использованием сырья.

Создано более 26 установок промывочных приборов по обогащению россыпей золота, сконструированы передвижные среднеобъёмные установки по обогащению труднопромывистых россыпей, и эффельных отвалов [1,2]. Среди них необходимо отметить передвижную обогатительную установку ПОУ4-3М.

Установка обеспечивает механизацию подготовительных и обогатительных операций: двухстадийная дезинтеграция, рассев по трём классам, а также обогащение на двух центробежных сепараторах.

Установка универсальна, так как позволяет вести обработку проб алмазозолотосодержащего сырья, а также техногенного материала (чёрные, цветные металлы и редкоземельные элементы).

Многолетний опыт эксплуатации установки свидетельствует [1-4] об её надёжности и достоверности получаемых данных, как в полевых, так и в стационарных условиях.

В 2012 году была произведена модернизация этой установки на основе применения патента на полезную модель [3] и заявки на изобретение, что позволило получить передвижную обогатительную установку (рис.1) для обработки проб россыпей, включающую раму, состоящую из стержней, бункер, загрузочное приспособление, импеллерный дезинтегратор, барабанный грохот с наружным барабаном и внутренним барабаном со штырями в скруберной части и отверстиями в перфорированной части, основной и контрольный центробежные сепараторы, самородкоулавливающий и эффельные шлюзы, отличающуюся тем, что, внутренний барабан грохота выполнен с отверстиями, диаметр которых определяется по зависимости

$$d = \frac{K \cdot t}{5 \sqrt{\frac{\pi}{2F_0} - 1}}$$

где  $d$  - диаметр отверстия барабана, м;  
 $K$  - опытный коэффициент;

$t$  - расстояние между отверстиями, м,

$F_0$  - площадь живого сечения в % от общей площади

при этом высота штыря в скрубберной части внутреннего барабана по величине больше диаметра штыря

а площадь сечения стержня рамы устанавливается по зависимости

$$S = \frac{P_{кр} \cdot \lambda^2}{\pi^2 E},$$

где  $S$  - площадь сечения стержня рамы, м<sup>2</sup>;

$P_{кр}$  - критическая нагрузка на раму, Н;

$E$  - модуль упругости материала стержня, Па;

при этом площадь сечения стержней основания рамы больше площади сечения каждого из других стержней рамы изготовленных из одинакового материала.

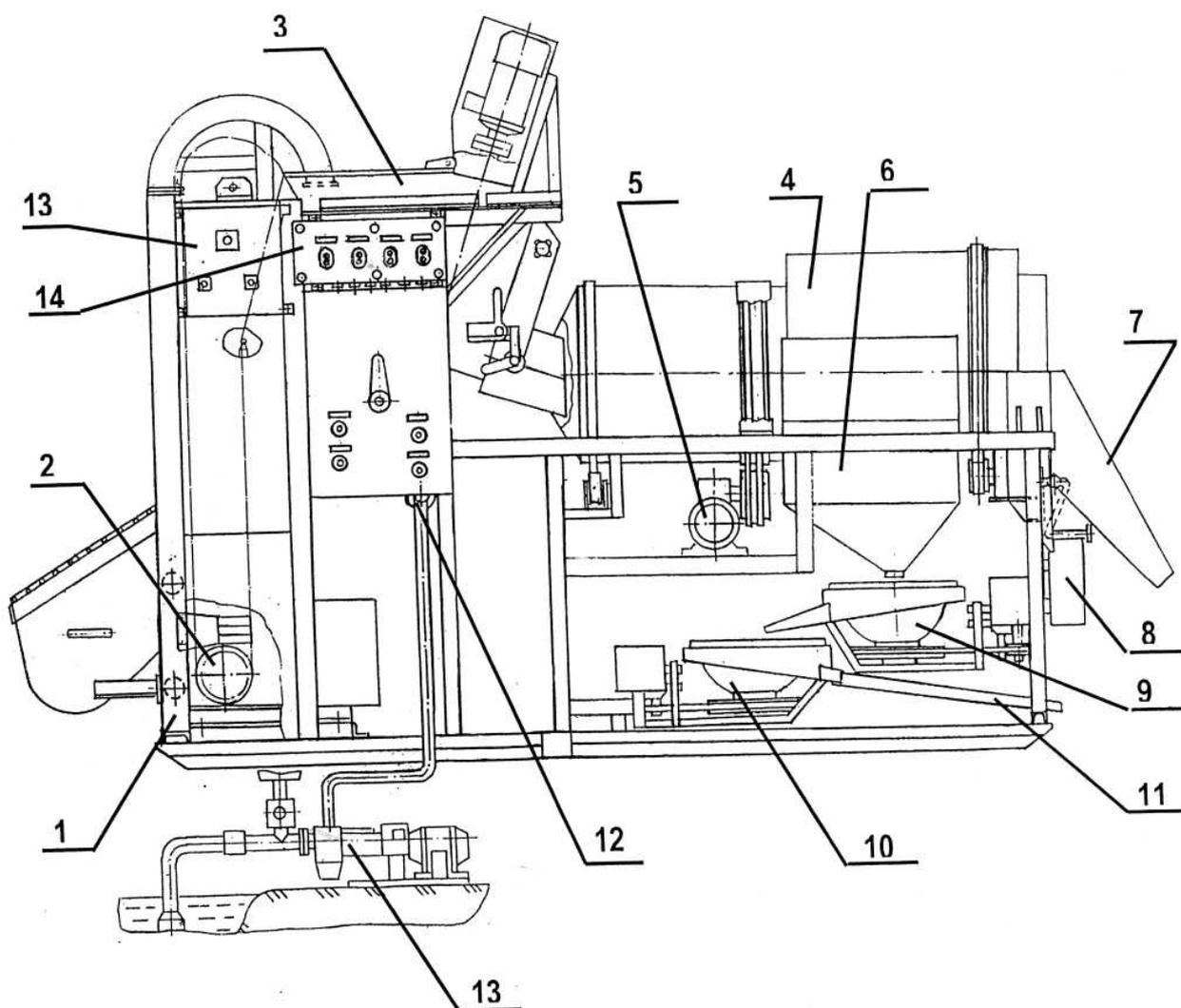


Рис. 1. Установка обогатительная передвижная

1- рама, 2- механизм подъёма, 3 - импеллерный дезинтегратор, 4- барабан-грохот, 5 - привод барабана – грохота, 6 - сборник, 7 - блок лотков (шлюз), 8 - шлюз эфельный, 9- сепаратор центробежный (основной), 10 - сепаратор центробежный (контрольный), 11 - лоток, 12 - система водораспределения, 13 - станция магнитная, 14 - пульт управления, 15 - станция насосная (в основной комплект не входит)

Сравнительный анализ результатов обработки на ПОУ4-3М и полупромышленных испытаний крупнообъёмных проб легко, средне и труднопромывистого материала с крупным, средним и мелким золотом показал хорошую сходимость в пределах 80 %.

Таким образом, данная разработка (ПОУ4-3М) остаётся весьма перспективной на ближайшие годы при поисково-разведочных, оценочных и добычных работах, а также при освоении техногенных месторождений (при извлечении полезных компонентов из шламоуловителей и при рекультивации земель, занятых под отвалы угледобывающих шахт).

### Список литературы

1. Буторин С.Н., Турлычкин В.М. Модульные обогатительные установки для разработки мелких россыпных месторождений золота и алмазов «Геологическое изучение и использование недр»: научно-технический информационный сборник /ОАО «Геоинформмарк». М., 1994. – Вып. 1-2. – 65 с.

2. Обогащательные установки для геологоразведочных работ. Проспект ОАО «Тульское НИГП» e-mail: nigr-tula@mail.ru

3. Передвижная обогатительная установка, авторы: Мельников М.С., Власюк В.И., Новиков В.Г., Борисов Н.Е., Будюков Ю.Е., Спириин В.И., Царёв В.В., Аникеев В.П. Патент полезной модели № 122913 U1, 2012.

4. Спириин В.И., Царёв В.В., Турлычкин В.М., Борисов Н.Е., Кубасов В.В., Меньшикова Е.В. Совершенствование передвижной обогатительной установки для получения концентратов при освоении природных и техногенных месторождений. Материалы научно-технической международной конференции «Инновационные наукоёмкие технологии», г. Тула, Изд-во «Инновационные технологии», 2014 г.

Печатается по решению НТС ОАО «Тульское НИГП» на основе грантов Правительства Тульской области в сфере науки и техники (Договора на выполнение работ: ДС/123 от 02.12.2013г. и ДС/124 от 02.12.2013г.).

# ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

## РАСТЕНИЯ - ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК СЫРЬЯ МИКРОЭЛЕМЕНТА РЕНИЯ

Л.В. Борисова, А.А. Гречников, А.С. Бородков  
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН,  
г. Москва

Среди стратегически важных металлов рений и его сплавы занимают особое место. Они являются незаменимыми компонентами при производстве суперсплавов для изготовления ответственных деталей, работающих в экстремальных условиях. Благодаря уникальным свойствам, таким как высокая температура плавления, высокая плотность и пластичность, устойчивость к агрессивным средам, а также каталитическая активность - спрос на рений и его сплавы постоянно возрастает в мировой экономике.

Несмотря на низкое содержание рения в земной коре (Кларк  $7.10^{-8}\%$ ) живое вещество биосферы аккумулирует его в более высоких концентрациях.

Ранее было показано [ 1 ], что рений накапливается в растительных материалах (превышение Кларка в 1000 и более раз), что позволяет рассматривать их в перспективе, как потенциальное нетрадиционное сырье для его производства. С использованием модельных систем, содержащих в водных растворах перренат калия и радиоизотоп Re- 186, изучена способность рения к накоплению некоторыми растениями.

Было установлено (в лабораторных условиях), что лучшими накопителями рения являются люцерна (до 4869 мкг/г золы), акация (до 1682 мкг/г золы), а также клевер, шпинат и др. биоаккумуляторы. Лабораторные эксперименты показали, что возможна фитоэкстракция рения из почв рудных регионов меди и молибдена. Разработаны схемы извлечения рения.

Кроме того, анализ на содержание рения реальных растительных образцов из различных провинций тесно связан с биохимической индикацией присутствия рениевых аномалий.

Поскольку рений, являясь редким и рассеянным элементом, характеризуется очень низким Кларком, то развитие новых высокочувствительных и селективных методов его определения является перспективной задачей.

В целях повышения чувствительности определения рения в природных материалах (растения, почвы, природные воды, метеориты и др.) было проведено исследование возможности обнаружения рения с использованием нового масс-спектрометрического метода, основанного на детектировании комплексов рения с органическими реагентами методом лазерной десорбции / ионизации (SALDI) с наноструктурированных поверхностей [ 2 ]

Были разработаны количественные методы определения рения, основанные на образовании комплексов рения с 8-меркаптохинолином, с монотиофенолами, дитиолами и их производными. Получены масс-спектры комплексов рения, исследована их фрагментация в условиях лазерного и термического воздействия. Предел обнаружения рения составляет доли нанограммов. Способ позволяет определять рений в природных и техногенных материалах.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 11-03-01080-а*

### **Список литературы**

1. Bozhkov O., Tzvetkova Ch., Borisova L., Bryskin B. // *Advanced materials and Processes. May 2012 .vol. 170. № 5 . P 34.*

2. Grechnikov A.A., Borisova L.V., Ryabukhin V.A. // *Proc. 7<sup>th</sup> International Symposium on Technetium and Rhenium - Science and Utilization, Moscow, Russia, 2011, P. 144.*

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ И ПРИРОДНЫХ ВОД**

Д.А. Миняева<sup>1</sup>, Фу Йиганг<sup>2</sup>, С.В. Калёнов<sup>1</sup>, Л.Л. Вакар<sup>1</sup>, А.Е. Кузнецов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РХТУ им. Д.И. Менделеева,

г. Москва

<sup>2</sup>Университет ТонДзи, Колледж Экологических наук и инженерии,  
Шанхай

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем охраны окружающей среды является эвтрофикация природных и искусственных водоёмов, вызываемая антропогенным загрязнением биогенными элементами. Массовое развитие в эвтрофированных водоёмах цианобактерий и микроводорослей наносит большой вред как экосистеме водоёмов, так и хозяйственной деятельности человека. Перспективным методом борьбы с последствиями эвтрофикации в локальных масштабах является разработка биопрепаратов для смещения биологического равновесия в сторону преобладания микроводорослей над цианобактериями. Такой подход представляется перспективным из-за возможно меньших затрат при смещении равновесия по сравнению с прямым уменьшением численности автотрофов, и как превентивная мера для предотвращения образования токсинов цианобактерий. Биопрепараты разрабатываются на основе бактериальных культур, вследствие своих физиологических особенностей способных сдерживать рост цианобактерий, или обладающих альгицидной активностью. Таковые бактериальные культуры могут быть выделены из природных

образцов цианобактериальных сообществ, в которые они входят не как постоянные составляющие, но как организмы-антагонисты, осуществляющие тем или иным образом подавление и деградацию сообщества.

Проблема чрезмерного развития автотрофных организмов может также возникнуть в сооружениях биологической очистки сточных вод. Один из вариантов повышения качества очистки – очистка в условиях контролируемого окислительного стресса; при этом подходе требуется освещение содержимого аэротенка или иного сооружения биологической очистки, что может повлечь избыточный рост автотрофов и снижение качества очистки из-за выделения ими части органического вещества, образуемого в процессе фотосинтеза. Представляет интерес установление влияния микроводорослей и цианобактерий на очистку в аэротенках – в проточном режиме и при удалении избытка азота и фосфора (в частности, в SB-реакторе). Также может быть полезно установление зависимостей развития автотрофных организмов разных видов друг от друга и окружающих условий при их управляемом культивировании в симбиотенках, используемых при глубокой биологической очистке сточной воды с удалением фосфора.

Целью данной работы являлось выделение из природных образцов цианобактериальных консорциумов бактериальных штаммов, обладающих альгицидной активностью, и изучение их взаимодействия с автотрофной составляющей консорциумов при разных условиях.

Три бактериальных штамма, обладающих альгицидной активностью, были выделены из цианобактериального консорциума, отобранного в дельте р. Волга. Была проведена адаптация выбранных штаммов к окислительному стрессу, вызываемому периодическим внесением в среду культивирования малых доз  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Как адаптированные, так и неадаптированные линии были протестированы на альгицидную активность по отношению к автотрофной составляющей двух цианобактериальных консорциумов: 1) исходного и 2) отобранного из эвтрофированного озера Диян Чи (Китай, провинция Куньмин). Критерием, по которому оценивалось проявление альгицидной активности, было содержание остаточного хлорофилла *a* в пробах после длительного (1,5-2 недели) непосредственного контакта автотрофных организмов с исследуемыми бактериальными штаммами. Исследуемые штаммы показали большую альгицидную активность по отношению к автотрофной составляющей консорциума, из которого были выделены; как правило, преадаптированные к окислительному стрессу линии с большей концентрацией бактериальной биомассы показывали лучшие результаты. При обработке наиболее активным бактериальным штаммом содержание остаточного хлорофилла *a* в образце из р. Волга снизилось в 500 раз, а в образце из оз. Диян Чи – в 30 раз. Результаты экспериментов с диализным культивированием альгоцианобактериальной суспензии и биомассы бактерий, разделенных полупроницаемой мембраной, показали, что наиболее вероятным механизмом, лежащим в основе альгицидной активности выделенных штаммов

бактерий, вызывающих лизис микроводорослей и цианобактерий, является экзометаболитный.

Далее, из цианобактериального консорциума, отобранного из оз. Диян Чи, было выделено четыре обладающих альгицидной активностью бактериальных штамма. При длительном непосредственном контакте бактериальной биомассы с автотрофной составляющей исходного консорциума каждый из выделенных штаммов снижал уровень хлорофилла более чем на 60 %. С данными штаммами были проведены опыты, направленные на установление условий, при которых их альгицидная активность проявляется в наибольшей мере.

1) Определение фазы развития бактерий, характеризующейся наибольшей альгицидной активностью (экспоненциальная или стационарная).

Экспоненциальная фаза развития выбранных бактериальных штаммов при периодическом культивировании приходится на 1,5-2 сутки культивирования, стационарная – на 3-4. В большинстве случаев бактерии, находящиеся ко времени начала эксперимента в экспоненциальной фазе развития, демонстрируют немного более высокую альгицидную активность, нежели находящиеся в стационарной фазе. Однако и в экспоненциальной, и в стационарной фазах развития выбранные штаммы демонстрируют высокий уровень альгицидной активности (рис. 1).

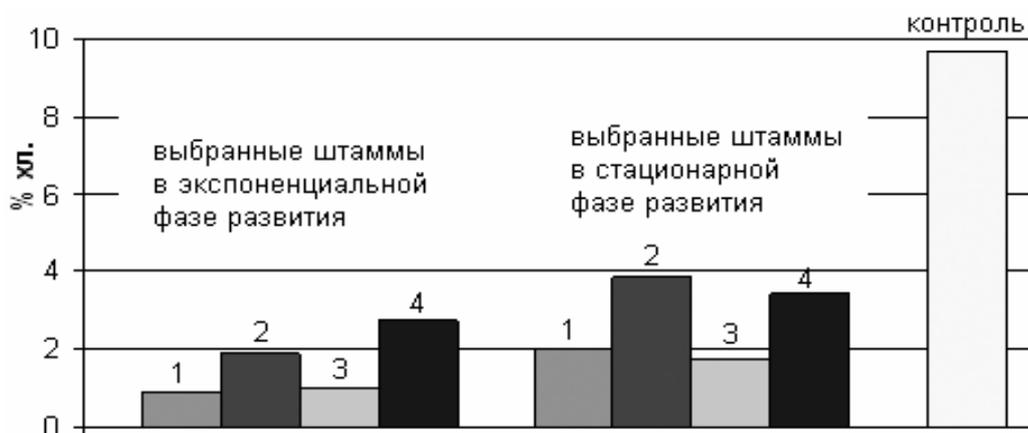


Рис. 1. Содержание остаточного хлорофилла в пробах при обработке автотрофов исследуемыми бактериальными штаммами, находящимися в экспоненциальной и стационарной фазах развития

2) Влияние фазы развития автотрофов на альгицидную активность бактерий.

Автотрофная составляющая консорциума, находящаяся в стационарной фазе развития (возраст 1,5-2 месяца и более), отличается от таковой в экспоненциальной фазе (возраст приблизительно 2 недели) значительно более высокой оптической плотностью суспензии, образованием большего количества крупных скоплений, большим значением показателя рН.

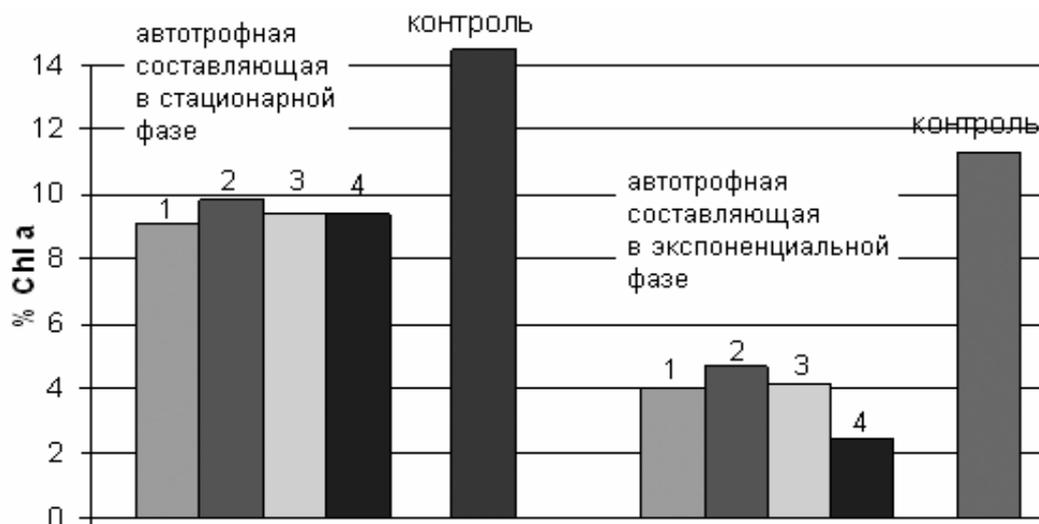


Рис. 2. Содержание остаточного хлорофилла в пробах при обработке исследуемыми бактериальными штаммами автотрофов, находящихся в стационарной и экспоненциальной фазах развития

При проведении опыта с автотрофами в стационарной фазе развития уровень содержания остаточного хлорофилла составляет приблизительно две трети от контрольной пробы, тогда как для экспоненциальной фазы – приблизительно одну треть (рис. 2). Из этого можно сделать вывод, что автотрофная составляющая в стационарной фазе развития менее подвержена альгицидному воздействию выбранных штаммов.

3) Определение механизма альгицидного воздействия – контактный или экзаметаболический.

Для определения типа механизма альгицидного действия выбранных бактериальных штаммов был проведён опыт, в котором в непосредственный контакт с автотрофными организмами была приведена культуральная жидкость бактерий, не содержащая самих клеток бактерий (удалены центрифугированием). (Ранее все опыты, в которых была доказана альгицидная активность штаммов, проводились в присутствии бактериальных клеток). По сравнению с вариантом, в котором автотрофы контактировали с бактериальными клетками, резкого повышения или же понижения альгицидной активности в пробах, содержащих освобождённую от бактериальных клеток культуральную жидкость, не наблюдалось (рис. 3). Однако при удалении бактериальных клеток из культуральной жидкости путём центрифугирования некоторое количество клеток неизбежно остаётся в фугате и, теоретически, способно к дальнейшему размножению. В таком случае, результаты вышеописанного эксперимента могут быть интерпретированы просто как следствие наличия остаточного содержания бактерий в суспензии. Однако опыт с уменьшением концентрации бактериальных клеток (путём разбавления стерилизованной водопроводной водой) показал, что такое снижение концентрации в большинстве случаев приводит к резкому снижению альгицидной активности. На основании этого можно предположить, что в освобождённой от клеток культуральной жидкости присутствуют

определённые бактериальные метаболиты, обеспечивающие наличие альгицидной активности.

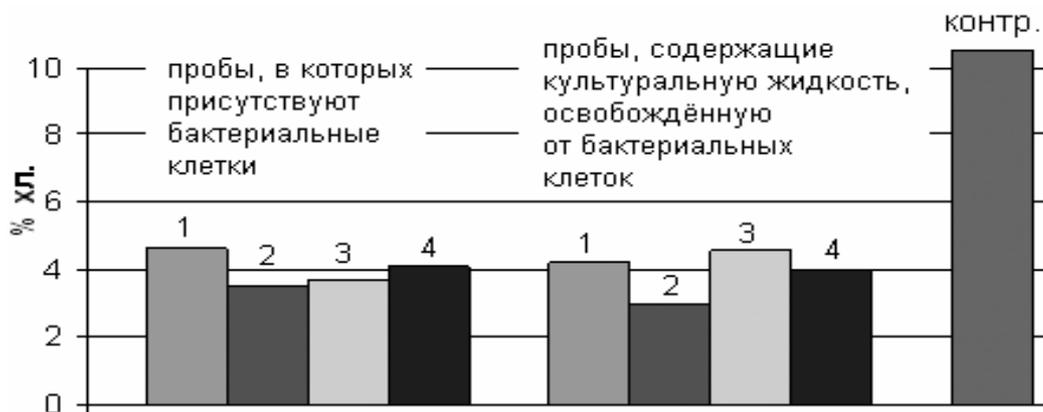


Рис. 3. Содержание остаточного хлорофилла в пробах при обработке автотрофов культуральной жидкостью исследуемых бактериальных штаммов в присутствии и отсутствии бактериальных клеток

### Список литературы

1. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А.Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников, М. Энгельхарт, Т. Вайссер, М. В. Чеботаева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – т.1. – 629 с.
2. D.C. Sigeo, R. Glenn, M.J. Andrews, E.G. Bellinger, R.D. Butler, H.A.S. Epton, R.D. Hendry. *Biological control of cyanobacteria: principles and possibilities. Hydrobiologia* 395/396: 161-172, 1999.

## МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

### КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ И ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ В МИТОХОНДРИЯХ

Г.В. Котельников<sup>1</sup>, С.П. Моисеева<sup>1</sup>, Е.В. Гришина<sup>2</sup>, Е.И. Маевский<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ИБП РАН,  
<sup>2</sup>ИТЭБ РАН,  
 г. Пущино, Московская область

Исследование кинетики и параметров экзотермических и эндотермических процессов, протекающих в «энергетических станциях клетки» до настоящего времени относилось к экспериментально не решаемым проблемам. Такое состояние проблемы количественной оценки диссипации и поглощения тепла в функционирующих митохондриях обусловлено тем, что до настоящего времени не было возможности количественно регистрировать

кинетику этих реакций на живом микрообъекте, каковыми являются выделенные митохондрии, быстро теряющие свою жизнеспособность в отсутствие кислорода в замкнутой системе. Это важно для решения фундаментальных вопросов митохондриальной термодинамики и имеет прикладное значение для понимания и контроля процессов аккумуляции и диссипации энергии при потреблении кислорода, и в анализе роли различных превращений при несократительном термогенезе.

### **Предложенный метод измерения тепловых процессов при трансформации и диссипации энергии в митохондриях.**

Разработка калориметрического прибора выполнена с учетом требований работы с короткоживущим объектом, митохондриями. Экспериментальный калориметрический прибор для указанных измерений, изотермический титрационный калориметр для измерения тепловых процессов при трансформации и диссипации энергии в митохондриях (ИТК МХ), разработанный в ИБП РАН, предусматривает введение в калориметрическую камеру, заполненную средой инкубации с субстратом окисления, нетермостатированной добавки митохондрий. При этом указанная добавка принимает температуру образца за время прохождения системы тепловых шунтов. Теоретический расчет, обосновывающий такой метод введения добавки, представлен в нашей работе [1]. Исключение ошибки при измерении тепловой мощности вследствие ввода паразитного тепла в калориметрическую камеру при дозировании добавок подтверждается соответствием литературным данным измеренных значений параметров стандартной реакции взаимодействия хлористого бария с краун-эфиром в воде: константа равновесия  $K = (5.3 \pm 0.2) \times 10^3$  л/моль, стандартная энтальпия  $\Delta H^\circ = -31.5 \pm 0.3$  кДж/моль, стехиометрический коэффициент  $n = 1.000 \pm 0.006$ . Эти данные приведены в работе [2]. Указанные значения, полученные при тестировании прибора, обеспечиваются только при точном измерении тепловой мощности взаимодействия хлористого бария с краун-эфиром. При недостаточном выравнивании температуры добавки с температурой образца, размещенного в калориметрической камере, указанные параметры не воспроизводятся. Введение митохондрий в калориметрическую камеру в течение нескольких секунд обеспечивает сохранение структурно-функциональной целостности митохондрий в процессе их введения.

### **Описание оригинальных узлов ИТК МХ.**

Узел калориметрических камер.

Капиллярные рабочая и эталонная калориметрические камеры (1) расположены горизонтально. Рабочий объем камер ограничен нижней кромкой пассивного теплового шунта (2), который обеспечивает выделение рабочего объема. Активный тепловой шунт (3) предотвращает проникновение в рабочий объем камер внешних тепловых потоков по стенкам камер, а также обеспечивает нагрев реагентов добавок до температуры рабочих камер при их

введении в камеры. Многослойная измерительная термобатарея (4) является датчиком измеряемой тепловой мощности.

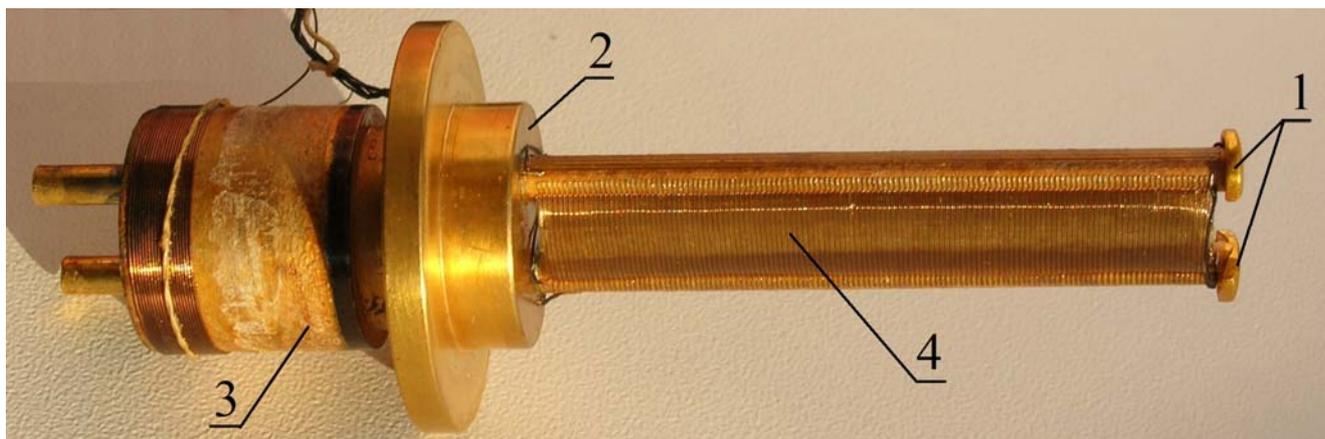


Рис.1. Узел калориметрических камер

Титрационный узел.

Титрационный узел предназначен для введения добавок в калориметрические камеры. Введение добавок осуществляется следующим образом: при введении дозы производится продольное перемещение шприцов на всю длину калориметрических камер винтовым механизмом, управляемым шаговым двигателем 1. Одновременно с этим производится перемещение поршней винтовым механизмом, управляемым шаговым двигателем 2. За счет различной величины перемещений винтовых механизмов шприцами осуществляется дозирование заданного количества реагентов. Управление шаговыми двигателями осуществляется компьютером. При этом добавка распределяется по всей длине рабочего объема калориметрической камеры в виде тонкого слоя. В процессе эксперимента добавка может вводиться многократно.

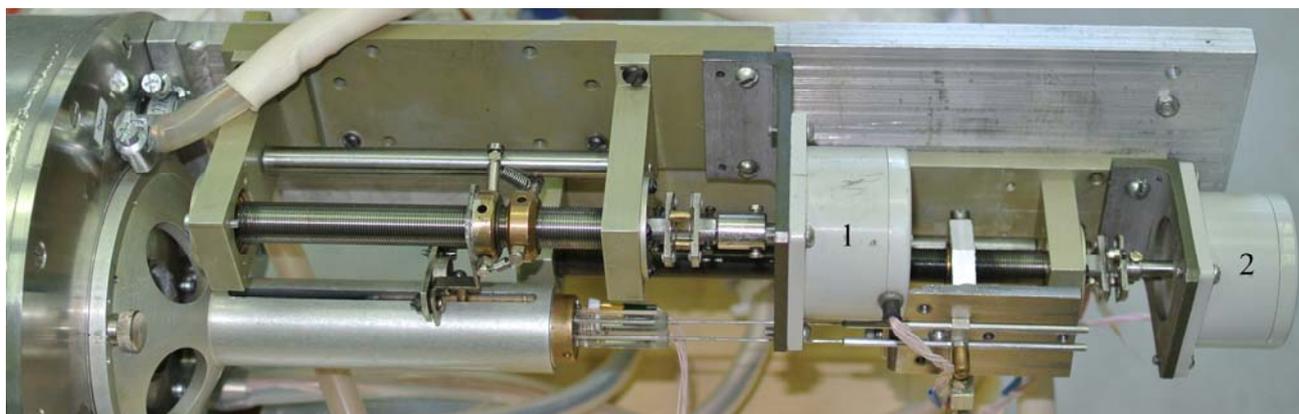


Рис.2. Титрационный узел

Узел дозирующих шприцов.

Узел дозирующих шприцов состоит из двух микрошприцов 1 типа Hamilton с объемом дозирования 50 мкл. Шприцы размещены в общем корпусе 2, который установлен в титрационном узле, обеспечивающем центровку дозирующих игл 3 по оси калориметрических камер, что делает возможным введение дозирующих игл в камеры и их перемещение по оси калориметрических камер от верхней части до дна. На корпусе, объединяющем шприцы, установлен привод 4 для обеспечения колебаний игл, который управляется от кварцевого генератора, что обеспечивает постоянство вводимой иглами тепловой мощности в камеры.

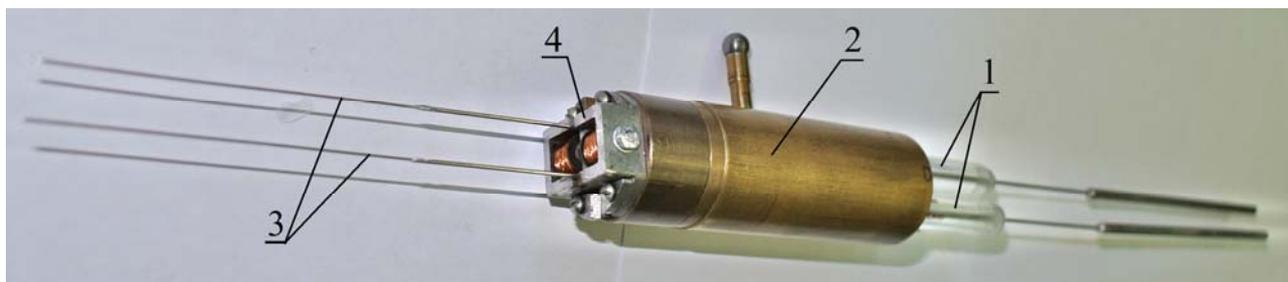


Рис.3. Узел дозирующих шприцов

### **Результаты измерения тепловой мощности процессов трансформации и диссипации энергии в митохондриях на ИТК МХ.**

На рис.4 приведены кривые, отражающие процессы трансформации и диссипации энергии в митохондриях в зависимости от вида субстрата. Из полярографических данных точно известно, что скорости потребления кислорода существенно отличаются в зависимости от вида субстрата: при окислении сукцината потребление кислорода идет в несколько раз быстрее, чем при окислении НАД-зависимого субстрата  $\beta$ -оксибутирата, который, помимо всего прочего, не вступает в цикл Кребса и потому не имеет возможности превращения в сукцинат. Для калориметрического анализа было выбрано состояние, когда окисляется сукцинат, чтобы кинетика тепловыделения при свободном рассеивании энергии в митохондриях с поврежденной (замораживанием-оттаиванием) мембраной имела более выразительный вид.

Прибор обеспечивает моделирование разных субстратных ситуаций *in vitro*, что позволяет получать информацию о теплопродукции при селективном поступлении восстановительных эквивалентов на разные участки дыхательной цепи и контролировать энергетический обмен в зависимости от интенсивности нагрузки, сезона года, температуры окружающей среды, типа питания и функционального состояния клеток; количественно оценивать эффективность аккумуляции энергии в виде АТФ и трансмембранного потенциала и увеличение диссипации энергии по мере снижения АДФ/О и разобщении окислительного фосфорилирования.

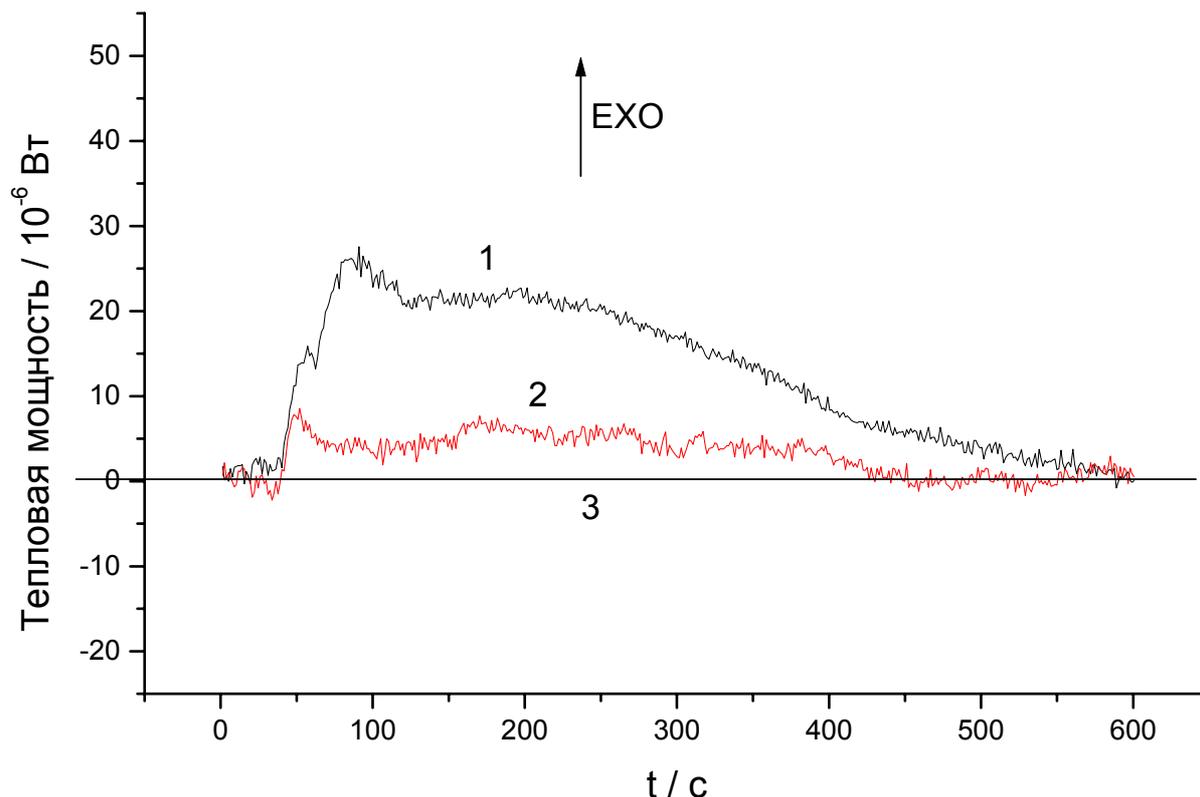


Рис.4 Регистрация на ИТК МХ тепловой мощности при трансформации и диссипации энергии в митохондриях. Кривая 1: Регистрация теплового эффекта при введении 6.6 мкл размороженной суспензии митохондрий в среде выделения в измерительный объем калориметрической камеры 156 мкл со средой инкубации и сукцинатом (5мМ). Кривая 2: Регистрация теплового эффекта при введении 6.6 мкл размороженной суспензии митохондрий в среде выделения в измерительный объем калориметрической камеры 156 мкл со средой инкубации и гидроксibuтиратом (8мМ)

Калориметр ИТК МХ позволяет получать термограммы длительных тепловых процессов (рис.5). Представленные термограммы теплового процесса и базовой линии содержат информацию о тепловой мощности с момента введения добавки МХ в калориметрическую камеру при регистрации указанных термограмм в течение порядка двух часов при максимальной чувствительности калориметра.

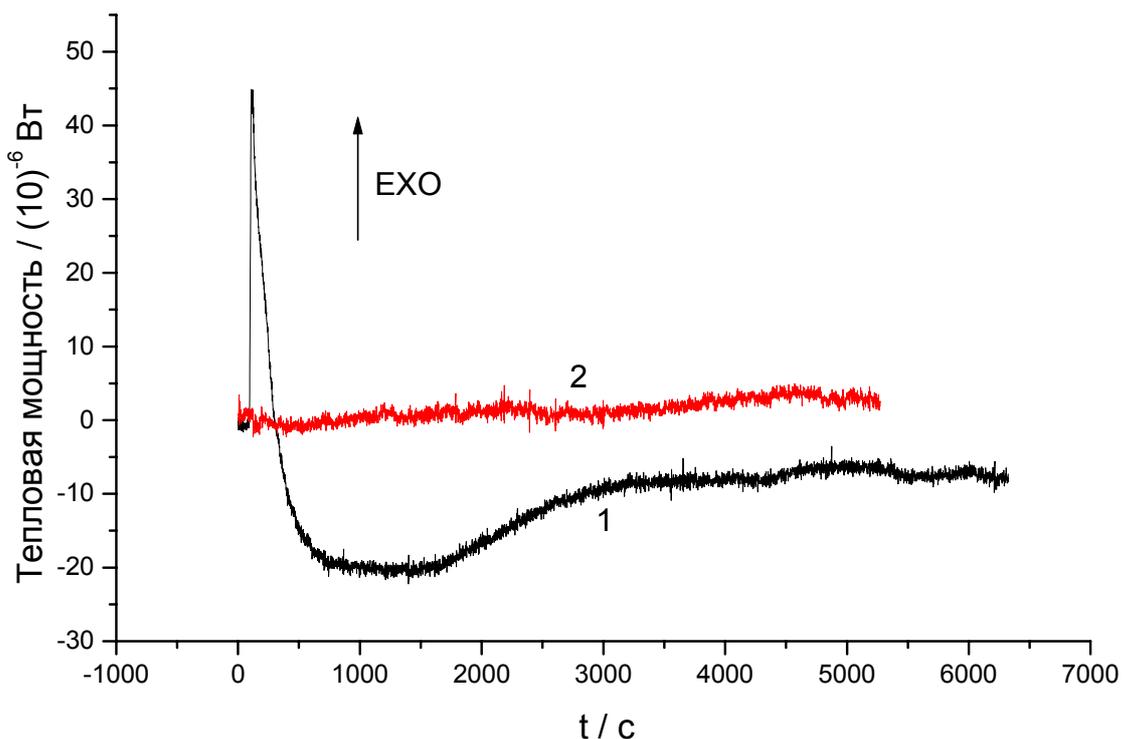


Рис.5. Регистрация на ИТК МХ тепловой мощности при трансформации и диссипации энергии в митохондриях. 1: термограмма теплового процесса при введении 6.6 мкл МХ в среде выделения в измерительный объем калориметрической камеры 156 мкл со средой инкубации и сукцинатом (5 мМ); 2: термограмма теплового процесса при введении 6.6 мкл воды в измерительный объем калориметрической камеры 156 мкл, заполненной водой. Температура калориметрических камер 26 °С

### **Заключение.**

Созданный в ИБП РАН экспериментальный калориметрический прибор позволил впервые в научной практике совместно с сотрудниками ИТЭБ РАН разработать метод, обеспечивающий получение калориметрических результатов при окислении NAD-зависимого и флавин-зависимого субстрата в изолированных митохондриях. На базе ИТК МХ может быть создан конкурентоспособный современный калориметр, позволяющий решать фундаментальные вопросы митохондриальной термодинамики, в частности оценивать эффективность аккумуляции и диссипации энергии в дыхательной цепи.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-08-00933а*

### **Список литературы**

1. *STUDYING DISPERSOID SYSTEMS Method of introducing an injecting needle into calorimetric chamber of capillary titration calorimeter / G.V. Kotelnikov, Sophia P. Moiseyeva, E.V. Mezhiburd, E.I. Maevsky and Elena V. Grishina // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2005. - Vol. 81. - P. 255–259.*

2. Энергетика связывания ионов  $Cu(II)$  термочувствительными сополимерами *N*-винилкапролактама с *N*-винилимидазолом в различных конформационных состояниях макромолекул / Т.В. Бурова, Н.В. Гринберг, В.И. Лозинский, С.П. Мусеева, Г.В. Котельников, В.Я. Гринберг, А.Р. Хохлов // *Высокомолекулярные соединения Серия А.* - 2010. - Т. 52. - №4. - С. 554-560.

## **БИОДЕГРАДИРУЕМЫЕ КОРОНАРНЫЕ СТЕНТЫ: IN VIVO ДЕГРАДАЦИЯ ЖЕЛЕЗА**

А.Н. Оганесян<sup>1</sup>, А.М. Даллакян<sup>1</sup>, А.С. Погосян<sup>1</sup>, Н.М. Оганесян<sup>1</sup>, А.В. Азнаурян<sup>2</sup>, Н.Б. Тавакалян<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Научный центр радиационной медицины и ожогов МЗ РА,

<sup>2</sup>Ереванский государственный медицинский университет им. М.Гераци,

<sup>3</sup>Ереванский Институт «Пластполимер»,

г. Ереван

Последние десятилетия ознаменовались большими успехами в лечении различных заболеваний сердечно-сосудистой системы, что, прежде всего, обусловлено лечением пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) установкой коронарных стентов во время перкутанной транслюминальной ангиопластики [2]. В медицине под термином «стент» обозначается каркас из растягиваемой проволоки, который вводят в какой-либо проток (например, в артерию, желчные протоки и др.) с целью предотвращения сужения его диаметра и улучшения тока жидкости через него. Стенты применяются, в основном, в сосудистой хирургии для расширения диаметра артерии и восстановления по ней нормального кровотока. Чаще всего метод стентирования используется в хирургии коронарных сосудов, а также в лечении заболеваний периферических артерий, вен, желчных протоков, пищевода, трахеи, толстой кишки, бронхов, мочеточников и уретры.

В настоящее время в медицинской практике применяют металлические коронарные стенты из нержавеющей стали и титана как «голые», так и с полимерными и лекарственными покрытиями [4]. Элюирующие лекарственные вещества стенты (DES) были разработаны для предотвращения развития рестеноза сосудов, часто наблюдаемого после их имплантирования. Открытие DES было самым большим достижением в разработке стентов. DES, покрытые ингибиторами клеточного цикла, казались весьма обнадеживающими для дальнейшего снижения вероятности рестеноза до практически ничтожных величин. Однако, рестеноз все еще остается главным недостатком этой новой техники. Хотя были продемонстрированы эффективность и безопасность DES, после внедрения DES возникли проблемы поздних ангиографических тромбозов. Широкое внедрение в клиническую практику стентов с антипролиферативным покрытием снизило актуальность проблемы рестеноза, но не решила проблему полностью [1].

Возникшие ограничения по применению DES возобновили интерес к биоразлагаемым стентам. Такие проблемы, как поздний рестеноз, механическая закупорка устьев боковых ветвей, ухудшение прилегания стента к стенкам сосуда, свидетельствуют о необходимости разработки полностью растворяющегося стента. Имплантация биodeградируемых стентов особенно актуальна в ряде ситуаций. Так, биodeградируемые стенты могут быть установлены в месте изгибов артерий и не только коронарных. Кроме того, до сих пор остается открытым вопрос: почему инородное устройство (металлический стент) должно оставаться в коронарном русле? Металлические стенты в артериальных сосудах снижают диагностическую ценность магнитно-резонансной томографии (МРТ) и многослойной компьютерной томографии (МСКТ).

Материалом для биodeградируемых стенов могут быть биорассасывающиеся полимеры и металлы типа чистого железа или магния. Полимерные биоразлагаемые стенты имеют несколько ограничений. Их прочность ниже, по сравнению с металлическими стентами. Полимерные стенты – рентгенопрозрачны, что затрудняет определение их точного расположения. Кроме того, трудно развернуть стент гладко и точно без флуороскопической визуализации. Поэтому значителен интерес к металлическим биоразлагаемым биоматериалам [3]. Магний рассасывается за несколько дней, и в этом плане большой интерес вызывает чистое железо. Железо – элемент, абсолютно необходимый для жизни, суточная потребность человека в нем составляет до 18мг. Только избыточная доза (200мг и более) может оказать токсическое действие, передозировка железа угнетает антиоксидантную систему организма. Кроме того, механические свойства железа сопоставимы со свойствами металлических сплавов для постоянных сердечно-сосудистых имплантантов.

Современные научные исследования нацелены на интенсивный поиск железа для сердечно-сосудистых стентов с умеренной и однородной деградацией [5]. Скорость растворения стента должна быть такой, чтобы сосуд успевал покрыться вновь растущими клетками интимы. Деградация чистого железа *in vivo* и *in vitro* зависит от многих параметров, и все еще не полностью изучена.

### **Материал и методы**

В настоящей работе были изучены модельные стенты из чистого железа. Из железного слитка (Ереванский завод чистого железа) получена фольга толщиной 180-260мкм.

Лазерной резкой из железной фольги изготовлены изделия разной конфигурации, обработанные механически и ультразвуком.

Оценку биологического действия проводили в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ИСО 10993.6-99 Часть 6. «Исследование местного действия после имплантации».

В качестве экспериментальных животных использованы белые крысы весом 180-200 грамм по 3 особи на эксперимент. Имплантанты одинаковой

конфигурации и одного и того же веса после стерилизации помещались и в подкожную ткань, и в мышечную ткань крыс. Имплантационный период составлял от 1 до 12 недель. Биологическую реакцию оценивали макроскопическим исследованием участка имплантации и гистологическим исследованием окружающей ткани. Деграцию образца в *in vivo* условиях оценивали по потере веса за имплантированный период.

### **Результаты и обсуждение**

Биодеградируемые железные стенты имеют перспективы и их разработке уделяется большое внимание в последние годы. Железные стенты, как и любые другие искусственные материалы, перспективные для использования в сердечно-сосудистой хирургии, необходимо подвергать комплексным медико-биологическим испытаниям.

Нами исследовано местное действие имплантированных образцов чистого железа на живую ткань. Метод позволил одновременно определить процент деграции имплантированного образца железа.

Для оценки биологической реакции подкожной ткани крыс на имплантируемый материал использовали разные образцы чистого железа. Независимо от периода имплантации никаких негативных проявлений в поведении животных не наблюдали. Деграция же образцов зависела как от периода имплантации, так и от формы, типа поверхности, метода обработки металла. Механически вырезанный кусочек железа (брусочек 18мг) показал деграцию до 55,5% за 4 недели. А образцы в форме дисков (круг диаметром 4мм, толщина 180мкм) аналогичного веса, вырезанные методом лазерной резки, подвергались деграции значительно медленнее – деграция за 1 неделю составила -  $2,7 \pm 0,2\%$ ; за 8 недель –  $6,05 \pm 0,15\%$ ; и за 12 недель –  $12,5 \pm 0,5\%$ .

При разработке биодеградируемых стентов важно, чтобы при рассасывании не наблюдалась фрагментация. Подкожная имплантация на период 12 недель показала, что образец в виде круга сохранил свою форму и имел очаги коррозии на поверхности, а образец фигурной резьбы подвергся фрагментации.

После извлечения подкожно имплантированных на 12 недель образцов проведена гистологическая оценка. Гистологические исследования кожи и подкожной клетчатки экспериментального материала свидетельствовали о сохранности слоев кожи: эпидермиса и дермы. Многослойный плоский ороговевающий эпителий был сохранен, местами истончен. Обнаруживались дистрофически измененные кератоциты. Роговой слой тонкий. Сосковый слой дермы представлен волокнистой соединительной тканью. В сетчатом слое выявлялись большое количество потовых и сальных желез, а также умеренно выраженные лимфо-гистиоцитарные скопления. Коллагеновые волокна набухшие, коллогенизированы, капилляры в большом количестве.

Для оценки реакции мышечной ткани экспериментальных животных на имплантируемый материал образцы железа были помещены в мышечную ткань крыс на 12 недель. Имплантированные образцы разной конфигурации были изготовлены в атмосферах азота и аргона, так как известно, что железо

обладает большим сродством к кислороду, особенно во влажном воздухе. Образцы железа одинаковой формы, изготовленные лазерной резкой в разных атмосферах, имели различную степень *in vivo* биодеградации. Результаты исследований показали, что изделия, вырезанные в атмосфере азота, деградировали в 1,5-2 раза медленнее. Непосредственно с азотом железо не взаимодействует, но при нагревании в атмосфере аммиака на его поверхности образуется очень твердое соединение (процесс в технике называется «азотированием»). Видимо, при лазерной резке в атмосфере азота также происходит изменение поверхности.

Образец сетчатой формы, изготовленный в атмосфере аргона и обработанный ультразвуком, после внутримышечного имплантирования на период 12 недель деградировал полностью. После вскрытия проведены гистологические исследования прилегающих к металлу тканей. Исследуемый материал представлял собой поперечно-полосатую мышечную ткань (скелетную). Пучки мышечных волокон были сохранены. По периферии волокон располагались многочисленные ядра. Поперечно-полосатая исчерченность выявлялась во всех полях зрения. Местами обнаруживались единичные лимфо-гистоцитарные скопления. Межмышечная соединительная ткань была без видимых особенностей.

Результаты исследований по имплантации в подкожную и мышечную ткань образцов чистого железа показали, что *in vivo* биодеградация железа определяется типом поверхностей, видом обработки изделия. Железные стенты могут преждевременно потерять механическую стабильность из-за их корродируемой деградации в тонких местах, изгибах узора элементов стента. Деградационная активность образцов из чистого железа при имплантации под кожу и в мышечную ткань значительно ниже *in vitro* биодеградации в модельных средах. Более полные сведения о *in vivo* биодеградации железа дадут проводимые в настоящее время экспериментальные исследования деградации образцов различной обработки в кровеносном русле.

### Список литературы

1. Крылов А.Л. Проблемы коронарной ангиопластики, которые не смогли разрешить стенты с антипролиферативным покрытием / Кардиология 2009. № 5, с.69-74.
2. Руководство по рентгеноэндоваскулярной хирургии сердца и сосудов / Бокерия Л.А., Алекян Б.Г. (ред.) – М.:НЦССХ им.А.Н. Бакулева РАМН, 2008.
3. Hermawan H., Dubÿ D., Mantovani D. Review Developments in metallic biodegradable stents / *Acta Biomaterialia*, 2010. Vol. 6, P. 1693–1697.
4. Mani G., Feldman M.D., Patel D., Agrawal C. M. Review. Coronary stents: A materials perspective / *Biomaterials*, 2007. Vol. 28, P. 1689–1710.
5. Moravej M., Purnama A., Fiset M., Couet J., Mantovani D. Electroformed pure iron as a new biomaterial for degradable stents: *In vitro* degradation and preliminary cell viability studies / *Acta Biomaterialia*, 2010. Vol. 6, P. 1843–1851.

## КАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ И КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Ю.Ю. Петрова, О.Ю. Ветрова, Е.Ю. Бырина, О.С. Долгушина, Ж.Б. Бажаева,  
К.С. Кокорина, Д.Р. Гимранов, Ю.М. Гимранова  
Сургутский государственный университет ХМАО-Югры,  
г. Сургут

Каталитические методы анализа отличаются высокой чувствительностью определения, как металлов-катализаторов, так и органических соединений, влияющих на их каталитическую активность. В данной работе в качестве аналитов были выбраны следующие биологически активные вещества: гистамин (биогенный амин),  $\alpha$ -аланин ( $\alpha$ -аминокислота) и коллаген (фибриллярный белок).

Гистамин - биогенный амин, образующийся в организме при декарбоксилировании аминокислоты гистидина под влиянием гистидиндекарбоксилазы, является одним из медиаторов, участвующих в регуляции жизненно важных функций организма и играющих важную роль в патогенезе ряда болезненных состояний. Гистамином пользуются фармакологи и физиологи для экспериментальных исследований.

Большинство  $\alpha$ -аминокислот обладают широким спектром биологической активности. Например,  $\alpha$ -аланин участвует в метаболизме сахаров и органических кислот. Свободные аминокислоты, входящие в состав физиологических жидкостей, имеют важное функциональное значение. Изменение их концентрации часто связано с метаболическими нарушениями, которые свидетельствуют о развитии того или иного заболевания (сахарный диабет, остеопороз и др.).

Коллаген - фибриллярный белок соединительной и костной ткани, сухожилий, хрящей, обладающий свойствами стимулировать фибриллообразование и регенерацию повреждённых тканей. Коллаген широко используют как пластический материал в различных областях медицины и косметологии, а также в фармацевтической технологии в качестве основы, пролонгирующее действие лекарственных средств.

Широкое применение и биологическая активность гистамина,  $\alpha$ -аланина и коллагена в медицинской и фармацевтической практике обуславливает необходимость совершенствования способов их определения в биологических объектах и с целью аналитического контроля фармацевтической и косметической продукции. Известно достаточное число методов определения выбранных БАВ, некоторые из них избирательны и высокочувствительны. Так ИФА как чувствительный и простой по технике исполнения метод, несмотря на его ограниченные возможности по сравнению с хроматографическими методами, получил наибольшее распространение в лабораторной практике. Однако для многих из указанных методов можно выделить такие недостатки, как трудоемкость и/или дороговизна. Хроматографические методы, а также

ультрафильтрация и электродиализ сложны для использования в клинико-диагностических лабораториях. Поэтому разработка чувствительной, селективной, простой и экспрессной методики является актуальной задачей, которая была решена с использованием каталитического метода.

Ранее [1] обнаружен ингибирующий эффект гистамина в реакции окисления гидрохинона пероксидом водорода, катализируемой медью(II), проводимой в растворе, и его активирующий эффект - на бумажных носителях. Наибольший активирующий эффект наблюдается на медьсодержащих бумажных фильтрах с химически привитыми гексаметилендиамино-группами. На основе теории о промежуточном активном комплексе сделано предположение о причинах ингибирующего и активирующего действия гистамина в реакции окисления гидрохинона пероксидом водорода. Выяснены оптимальные условия проведения реакции и разработана методика определения  $(3-9) \cdot 10^{-13}$  М гистамина на медьсодержащих бумажных фильтрах с привитыми гексаметилендиамино-группами. Изучены правильность и селективность определения гистамина. Наибольшее мешающее влияние оказывают диэтиламин и триэтиламин. Методика использована для сорбционно-каталитического определения гистамина в слюне человека на уровне нМ. В анализируемом образце слюны, разбавленной в  $10^4$  раз, найдено  $(3.55 \pm 0.03) \cdot 10^{-9}$  М гистамина при норме содержания гистамина в слюне в свободном (не связанном с базофилами) состоянии 0.2–0.4 нг/мл, или  $(1.8-3.6) \cdot 10^{-9}$  М [2].

С целью повышения селективности определения нами был предложен гибридный вариант, в котором сочетается разделение методом бумажной хроматографии с последующим сорбционно-каталитическим определением непосредственно на бумажном носителе. Гистамин активирует каталитическую реакцию на фильтровальной бумаге в широком диапазоне содержаний на фильтре  $10^{-14}$  –  $10^{-1}$  мкмоль, в то время как в растворе в диапазоне концентраций от  $10^{-10}$  до  $10^{-3}$  М наблюдали только ингибирование, а в отсутствие катализатора слабое собственное активирующее действие, усиливающееся в присутствии небольших количеств этанола. Были оптимизированы условия разделения гистамина на полосках фильтровальной бумаги и проведения реакции на них. В выбранных условиях предложена методика, которая позволяет определять гистамин в интервале концентраций  $1 \cdot 10^{-14}$  –  $1 \cdot 10^{-10}$  М из 2 мкл анализируемого раствора с  $c_{\min} 7 \cdot 10^{-15}$  М ( $c_{\text{н}} 1 \cdot 10^{-14}$  М,  $s_{\text{г}} 0,03$ ). Сочетание бумажного хроматографирования практически не влияет на чувствительность и воспроизводимость определения, но улучшает селективность определения, что позволяет определять гистамин в таких сложных препаратах как гистаглобулин, при этом белок не мешает определению, и в слюне (табл. 1).

Нами был выявлен активирующий эффект коллагена в реакции окисления 3,3',5,5'-тетраметилбензидина персульфатом аммония, катализируемой медью(II), в растворе на уровне концентраций  $10^{-8}$  –  $10^{-7}$  М. В оптимизированных условиях разработана методика определения коллагена в диапазоне концентраций  $5,0 \cdot 10^{-15}$  –  $5,0 \cdot 10^{-11}$  М ( $s_{\text{г}} 0,02$ ;  $c_{\min} 2,3 \cdot 10^{-15}$  М),

отличающаяся высокой чувствительностью, воспроизводимостью и простотой аппаратного оформления. Среди неорганических веществ наибольшее мешающее влияние оказывают Fe(II) и Co(II), а среди органических – витамин E, ионол,  $\alpha$ -аминокислоты. Проведено определение коллагена каталитическим методом в креме (таблица).

Весьма перспективна разработка сорбционно-каталитического метода определения  $\alpha$ -аминокислот в сочетании с их предварительным разделением методом ТСХ. С этой целью в качестве индикаторной использовали известную реакцию восстановления железа(III) тиосульфатом натрия, катализируемую медью(II). Выявлен ингибирующий эффект  $\alpha$ -аланина и оптимизированы условия проведения реакции на пластинах для ТСХ «Sorbfil». Получена градуировочная зависимость для определения  $\alpha$ -аланина в широком диапазоне  $5 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-2}$  М. Однако, селективность предложенной методики низкая, так как другие  $\alpha$ -аминокислоты мешают определению  $1 \cdot 10^{-3}$  М  $\alpha$ -аланина на уровне концентраций  $1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-6}$  М.

Для повышения селективности определения коллагена и  $\alpha$ -аланина предложено сочетание их каталитического определения с методом ТСХ. Показано, что такой подход позволяет улучшить селективность определения: пороги мешающего влияния в варианте с ТСХ повышаются в 100 и более раз. Предложенные методики были апробированы в анализе косметической продукции (таблица).

Результаты определений гистамина,  $\alpha$ -аланина и коллагена в слюне и косметической продукции каталитическим методом в сочетании с ПХ

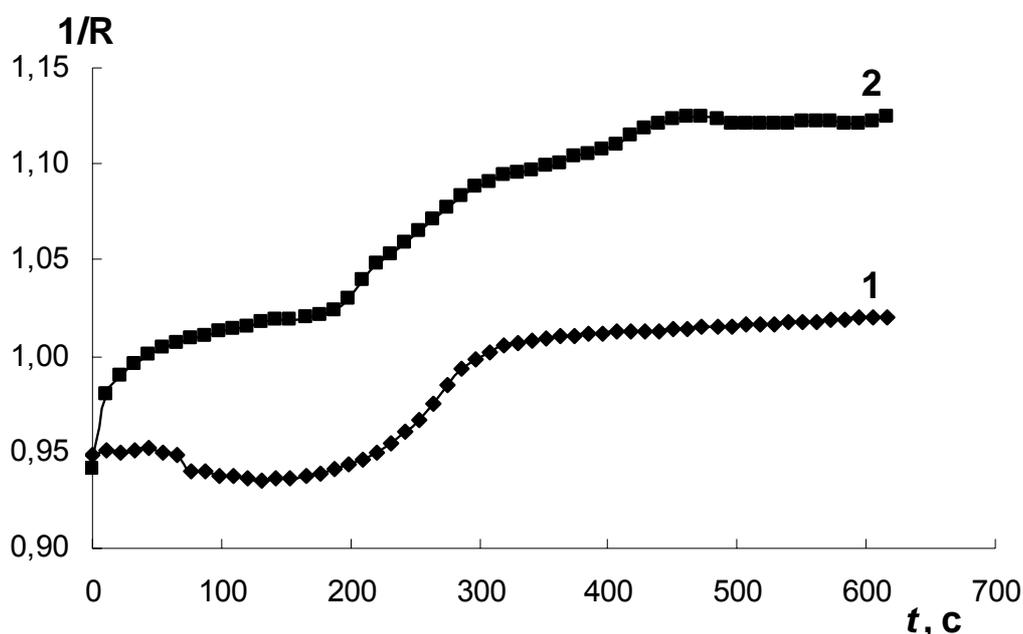
Аналит	Объект	Условия ПХ	Найдено методом добавок	
			В разбавленной водной вытяжке, М	В образце
Гистамин	Слюна	БХ на ФБ	$(1,62 \pm 0,59) \cdot 10^{-12}$	$(1,62 \pm 0,59) \cdot 10^{-8}$ М
$\alpha$ -Аланин	Маска для волос	ТСХ на Sorbfil	$(1,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$	$0,16 \pm 0,01$ г/г
	Бальзам после бритья		$(3,7 \pm 1,3) \cdot 10^{-6}$	$2,12 \pm 0,74$ мг/г
Коллаген	Крем для кожи	-	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-11}$	$0,64 \pm 0,07$ мкг/г
	Плацентарная маска	ТСХ на Sorbfil	$(5,5 \pm 0,6) \cdot 10^{-8}$	$1,10 \pm 0,10$ мг/г
	Тушь для ресниц		$(4,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-12}$	$18,81 \pm 0,32$ нг/г

Для выявления возможности определения флавоноидов кинетическими методами авторами ведутся работы по изучению кинетики реакции окисления 3,3',5,5'-тетраметилбензидина (ТМБ) периодатом калия, персульфатом аммония

и пероксидом водорода, проводимой на различных носителях, в присутствии металлов переменной валентности Mn(II), Cu(II) и Fe(II). Проведен скрининг и выбраны следующие системы:

- 1) ТМБ - Cu(II) - персульфат аммония (либо периодат калия, либо пероксид водорода) на пластинах для ТСХ «Sorbfil» и на хроматографической бумаге;
- 2) ТМБ - Mn(II) - персульфат аммония (либо периодат калия) на пластинах для ТСХ «Sorbfil» и на хроматографической бумаге;
- 3) ТМБ - Fe(II) - пероксид водорода на хроматографической бумаге.

В оптимизированных условиях получены кинетические кривые (зависимости  $1/R$  от времени, где  $R$  – зональный коэффициент отражения), демонстрирующие каталитическую активность Mn(II) и Cu(II) в индикаторной реакции (рисунок).



Кинетические кривые для реакции ТМБ - Mn(II) - периодат калия) на пластинах для ТСХ «Sorbfil»: 1 – в отсутствие и 2 – в присутствии марганца

### Список литературы

1. Ю.Ю.Петрова. Сорбционно-каталитический метод определения гистамина // Журн. аналит. химии. 2010. Т. 65. № 5. С. 538–547.
2. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта. М.: Медицина, 1991. 303 с.

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕСТАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА

И.В. Савельева, М.Ю. Савельев

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Омская государственная медицинская академия министерства здравоохранения и социального развития РФ,  
г. Омск

Прогнозирование исхода беременности для матери и плода представляет большую сложность и порою проблематичность для врача акушера-гинеколога. В настоящее время математические методы широко используются для решения медицинских задач в акушерстве и гинекологии [1, 4, 5]. Исследований, касающихся математического прогнозирования осложнений беременности у женщин с метаболическим синдромом (МС) в отечественной и зарубежной литературе нами не найдено.

Целью работы явилась разработка системы прогнозирования развития осложнений беременности и родов в условиях МС. Нами проанализированы особенности анамнеза, течения и исхода беременности и родов, данные объективного исследования 100 беременных с МС. Для построения математической модели выборка составила 40 беременных с МС, показатели по 20 беременным использовались для проверки модели на адекватность.

При разработке программы прогнозирования акушерских осложнений для матери и плода нами была использована среда разработки MS Visual Studio и язык C#, где реализованы полученные зависимости, интерфейс пользователя и возможность вывода результатов прогноза в виде отчетов.

Для построения математической модели собранный статистический материал переносился в электронные таблицы исходных данных. Переменные в электронной таблице могут принимать как текстовые, так численные значения. Для переменных, которые принимают текстовые значения, использовалось так называемое соглашение «двойной записи», при котором каждому текстовому значению приписывается некоторый численный эквивалент. Коды текстовых значений представлены в таблице 1.

Откликам модели (COD) – осложнениям беременности и родов для матери (угрожающее прерывание, анемия, артериальная гипертензия, артериальная гипотензия, ранний токсикоз, поздний гестоз, преждевременные роды, несвоевременное излитие околоплодных вод, кровотечения в последовом и раннем послеродовом периодах, клиническое несоответствие, оперативные роды) и для плода (недоношенность, синдром задержки развития, внутриутробная гипоксия) ставились в соответствии 0 (ноль) – если осложнения есть и 1 – если нет.

Таблица 1.

Соответствия между текстовыми и цифровыми значениями диспластикозависимых изменений

Фактор	Код	Значение
Инсулинорезистентность (IR)	0	Нет
	1	Есть
Гиперинсулинемия (GI)	0	Нет
	1	Есть
Артериальная гипертензия (AG)	0	Нет
	1	Есть
Дислипидемия (DL)	0	Нет
	1	Есть
Абдоминальное ожирение (AO)	0	Нет
	1	Есть

Для характеристики зависимости между этими величинами рассчитывались коэффициенты корреляции.

Матрица корреляции для всех маркеров метаболического синдрома и осложнений беременности и родов представлена в табл. 2.

Таблица 2.  
Матрица корреляции

	IR	GI	AG	DL	AO	COD
IR	1,000	0,042	0,010	-0,547	0,492	0,629
GI	0,042	1,000	0,010	0,099	-0,385	-0,507
AG	0,010	0,010	1,000	0,010	0,010	0,510
DL	-0,547	0,099	0,010	1,000	-0,685	0,641
AO	0,492	-0,385	0,010	-0,685	1,000	-0,366
COD	0,629	-0,507	0,510	0,641	-0,366	1,000

Для того чтобы можно было с уверенностью применять полученные точечные оценки коэффициентов корреляции, определим насколько эти оценки значимы.

При построении критериев значимости для  $\rho$  воспользуемся доверительными зонами. Для данного объема выборки получим  $100(1-\alpha)\%$ -процентный доверительный интервал, зависящий от значений  $R$  и  $n$ . Необходимо проверить гипотезу  $H_0: \rho = \rho_0$ , где  $\rho_0$  – значение из матрицы корреляции. Если  $\rho_0$  попадает в полученный интервал, гипотеза  $H_0$  принимается с уровнем значимости  $\alpha$ . В противном случае – отклоняется. Критерий значимости использует аппроксимацию, предложенную Фишером.

При заданном уровне значимости  $\alpha=0,05$ , объем выборки при расчете коэффициента корреляции для каждого симптома МС и осложнений беременности и родов одинаков и равен  $n=350$ , тогда критический уровень  $U_{1-\alpha/2}=1,96$ . Результаты расчетов для исходных величин, коэффициенты корреляции которых с зависимой величиной больше 0,3 и лежат в 95-процентных доверительных границах, представлены в табл. 3.

В табл. 3 выявлены клинические варианты МС, которые определенным образом влияют на течение беременности и исход родов для матери и плода при 5-процентном уровне значимости из всего числа исходных величин, остальные составляющие МС не влияют на течение беременности и родов для этого уровня значимости и из рассмотрения исключаются. Порядок в таблице соответствует порядку убывания величины коэффициента корреляции для каждого симптома МС. Далее воспользуемся этим списком, чтобы отобрать независимые переменные, наиболее значимо влияющие на течение беременности и родов и включить их в модель.

Таблица 3

Отобранные клинические варианты ДСТ для математической модели

Позиция	R	Z	$\sigma(Z)$	Min(E)	Max(E)	Min( $\rho$ )	Max( $\rho$ )
<b>AG</b>	0,629	0,310	0,030	0,369	0,250	0,353	0,245
<b>AO</b>	-0,507	-0,310	-0,030	-0,250	-0,369	-0,245	-0,353
<b>GI</b>	0,510	1,099	0,030	1,039	1,158	0,777	0,820

Для создания математических моделей объектов на основе наблюдений используется регрессионный анализ [3]. Эти модели представляют собой определенные математические соотношения между показателями обследуемого субъекта  $y$  и обуславливающими их величинами  $x_1, \dots, x_k$ . Нас интересуют методы экспериментального определения влияния переменных  $x_1, \dots, x_k$  на величину  $y$ :

$$y = f(x_1, \dots, x_k) + \xi .$$

$\xi$  – случайная величина, имеющая нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием. В этом случае детерминированная составляющая  $f(x_1, \dots, x_k)$  будет представлять собой условное математическое ожидание значения  $y$  при данных значениях факторов  $x_1, \dots, x_k$ :

$$f(x_1, \dots, x_k) = M(y/x_1, \dots, x_k) = \bar{y}(x_1, \dots, x_k) = \bar{y}(x) .$$

Здесь  $(x_1, \dots, x_k) = X$  представляет собой вектор значений входных переменных, который может рассматриваться как точка в  $k$ -мерном факторном пространстве переменных  $x_1, \dots, x_k$ .

Цель сводится к определению зависимости по данным проведенных исследований, которая представляет собой уравнение регрессии:

$$\bar{y}(x) = \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i + \beta_{i+1} x_{i+1} + \dots + \beta_k x_k = \sum_{i=0}^k \beta_i x_i \quad . \quad (1)$$

Задача регрессионного анализа заключается в экспериментальном определении коэффициентов регрессии  $\beta_i$  по реализациям входных переменных  $x_1, \dots, x_k$  и выходной переменной  $y$ .

При ограниченном числе обследованных невозможно осуществить точное определение коэффициентов регрессии  $\beta_i$  и приходится ограничиваться определением оценок  $\hat{\beta}_i = b_i$  этих коэффициентов. При этом вместо уравнения (1) получится уравнение регрессии вида

$$\hat{y} = \sum_{i=0}^m b_i x_i, \quad (2)$$

определяющее не математическое ожидание  $y(x)$ , а оценку математического ожидания  $\hat{y}(x)$ .

О правильности выбора степени полинома можно судить на основании F-критерия.

Результаты проведенных нами исследований показали, что на осложнения беременности и родов для матери и плода влияют следующие факторы: артериальная гипертензия, абдоминальное ожирение и гиперинсулинемия.

Процедуру построения линейного регрессионного уравнения для отклика COD начнем с отбора главных независимых переменных из полного набора переменных, описанного выше. Для реализации такого выбора существует несколько статистических методов, однако большинство авторов считают одним из лучших шаговый регрессионный метод [3]. Этот метод наиболее экономичен при обработке данных на ЭВМ, позволяет избежать манипуляций с большим числом переменных, чем это необходимо, хотя уравнение продолжает улучшаться с каждым шагом.

В соответствии с описанным методом подберем наилучший набор переменных в регрессии. Все расчеты производились с использованием интегрированной системы для комплексного статистического анализа и обработки данных STATISTICA [2].

Уровень значимости для критерия включения и критерия исключения  $\alpha=0,05$ . На основе коэффициентов корреляции, полученных ранее (табл. 3), между откликом COD и симптомами МС, в уравнение вводились поочередно все переменные. Набор: AG, АО, GI является окончательным для уравнения регрессии.

Модель примет вид:

$$\text{COD} = 1 + 4,39 \cdot \text{AG} - 3,13 \cdot \text{AO} + 4,67 \cdot \text{GI}$$

Правильность подобранной модели можно оценить численными характеристиками ( $R^2=0,8661$ ,  $F=1,506$ ,  $P<0,24534$ ). Коэффициент детерминации  $R^2$  показывает, что построенная регрессия высоко значима и объясняет более 86% разброса возможных осложнений беременности и родов около реальных.

Разработанный пакет программ математического прогнозирования вариантов МС позволит выявить прогностическую ценность клинических симптомов и синдромов, определяющих течение беременности и родов в каждом конкретном случае.

### Список литературы

1. Лазарева Н.В. Прогностические критерии оценки состояния беременной женщины и новорожденного / Лазарева Н.В., Минаев Ю.Л. – Вестник Российского университета дружбы народов. – М., Медицина, 2001. – № 4. – С. 547-553.
2. Боровиков В.П., Боровиков И.П. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – Москва, 1998. – 601с.
3. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: В 2 кн. Кн. 2. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 351с.
4. Крутова В.А. Возможности прогнозирования развития женского бесплодия / Крутова В.А., Ермошенко Б.Г., Чулкова А.М.. – Кубанский научный медицинский вестник. – 2009. – № 9. – С. 73-79.
5. Чиркова И.В. Алгоритм прогноза задержки развития плода и предупреждения перинатальной патологии при беременности, осложненной гестозом / Чиркова И.В., Севостьянова О.Ю., Якубович О.И. – Уральский медицинский журнал. – 2007. – № 2. – С. 17-20.

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### ДЕМОНСТРАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В ХИМИИ КАК СРЕДСТВО МОТИВАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАНЯТИЙ

И.Ю. Помогаева<sup>1</sup>, В.М. Помогаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МБОУ «СОШ №5»,

<sup>2</sup>Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
г. Новомосковск

Химия не является обязательным предметом ЕГЭ, поэтому интенсивно химию изучают, в основном, те учащиеся, которые планируют обучение в химических и медицинских ВУЗах. В связи с этим проблема мотивации учащихся школ на изучение химии – одна из острых проблем школы. Одним из направлений решения этой проблемы является химический эксперимент. Эксперимент позволяет заинтересовать учащихся, ближе ознакомить их не только с самими явлениями, но и с методами химии как науки. Вместе с тем проблема обеспечения химреактивами школьных лабораторий остается достаточно острой. Поэтому на первый план выходит использование компьютера, как средства обучения и демонстрации.

В настоящей работе рассматривается возможность использования компьютерных технологий при обучении и проведении химического эксперимента.

Все проводимые эксперименты в школьной лаборатории можно поделить на демонстрационные, которые проводятся в классе учителем, лаборантом, либо одним из учеников, и лабораторные, проводимые самими учениками.

Демонстрационные опыты по химии указаны в учебной программе. В том случае, если в лаборатории отсутствуют требуемые реактивы, либо если опыт опасен для его проведения в классе на первый план выходит применение компьютерных технологий. Особенно актуально применение компьютера при изучении явлений микромира, крупнотоннажных химических производств, моделирование химического эксперимента и химических реакций.

Компьютерное сопровождение уроков реализуется с помощью аппаратно-программных средств, включающих использование учителем интерактивной компьютерной графики в процессе изложения нового материала. Использование демонстрационных компьютерных программ позволяет повысить интерес учащихся, т.к. полученное на экране изображение – яркое и цветное легко запоминается учащимися, а учителю позволяет сэкономить время.

При этом одновременно с компьютерным экспериментом нужно проводить эксперимент и традиционными методами. Кроме того, обычная школьная доска может быть использована для дополнения компьютерного материала, записи реакций, комментирования виртуального опыта,

подтверждения формулами и экспериментом наиболее трудных моментов.

Применение демонстрационного компьютерного эксперимента в школе позволило в контрольной группе учащихся не менее чем на 0,15 балла увеличить успеваемость, на 30 % увеличилось количество учащихся и на дополнительных факультативных занятиях.

Еще один важный аспект применения компьютерных технологий при обучении химии возникает при подготовке иностранных граждан на подготовительном факультете и подготовительных курсах. Объем лабораторного практикума на подготовительном факультете составляет менее 10 % от общей нагрузки, подготовительный факультет, как правило, не имеет своей специализированной химической лаборатории. Кроме того, малый словарный запас обучающихся учащихся не позволяет преподавателю в полном объеме объяснить особенности проводимых экспериментов. Использование компьютерного сопровождения при проведении лабораторных работ позволяет помочь иностранному учащемуся при выполнении лабораторной работы, визуализировать учебную информацию с помощью наглядного представления на экране монитора процесса выполнения лабораторной работы.

Проводилось сравнение итогов выполнения лабораторных работ в группах с компьютерным обеспечением и без него (проверка лабораторных журналов, тестовый опрос учащихся). Результаты показали, что в контрольной группе, выполнявшей лабораторные работы с применением компьютерного сопровождения, учащиеся лучше понимают, что и как они делали, более полно описывают эксперимент, у них больше словарный запас.

Еще одно направление при изучении курса химии, где оправдано широкое применение компьютерного сопровождения - изучение производств химических продуктов. Современные компьютерные программы позволяют подробно и наглядно рассмотреть особенности многих химических производств. Использование программных средств в этом случае позволяет улучшить наглядность подачи материала за счет цвета, звука и движения, повышает интерес к химии, способствует усвоению материала.

Таким образом, применение компьютерных технологий при изучении химии в целом позволяет значительно повысить мотивацию учащихся к изучению химии, улучшить качество обучения и значительно повысить эффективность занятий.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА MATHCAD**

Е.О. Забенькина, И.В. Артамонова

Московский государственный технический университет «МАМИ»,  
г. Москва

В связи с изменением целей высшей школы существенно возрастает роль технологий обучения, ориентированных на развитие личности, её способности к научно-технической и инновационной деятельности. Переход на инновационную инженерную деятельность достигается за счёт, прежде всего, содержания, методов обучения и наукоемких технологий образования. Как показывает опыт ведущих отечественных и зарубежных вузов, в ряду приоритетных выделяются технологии обучения, базирующиеся на использовании персональных компьютеров, телекоммуникационных систем, программных продуктов для моделирования различных процессов. Преимущества информационной технологии заключаются в: возможности организации процесса познания, поддерживающего деятельностный подход к учебному процессу; индивидуализации учебного процесса; коренном изменении организации процесса познания путем смещения ее в сторону системного мышления; возможности построения открытой системы образования, обеспечивающей каждому индивиду собственную траекторию обучения и самообучения.

Выполнение профессиональных обязанностей кадрами инженерно—технического профиля в высокотехнологичных, наукоемких передовых отраслях промышленности в настоящее время невозможно без использования современных информационных технологий (ИТ). Подготовленный выпускник технического профиля должен уметь грамотно построить математическую модель задачи, выбрать оптимальный метод решения с учетом оценки рисков, суметь решить задачу с минимальными временными затратами и правильно интерпретировать результаты. При этом преимуществом на рынке труда будет обладать выпускник, владеющий навыками использования прикладных математических программ.

Одним из эффективных инструментов проведения научных исследований в области математического моделирования является современный многофункциональный интегрированный пакет MathCad, в котором представлены современные методы и алгоритмы решения задач. Они позволяют не только решать широкий класс задач (от простых арифметических вычислений до решения уравнений с частными производными; решения задач оптимизации; проверки статистических гипотез), но и изящно описывать свой вычислительный алгоритм решения задачи и оформлять результаты на современном уровне. Программа имеет хорошие графические средства,

позволяющие наглядно отображать результаты как на плоскости, так и в пространстве.

В современной научно-методической литературе достаточно подробно рассмотрены достоинства, области применения и технические возможности использования информационных систем в учебном процессе. Значительно в меньшей степени освещены в периодических изданиях вопросы теории и практики моделирования. В то же время влияние моделирования (как метода изучения реальных объектов на моделях той же или иной химической природы) на содержательную часть обучения неизмеримо выше. Это относится, прежде всего, к методам математического моделирования (аналоговому, компьютерному), которые в сочетании с современными техническими средствами дают возможность решать достаточно сложные научно-технические задачи с использованием строгих теоретических моделей.

В МГТУ «МАМИ» накоплен опыт использования математической системы MathCad при изучении различных разделов курса химии, например, таких как физико-химические основы процессов в металлургии. Сокращение и отсутствие стратегически важных месторождений оксидов и их соединений (железа, марганца, молибдена, меди, никеля, кобальта, хрома) широко используемых в металлургических процессах требуют разработки рациональных технологий переработки обедненных руд с целью извлечения необходимых соединений. Основой технологии служат реакции растворения и выщелачивания, заключающиеся в установлении природы лимитирующих стадий, что позволяет предложить новые эффективные технологии переработки сырья. Большинство технологических процессов получения соединений металлов из различного техногенного оксидного сырья в металлургии до сих пор не оптимизированы, т.к. не проводилось теоретическое и экспериментальное моделирование процессов растворения оксидов и солей металлов.

Так, например, в лабораторных условиях проводится исследование кинетики выщелачивания оксидов марганца различных степеней окисления в растворах серной кислоты из обедненных руд. Найдено, что уменьшение скорости растворения  $Mn_2O_3$ ,  $Mn_3O_4$  в серной кислоте происходит вследствие неполного растворения оксидов марганца, что связано с реакциями диспропорционирования:  $Mn_2O_{3,s} + 2H_{aq}^+ \Leftrightarrow Mn_{aq}^{2+} + MnO_{2,s} + H_2O$ .

С целью подавления реакций диспропорционирования изучено влияние щавелевой кислоты при различных концентрациях, рН и температурах. [1].

На рис.1 представлены экспериментальные кинетические кривые зависимости доли растворенного диоксида марганца ( $\alpha$ ) от времени ( $t$ ) при растворении в щавелевой кислоте различных концентраций с использованием редактора MathCad. Найдено, что оптимальное соотношение концентраций оксалат-ионов и ионов марганца при 80 °С составляет 1:10. С целью поиска оптимальных режимов выщелачивания оксидов марганца из техногенного сырья исследовано влияние рН. Математический редактор MathCad позволяет быстро и эффективно воспроизводить системный анализ кинетических кривых

( $\alpha-t$ ) с целью определения удельной скорости растворения ( $W$ ), что необходимо при создании рациональных технологий и их оптимизации.

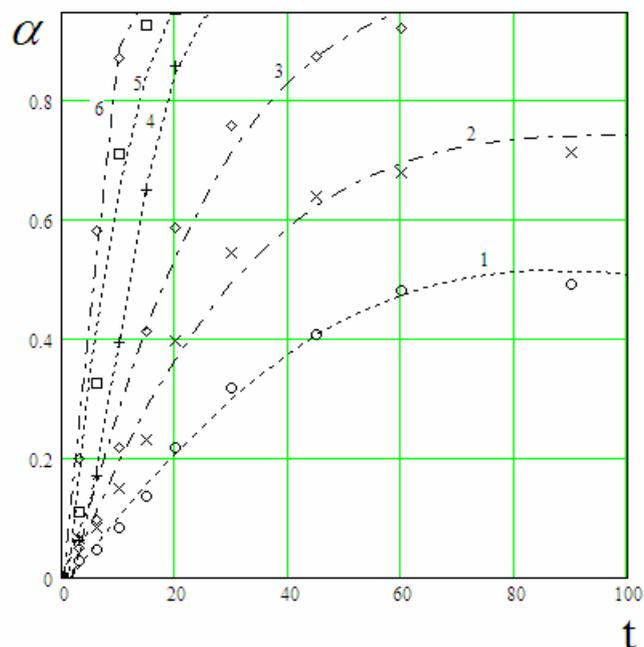


Рис. 1. Зависимость доли растворенного оксида ( $\alpha$ ) от времени ( $t$ , мин) при растворении диоксида марганца в щавелевой кислоте различных концентраций (моль/л): 1 – 0,005; 2 – 0,0075; 3 – 0,01; 4 – 0,02; 5 – 0,03; 6 – 0,04. ( $T=353\text{K}$ )

При изучении химии основным методом анализа химических процессов являются теория и химический эксперимент. При этом возможности теоретического решения задач, например, по разделу кинетики, как правило, ограничено громоздким решением последовательных уравнений, а реализация тонкого химического эксперимента обычно сопряжена с большими затратами на материальное оснащение современной лаборатории. По нашему мнению, применение моделирования в учебном процессе рационально, прежде всего, для совершенствования лабораторного химического практикума. При экспериментальном изучении закономерностей скорости растворения окисных пленок, являющихся вторичным продуктом отложений, образующихся на конструкционных материалах, приводящих к его быстрому износу, вследствие происходящих коррозионных разрушений, на существующем лабораторном оборудовании определяются, как правило, доля растворенного вещества при различных условиях эксперимента (температура, концентрация, рН среды, вводимые добавки различной природы), но не осуществима визуализация течения и изменения скоростных закономерностей, в зависимости от заданных параметров, с целью понимания физико-химической сущности происходящих явлений и возможности управления процессами. К примеру, выполняя лабораторную работу с использованием кинетического реактора, студенты имеют возможность визуально наблюдать изменение окраски растворяющейся навески вещества при непрерывном перемешивании раствора различными мешалками, с заданными оборотами вращений, для устранения возможных диффузионных затруднений во взвешенном состоянии частиц, получить

данные для определения скоростных характеристик процесса расчетным путем. Вместе с тем на имеющейся установке невозможны более детальное изучение структуры растворения, которое может проходить во всем объеме вещества или только по активным центрам растворения, учет зародышеобразования активных центров, распределение скоростей растворения в центрах зародышеобразования и, как следствие, получение данных для сопоставления результатов опыта с известными теоретическими положениями. Ярчайшим примером сложности растворения твердых тел, к которым принадлежат оксиды, является их представление фракталами. Это показывает интегрированную взаимосвязь с такой дисциплиной, как геометрия, которая необходима инженеру для развития пространственного воображения.

Поэтому, расширить и качественно улучшить содержательную часть лабораторных работ можно путем моделирования изучаемых физико-химических параметров кинетических процессов с использованием выше упомянутого программного продукта MathCad. Моделирование позволяет расширить диапазон изучаемых режимов и кинетических параметров, выполнить анализ по эффективности использования растворяющего агента, уяснить физико-химическую сущность наблюдаемых явлений и др. По своей сути рассматриваемое нововведение представляет собой сочетание известных способов изучения кинетических процессов (натурный эксперимент и математическое моделирование), которое дает качественно новый результат в обучении, способствуя развитию профессионально-творческой деятельности. В рамках такой модели обучения возможны постановка и реализация учебно-исследовательских задач, когда на фоне активизации познавательной деятельности студентов решается и важный дидактический принцип - получение новых инструментальных знаний о способах деятельности. Рассматриваемая технология обучения в большей степени соответствует целям высшего профессионального образования.

### **Список литературы**

1. Артамонова И.В., Горичев И.Г., Забенькина Е.О., Годунов Е.Б., Русакова С.М. Изучение кинетики растворения диоксида марганца в растворах лимонной и щавелевой кислот /Известия МГТУ «МАМИ». 2010г. Вып.(2).

2. Работа выполнена при поддержке государственных контрактов № П 205, №14.740.11.1095, 16.740.11.0679 Программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013годы» и аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы на 2011–2012 гг.» – контракты № 5.3., 5.6.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **ПОДСИСТЕМА ОПИСАНИЯ МОДЕЛЕЙ НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ СТЕНДОВ (ТРЕНАЖЕРОВ)**

О.Д. Андреева, В.Ю. Шапарев  
Уральский федеральный университет  
имени первого президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

Комплексные моделирующие стенды (КМС) ОАО РКК «Энергия» имени С.П. Королева предназначены для тренировок космонавтов и персонала центра управления полетом. КМС представляет собой натурно-математическую имитационную модель космического аппарата (изделия), на которой производится отработка методик управления и проверка правильности управляющей информации при проведении испытаний изделия [1]. Для реализации математических моделей непрерывных процессов (МНП) и системных модулей (СИСТ), включаемых в КМС, разработана инструментальная система [2], содержащая подсистему описания МНП.

Описание МНП осуществляется на языках высокого уровня. Подсистема описания МНП обеспечивает:

- описание блоков МНП и СИСТ в базе данных КМС;
- подготовку дополнительных таблиц, используемых для связи МНП с реальной аппаратурой, оперативного внесения исходных данных в блоки МНП и СИСТ и прозрачности реализации алгоритма блок-процесса;
- включение (компоновку) дополнительных таблиц в задачу;
- настройку и загрузку дополнительных таблиц;
- доступ МНП и СИСТ к глобальным переменным задачи и связь по данным.

Для обеспечения автоматизации компоновки программного обеспечения КМС и функционирования во время моделирования предусматривается описание структуры комплекса на стадии подготовки данных, в частности, описывается каждый блок-процесс, обеспечивающий конкретное моделирование [3]. Для блоков МНП и СИСТ, написанных на языках высокого уровня, указывается место расположения объектного кода.

Дополнительные таблицы для блоков МНП и СИСТ предоставляют удобные средства для индивидуальной характеристики каждого блока, позволяют заранее, еще на стадии разработки комплекса, в СУБД подготовить необходимые параметры для работы блока. Благодаря формализации работы с дополнительными таблицами, для их создания и использования не требуется написания нового программного обеспечения, кроме заведения дополнительной таблицы в базе данных и наличия блок-процесса, использующего ее. Предоставляется возможность автоматического описания

дополнительной таблицы, учитывающей специфику конкретного блок-процесса.

Описание дополнительных таблиц включает:

- имя дополнительной таблицы;
- тип таблицы, определяющий характер использования переменных в блоке, обрабатывающем таблицу: указывает запрос на построение списков set-, use-переменных или упорядоченных (соответствующих порядку этих переменных в дополнительной таблице) set-, use-переменных [3];
- количество полей таблицы, используемых для подготовки данных при компоновке задачи;
- для каждого поля его формат, количество форматов должно соответствовать вышеуказанному количеству полей;
- описание ссылки в очередь [3] для каждого параметра (переменной); описание может состоять из непосредственного операнда, порядкового номера параметра, данного, синтаксис которого определяется номером поля и формата этого данного, помещаемого в ссылку;
- описание дескриптора таблицы для моделирования (описание элементов дескриптора, определяемое номером поля для компоновки и указанием формата этого поля, определенного в дескрипторе).

Программным средством работы с глобальными переменными является Коммутатор данных (КД), входящий составной частью в управляющую систему КМС и представляющий собой большой набор функций. КД предоставляет блокам МНП и СИСТ возможность выбирать и записывать значения глобальных переменных, используя понятия set-, use-переменных по отношению к блоку [3].

Подсистема описания МНП разработана на базе Intel по заказу ОАО РКК “Энергия” и используется при разработке тренажеров транспортного корабля “Союз”, грузового корабля “Прогресс”, международной космической станции.

### Список литературы

1. Шукунов В.Е. Тренажерные системы / В.Е. Шукунов, Ю.А. Бакулов, В.Н. Григоренко. - М.: Машиностроение, 1981. – 254 с.
2. Андреева О.Д. Инструментальная система разработки моделей процессов для комплексных моделирующих стендов (тренажеров) / О.Д. Андреева // Доклады Пятой Всероссийской научно-технической конференции «Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности и экологии: сб. докл. V Всерос. науч.-технич. конф. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. - С. 9-11.
3. Андреева О.Д. Подсистема управления данными для комплексных моделирующих стендов (тренажеров) / О.Д. Андреева // Доклады Шестой Всероссийской научно-технической конференции «Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности и экологии»: сб. докл. VI Всерос. науч.-технич. конф. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. - С. 7-9.

## **ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МИКРОРАЙОНОВ КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРОГРЕССИВНОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ**

С.Н. Шульженко, Ю.Н. Пушилина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Развитие регионального строительства предполагает три основных направления застройки городских территорий:

- реконструкция и точечная застройка в стесненных условиях городской среды;
- прогрессивное развитие и расширение застройки на свободных территориях в виде микрорайонов и городов – спутников;
- формирование многофункциональных кластеров производственного назначения с обустройством инфраструктуры.

В наиболее общем случае инженерно – геологические изыскания должны включать выполнение шурфов с обследованием фундаментов и грунтов основания, уточнение размеров и глубины заложения фундаментов, бурения скважин с отбором образцов, статическое и динамическое зондирование, лабораторные исследования грунтов и материала фундаментов, обследование свай с определением длины сплошности и уточнением несущей способности. Виды работ, объем и полнота материалов инженерных изысканий оговорена СП 11-105-97 часть I, в частности п.п. 5.12, 7.17, разделом 9.

Традиционно методика и объем обследования оснований и фундаментов определяются в зависимости от вида сложности намечаемых работ (капитальный ремонт здания без увеличения нагрузки на основание; капитальный ремонт, либо реконструкция с увеличением нагрузки на основание; восстановление аварийно деформированных зданий с усилением либо без усиления системы “фундамент - основание”; строительство нового здания рядом с существующим), которые определяют геотехническую категорию объекта.

Размеры зоны обследования застройки, окружающей объект реконструкции или нового строительства, определяются размерами зоны влияния строящегося или реконструируемого объекта. Обследованию подлежат все здания и сооружения, которые согласно расчетной оценки могут получить какую – либо дополнительную деформацию от статических, динамических или иных техногенных факторов, связанных с реконструкцией или новым строительством. В первом приближении радиус зоны обследования может быть ограничен глубиной сжимаемой толщи грунтов под новыми фундаментами. При определении объемов работ, назначении методов и порядка обследования руководствуются ВСН 57-88, СП 13-102-2003.

Обследование конструкций зданий и сооружений включает;

- анализ проектной и архивной документации;

- составление обмерных чертежей;
- визуальное освидетельствование состояния объекта с фиксацией трещин, их размера и характера, составление дефектной ведомости;
- инструментальное обследование конструкций с определением прочностных характеристик материалов, поверочные расчеты;
- оценку технического состояния конструкций и сравнение с требованиями нормативных документов;
- фотофиксационные материалы, а также выводы и предложения по обеспечению дальнейшей безопасной эксплуатации сооружения и др.

Инженерные изыскания и обследования должны обеспечить достаточную информацию для проведения поверочных расчетов. Расчетные характеристики материала конструкций принимают по результатам испытаний, размеры – по обмерочным чертежам с учетом степени повреждения. Характеристики грунтов основания принимают уточненными по результатам дополнительных изысканий.

На практике этому этапу работ уделяется минимум внимания и это притом, что обследование грунтов и конструкций существующих зданий и сооружений, попадающих в зону риска, является определяющим критерием для принятия эффективного и безопасного для окружающей застройки проектного решения. В большинстве своем материалы обследования дают представление о техническом состоянии здания только на основании визуального освидетельствования, причем нередко путем осмотра только наиболее доступных конструкций здания. В некоторых случаях обходятся без вскрытия и установления размеров и технического состояния фундаментов эксплуатируемых зданий, аргументируя это наличием ранее разработанной документации. Безусловно, такой подход влечет за собой принятие ошибочных решений.

Геотехническое обоснование проекта предназначено для выбора оптимального варианта проектного решения, обеспечивающего надежность объекта реконструкции или нового строительства и сохранность окружающей застройки.

Прежде всего, проектное решение и технология его реализации на практике должны обеспечивать сохранность окружающей застройки и не оказывать негативного влияния на окружающую среду, включая геологическую и гидрогеологическую ситуации.

Это может быть достигнуто двумя путями:

1. Применением конструктивных решений и щадящих технологий, не влияющих на окружающую застройку;
2. Выполнением мероприятий по превентивной защите окружающей застройки, адекватных предполагаемым воздействиям.

Конструктивное решение и технология выполнения строительных работ должны удовлетворять следующему критерию: сумма дополнительных осадок соседнего здания, вызванных различными строительными воздействиями, не должна превышать предельного значения, определяемого совместным расчетом здания и основания.

Удовлетворение условия является гарантией безопасного строительства и реконструкции, поскольку этот критерий распространяется на весь спектр возможных воздействий на здание и грунты в его основании. Он в «свернутом виде» содержит всю структуру геотехнического сопровождения строительства.

Сооружения	Категория сооружений по состоянию	Предельные допустимые деформации оснований фундаментов		
		Осадка, см.	Относительная разность осадок	Крен
Производственные и гражданские здания с полным каркасом	I	2,5	0,004	-
	II	1,5	0,003	-
	III	1,0	0,0007	-
Здания и сооружения, в которых не возникают усилия от неравномерных осадок	I	1,5	0,0016	0,0040
	II	1,0	0,0010	0,0020
	III	0,5	0,0004	0,0010
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами	I	2,0	0,0030	0,0040
	II	1,0	0,00070	0,0010
	III	0,5	0,0003	0,0005
Высокие жесткие сооружения и дымовые трубы	I	2,5	0,0035	0,0040
	II	1,5	0,0020	0,0020
	III	1,0	0,0008	0,0010

Анализ ситуаций при ведении работ нулевого цикла в условиях городской застройки, свидетельствует о наличии некоторого разрыва между проектом и его практической реализацией. Сущность этого разрыва состоит в том, что проект не содержит обоснованных детальных требований к производству работ, а проект производства работ не всегда детально проработан или вообще отсутствует. Проектировщик в лучшем случае ограничивается самыми общими указаниями по ведению строительных работ, а подрядчик, как правило, не в состоянии обосновать и осуществить применяемые технологии, обеспечив при этом одновременно безопасность для окружающей застройки. Иными словами, ни проектировщик, ни подрядчик не уделяют должного внимания составлению технологического регламента, содержащего детальные указания и требования к геотехнологиям.

Достаточно ярким примером тому является строительство гостиницы по ул. Советской в г. Туле, вплотную примыкающей к трехэтажному дому

(бывший Тульский пряник). В результате ведения строительных работ был вырыт котлован под проектируемое здание, выполнены шпунтовые стенки, отделяющие новое здание от существующих. По непонятным причинам в преддверии осеннее – зимнего периода работы нулевого цикла были приостановлены, консервация объекта не производилась, вертикальная планировка, обеспечивающая отвод поверхностных вод от существующих зданий, была нарушена и не восстановлена. Открытый котлован стал “сборником” атмосферных осадков, происходило замачивание грунтов оснований фундаментов существующих зданий и это при всем том, что в основании домов, уже имеющих неравномерные деформации залегают просадочные грунты и пылеватые водонасыщенные пески. Выпадение обильных атмосферных осадков спровоцировало разрушение подпорной стенки, выполненной из бетонных блоков, предназначение которой должно обеспечить устойчивость грунтового массива, обеспечивающего пригруз фундаментов существующего здания. Отсутствие обоснованного проекта производства работ и его реализации, учитывающего время года, грунтовые и другие условия площадки строительства, а также геотехнические аспекты уплотняющейся городской застройки, привело к созданию опасной ситуации для окружающих строений. К сожалению, подобные ситуации не редкость для строительной практики.

*Статья подготовлена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (№ 14.Z56.14.1983-МК) на 2014-15 гг.*

### **Список литературы**

1. Гражданский кодекс РФ. М.: Омега-Л, 2011. - 478 с.
2. Инвестиции в экономику России. Отчет Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат). М., 2010.
3. О гарантиях собственникам объектов недвижимости в приобретении в собственность земельных участков под этими объектами. Указ президента РФ от 15.05.97 г., №486.
4. О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним. Федеральный Закон от 21.07.97 г., №122 в ред. Федеральных законов
5. Краткая методика оценки основных средств ОАО "ГАЗПРОМ". Приложение к письму от 30 декабря 2005 года №01/1600/3-2842.
6. Постановление Правительства Российской Федерации О переоценке основных фондов от 25.11.95 г. №1448.
7. Ройтман А.Г. Предупреждение аварий жилых зданий / Ройтман Альфредо Герцевич. - М.: Стройиздат, 1990. - 240с.

## **ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА УЧАСТКЕ МОРДВЕС-ВЕНЕВ**

Е.Н. Поданева, Е.Е. Леонтьева, О.Н. Гринюк, П.В. Батов  
Узловский железнодорожный техникум – филиал МИИТ,  
г. Узловая

В настоящее время на железных дорогах ОАО «РЖД» быстрыми темпами идет внедрение современных средств автоматики и телемеханики, изготовленных на современной электронной и микропроцессорной базе. Принимаются меры с целью повышения скорости движения грузовых и пассажирских поездов, совершенствования конструкций пути, подвижного состава. Создаются автоматизированные рабочие места (АРМ) персонала на различных уровнях управления.

Одним из средств, повышающих качество эксплуатации систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, является Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (АПК-ДК). Сегодня АПК-ДК повсеместно внедряется на всех железных дорогах ОАО «РЖД». Актуальными направлениями развития системы АПК-ДК являются: расширение функциональных возможностей системы и автоматизация технического обслуживания устройств автоматики.

Диспетчерский контроль движения поездов позволяет диспетчеру видеть в каждый момент времени местонахождение всех поездов и состояние входных, выходных светофоров на станциях в пределах диспетчерского круга. Эта информация дает возможность оперативно руководить движением поездов, принимать своевременные меры по выполнению установленного графика. Особое значение приобретает диспетчерский контроль на участках с интенсивным движением тяжеловесных составов и скоростных поездов.

АПК-ДК предназначен для централизованного контроля и мониторинга состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, диагностирования их технического состояния, а также организации управления движением поездов в пределах диспетчерского круга. АПК-ДК позволяет осуществлять сбор, обработку, хранение и отображение информации о состоянии объектов контроля в реальном масштабе времени, являясь базой для создания дорожных центров диагностики и мониторинга.

Комплекс образует вычислительную сеть, обеспечивающую оперативной информацией технический и диспетчерский персонал управления дороги и линейных предприятий.



Рис.1. Мониторинг состояния устройств

При построении комплексной системы мониторинга железнодорожной автоматики и телемеханики АПК-ДК на участке дороги Мордовес – Венов Узловской дистанции (рисунок 1) были применены следующие принципы:

- центральный пост соединен со станциями участка и перегонными сигнальными точками одной физической цепью. При большом удалении от центрального поста (ЦП) от участка возможно использование каналов теории управления до ближайшей станции;
- применяется циклический опрос состояния объектов контроля;
- сбор информации на станции с сигнальных точек перегонов проводится с частотным разделением двоичных сообщений;
- передача информации со станций на ЦП происходит с временным разделением одноименных сообщений разных станций и частотным разделением станций;
- наличие третьего (среднего) уровня организации системы.

В аппаратно-программном комплексе диспетчерского контроля АПК-ДК используются типовые общепромышленные устройства, разработанные и изготавливаемые специализированными фирмами. Сюда можно отнести контроллеры, каналообразующую аппаратуру, промышленные компьютеры и другие. Широкая номенклатура указанных устройств позволяет выбрать для применения в АПК-ДК наиболее надёжные, отобранные и весьма качественно изготовленные аппаратные средства. В результате существенно упрощается проектирование и обслуживание комплекса в целом и достигается его высокая надёжность.

Внедрение системы комплексного мониторинга позволило повысить производительность и эффективность труда диспетчера и оперативного персонала дистанции сигнализации, а также аппарата управления движением на уровне диспетчерских кругов и региональных центров управления.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ СМС ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА**

Е.Т. Сахарова, Ю.В. Папина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск

Аннотация: В статье описано создание инновационного концепта SMS - Smart Messages Systems, который включает в себя технологии, позволяющие справиться с маленькими жизненными трудностями всего лишь одним СМС сообщением. Стартовой разработкой в рамках данного концепта является контейнер для еды, оснащенный специальной системой подогрева пищи, позволяющий Вам наслаждаться вкусной и горячей пищей в ритме современной жизни. Для удобства и мобильности система подогрева запускается посредством одного СМС сообщения. Контейнер также дает обратную связь в виде сообщения о температуре разогрева пищи и пожеланий «Приятного аппетита!».

Ключевые слова: инновация, внедрение, инновационные функции, технология, питание, дизайн, инновационный продукт.

Технический прогресс принес с собой не только научные открытия во всех областях нашей жизни, но и, буквально, стер расстояние между человеком и его желанием. Современный транспорт помогает нам оказаться в любом уголке планеты, телевидение открывает возможность путешествовать не выходя из дома, телефон соединяет людей в любых уголках планеты. Представить сегодня свою жизнь без мобильных коммуникаций уже невозможно, на них строится весь современный мир. Одно СМС, одно нажатие на кнопку, заменяет сто человеческих движений и заставляет целый мир крутиться так, как это удобно именно вам.

Основным двигателем технического прогресса на сегодняшний день является молодежь (в большинстве своем студенты и молодые ученые), с ее новаторскими идеями и инновационными подходами. Однако, и молодым генераторам идей нужна энергия, поступающая в организм из пищи. И, к сожалению, система питания студентов при такой интенсивном образе жизни – проблема многих институтов, в том числе и Томского Политехнического Университета. И дело не только в цене - зачастую не хватает времени на обед из-за маленьких перерывов между парами и больших очередей в столовых.

Даже если студент берет еду с собой, она успевает довольно быстро остыть, что также не приносит удовлетворения.

Для решения этой проблемы наша творческая группа выдвинула несколько идей. Первая идея заключается в создании универсальной базы близлежащих к корпусам вузов кафе и столовых. Любой человек, зарегистрированный в этой базе, сможет отправлять заказ на питание (даже во время пары, посредством СМС) в то или иное кафе (столовую) заблаговременно (чтобы учесть время приготовления блюда) и, спустя 15-20 минут, горячий обед уже будет его ждать. Создание подобной системы значительно уменьшит размер очередей в кафе (столовых) во время перерыва между парами и упростит жизнь студентам и деловым людям. Однако для обладателей личного автотранспорта, вторая идея нашей творческой группы подойдет больше. Она заключается в создании контейнера для еды, оснащенного системой подогрева пищи с автотаймером, позволяющего в удобное для Вас время подогревать пищу. Казалось бы, такое устройство, как мобильный контейнер, должно стоить дорого, но нашей задачей было создать такое устройство, который бы мог позволить себе каждый студент.

Принцип действия контейнера для подогрева пищи основан на эффекте теплопроводности - переносе энергии, который происходит от более нагретых частей тела к менее нагретым и приводит к равномерности температуры всего тела.<sup>[1]</sup>

- В качестве нагревательного элемента в контейнере используется пластины с большим удельным сопротивлением, которые при пропускании тока через них нагреваются. Такими пластинами занята большая часть внутренней площади контейнера для максимально возможного контакта с нагреваемым продуктом.

- В качестве питания в схеме используется гальванический элемент аккумуляторного типа, что позволяет сделать данное устройство полностью автономным.<sup>[2]</sup>

- Управление контейнером используется дистанционное. В контейнере находится GSM модуль, на который возможно подать команду в виде СМС сообщения, с любого сотового телефона для активации процесса нагрева. GSM модуль передаёт команду на ключ управления, который в свою очередь и подает питание на цепь нагрева.<sup>[3]</sup>

Рассмотрим подробнее принцип работы SMS – контейнера:

Шаг 1. Включить кнопку питания. При этом индикаторная лампочка на контейнере загорится красным светом.

Шаг 2. Дождаться момента, когда GSM модуль поймает сеть – индикаторная лампочка загорится зеленым светом (Рис. 1)



Рис. 1. Процесс включения контейнера

Шаг 3. Отправить СМС сообщение контейнеру со специальным кодом.  
(Рис. 2) Каждому контейнеру присвоен собственный номер.

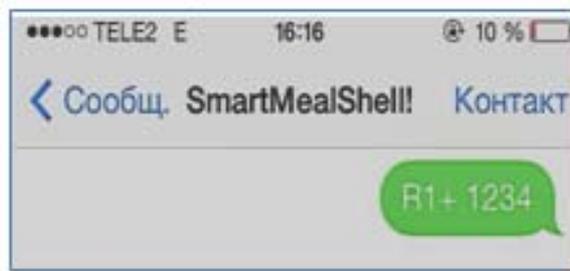


Рис. 2. СМС сообщение для активации процесса нагрева

После того, как СМС сообщение отправлено, активируется процесс подогрева пищи. В любой момент времени вы можете проверить температуру пищи в контейнере. Для этого нужно отправить СМС со специальным кодом (о запросе температуры) и вы ответном сообщении вам придет информация о температуре внутри контейнера. (Рис.3)



Рис. 3. СМС сообщение о запросе температуры

Длительность процесса нагревания продуктов в контейнере ограничена таймером. Время работы таймера программируется на компьютере заранее и при желании может быть изменено. Изначально электронный таймер запрограммирован 540 секунд с момента подачи на него питания. По истечении рабочего времени, в таймере срабатывает программа, и он выступает в роли

ключа, размыкая цепь. Однако, выключить контейнер можно и до истечения времени, заданного таймером, отправив ему еще одно СМС со специальным кодом (Рис. 4)



Рис. 4. Преждевременное отключение контейнера

Идея СМС - технологий может завоевать популярность не только у студентов, но и у людей, ведущих активный образ жизни, туристов, спортсменов, бизнесменов.<sup>[4]</sup> В планах нашей команды также усовершенствование продукта путем включения в него новых функций и опций, т.е. создание универсального продукта для современного человека. Также СМС – технологии могут найти широкое применение в сельскохозяйственной отрасли, например, дистанционная проверка температуры в помещениях, предназначенных, для зимовки скота и включение обогрева помещений посредством СМС.<sup>[5]</sup>

Воплощение в жизнь данных идей позволит множеству людей открыть для себя мир правильного питания, принимать качественную пищу в теплом виде, не смотря на ограничивающие факторы, которые диктует время.

### Список литературы

1. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – Эко-Трендз, 2005. – 517 с.
2. Брякин Л.А. Основы схемотехники цифровых устройств. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2005. – 215 с.
3. Карслоу Г.С. Теория теплопроводности. – ОГИЗ, 1947. – 183 с.
4. Гамидов Г.С. Инновационная экономика - стратегическое направление развития России в XXI веке / Г.С. Гамидов, Т.А. Исмаилов // Инновации. - 2003. - № 1.
5. Robertson T.S. The New Product Diffusion Process // American Marketing Association Proceedings – ed. Marvin B.A. American Marketing Association, Chicago, June 1969. P. SI. Rogers M. Diffusion of Innovations. – Free Press, New York, 1983.

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### РЕЖИМ ТРУБЧАТОГО ТУРБУЛЕНТНОГО АППАРАТА ПРИ ОТМЫВКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

В.П. Захаров, Т.Г. Умергалин, Б.Е. Мурзабеков, Ф.Б. Шевляков  
Башкирский государственный университет,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа  
АО «Морская нефтяная компания «КазМунайТениз», Респ. Казахстан,  
г. Актау

Предварительная отмывка газового конденсата пресной водой позволяет снизить солеотложение на технологическом оборудовании, обеспечить требования к товарной продукции. В работе [1] показана возможность эффективного обессоливания нестабильного газового конденсата с небольшим количеством пресной воды (0,5-2 % объемн.) в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорной конструкции, позволяющем снизить общее содержание солей с  $97 \text{ г/м}^3$  до  $15\text{-}20 \text{ г/м}^3$ . Очевидно, что эффективность водной экстракции солей определяется возможностью получения мелкодисперсной системы газоконденсат-вода с высокой удельной поверхностью раздела фаз. Ввиду того, что в трубчатых турбулентных аппаратах эффективное перемешивание достигается исключительно за счет энергии движения высокоскоростного потока через систему местных сопротивлений, то ограничивающим фактором по качеству получаемых дисперсных систем является перепад давления на концах аппарата.

Проведено изучение гидродинамического режима работы трубчатого турбулентного аппарата диффузор-конфузорной конструкции применительно к процессу отмывки газового конденсата водой, в частности, экспериментальное изучение закономерностей диспергирования двухфазного потока и оценка гидравлического перепада давления.

Экспериментальное изучение закономерностей образования эмульсий в потоке газоконденсат-вода проводили в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорной конструкции (длина диффузор-конфузорной секции  $L_c = 0,048 \text{ м}$ , диаметр диффузора  $d_d = 0,024 \text{ м}$ , диаметр конфузора  $d_k = 0,012 \text{ м}$ , число диффузор-конфузорных секций равно 4, угол раскрытия диффузора  $\gamma = 45$  град.). Эксперименты проводили при температуре  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ , газовый конденсат плотностью  $0,76 \text{ г/см}^3$ . При фиксированном соотношении вода/газоконденсат = 1/100 изменяли объемный расход двухфазного потока в интервале  $100\text{-}260 \text{ см}^3/\text{с}$ .

Частотные кривые распределения капель дисперсной фазы по размерам получали методом видеосъемки при интенсивном проходящем освещении с использованием цифровой фотокамеры. Покадровый просмотр компьютерного изображения движущихся дисперсных систем позволил вычислить истинный

размер капель (площадь проекции сферической капли). Подсчет капель проводили в интервале диаметров (мм): 0-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8; 0,8-1,0; 1,0-1,5; 1,5-2; свыше 2. Для оценки ошибки результатов эксперимента выбирали 8 изображений отдельного участка потока. Среднее значение ошибки измерений составило  $\pm 7\%$ .

Исследования показали, что при увеличении объемного расхода двухфазного потока газоконденсат-вода происходит снижение размера дисперсных частиц по экспоненциальной зависимости. Наблюдается последовательное уменьшение диаметра капель дисперсной фазы при переходе от секции к секции.

Важным фактором, влияющим на удельную поверхность раздела фаз, является деформация поверхности капель, которая в общем случае обусловлена динамическим напором под воздействием турбулентных пульсаций со стороны дисперсионной среды. Теоретически оценить минимальный размер капли  $d_{кр}$ , подвергающейся деформации при течении в турбулентном режиме, можно из соотношения, характеризующего устойчивость границы раздела фаз:

$$\frac{2\sigma}{d_{кр}} = \frac{\rho_1 (v')^2}{2} .$$

Здесь:  $\sigma$  - межфазное натяжение;  $v'$  - пульсационная скорость масштаба элемента, определяемая в соответствии с «законом двух третей» Колмагорова-Обухова:

$$v' = (\varepsilon d_2)^{1/3} .$$

Пульсации меньшего масштаба обладают меньшей энергией и не способны деформировать частицы дисперсной фазы. Пульсации большего масштаба увлекают элементы дисперсной фазы без деформации их поверхности.

В результате обработки результатов численного эксперимента получена зависимость минимального значения среднего диаметра капель дисперсной фазы, которые подвержены деформации за счет гидродинамического воздействия со стороны сплошной среды [2]:

$$d_{кр} = 0,099 \cdot \left( \frac{\sigma}{\rho_1} \right)^{0,6} \cdot \varepsilon^{-0,4} .$$

Величину  $d_{кр}$  можно принять в качестве диаметра образующихся дисперсных частиц в турбулентном потоке.

Увеличение скорости потока газового конденсата сокращает время контактирования фаз, но увеличивает уровень турбулентности, при этом размеры капель дисперсной фазы и, соответственно, поверхность раздела фаз, снижаются экспоненциально.

Расчет показал, что переход от аппарата цилиндрической ( $d_d/d_k=1$ ) к диффузор-конфузорной ( $d_d/d_k=3$ ) конструкции (рост глубины профилирования канала) увеличивает скорость движения двухфазного потока и в большей степени переносит импульс в диффузор. Диспергирование капель воды в объеме газового конденсата происходит по всей длине аппарата и позволяет увеличить поверхность контакта фаз более чем на 60 %. Увеличение поверхности раздела фаз положительно сказывается на эффективности обессоливания газового конденсата.

Верхним пределом по объемному расходу двухфазного потока будет величина перепада давления на концах аппарата, определяемого техническими возможностями насосного оборудования, используемого для перекачивания жидкости. Диспергирование в системе газоконденсат–вода необходимо проводить при малых перепадах давления, что напрямую связано с затратами энергии для обеспечения требуемой производительности установки.

Экспериментальные исследования показали, что аппарат цилиндрической конструкции характеризуется тем, что величины гидростатического давления в начале и на его конце практически одинаковы. В этом случае наблюдается сравнительно малый перепад давления на концах аппарата, который в условиях эксперимента не превышает 0,03 атм.

В аппарате диффузор-конфузорной конструкции наблюдается значительное возрастание давления в начале аппарата, что определяет высокие значения перепада давления ( $\Delta P$  достигает порядка 1 атм). Изменение давления в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорной конструкции от объемного расхода двухфазного потока описывается зависимостями ( $R=0,99$ ):

$$\Delta P \approx p_n = 1 \cdot 10^{-5} w^{2,35},$$

$$P_k = 2 \cdot 10^{-10} w^{3,86}.$$

С целью оптимизации геометрии зоны смешения применительно к водной отмывке газового конденсата предложена формула для расчета перепада давления в трубчатом турбулентном аппарата диффузор-конфузорной конструкции. Для этого, перепад давления в отдельной диффузор-конфузорной секции представлен суммой перепадов давлений в расширении (диффузоре), гладкой трубе, и сужении (конфузоре):

$$\Delta P = \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} + \Delta P_{3-4}$$

Для расчета перепада давления на отдельных участках аппарата при турбулентном движении двухфазного потока использован метод, изложенный в работе [3].

Для диффузора при  $\gamma \leq 45^\circ$ :

$$\Delta P_{1-2} = 2,6 \sin(\gamma/2) \cdot (\rho_1 \cdot V_K^2 / 2) \cdot (1 - S_K / S_D),$$

где  $S_K, S_D$  – площадь поперечного сечения конфузора и диффузора.

Для гладкого участка трубы:

$$\Delta P_{2-3} = \frac{\lambda \cdot L \cdot \rho_1 \cdot V_D^2}{2 \cdot d_D \cdot g},$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения при турбулентном течении двухфазного потока,  $L$  – длина цилиндрического участка,  $g$  – ускорение свободного падения

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

где  $Re$  – критерий Рейнольдса.

Для конфузора при  $\gamma \leq 45^\circ$ :

$$\Delta P_{3-4} = 0,0049 \cdot \mu \cdot Re^{\frac{3}{4}} \cdot \left( \frac{8 \cdot V_K}{d_K} \right) \left( \frac{1}{6 \cdot \tan(\gamma/2)} \right) \left[ 1 - \left( \frac{d_K}{d_D} \right)^3 \right]$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость потока.

Сопоставление расчетных данных, полученных применительно к модельной системе, коррелирует с экспериментальными данными для перепада давления в аппарате:  $\Delta P_{\text{эксп}} = 0,955$  атм,  $\Delta P_{\text{расчет}} = 1,062$  атм.

Применительно к процессу отмывки газового конденсата водой, реализуемого в цеху подготовки газа и газового конденсата на месторождении Боранколь (АО «Морская Нефтяная Компания «КазМунайТениз», Казахстан), проведен расчет оптимальной конструкции трубчатого турбулентного аппарата, обеспечивающего перепад давления  $\Delta P \approx 0,223$  атм:  $d_K = 0,06$  м,  $d_D = 0,12$  м, длина диффузор-конфузорной секции 0,3 м, число диффузор-конфузорных секций 6, угол раскрытия диффузора 45 град, общая длина аппарата 1,8 м. Использование аппарата диффузор-конфузорной конструкции обеспечит производительность процесса по общему расходу двухфазного потока около 100 м<sup>3</sup>/час. Расчетный диаметр частиц дисперсной фазы (воды) в этом случае

составит около 0,8 мм, что обеспечит формирование дисперсной системы с развитой поверхностью раздела фаз и высокую скорость отмывки газового конденсата от солей.

Таким образом, выполнено экспериментальное изучение закономерностей диспергирования двухфазного потока и перепада давления в трубчатых турбулентных аппаратах цилиндрической и диффузор-конфузорной конструкции применительно к процессу водной отмывки газового конденсата от солей. Предложена геометрия трубчатого турбулентного аппарата диффузор-конфузорной конструкции для отмывки газового конденсата водой в цеху подготовки газа и газового конденсата на месторождении Боранколь.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-4973.2014.8, РФФИ (проект 14-03-97027).*

### Список литературы

1. Мурзабеков Б.Е. Отмывка газового конденсата от солей в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорной конструкции / Мурзабеков Б.Е., Шевляков Ф.Б., Умергалин Т.Г., Захаров В.П. // Вестник Башкирского университета. - 2012. - Т. 17, № 1. - С. 36-38.

2. Тахавутдинов Р.Г. Интенсификация диспергирования в трубчатых турбулентных аппаратах при производстве синтетических каучуков/ Тахавутдинов Р.Г., Дьяконов Г.С., Мухаметзянова А.Г., Захаров В.П., Минскер К.С. // Химическая промышленность. - 2002, № 1. - С. 22-27.

3. Каеем Д.Х. Извлечение высококипящих компонентов из попутного нефтяного газа Южного Ирака: Дис. ... канд.техн.наук. - Уфа: УГНТУ, 2009. - 100 с.

## НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ЦИНК-КОБАЛЬТ НА СТАЛЬ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Е.В. Ченцова, А.С. Сидоров, Н.Е. Попова

Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Гагарина Ю.А.»,  
г. Энгельс

Современные требования промышленности к снижению толщины и повышению коррозионной стойкости гальванических покрытий являются причиной разработки новых режимов нанесения защитно-декоративных покрытий на основе цинка. В работе исследовано влияние параметров импульсного режима электролиза (величины катодного тока, соотношения длительности периода импульса тока и паузы) на формирование покрытия цинк-кобальт на стали Ст 45 в сульфатном растворе с содержанием  $ZnSO_4$  0,21 моль/л,  $CoSO_4$  0,13 моль/л. Величина тока осаждения варьировалась в

диапазоне значений  $5 \dots 80 \text{ mA/cm}^2$ , длительность импульса тока  $\tau_{\text{имп}} = 1 \text{ с}$ , пауза тока  $\tau_{\text{п}} = 1 \text{ с}$ .

Количественный рентгено-флуоресцентный анализ химического состава образцов показал, что при повышении тока осаждения увеличивается содержание кобальта в осадке цинк-кобальт от 6,9 до 10,8 %. Также отмечено аномальное повышение выхода по току от 98 до 126 %, что можно объяснить включением в покрытие частиц гидроксидов металлов. Микроструктурные исследования показывают, что при увеличении тока осаждения повышается неравномерность полученных образцов покрытий цинк-кобальт на стали и снижается их коррозионная стойкость в 3 %-ном растворе NaCl, что можно объяснить повышением пористости осадков Zn-Co, вызванной увеличением интенсивности выделения водорода.

Влияние соотношения длительности  $\tau_{\text{имп}}$  и  $\tau_{\text{п}}$  на формирование осадка цинк-кобальт было исследовано при токах осаждения 20 и  $80 \text{ mA/cm}^2$ , длительность  $\tau_{\text{имп}}$  составляла  $0,2 \dots 1,0 \text{ с}$ ,  $\tau_{\text{п}}$   $0,2 \dots 3 \text{ с}$ . Наиболее равномерные покрытия формируются при коротких импульсах тока 0,2 с. При наложении этого режима электролиза отмечено максимальное включение частиц приэлектродного слоя раствора (гидроксидов металлов) в осадок цинк-кобальт (выход по току  $\sim 200 \%$ ). Максимальное количество кобальта 4,1 % и 10,8 % включается в покрытие при длительности  $\tau_{\text{имп}} = 1 \text{ с}$ ,  $\tau_{\text{п}} = 1 \text{ с}$  при токе осаждения 20 и  $80 \text{ mA/cm}^2$ , соответственно.

### Список литературы

1. Yogesha S. Corrosion resistant Zn-Co alloy coatings deposited using saw-tooth current pulse / S. Yogesha, A.C. Hegde // *Bulletin of Materials Science*. 2011. V.34, № 7. P. 1699-1706.
2. Bhat R.S. Electrodeposition of cyclic multilayer Zn-Co films using square current pulses and investigations on their corrosion behaviors / R.S. Bhat, A.C. Hegde // *Journal of minerals and materials characterization and engineering*. 2012. № 11. P. 896-903.

## РАССЕИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ХРОМОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И РАВНОМЕРНОСТЬ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ

И.В. Петроченкова, В.М. Помогаев  
Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
г. Новомосковск

Существующие методы исследования равномерности, позволяющие оценивать равномерность покрытий, базируются на стандартных значениях рассеивающей способности (РС) и только в области их положительных значений. Отсутствие методики оценки равномерности в области отрицательных значений РС затрудняет направленный выбор электролитов хромирования и режимов электролиза для получения хромовых покрытий с

заданными свойствами.

Целью настоящей работы является анализ связи между равномерностью покрытий и рассеивающей способностью электролитов как в области положительных, так и в области отрицательных значений рассеивающей способности и разработка метода оценки равномерности хромовых покрытий.

Были проведены расчеты, позволяющие найти связь равномерности распределения металла и рассеивающей способности электролитов хромирования в области отрицательных значений РС по металлу. Рассчитанные значения рассеивающей способности по металлу и распределения металла наносили на номограмму, которая отражает связь равномерности распределения тока и металла и рассеивающей способности электролитов по току и металлу во всем диапазоне рассеивающей способности электролитов. Полученная номограмма (рис.1) была рассчитана для щелевой ячейке Молера с различными параметрами (длина катода  $l=100$  мм,  $h$  – расстояние от щели до ближайшей точки катода), но может быть использована и для ячеек, имеющих определяющие геометрические параметры близкие к стандартной.

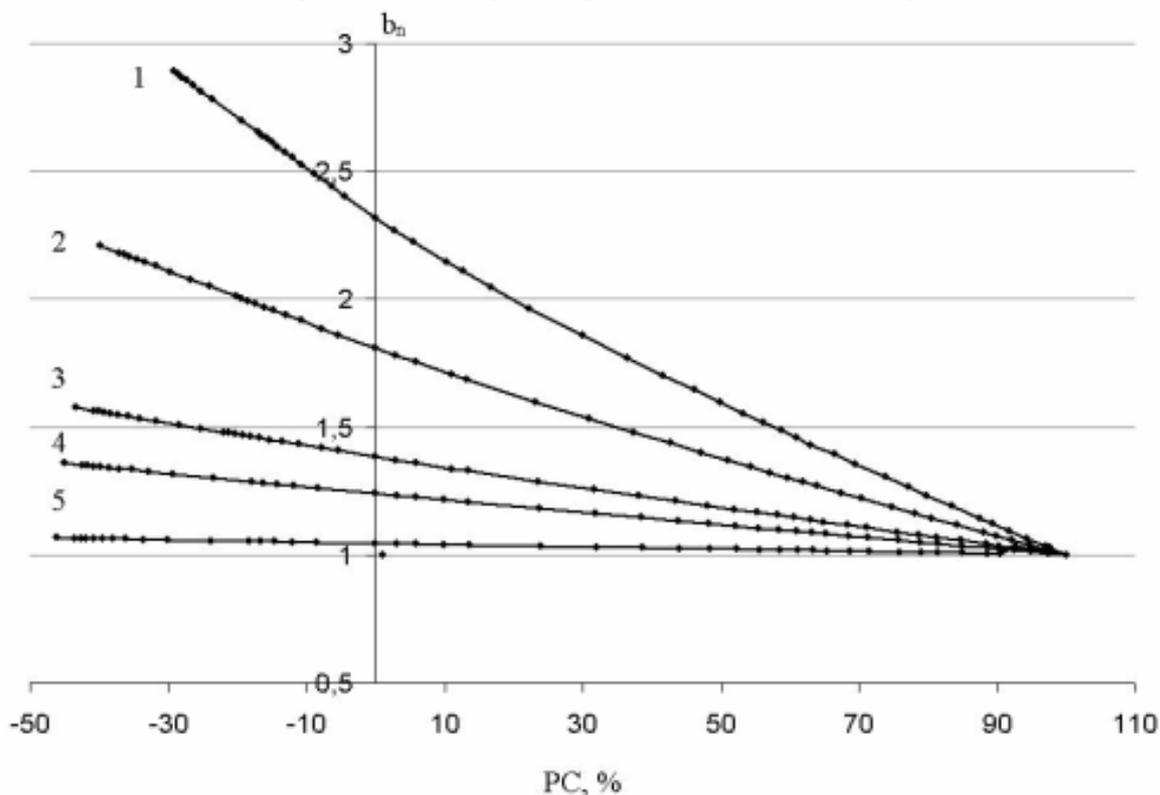


Рис. 1. Номограмма распределения тока и металла в щелевой ячейке Молера.

1.  $l/h = 2,35$ ; 2.  $l/h = 1,8$ ; 3.  $l/h = 1,3$ ; 4.  $l/h = 1,1$ ; 5.  $l/h = 0,7$

Были проведены исследования о возможности прогнозирования равномерности распределения металла на реальных изделиях. Результаты измерения равномерности распределения металла и сопоставление их со значениями рассеивающей способности по металлу разбавленного ( $\text{CrO}_3$  - 150 г/л;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 1,5 г/л) и универсального ( $\text{CrO}_3$  - 250 г/л;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 2,5 г/л) электролитов показали, что рассчитанные и полученные на реальных деталях кривые имеют аналогичный характер и могут быть

использованы для прогнозирования равномерности распределения хромового покрытия.

Для проверки правильности сделанных выводов были произвольно выбраны несколько точек на изделиях и произведен расчет и измерение распределения металла. Расчет проводили следующим образом. Экспериментально на изделиях было получено распределение металла в виде отношений  $\delta p / \delta c p$  из хромовых электролитов при не менее чем двух значениях рассеивающей способности по металлу, измерена соответствующая рассеивающая способность по металлу соответственно РСм1 и РСм2.

В узком диапазоне рассеивающей способности (до 20-30 %) можно принять с достаточной точностью, что зависимость распределения металла или тока от рассеивающей способности имеет линейный характер и описывается уравнением вида  $b = a_1 + a_2 \cdot PC$ . Измерения, проведенные на нескольких деталях, показали, что погрешность оценки равномерности не превышает 10 %. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о монотонной зависимости равномерности распределения металла от рассеивающей способности по металлу в области как положительных, так и отрицательных значений РС. Кроме того имеется возможность с достаточной точностью прогнозировать равномерность покрытия в широком диапазоне РС. Это позволяет находить электролит, имеющий значение РС по металлу, необходимое для обеспечения требуемого значения равномерности и, наоборот, зная рассеивающую способность электролита хромирования прогнозировать равномерность распределения покрытия.

## **СВОБОДНОПОРШНЕВОЙ РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

В.Ю. Виноградов, А.А. Сайфуллин, А.Е. Чернобровкина, А.А. Заднев,  
О.Т. Джанибеков  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева,  
г. Казань

Изобретение относится к двигателям внутреннего сгорания, к поршневым, аппазитным его вариантам. В последнее время получили широкое распространение разработка различных двигателей для промышленности с использованием различных вариантов исполнения. Известны ДВС с аппазитным расположением цилиндров, в которых прямолинейное перемещение поршней, в неподвижных цилиндрах, преобразуется во вращение выходного вала, при помощи различных механизмов, в основном, кривошипно-шатунными механизмами. Такие двигатели имеют сравнительно большие габариты, из-за необходимости размещения кривошипно-шатунных механизмов. Кроме того, такие двигатели обладают усложненной технологией изготовления поршней и повышенной вибрацией, из-за наличия сложных переменных усилий, возникающих в процессе работы, в результате взаимодействия поршней и шатунов. Были проанализированы некоторые

разработанные варианты (прототипы). В процессе анализа были выявлены следующие недостатки:

- сравнительно большие лобовые габариты из-за, традиционного для поршневых двигателей, расположение выходного вала перпендикулярно оси цилиндра;

- ограниченными функциональными возможностями: по разнообразию применения различных типов двигателей, из-за ограниченных возможностей механического привода вала (например, затруднено практическое применение прототипа в качестве реактивного двигателя);

- по габаритным ограничениям на устройствах требующих минимальное лобовое сопротивление (на самолетах, автомобилях и т.д.);

- по использованию на устройствах, где в качестве приводного элемента на двигатель служит часть конструкции двигателя (например, втулочное расположение двигателя во втулке колеса, судового винта, шарнира манипулятора) из-за ограниченных возможностей механического привода от цилиндров на выходной вал.

Сравнительно плохими условиями работы поршневой пары, из-за неравномерных по направлению (боковые составляющие от осевого усилия) и сконцентрированных на ограниченных участках конструкции (местах крепления механического привода) усилий на поршне и цилиндре, возникающих в процессе работы от взаимодействия с механическим приводом.

Цель работы состояла в уменьшении лобовых габаритов, расширения функциональных возможностей и улучшения условий работы поршневой пары.

Предлагаемый двигатель ДВС поршневой, аппазитный состоит из установленного на основании цилиндра, внутри которого установлен поршень, торцевые стенки которого, вместе с внутренней стороной торцевых стенок цилиндра, образуют две камеры сгорания двигателя. В предлагаемой разработке новым является то, что цилиндр жестко закреплен на основании, а выхлоп из обеих камер сгорания подведен к реактивному соплу, установленному соосно цилиндру.

## **ОБ ОЦЕНКЕ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

К.Д. Курбанмагомедов

Институт (филиал) Московского государственного машиностроительного университета в г. Махачкале,  
г. Махачкала

Оценка реального состояния сложных объектов при решении задач контроля, диагностирования и технического обслуживания (СКДТО) требует достаточно быстрого и оперативного получения необходимой информации с целью принятия решения об их дальнейшей эксплуатации. При этом в качестве критериев создания подобных систем принимаются высокое быстродействие, а также адекватность соответствующей оценки и наилучшие технико-

экономические и стоимостные показатели.

На основании выше изложенного следует, что структура системы «объект анализа - СКДТО» является достаточно сложной, ее составные части имеют достаточно разветвленную схему и анализ работы требует принятие во внимание особенностей стационарных и динамических режимов функционирования анализируемого объекта (рис. 1).

Данная структура характеризуется следующими особенностями:

- рекуррентный характер вычислений при последовательном опросе всех источников информации;
- разрядно - модульный характер функционирования объекта с учетом широкого использования многоуровневых микропроцессорных БИС и микроконтроллеров;
- последовательный характер преобразования информации от первоисточника до конечной ее обработки и принятия решения с множеством ступеней ее преобразования, характеризующихся линейными и нелинейными операциями;
- большое взаимовлияние и взаимозависимость информации, поступающей от различных источников, что приводит к большому риску ошибки и принятию неправильного решения;
- низкая надежность структуры как последовательной структуры, связанная с ее сложностью, отсутствием дублирования из-за высокой стоимости и влиянием на это надежности самой аппаратуры СКДТО.

Особенности процесса эффективной эксплуатации представлены на рис. 1.

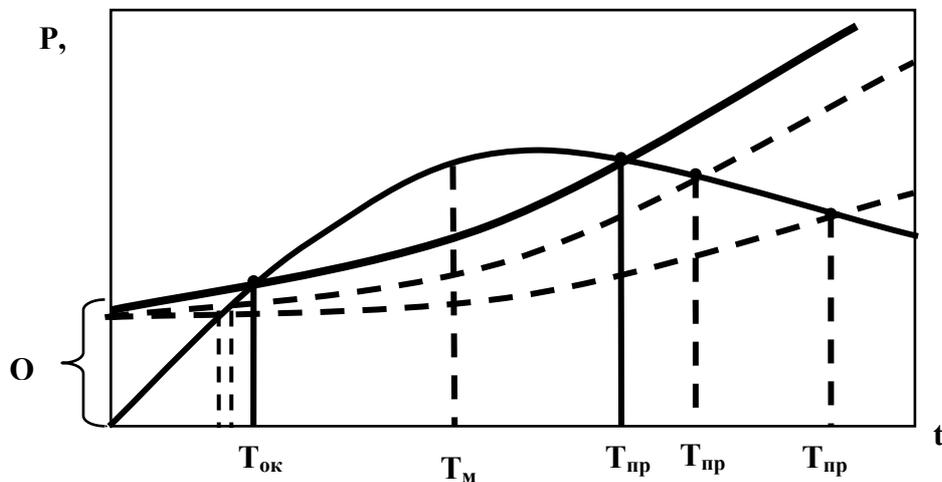


Рис.1. Использование аппаратно-программных моделирующих систем для обеспечения надежности технических систем

$Q_{п}$  – затраты на изготовление,  $Q_{э}$  – затраты на эксплуатацию,  $P$  – прибыль,  
 $T_{ок}$  - срок окупаемости,  $T_{пр}$  - время достижения предельного состояния

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

- необходима новая методология организации процесса контроля, диагностирования и технического обслуживания сложных технических систем, ориентированная на новые аппаратно - программные решения организации процесса;

- необходимо разработать новые методы организации вычислений, основанные на распараллеливании процесса в соответствии с нейросетевой моделью;

- необходимо идентифицировать процесс контроля, диагностирования и технического обслуживания таким образом, чтобы в процессе ее решения;

- учитывать взаимовлияние и взаимосвязанность возникающих в объекте неисправностей или различных состояний, в которых возможно нахождение объекта;

- при решении задачи необходимо учитывать особенности технологического процесса в реальном времени, хотя это предъявляет высокие требования к быстродействию СКДТО;

- необходимо разработать с учетом выше изложенных требований новые технические решения по структурной и алгоритмической организации СКДТО сложных технических систем с развитой организацией памяти и процессорной обработки промежуточных и конечных результатов решения задачи;

- необходимо разработать математические методы, обосновывающие данный подход и моделирующие технологический процесс в каждой конкретной ситуации.

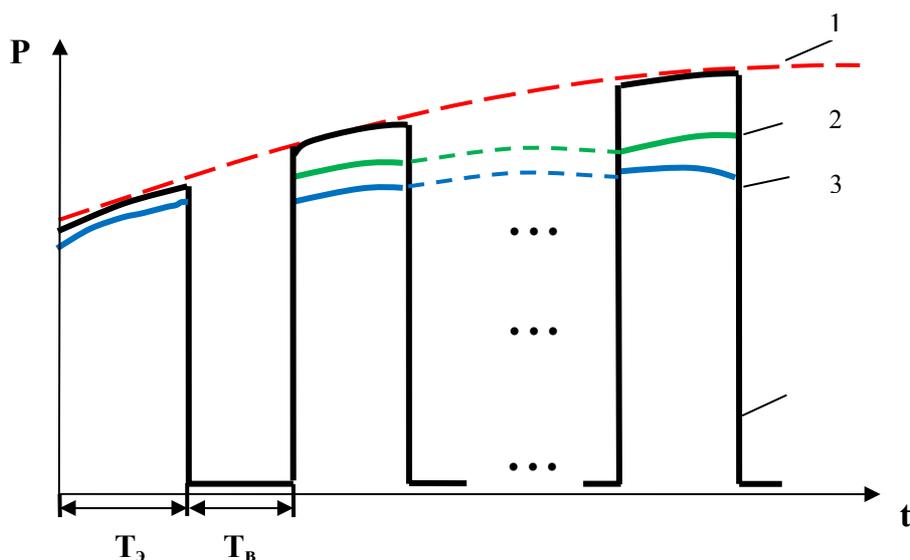


Рис.2 Ступенчатая реализация процесса эксплуатации (1 – расчетная кривая изменения параметра оценки эффективности, 2 – кривая учитывающая процесс восстановления исходного работоспособного состояния, 3 – реальный процесс изменения параметра оценки эффективности,  $t_э$  - время эксплуатации,  $t_в$  – время восстановления)

Из этого следует, что необходимо решить задачу оптимизации процесса эксплуатации, где требуется обеспечить получение необходимого эффекта при минимальных затратах на обслуживание и восстановление. Оценка из высших показателей служит  $\max |PT_{\max} - QT_{\max}|$ , характеризующими время достижения наибольшего эффекта и  $\max |T_{пр} - T_{ок}|$ , позволяющий достичь наибольшую продолжительность времени эксплуатации.

Из данного графика следует, что ступенчатый характер изменения наибольшей прибыли затрудняет оптимизацию процесса эксплуатации

технических систем вследствие чередования различного рода работ (контроль, диагностика, ремонт, послеремонтное обслуживание), невозможности после восстановления вернуться к расчетному значению показателя эффективности или к значению покупателя эффективности, который был получен с момента аварии.

Процесс 2 и 3 значительно отличается между собой вследствие независимости помимо технического обслуживания системы и восстановления. Кроме того, на качество восстановления влияют наличие ошибок первого и второго рода.

### Список литературы

1. К.Д. Курбанмагомедов *Использование метода адаптивного моделирования по состоянию при обслуживании технических систем.* - XX Национален научен симпозиум «Метрология и метрологично осигуряване», България, София, 344-347с.
2. К.Д. Курбанмагомедов *Оценка сложности алгоритмов контроля и диагностирования систем с разрядно-модульной организацией // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий (ИНФО-2013): Материалы X международной научно-практической конференции (Сочи, 1-10 октября 2013 г.).* - М.: МИЭМ, 2013. - С. 296-298.
3. Чеканов А.Н., Курбанмагомедов К.Д. *Применение методов теории нечетных множеств в САПР цифровых устройств.* – Труды / МВТУ. - М.: МВТУ, 1984. - № 415. - С. 59-69.
4. Орловский С.А. *Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации.* - М.: Наука, 1981. - 208 с.

## КРАТКИЙ АНАЛИЗ БУРЕНИЯ РЕЖУЩИМ ТВЁРДОСПЛАВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Т.Ю. Будюкова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Основные теоретические положения по разрушению горных пород при вращательном бурении изложены в работах Л.И. Барона, Е.Ф. Эпштейна, Л.А. Шрейнера, В.С. Владиславлева, И.А. Остроушко, Б.И. Воздвиженского, Д.Н. Башкатова, Б.А. Катанова, Ю.Е. Будюкова, Н.М. Качурина, С.В. Скоробогатова, О.Н. Голубинцева и др.

Определяющим условием, необходимым для разрушения пород, является вдавливание резца-пуансона в породу. Поэтому в первую очередь рассматриваются явления, происходящие при вдавливании резца в породу. При рассмотрении процессов разрушения для удобства резец заменяется пуансоном, с учетом того, что он никогда не имеет абсолютно острой кромки, а всегда

затуплен. В связи с этим можно всегда подобрать пуансон с размерами, эквивалентными резцу.

В теории упругости рассматривается задача Буссинеска о напряженном состоянии тела под действием сосредоточенной силы, Буссинеском был выведен закон распределения напряжений и деформаций при действии сосредоточенной силы, приложенной к поверхности, ограничивающей полубесконечное тело.

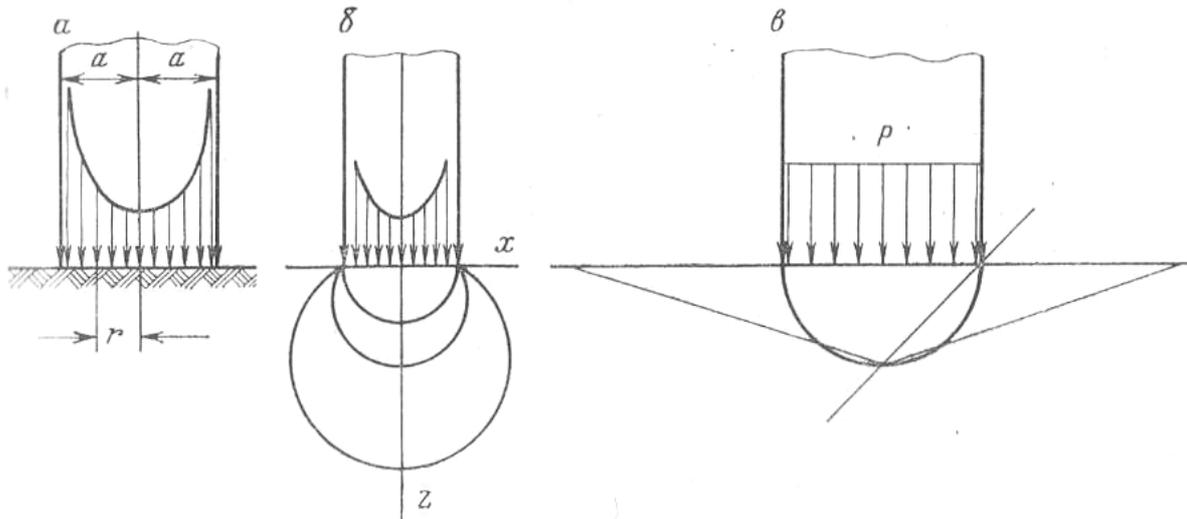


Рис. 1. Схема разрушения горной породы при воздействии на неё штампа:  
*а*- эпюра распределения давления штампом; *б*- сферы постоянных касательных напряжений;  
*в* – эпюра сжатия породы под воздействием штампа

Величина нормальных напряжений на оси симметрии при осесимметричном нагружении определяется из выражений:

$$\sigma_z = -\int_0^a 3p(r)z^3(r^2 + z^2) - \frac{5}{2} dr, \quad (1)$$

$$\sigma_z - \sigma_\theta = \int_0^a \frac{p(r)}{2} \left[ -2(1 + \mu)z(r^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 3z^3(r^2 + z^2) \right]^{-\frac{5}{2}} dr, \quad (2)$$

где  $\sigma_z$  - напряжение по вертикальной оси;

$\sigma_\theta$  - напряжение в поперечном сечении;

$a$  – радиус штампа;

$p(r)$  - функция распределения давления пуансона в вертикальной плоскости;

$\mu$  - коэффициент Пуансона.

Буссенек показал, что функция  $p(r)$  при  $z = 0$  определяется соотношением

$$p(r) = \frac{P}{2\pi a \sqrt{a^2 - r^2}}, \quad (3)$$

( $P$ - сила, действующая на пуансон;  $r$  – расстояние от оси симметрии).  
Как видно из формулы, при  $r=0$

$$p(r) = P/2\pi a^2,$$

а при  $r = a$  становится бесконечно большим.

Однако, как показали работы Л.А. Шрейнера, такое распределение силы вдоль контакта пуансона происходит только в начальный период. В дальнейшем его можно принять равномерным и равным  $p(r) = P/2\pi a^2$ .

Анализ формул для нормальных и касательных напряжений показывает, что при  $z > 0$  все главные нормальные напряжения убывают. При этом  $\sigma_z$  снижается медленнее, чем  $\sigma_x = \sigma_y$ . В тоже время касательные напряжения с глубиной увеличиваются и при

$$z_{kp} = a \sqrt{\frac{2(1+\mu)}{7-2\mu}}$$

достигают максимального значения, а затем уменьшаются. Распределение напряжений на оси симметрии и сфер постоянных касательных напряжений в породе по торцам пуансона показано на рис. 1 б.

При нагружении пуансоном малопластичной породы и определенной нагрузке возникает область, ограниченная сверху плоскостью пуансона, а в глубине полусферой, фокус которой располагается в глубине тела на ее вертикальной оси на расстоянии, примерно равном радиусу пуансона. Объем породы под торцом пуансона находится в более сжатом состоянии, чем породы, лежащие за границей сферы (рис. 1 в).

При достижении предельного значения касательные напряжения должны распространиться по плоскости, расположенной под углом  $45^\circ$  к оси пуансона. Однако в связи с тем, что зона под пуансоном находится в сжатом состоянии, где сопротивление сдвигу значительно выше, чем в фокусе сферы, вначале происходят сдвиги только в области фокуса полусферы.

При дальнейшем увеличении нагрузки касательные напряжения возрастают и в других плоскостях, лежащих под углом  $>45^\circ$ . В связи с этим пластические сдвиги начинают возникать в других местах. Это продолжается до тех пор, пока они не выйдут на поверхность тела за пределами поля, ограниченного торцом пуансона. После этого происходит выкалывание породы,

часть которой выбрасывается наружу, а часть оказывается зажатой между пуансоном и дном лунки.

В идеальном случае при перемещении пуансона по поверхности породы он будет погружаться вдоль наклонной плоскости в направлении перемещения. Это объясняется тем, что в процессе перемещения происходят новые сколы породы под торцом пуансона, нагруженного постоянным вертикальным усилием. В реальных условиях бурения описанный процесс протекает несколько иначе, так как на резец действуют усилия со стороны передней стенки образованной им канавки. При этом на переднюю стенку пуансона действуют силы сопротивления породы. Наличие их уменьшает эффект действия осевого усилия.

Описанные явления происходят при резании «идеальным» инструментом, не изнашиваемым в процессе бурения. Однако в действительности при резании породы существует постоянный процесс истирания, разрушения трущихся пар резец-порода. Это затрудняет анализ явлений, происходящих под торцом реальной коронки.

В общем виде процесс бурения твердосплавной коронкой представляется следующим образом (Н.И. Корнилов, 1979). Под действием осевой нагрузки  $P$  (рис. 2), приложенной к единичному резцу, в результате перемещения резца вниз по вертикали возникают силы реакции породы  $N_1$  и  $N_2$ . Перемещение резца не будет строго вертикальным, а будет происходить по линии, составляющей с осью  $y$  угол  $\gamma$ .

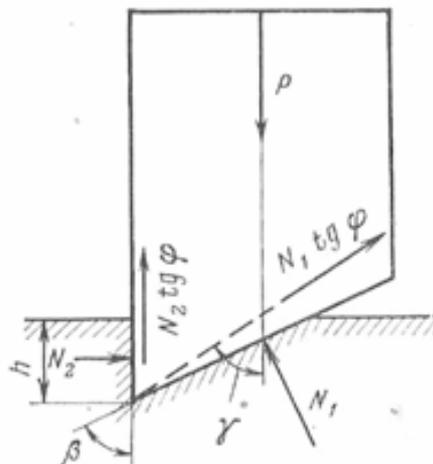


Рис. 2. Схема процесса разрушения горной породы

Под действием реакций  $N_1$  и  $N_2$ , направленных нормально к передней и задней граням резца, вследствие его перемещения возникнут силы трения  $N \operatorname{tg} \varphi$  и  $N_2 \operatorname{tg} \varphi$ , где угол  $\varphi$  - угол трения резца о породу.

Перечисленные силы составляют замкнутую систему, образующую равновесное состояние. Проекция этих сил на оси выражаются следующими уравнениями:

$$N_2 - N_1 \cos \beta + N_1 \operatorname{tg} \varphi \sin \beta = 0 \quad (4)$$

$$-p + N_2 \operatorname{tg} \varphi + N_1 \sin \beta + N_1 \operatorname{tg} \varphi \cos \beta = 0 \quad (5)$$

Определяя из уравнения (4)

$$N_2 = N_1 \left( \cos \beta - \operatorname{tg} \varphi \sin \beta = N_1 \frac{\cos \beta \cos \varphi - \sin \beta \sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{N_1 \cos(\beta + \varphi)}{\cos \varphi} \right)$$

и подставляя его значение в уравнение (5), найдём значение  $N_1$ :

$$N_1 = \frac{p \cos^2 \varphi}{\sin(\beta + 2\varphi)}, \quad (6)$$

С другой стороны,

$$N_1 = \sigma_n b \frac{h}{\cos \beta}, \quad (7)$$

где  $\sigma_n = \sigma \sin \beta$  - удельное давление на задней грани резца;

$\sigma$  - предел прочности породы при внедрении в нее резца;

$hb$  — площадь контакта резца с породой по задней грани;

$b$  — ширина резца;

$h$  — глубина внедрения резца.

Заменяя  $\sigma_n$  его значением, получаем

$$N_1 = \sigma \sin \beta b \frac{h}{\cos \beta} = hb \sigma \operatorname{tg} \beta, \quad (8)$$

Из выражений (6) и (8) определим

$$h = \frac{\eta p}{b \sigma \operatorname{tg} \beta}, \quad (9)$$

где  $\eta = \frac{\cos^2 \varphi}{\sin(\beta + 2\varphi)}$ .

В существующих коронках  $\beta = 72^\circ$ , в связи, с чем  $\operatorname{tg} \beta = 3,08$ . Для угла  $\beta = 72^\circ$   $\eta = 0,94$ . Так как в современных конструкциях коронок  $b = 8,5$  мм, формула (9) упрощается:

$$h = 3,5 \cdot 10^{-2} p \sigma^{-1} \quad (10)$$

За время  $t$  коронка внедрится в породу на величину

$$l = h n m t = 3,5 \cdot 10^{-2} p \sigma^{-1} n m t, \quad (11)$$

( $n$  - частота вращения коронки;  $m$  — число резцов).

Механическая скорость бурения выразится формулой

$$v_M = l/t = 3,5 \cdot 10^{-2} P n \sigma^{-1}, \quad (12)$$

Таким образом, механическая скорость при бурении твердосплавными коронками прямо пропорциональна осевой нагрузке, частоте вращения и обратно пропорциональна пределу прочности породы при внедрении в нее резца.

## Содержание

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Бурахта В.А., Банникова А.А. Переработка отходов резинотехнических изделий в компоненты моторных топлив.....	3
Пушилина Ю.Н., Чеботарев П.Н. Развитие систем экологического мониторинга в зонах возведения и функционирования строительных комплексов.....	4
Будюкова Т.Ю. К вопросу выбора показателей экологичности элементов технологий бурения скважин.....	7
Кузьмина Р.И., Степанов М.Ю., Заикин М.А. Превращения н-гексадекана и н-гексана на цеолитсодержащих катализаторах.....	9
Сальникова Е.И., Зырянова К.С., Андреев О.В. Получение оксисульфидов неодима и эрбия в потоке водорода, сероводорода.....	11
Спирин В.И., Царёв В.В., Будюков Ю.Е., Борисов Н.Е., Бочков В.Г., Рыбаков А.С. Модернизированная передвижная обогатительная установка для получения концентратов при освоении природных и техногенных месторождений.....	13

**ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Борисова Л.В., Гречников А.А., Бородков А.С. Растения - потенциальный источник сырья микроэлемента рения.....	16
Миняева Д.А., Фу Йиганг, Калёнов С.В., Вакар Л.Л., Кузнецов А.Е. Разработка способов контроля численности микроводорослей и цианобактерий для повышения качества очищенных сточных и природных вод.....	17

**МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Котельников Г.В., Моисеева С.П., Гришина Е.В., Маевский Е.И. Калориметрические измерения тепловых процессов при трансформации и диссипации энергии в митохондриях.....	21
Оганесян А.Н., Даллакян А.М., Погосян А.С., Оганесян Н.М., Азнаурян А.В., Тавакалян Н.Б. Биodeградируемые коронарные стенты: <i>in vivo</i> деградация железа.....	27

Петрова Ю.Ю., Ветрова О.Ю., Бырина Е.Ю., Долгушина О.С., Бажаева Ж.Б., Кокорина К.С., Гимранов Д.Р., Гимранова Ю.М. Каталитический метод определения биологически активных веществ в биологических жидкостях и косметической продукции.....	31
Савельева И.В., Савельев М.Ю. Возможности прогнозирования гестационных осложнений в условиях метаболического синдрома.....	35

## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Помогаева И.Ю., Помогаев В.М. Демонстрация эксперимента в химии как средство мотивации изучения предмета и повышение эффективности занятий.....	40
Забенькина Е.О., Артамонова И.В. Инновационные образовательные технологии в учебном процессе по подготовке бакалавров инженерно-технического профиля с применением математического редактора MathCad.....	42

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Андреева О.Д., Шапарев В.Ю. Подсистема описания моделей непрерывных процессов для комплексных моделирующих стендов (тренажеров).....	46
Шульженко С.Н., Пушилина Ю.Н. Оптимизационные задачи инженерной подготовки при строительстве микрорайонов как один из этапов биосферной совместимости прогрессивного развития городов.....	48
Поданева Е.Н., Леонтьева Е.Е., Гринюк О.Н., Батов П.В. Особенности внедрения комплексной системы мониторинга железнодорожной автоматики и телемеханики на участке Мордвес-Венев.....	52
Сахарова Е.Т., Папина Ю.В. Инновационные СМС технологии для телекоммуникационного общества.....	54

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Захаров В.П., Умергалин Т.Г., Мурзабеков Б.Е., Шевляков Ф.Б. Режим трубчатого турбулентного аппарата при отмывки газового конденсата.....	58
Ченцова Е.В., Сидоров А.С., Попова Н.Е. Нанесение покрытия цинк-кобальт на сталь в импульсном режиме электролиза.....	62
Петроченкова И.В., Помогаев В.М. Рассеивающая способность хромовых электролитов и равномерность хромовых покрытий.....	63
Виноградов В.Ю., Сайфуллин А.А., Чернобровка А.Е., Заднев А.А., Джанибеков О.Т. Свободнопоршневой реактивный двигатель.....	65
Курбанмагомедов К.Д. Об оценке процесса эксплуатации сложных систем.....	66
Будюкова Т.Ю. Краткий анализ бурения режущим твёрдосплавным инструментом.....	69

