

# Материалы

II международной научной конференции  
«Энерго-ресурсоэффективность в интересах  
устойчивого развития»

# Proceedings

of the II International Conference  
«Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and  
Natural Resources»



Иркутск, 16–20 сентября 2019  
Irkutsk, September 16–20, 2019

Иркутский национальный исследовательский технический университет  
Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН  
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **ЭНЕРГО-РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных трудов  
II международной научной конференции  
«Энерго-ресурсоэффективность  
в интересах устойчивого развития»

**16–20 сентября 2019 г.**

Издательство  
Иркутского национального исследовательского технического университета  
2019

УДК 658,18+620.91.004(063)  
ББК 31.19+65.28л0

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития: сборник научных трудов II Международной научной конференции «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития» Иркутский национальный исследовательский технический университет. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. – 256 с.

Сборник посвящен актуальным вопросам энерго-ресурсоэффективности в регионах России и в мире. В сборнике представлены тезисы докладов по следующие научным направлениям: энергосбережение и повышение энергетической эффективности, экоэнергетика, рациональное природопользование, проблемы экологической безопасности и системы защиты среды обитания, «зеленая химия», экологическая биотехнология, зеленая экономика.

С материалами конференции можно ознакомиться на сайте ИРНИТУ по ссылке <http://www.istu.edu/deyatelnost/obrazovanie/instituty/in/bzd/konferentsii>.

**Редакционная коллегия:**

Тимофеева С.С., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промэкологии и БЖД;

Романенко С.В., доктор химических наук, профессор Томского политехнического университета Щевченко А.Н., кандидат технических наук, доцент, директор института недропользования ИРНИТУ;

Олзоев Б.Н., кандидат географических наук, кафедры маркшейдерского дела и геодезии ИРНИТУ;


Мурзин М.А., ассистент кафедры промэкологии и БЖД ИРНИТУ, верстка и оформление сборника.


Материалы печатаются с оригиналов, поданных в оргкомитет. Ответственность за достоверность информации несут авторы.


ISBN 978-5-8038-1428-3

© Коллектив авторов, 2019

# MERCK

 **Merck**  
115054, г. Москва, ул. Валовая, д. 35

 +7(495) 937-33-04, 8-800-100-7425

 **E-mail** [mm.russia@merckgroup.com](mailto:mm.russia@merckgroup.com) /  
[ruorder@merckgroup.com](mailto:ruorder@merckgroup.com)

**WEB** [merckmillipore.com](http://merckmillipore.com) / [sigmaaldrich.com](http://sigmaaldrich.com)

Life Science подразделение компании Merck объединило в себе продукты и услуги мирового класса, инновационные возможности и исключительный талант компаний Merck Millipore и Sigma-Aldrich, став одним из глобальных лидеров в направлении Life Science.

Объединение основано на взаимном дополнении сильных сторон обеих компаний и позволяет нам отвечать Вашим потребностям еще лучше. Теперь в нашем портфеле более 300,000 продуктов.

Среди которых оборудование и материалы для клеточного анализа, стерилизующей фильтрации, клеточные линии ECACC и сопутствующие буферы, реагенты, питательные среды и посуда для подготовки и подсчета клеток, культивирования и детекции, анализа белков, первичные и вторичные антитела, приборы и наборы инструментов для мультиплексного анализа, а также широкий спектр других продуктовых решений в области экспрессии, экстракции и количественного анализа, очистки и концентрирования белков, белкового электрофореза и детекции, а также системы получения сверхчистой воды.

Наша широкая линейка инновационных продуктов и технологических решений, сбалансированная география и значительные производственные и исследовательские возможности, позволяют нам предвосхищать и удовлетворять потребности клиентов, так как все, что мы делаем, начинается с нашей общей цели – решать самые серьезные проблемы в жизни и науке в сотрудничестве с глобальным научным сообществом.

## Все для вашей лаборатории!



### Аналитические приборы

- ВЭЖХ и УВЭЖХ Hitachi Chromaster
- Хромато-масс-спектрометры
- Препаративные хроматографы PuriFlash
- Спектрофотометры и спектрофлуориметры

### Все для хроматографии

Колонки для ГХ и ВЭЖХ, растворители, сорбенты, виалы, крышки, шприцевые фильтры

### Лабораторное оборудование и расходные материалы

- Проточные реакторы, мешалки, насосы, сушильные шкафы, центрифуги, испарители
- Лабораторное стекло и пластик

### Реактивы и стандартные образцы

- Реактивы производства Sigma-Aldrich, Merck, ABCR, Alfa-Aesar, ChemPure, Fluorochem, J&K
- Аналитические стандарты Supelco, Dr. Ehrenstorfer
- Фармакопейные стандарты USP, LGC Standarts





# THALESNano

ThalesNano Nanotechnology Inc.

## ПРОТОЧНЫЕ РЕАКТОРЫ для органического синтеза



- Гидрирование (дейтерирование)
- Окисление
- Кросс-сочетание
- Озонолиз
- Нитрование
- Карбонилирование
- Реакции с магнием и литий-органикой
- Реакции замещения

ГАЛАХИМ

[www.galachem.su](http://www.galachem.su)  
[mailbox@galachem.su](mailto:mailbox@galachem.su)

# Эксклюзивное предложение

## Препаративный хроматограф *puriFlash XS 520 Plus* оптимизирован для вашей обычной флэш-очистки

Насос - максимальное давление до 20 бар,  
скорость потока до 300 мл/мин

Большое разнообразие сорбентов в готовых флэш-картриджах  
(от 4 до 800 гр).

Детектор UV-VIS  
спектрофотометрический диодно-  
матричный, выбор режимов  
детектирования

Система ввода проб - прямой ввод  
в колонку или через сорбцию на  
специальной предколонке



**Всего за 1 999 000 руб со склада в Москве!**

Гарантия 1 год! Доставка не включена в указанную стоимость.

Пуско-наладочные работы - бесплатно. Не является публичной офертой.

ГАЛАХИМ

Все для Вашей Лаборатории  
Надежность. Сервис. Качество.

+7 (495) 151-01-50

mailbox@galachem.su  
www.galachem.su

- аналитические приборы
- лабораторное оборудование
- все для хроматографии
- лабораторное стекло
- химические реактивы
- проточные реакторы
- фотореакторы
- электросинтез
- мебель

# Хроматография

## Пластины для ТСХ и Сорбенты

Современные принадлежности для тонкослойной хроматографии и сорбенты от ведущего производителя в мире, компании Macherey-Nagel



- Высокое качество
- Эффективность
- Селективность
- Большой выбор
- Отличная цена
- Со склада в Москве

**MACHEREY-NAGEL**





# Оглавление

<b>Секция 1. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в строительстве и ЖКХ</b>	
<b>Section 1. Energy Saving and Energy Efficiency</b> .....	20
<b>Влияние температуры на прочность твердеющего портландцемента</b> Ю.А. Абзаев, А.И. Гныря, С.В. Коробков, Д.О. Дудов, Д.А. Михайлов .....	20
<b>Экспериментальное исследование плит перекрытия многоэтажных зданий с гибкими связями</b> К. Бактыгулов, Б.С. Ордобаев, А.М. Зулпуев, Ш.С. Абдыкеева .....	23
<b>Direct electric preheating of the concrete mix as an element of precast concrete producing technology</b> M. Batyuk, V. Ushakov, A. Gnyrya .....	26
<b>Energy-efficient retrofit of evaporation station for calcium chloride production: the case for Russian Federation</b> S. Boldyryev .....	27
<b>Декомпозиция профиля предпочтений при представлении данных энергетических обследований</b> М.А. Борисова, С.В. Муравьев .....	30
<b>Поиск путей снижения расхода топливно-энергетических ресурсов в производстве сахара</b> С.В. Голобоков, Т.Ю. Бростилова, Г.К. Трифионов, А.С. Сачков .....	31
<b>Снижение расхода энергоресурсов при эксплуатации промышленного склада-холодильника</b> В.Я. Горячев, С.В. Голобоков, Т.Ю. Бростилова, П.С. Сипягина .....	34
<b>Intelligent Lighting System: Energy Management Technical Measure</b> Zh. Elukova, O. Lyubova, V. Lyubov .....	37
<b>Направления повышения эффективности автономных энергосистем Иркутской области</b> И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова, А.К. Ижбулдин .....	38
<b>Иерархическое математическое моделирование теплоснабжающих систем с учетом активности объектов распределенной генерации энергии</b> А.А. Кравец, В.А. Стенников, А.В. Пеньковский .....	41
<b>Mathematical model for calculating solar radiation on horizontal and inclined surfaces for the conditions of Yakutsk</b> Y. Krivoshein, A. Tolstikh, N. Tsvetkov, A. Khutornoi .....	44
<b>The effectiveness of dual hot water systems using solar vacuum collectors in the Northern Territories</b> Y. Krivoshein, Al. Tolstikh, N. Tsvetkov, A. Khutornoi .....	45
<b>Repairability as one of the most important properties of water supply systems</b> R. Krimov .....	45
<b>Model evaluations of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission in lead smelting processes</b> N.A. Kulenova, V.A. Shumskiy, M.A. Sadenova, Zh.S. Onalbaeva .....	46
<b>Несчастные случаи на объектах электросетевого хозяйства</b> О.М. Кустов .....	49
<b>Экспериментальная проверка работоспособности образцов сейсмоизолирующих устройств</b> Б.С. Матозимов, Б.С. Ордобаев, М.О. Орозбеков, М.Д. Мусуралиева .....	52

<b>Optimization of structures of the responsible parts of axial-piston hydraulic machines at increasing work pressure</b>	
I. Nikolenko, V. Zheglova, Y. Khomyak, A. Kibakov, S. Medvedev .....	55
<b>Optimization of operation mode of centrifugal-type pumps of a water supply system booster pumping station with a reserve tank</b>	
I. Nikolenko, A. Ryzhakov .....	56
<b>Actual performance of aluminium heating appliance determination</b>	
A. Novozhilova, K. Isaeva, A. Vereshchagin, Z. Marina .....	57
<b>Сравнительный анализ использования различных источников теплоснабжения индивидуальных жилых домов</b>	
Д. Подбельская, М. Мороз .....	58
<b>Повышение метрологической надежности при измерении расхода теплоносителя и количества теплоты на объектах ЖКХ</b>	
С.И. Половнева, М.Ю. Толстой .....	58
<b>Heat transfer in thin-film thermal insulation</b>	
V. Polovnikov .....	59
<b>Investigation of the possibilities of using of heat pipes in the recuperation systems of paper industry enterprises with heat excess</b>	
I. Pospelova, V. Filatov .....	60
<b>Влияние наполнителей полиминерального состава и модифицирующих добавок на свойства цементного камня</b>	
А. Таирова .....	61
<b>The complex mobile independent power station for the recreational areas</b>	
A A Tunik, M Y Tolstoy, M P Kalashnikov .....	61
<b>Разработка ресурсосберегающей технологии получения строительных блоков из твердых отходов фтороводородного производства и шлаков ТЭС ОА «СХК»</b>	
Ю.М. Федорчук, В. Матвиенко, Д.В. Нарыжный .....	66
<b>Optimization modeling in the selection of key performance indicators in problems of management energy saving</b>	
O. Choporov, I. Lvovich, Y. Lvovich, A. Preobrazhenskiy .....	69
<b>Методология построения цифрового двойника сетей на примере электрической сети Академгородка. Перспективы использования инфраструктурных сетей ИНЦ СО РАН в качестве объектов научных исследований</b>	
Е. Чуйко, К. Апарцин, А. Быстрицкий, Е. Барахтенко, А. Домышев .....	69
<b>Применение энергосберегающих мероприятий в тепловом хозяйстве на примере Байкальской природной территории</b>	
В.А. Стенников, О.А. Еделева, Е.П. Майсюк, П.А. Соколов .....	71
<b>Секция 2. Экоэнергетика</b>	
<b>Section 2. Environmentally-Friendly Energy Conversion and Supply.....</b>	<b>76</b>
<b>Making Process Integration Work for Cost and Footprint Reduction: Data Extraction, <math>\Delta T_{min}</math> Importance, Investments</b>	
P.S. Varbanov, J.J. Klemeš .....	76
<b>Биокатод микробных топливных элементов на основе нитратредуцирующих штаммов <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>	
О.Ф. Вятчина, Д.И. Стом, С. Гоэль, Б. Сие .....	77

<b>Исследование эффективности получения водорода на электролизной установке «Краб»</b> В.В. Голобоков, М.А. Трайбер, А.Н. Сударев, Ю.А. Захарова .....	77
<b>Оптимизация состава структуры теплоисточников в задачах развития теплоснабжающих систем</b> В.А. Стенников, О.А. Еделева, Е.С. Фереферов .....	80
<b>Влияние пестицидов на электрогенную активность осадка в микробных топливных элементах</b> Г.О. Жданова, М.Ю. Толстой, А.Б. Купчинский, Д.И. Стом .....	84
<b>Исследование цифровых технологий для прогнозирования технического состояния электромеханических систем и энергосбережения</b> Ю.Л. Жуковский .....	84
<b>Assessment of reducing the negative impact on the environment and human organism of production and use of solar power plants</b> L.V. Kontrosh, V.S. Kalinovsky, E.V. Kontrosh, A.V. Khramov .....	85
<b>Influence of surface tension coefficient of slurry fuel on the breakup mechanism of droplets of various sizes</b> D. Gvozdyakov, A. Zenkov, V. Gubin, M. Vedyashkin .....	86
<b>Рециклинг отходов металлургического производства</b> Н. Куленова, М. Саденова, О. Руденко, С. Вайнбергер .....	86
<b>Correlation between municipal solid waste oxidation and ignition characteristics</b> K. Slyusarskiy, K. Larionov, S. Tsibulskiy, S. Jankovskiy, V. Gubin .....	92
<b>Возобновляемые источники энергии для автономных энергосистем Иркутской области: предпосылки, обоснование, эффективность</b> И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова, Д.Н. Карамов .....	93
<b>Micrococcus luteus and Serratia marcescens, as a new association of bio-agents for microbial fuel cells</b> E.Yu. Konovalova, L. Barbora, K.I.Chizhik, D.I.Stom .....	96
<b>The use of microalgae in microbial fuel cells</b> M.S. Konovalov, E.Yu. Konovalova, A.B. Kupchinskiy, D.I. Stom .....	99
<b>Развитие систем теплоснабжения населенных пунктов Байкальской природной территории с учетом экологических ограничений</b> В.В. Хан, В. Зоркальцев, Н. Деканова, П. Хан, Е. Губий .....	99
<b>Секция 3. Рациональное природопользование</b> <b>Section 3. Sustainable Use of Natural Resources .....</b>	<b>101</b>
<b>Hydrogenation of poly-<math>\alpha</math>-olefin oils on applied palladium catalysts</b> E. Aubakirov, R. Bashirbayeva .....	101
<b>Исследование влияния группового состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных присадок</b> И. А. Богданов, А. М. Орлова, А. А. Алтынов, М. В. Киргина .....	102
<b>Production of winter and arctic diesel fuel in the process of catalytic dewaxing</b> V.V. Bykova, N.S. Belinskaya .....	104
<b>Engineering geology as a basis of rational nature management and protection of geological environment</b> I. Verkhozin .....	108

<b>Largest rift Lake Baikal and the world: Nyasa as repositories of freshwater on the planet</b> V. Verkhovina, E. Verkhovina .....	108
<b>Исследование динамики содержания углеводов в эпикутикулярном слое личинок колорадского жука (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>) на разных стадиях межличиночного периода</b> М. Ганина .....	109
<b>Перспективы получения газового топлива из отходов сельскохозяйственного производства в Пензенской области</b> В.Я. Горячев, С.В. Голобоков, А.А. Дивненко, И.А. Лесин .....	112
<b>Концепция устойчивого развития цивилизации - состояние проблемы и задачи исследования</b> М.А. Дегтярева, А.В. Поздняков, Ю.С. Пупышев.....	115
<b>Study on Reasonable malposition of the extremely-near coal seams when combined mining of shaft 10 slots in Daanshan coal mine</b> W. Junguang, Y. Pengjin, L. Bing, L. Cunzhou, A. Okhotin .....	118
<b>Complex processing of sea brines of desalination plants</b> B. Duisebayev, K. Baytasov .....	118
<b>Исследование гидрометаллургического метода извлечения меди из труднообогатимых медных руд</b> М.С. Еркешева, Н.А. Куленова .....	119
<b>Material flow analysis for screening operation losses in non-ferrous metal processing</b> A. Irmagambetov, M. Sadenova .....	122
<b>Оптимизация использования стимуляторов для увеличения роста посадочного материала</b> С. Кабанова, Ж. Зенкова, М. Данченко .....	123
<b>Мониторинг экологического состояния городской среды на примере г. Томска</b> А. Каташова .....	124
<b>Overview and perspectives on water footprint (availability, scarcity, virtual and combined with energy and GHG)</b> J.J. Klemeš, X. Jia, P.S. Varbanov, S. R. W. Alwi.....	125
<b>Natural risks of vulnerability of the dark coniferous taiga of the southern Baikal region (Khamar-Daban range)</b> A. Kovalev, T. Morozova, V. Oskolkov, A. Sofronov, V. Soukhovolsky, V. Voronin .....	125
<b>Categorization and gradation of hazardous actions of industrial workers: methodological aspects</b> D. Kostin, B. Sevastyanov, R. Shadrin.....	126
<b>An innovative solution to the problem of reclamation of the dusting surface of the tailings of a closed mining enterprise in the Primorsky territory</b> L.T. Krupskaya, M.B. Bubnova, D.A. Golubev .....	126
<b>Рециклинг отходов – эффективный способ рационального использования древесного сырья</b> И. Липунов, И. Первова .....	127
<b>GIS-based Dynamic Monitoring and Evaluation of Land Use in Changchun</b> X. Lu, Y. Zhang, Z. Chen.....	128
<b>The efficiency of bark and wood fuel utilization in the hot water boilers</b> V. Lyubov, A. Popov, E. Popova .....	129
<b>The energy and ecological performance of the hot water boiler burning linden bark and wood briquettes</b> V. Lyubov, A. Popov, E. Popova .....	129

<b>Scientific and technological bases of resource efficient productions of low-emission construction materials of wide range from waste of various productions and anthropogenic CO<sub>2</sub></b>	
N. Lyubomirskiy, S. Fedorkin, A. Bakhtin, T. Bakhtina, E. Nikolaenko, V. Nikolaenko.....	130
<b>Выявление проблемных территорий Прибайкалья по состоянию сосновых лесов и почвенного покрова</b>	
Т. Михайлова, О. Калугина, О. Шергина .....	131
<b>An energy efficiency forecast for the economy of Irkutsk region</b>	
R. Muzychuk, S. Muzychuk .....	132
<b>Possibilities of voltammetric determination of betulin in medicinal substances</b>	
E. Nurpeiis, G. Slepchenko .....	132
<b>Effect of Heat Treatment on Microstructure of La<sub>1.7</sub>Fe<sub>11.6</sub>Si<sub>1.4</sub> Alloy</b>	
A. Okhotin, K. Sun, J.-Y. Zhu.....	133
<b>Study of geodynamic conditions the development of rock bursts in coal mines of Tszinsi deposit in China</b>	
A. Okhotin, L. Tianwei, H. Zhang, L. Sheng, A. Batugin .....	133
<b>Исследование влияния состава композиционного топлива на механизм и характеристики зажигания в рамках стратегии утилизации промышленных и бытовых отходов</b>	
К. Паушкина, Д. Глушков.....	134
<b>Методы и результаты картографо-космического мониторинга Прибайкалья</b>	
Л. Пластинин, Б. Олзоев .....	135
<b>Asymptotically stable dynamics and constructive perfectionism in the development of civilization</b>	
A. Pozdnyakov .....	135
<b>Подмененная собственность на природную ренту</b>	
А. Поздняков, К. Семенова.....	136
<b>Интегральная оценка техногенного загрязнения почв и современных климатических изменений на состояние агроэкосистем Байкальского региона</b>	
Л. Помазкина .....	139
<b>Ресурсосберегающая гидрометаллургическая переработка низкокачественных цинксодержащих концентратов</b>	
М. Саденова, Н. Куленова, Ж. Оналбаева, М. Елеукенов.....	140
<b>Methods and techniques for testing knowledge in the process of occupational safety training in the form of instruction</b>	
B. Sevastyanov, E. Lisina, R. Shadrin, A. Shalamova, N. Selyunin .....	141
<b>Interrelation of regulatory legal acts regulating professional functions of the specialist on labor protection</b>	
B. Sevastyanov, R. Shadrin, E. Lisina, N. Selyunina, A. Shalamova.....	141
<b>Post-fire transformation of drained bog in Western Siberia: ecological consequences and recovery dynamics</b>	
Sinyutkina A.A., Vishnyakova E.K., Gashkova L.P., Koronotova N.G., Mironycheva-Tokareva N.P., Maloletko A.A., Russkikh I.V., Serebrennikova O.V., Strelnikova E.B., Kharanzhevskaya Yu.A. ....	142
<b>Geoinformation mapping of the mudflow basins of the Southern Baikal region: methods and results</b>	
В. Ступин, Б. Олзоев .....	145
<b>Композитные сорбенты на основе отходов производства кристаллического кремния и биоугля</b>	
С.С. Тимофеева, М.С. Леонова, Н.В. Горленко, J.-H. Chang, S.-F. Cheng.....	145

<b>Search for the main sources of losses in the blast smelting process of lead production</b>	
D. Tolepbergenov, M. Sadenova .....	148
<b>Влияние минеральных источников на формирование почв в предгорье Восточных Саян (Бурятия)</b>	
М.А. Тугарина, О.Г. Лопатовская .....	148
<b>Синтез новых каталитических материалов с использованием металлургических шлаков</b>	
М.Е. Утегенова, М.А. Саденова, И.Я. Клемеш .....	152
<b>Исследование материалов на основе алюмоборосиликатных отходов</b>	
С.В. Федорова .....	155
<b>Рациональное использование слюдяного сырья – приоритетная задача горнодобывающей отрасли Иркутской области</b>	
В. Федчишин .....	156
<b>Проблемы рационального природопользования на морских побережьях при дальнейшем повышении уровня Мирового океана</b>	
А.В. Холощев, С.А. Подпорин .....	157
<b>Рациональное использование природных ресурсов при добыче полезных ископаемых</b>	
Л. Худякова, С. Тимофеева .....	159
<b>Algorithm of real time kinematic using BeiDou regional system and the results analysis</b>	
Zh. Huizhong, X. Aigong, X. Xinchao, G. Meng, A. Okhotin .....	160
<b>Современные характеристики разнотипных водных объектов Сибири для модельной оценки и прогноза их водно-экологического состояния</b>	
А.А. Цхай .....	160
<b>Estimation of Straw Yield and Comprehensive Utilization Countermeasures in Baicheng Based on Remote Sensing Data</b>	
Y. Zhang, X. Lu, Z. Chen .....	164
<b>Секция 4. Проблемы экологической безопасности и системы защиты среды обитания</b>	
<b>Section 4. Clean Technologies and Environmental Protection Systems.....</b>	165
<b>Радиационная безопасность Кыргызской Республики</b>	
Б.Р. Айдаралиев, Н.Дж. Садабаева, Б.М. Сеитов.....	165
<b>Оценка содержания углеводов в природных и сточных водах Омской области</b>	
Т. Антонова .....	167
<b>Построение математической модели распространения волны горения в СВ-синтезе функциональных боридов, использующихся для защиты от смешанного ионизирующего излучения</b>	
М.М. Балачков, М.С. Кузнецов, А.А. Пермикин .....	168
<b>Лесные пожары и их экологические проблемы на территории Иркутской области</b>	
Л.И. Белых.....	170
<b>Теплоисточники малой мощности и их канцерогенная опасность для атмосферы городов Иркутской области</b>	
Л.И. Белых, М.А. Максимова .....	171
<b>Накопленный экологический ущерб здоровью работающих в производстве винилхлорида</b>	
Г.М. Бодиенкова, С.С. Тимофеева .....	173
<b>Complementary utilization of industrial solid wastes to prepare high-performance, green materials</b>	
W. Wang, X. Wang .....	174

<b>Обоснование параметров технологии подземной разработки золоторудных тел Коневи́нского месторождения</b>	
Д.С. Васильев.....	175
<b>Фармацевтические препараты и гигиенические средства в окружающей среде: пути попадания, мониторинг и методы контроля</b>	
С.А. Вернези .....	180
<b>Application of mathematical models for estimating emissions of the industrial enterprises of power on the Baikal region</b>	
V. Verkhosina, A. Safarov .....	181
<b>Качество пищевых продуктов как фактор риска общественного здоровья</b>	
И.В. Волчатова.....	182
<b>Электронная информационная модель регулирования обращения твердых коммунальных отходов в Красноярском крае</b>	
И.И. Галяутдинов, Г.И. Щадов, О.Л. Томшин.....	183
<b>Проблемы регулирования обращения твердых коммунальных отходов в Тункинской долине</b>	
И.И. Галяутдинов, Г.И. Щадов, С. Удаева .....	185
<b>The use of stable carbon and nitrogen isotope ratios in epiphytic mosses and lichens for air pollution studies in cities of the Western Siberia</b>	
A.V. Geraskevich, Y.V. Volkov, D.A. Kalashnikova, G.V. Simonova, A. Krainiukov .....	186
<b>Financial and economic criteria for choosing the method of recycling of construction waste</b>	
S. Globa.....	189
<b>Получение препарата для экологически безопасной защиты растений</b>	
О.М. Горелова, Л.В. Куртукова, С.Г. Русаков .....	190
<b>Сравнительная оценка профессиональных рисков предприятий нефтедобывающей и угольной промышленности Иркутской области</b>	
Н.В. Горленко, М.А. Мурзин.....	192
<b>Comparative assessment of occupational risks at enterprises of oil production and coal industries in the Irkutsk region</b>	
N V Gorlenko, M A Murzin .....	195
<b>Оценка экологического ущерба от нефтешламов на земельные ресурсы в Иркутской области</b>	
Н.В. Горленко, С.С. Тимофеева .....	198
<b>Ecobiotechnology in the process of industrial wastewater treatment of the closed mining enterprise as a guarantee of environment safety</b>	
K.E. Gula, L.T. Krupskaya, N.K. Rastanina .....	200
<b>Фильтрация высоковязких и сильно загрязненных сред с использованием комплексного силового воздействия на очищаемый поток жидкости</b>	
В.А. Девисилов, Е.Ю. Шарай .....	202
<b>Способ очистки сточных вод в комбинированном водоподготовительном комплексе</b>	
Л.Р. Джунусова, С.В. Чичерин .....	206
<b>Прогнозная оценка техногенных рисков при сливно-наливных операциях на нефтебазах</b>	
Т.И. Дроздова, А.С. Верещагина.....	209
<b>Audit of fire protection in buildings of trade purpose of Irkutsk</b>	
T. Drozdova, D. Drozdov .....	210

<b>Технологии восстановления земельных ресурсов при внешнем бестранспортном отвалообразовании</b>	
Ф.В. Дудинский, К.Б. Нечаев .....	210
<b>Study on axial force of pile body and particle breakage distribution of sand under single-pile penetration in calcareous sand</b>	
X. Deng .....	212
<b>Экология транспорта в России: проблемы и перспективы развития</b>	
Е.Н. Замараева .....	213
<b>Assessment of environmental risks to the health of the population of the southern Baikal region</b>	
S. Ivanova .....	216
<b>Оценка рисков для здоровья населения при употреблении сельскохозяйственной продукции, выращенной в зоне воздействия алюминиевого производства</b>	
С.В. Иванова, И.А. Рябчикова .....	216
<b>Organochlorine pollutants in recent lake sediments under specific conditions of anthropogenic impact</b>	
E. S. Kolpakova, A. V. Velyamidova, N. M. Kokryatskaya, N. V. Shvetsova, T. A. Koroleva .....	219
<b>Теоретические основы определения результативности мероприятий в области техносферной безопасности</b>	
А.И. Копытова .....	221
<b>Идентификация и оценка опасностей электротехнического персонала на складах нефтепродуктов</b>	
Д.М. Костин, Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин .....	225
<b>Обнаружение наноразмерных частиц загрязняющих веществ с помощью хронопикоамперметрии</b>	
Е. Ларионова, С. Романенко, А. Кагиров, М. Вилесов, К. Бразовский, С. Ким .....	226
<b>Управление риском аварии при эксплуатации нефтепроводов через водные объекты</b>	
Е. Ларионова, С. Романенко, А. Пацук .....	228
<b>Оценка экологических рисков чрезвычайных ситуаций на примере производства фтористого водорода</b>	
Е. Ларионова, И. Рубцова .....	228
<b>Влияние пылевых выбросов кремниевого производства на условия труда</b>	
М.С. Леонова, С.С. Тимофеева .....	229
<b>Анализ системы контроля радиационной обстановки на территории Томской области</b>	
М.С. Лисичкина .....	230
<b>Laser cleaning as an alternative electrodeposition pretreatment</b>	
X. Liu .....	231
<b>Environmental risks of the salt refinery of OJSC Tyretsk Solerudnik and the development of measures to reduce them</b>	
O. Nikitina .....	232
<b>Mathematical modeling of oil pollution in the river in case of damage to the pipeline</b>	
V. Perminov, S. Romanenko .....	232
<b>Исследование производственных рисков Иркутской области</b>	
А.М. Подкорытова, Е.А. Хамидуллина .....	233
<b>Природный резервуар – как геологическое тело для хранилища запасов гелия</b>	
Л.А. Рапацкая, М.Е. Тонких, А.О. Устюжанин .....	235



<b>Экспресс-метод на основе спектроскопии диффузионного отражения для определения ионов железа в водных объектах</b>	
С. В. Романенко, А. В. Гераскевич, Е. В. Ларионова .....	237
<b>Обработка статистических данных о производственном травматизме в Удмуртской Республике методами нечеткой логики</b>	
Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин.....	240
<b>Прогнозирование показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Удмуртской Республике</b>	
Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин, Е.С. Гайнатуллина .....	242
<b>Исследование и повышение эффективности мониторинга шумовой нагрузки и минимизации профессиональных рисков в условиях воздействия производственного шума</b>	
В. Сердюк, О. Владимова, Д. Алешков, Е. Бедрина.....	244
<b>Обеспечение безопасности труда на основе метода «Кривая Бредли»</b>	
В.С. Сердюк, В.В. Кулешов, Н.О. Ковальковская .....	245
<b>Оценка микротравматизма на основе комплексного показателя безопасности</b>	
В.С. Сердюк, В.В. Кулешов, Н.О. Ковальковская, Ю.С. Белоусова.....	248
<b>Problems of ecological safety of pharmaceutical manufactures and voltamperometric control of some medicine drugs</b>	
G. Slepchenko, O. Mezentseva, V. Kruykovskiy .....	250
<b>Защита водных объектов от загрязнения с использованием отходов от выращивания подсолнечника</b>	
В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова, А.В. Куталова .....	251
<b>Обоснование параметров рекультивации нарушенных земель при разработке россыпей</b>	
Б.Л. Тальгамер, Н.В. Мурзин, Д. Батжаргал .....	254
<b>Использование программы расчета пожарного риска для оптимизации затрат на выполнение противопожарных мероприятий</b>	
В.В. Телегин, Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин.....	256
<b>Оценка экологического риска горных предприятий по интегральному показателю пылевыделения</b>	
С.С. Тимофеева, М.А. Мурзин .....	258
<b>Специализированный пожарный извещатель для раннего обнаружения самовозгорания угля</b>	
С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов, С.С. Тимофеев, С.И. Латышева.....	261
<b>Вклад лесных и торфяных пожаров в загрязнение атмосферы на территории Иркутской области</b>	
С.С. Тимофеева, С.С. Тимофеев, В.В. Гармышев .....	263
<b>The best available technologies in oil production</b>	
E. Khamidullina, V. Uvarovskii .....	265
<b>Post-treatment of anaerobic digestate using composting technology</b>	
Y. Zeng.....	265
<b>Economic and environmental impacts of different types of environmental regulation</b>	
Z. Qi .....	265
<b>Оценка риска угрозы здоровью населения г. Томска при ингаляционном воздействии вредных веществ</b>	
К. Чернышкина, А. Вторушина, Ю. Анищенко.....	267

<b>Evaluation of the influence on the atmosphere of local aircraft enterprise and capability to reduce its emissions</b>	
E. Shevchenko .....	268
<b>Анализ системы смазок шарошечных долот</b>	
А.Н. Шевченко, С.Ю. Красноштанов, М.В. Рууз, В.А. Перфильев .....	268
<b>Проблема экологической безопасности питьевой воды в Иркутской области и Южной Финляндии</b>	
Т.И. Шишелова, В.В. Федчишин, L.I.A. Pulkkinen, P. Matti.....	271
<b>Секция 5. Зеленая химия</b>	
<b>Section 5. Green Chemistry.....</b>	<b>275</b>
<b>Platinum-containing nanocomposites based on humic substances from therapeutic mud</b>	
G. Aleksandrova, M. Lesnichaya, G. Dolmaa, B. Sukhov, D. Regdel, B. Trofimov .....	275
<b>Esterification of tall oil fatty acids by n-butanol in the presence of ion exchange resins</b>	
A. Govorin, N. Konovalov, N. Gubanov .....	275
<b>Перспективы применения дигидрокверцетина в неврологии</b>	
Е. Гусев, В. Шпрах, М. Мартынов, В. Бабкин, Л. Остроухова.....	276
<b>Фитосорбент на основе сосновых опилок</b>	
А. Денисенко.....	277
<b>Каталитическая конверсия жидких отходов переработки биомассы в условиях, соответствующих требованиям "зеленой химии"</b>	
Е. Колобова, Е. Пакриева, Д. Герман, А. Григорьева, А. Горбунова, Л. Прати, С. Карабинейро, Н. Богданчикова, А. Пестряков .....	278
<b>Зеленые технологии в рекультивации земель предприятий угольной промышленности</b>	
И.В. Кузнецова, С.С. Тимофеева .....	279
<b>Endogenous phthalates in plants and their alleged participation in defense response against phytopathogenes</b>	
L. Maksimova, A. Enikeev, J. Omelichkina, A. Semenov, T. Shafikova.....	281
<b>Атомэкономный синтез хлорпропенилсульфонов в отсутствии растворителя</b>	
V. Nikonova, A. Kaliev, N. Korchevin, I. Rozentsveig .....	282
<b>Применение метода математического моделирования для повышения ресурсоэффективности химических производств на примере процесса сульфирования линейных алкилбензолов</b>	
M. Pasyukova, I. Dolganova, I. Dolganov, A. Solopova, A. Bunaev.....	283
<b>Energy-efficient and environmentally-friendly flexible electronics by photochemical processing</b>	
R. Rodriguez, A. Lipovka, P. Postnikov, G. Murastov, A. Khalelov, E. Dorozhko, I. Amin, M. Trusova, J.-J. Chen, M. Chehimi, E. Sheremet .....	284
<b>Influences of nanoparticles on heat transfer and pyrolytic deposition of n-decane at supercritical pressure</b>	
Z. Han.....	284
<b>Synthesis and study of biodegradable proton-exchange membranes for pem fuel cells</b>	
A. Chesnokova, S. Zakarchevskiy, T. Zhamsaranzhapova, R. Usmanov, Y. Pozhidaev .....	285
<b>Cadmium-induced oxidative stress, histopathology, and transcriptome changes in the hepatopancreas of freshwater crayfish (<i>Procambarus clarkii</i>)</b>	
Y. Zhang.....	286
<b>Pyrolysis behavior of supercritical n-decane over nano nickel oxide MDOfield commercial HZSM-5</b>	
W. Zhou.....	287

<b>Секция 6. Экологическая биотехнология, зеленая экономика: проблемы и перспективы</b>	
<b>Section 6. Biotechnology Contribution for Sustainability</b>	288
<b>Использование ризосферных микроорганизмов в биоремедиации почв, загрязненных нефтью</b>	
Л. Беловежец, М. Третьякова, Ю. Маркова, А. Левчук, С. Адамович, Е. Оборина, И. Ушаков	288
<b>Исследование низкотемпературных свойств смесей дизельное топливо – биодизельное топливо – низкотемпературная присадка</b>	
N. Belozertseva, M. Kirgina, I. Bogdanov, A. Balzhanova	289
<b>Desorption of microorganisms with hydrophobized surfaces</b>	
I.A. Bogdanova, E.Yu. Konovalova, A.B. Kupchinskiy, G. O. Zhdanova	290
<b>Ecologically safe technology of enrichment of bread with selenium</b>	
T. Katsurba	292
<b>Инновационные технологии в производстве хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий</b>	
V. Filatov, S. Paschuk, A. Pritchina, O. Voskanyan, T. Bulavina	293
<b>Биоэкономика Иркутской области: состояние и перспективы развития</b>	
Е.Ю. Панасенкова, С.С. Тимофеев	293
<b>Effects of Turbulence Intensity and Double Ignition on Flame Propagation Characteristics and Thermal Efficiency of CNG Engine</b>	
Y. Miao	297
<b>Fe–N–C nanocatalysts synthesized by alkali precipitation for high-efficiency electrocatalytic oxygen reduction reaction</b>	
J. Ma, Y. Song	298
<b>Developing sustainable electrocatalysis materials by understanding structure-activity-durability relationships</b>	
D. Geng	299
<b>Fostering green innovation in functional materials and surface engineering</b>	
L.W.M. Lau	300
<b>Design and optical analysis of a novel high-flux refracting concentrating solar simulator</b>	
W. Wang, Y. Shuai	301
<b>High-Flux Solar-Driven Thermochemical Dissociation of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O</b>	
Y. Shua, B.G. Lougou, H. Tan	301
<b>Microbial electrochemical systems centered wastewater treatment technology: Superiority and Challenges</b>	
Y. Feng	302
<b>Microfluidics and its application in environment</b>	
K. Sun	304
<b>Adsorption of estrone with few-layered boron nitride nanosheets: kinetics, thermodynamics and mechanism</b>	
G. Liu	306
<b>Research on the relationship between consumption and total quality management activities of enterprises</b>	
C. Chu	307
<b>Evaluation of regional green development level and study of influencing factors</b>	
Y. Yafen	308

<b>Review of semiconductor pulsed power switches</b>	
L. Liang .....	309
<b>Human cell consumption of radiation energy</b>	
C. Song .....	310
<b>Evidence-based Proposition about preventing radiation damage</b>	
H. Wu, W. Shaoxuan .....	310
<b>Performance analysis and optimization of a household radiant cooling/heating system integrated with fresh air supply</b>	
Y. Yin, Y. Wang, X. Zhang .....	311
<b>Научные основы обеспечения экологической безопасности территорий как основа устойчивого развития городов</b>	
Е. Котлярова.....	311
<b>Applying large volume plasma discharges in water to cleaning of lakes and marshes</b>	
C. Zhang .....	312
<b>Laser methane remote detector</b>	
B. Yang.....	313
<b>Study on the strategy of greening transformation for industrial buildings-taking Liaoyang paper machinery factory as an example</b>	
B. Xue.....	314

# **Секция 1. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в строительстве и ЖКХ**

## **Section 1. Energy Saving and Energy Efficiency**

### **Влияние температуры на прочность твердеющего портландцемента**

Ю.А. Абзаев, А.И. Гныря, С.В. Коробков, Д.О. Дудов, Д.А. Михайлов  
*Томский государственный архитектурно-строительный университет*  
*korobkov\_1973@mail.ru*

#### **Введение**

Лабораторные испытания бетонных изделий относятся к дорогостоящим и трудоемким операциям. Модельное тестирование свойств портландцемента, как связующего, позволяет значительно сократить время, материалы, человеческие ресурсы при определении физико-химических свойств бетонов, которые используются на практике после 28 дней твердения. Твердение портландцемента это сложный процесс, включающий в себя большое число механизмов, каждый из которых описывается собственной группой переменных. Для систематического описания закономерностей твердения портландцемента необходимы количественные данные об исходном фазовом составе, водоцементном отношении, энергии активации растворения клинкерных фаз, тепловыделении при формировании промежуточных и конечных продуктов, пористости, доле связанной влаги, ионном составе (электропроводность) водного раствора, влажности среды и внешних условий, составе и доле продуктов гидратации, упругих характеристиках продуктов гидратации. Экспериментальное изучение перечисленных свойств на основе описания всей совокупности переменных портландцемента как иерархической системы является затруднительным. Необходимо привлечение модельного описания процессов затвердевания портландцементов. К наиболее мощным инструментам модельного предсказания прочностных характеристик цементов относится программный комплекс VCCTL [1–3].

Целью настоящей работы является исследование закономерностей твердения портландцемента марки Цем I 42,5Б (г. Топки) в течение 28 дней в температурном интервале  $T = (0 \dots 99) \text{ }^{\circ}\text{C}$  в программном комплексе VCCTL при водоцементном отношении 0,40.

В качестве объекта исследования была выбран портландцемент, состав которого аналогичен цементу, изготавливаемому на Топкинском цементном заводе.

#### **Материалы и модельное приближение**

Основой объекта исследования был выбран портландцемент Цем I 42,5Б (г. Топки). Исследуемый портландцемент в качестве связующего используется при изготовлении тяжелых бетонов с высокими эксплуатационными характеристиками. Химический состав позволяет рассчитать минералогическое содержание портландцемента по формулам Боггу [4]. Было установлено, что содержание силикатов кальция в 100 граммах составляет примерно: алита – 61,06, белит – 13,62 граммов; феррита – 12,79 и алюмината – 6,50 граммов. В таблице приведены также содержание воды 40, кислорода 0,34 граммов, которые использовались при моделировании гидратации. Водоцементное соотношение (В/Ц) было выбрано равным 0,40.

Эти данные являются основными входными параметрами моделирования твердения портландцемента в программном комплексе VCCTL [1-3]. В программном комплексе VCCTL трехмерная микроструктура цементной пасты воспроизводится по

данным электронномикроскопических изображений плоских структур, по которым восстанавливаются плотности частиц клинкерных фаз на основе элементного анализа, автокорреляций соседних пикселей, размеров капиллярно-пористых структур. Механические, физические и транспортные свойства вычисляются как функции разрабатываемых микроструктур, если известны распределение и свойства исходных клинкеров и энергия активации, скорости химических реакций. Совокупность иерархически организованных количественных переменных позволяют оценить служебные свойства портландцементов в течение длительного периода.

### Обсуждение результатов исследований

Определенный интерес представляют результаты соответствия экспериментальных и модельных прочностных характеристик, полученных в рамках комплекса VCSTL для исследуемого портландцемента. В настоящей работе сравнивались значения предела текучести [5], полученные при разных температурах  $T=20, 40, 50$  и  $70$  °С в зависимости от времени твердения портландцементов, и предсказанных модулей Юнга для  $V/C = 0,4$ .

При указанных температурах деформация образцов в форме кубиков размером  $2 \times 2 \times 2$  см осуществлялась сжатием в испытательной машине Instron со скоростью  $0.5$  мм/мин. Результаты аппроксимации кубическим многочленом приведены на рис. 1. В табл. 1 приведены параметры многочлена 3-ей степени и коэффициенты детерминации  $R$ .

Таблица 2. Параметры аппроксимации многочленом 3-ей степени.

Т, °С	Параметры				R
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	
20	-4035,7725	633,2368	-33,21594	0,59033	0,977
40	$-2,15796 \times 10^5$	32295,69888	-1611,3106	26,80448	0,975
50	$-1,3263 \times 10^6$	$1,93898 \times 10^5$	-9449,7450	153,5290	0,922
70	$-1,20731 \times 10^7$	$1,73795 \times 10^6$	-83394,776	1333,9097	0,946
Примечание: $a_0, a_1, a_2$ и $a_3$ – параметры многочлена 3-ей степени.					

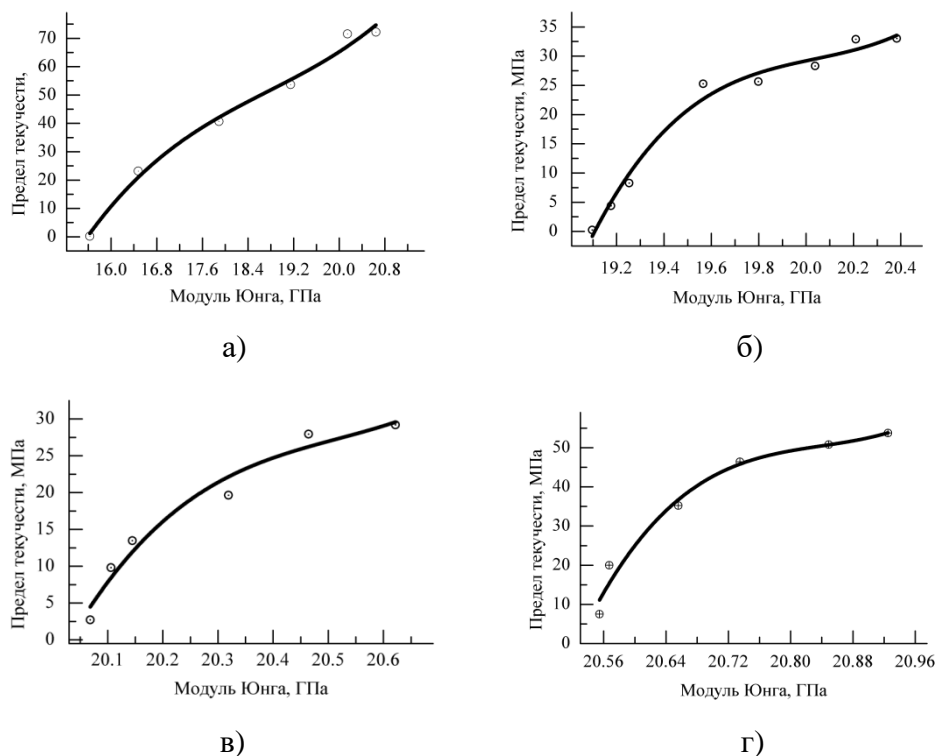


Рисунок. 1. Аппроксимация зависимости предела текучести от модуля Юнга портландцемента при разных температурах:  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (а);  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (б);  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (в) и  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (г).

Из результатов на рис. 1 следует, что предел текучести находится в корреляционной связи с модулем Юнга с высокой достоверностью, с ростом времени твердения предел текучести возрастает практически на порядок при температурах  $T = 20, 40, 50, 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Аппроксимация многочленом 3-ей степени позволила установить, что с повышением температуры интенсивность роста предела текучести значительно возрастает (параметр  $a_1$ , табл.1). Существенный рост прочности, по-видимому, определяется ростом кристалличности портландита и С–S–Н.

### Выводы

Таким образом, прогнозирование свойств твердеющего портландцемента Цем I 42,5Б в течение 28 дней в комплексе VCSTL позволило установить зависимости от времени вариации тепловыделения, количественного содержания клинкерных фаз и гидратов, пористого пространства исследуемого портландцемента. Портландцемент Цем I 42,5Б в пределах 28 суток гидратируется на  $\sim 0,75$ , и в дальнейшем интенсивность данного процесса монотонно замедляется выходя на насыщение. Показано, что алюминат практически полностью растворяется в пределах 28 дней, алит интенсивно растворяется в начальный период (200 часов). Моделирование в VCSTL позволило определить количественное содержание основных продуктов гидратации: С–S–Н, портланддит суммарная доля которых существенно возрастает за период до 672 часа. Прочностные свойства определяются в основном С–S–Н и С–Н. Эффективные значения упругих модулей значительно возрастают в период до 400 часов, в дальнейшем их рост выходит на насыщение, достигая значительных величин,  $K = 16,79$  ГПа;  $G = 8,90$  ГПа;  $E = 22,69$  ГПа. Адекватность модельных расчетов в VCSTL применительно к исследуемому твердеющему портландцементу подтверждена степенной зависимостью предела текучести третьей степени от модуля Юнга с высокой

достоверностью. Можно полагать, что накопление прочности портландцемента определяется ростом кристалличности основных фаз портландита и С–S–Н.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-08-01025).

### Список литературы

1. <http://ciks.cbt.nist.gov/monograph>
2. D. P. Bentz, A Three-dimensional cement hydration and microstructures program, Pt I Hydratation Rate, Heat of Hydration and Chemical Shrinkage, Report NISTIR 5756 (Gaithersburg, U.S. Department of Commerce, 1995). Pp 1–47.
3. D. P. Bentz, CEMHYD3D: A Three-dimensional cement hydration and microstructure development modelling package version 3.0, Report NISTIR 6485 (U.S. Department of Commerce, 2000).
4. Тейлор, Х. Химия цемента. М.: Мир, 1996. 560 с.
5. A. I. Gnyrya, Yu. A. Abzaev, S. V. Korobkov, K. S. Gauss. Phase analysis of hydrated Portland cement / IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 193. 012010. Pp.18–22. Doi: 10.1088/1755-1315/193/1/012010.

### Экспериментальное исследование плит перекрытия многоэтажных зданий с гибкими связями

К. Бактыгулов, Б.С. Ордобаев, А.М. Зулпуев, Ш.С. Абдыкеева  
*Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан*  
*Кыргызско-Турецкий университет Манас, г. Бишкек, Кыргызстан*  
*ordobaev@mail.ru*

Монолитные железобетонные перекрытия со стальными профилированными настилами широко применяются при строительстве высотных зданий за рубежом, особенно в дальнем зарубежье (США, Франция, Германия, Италия, Япония, Чехия, Польша, Австрия и др.) [ 2, 7, 8, и др. ]. В выше указанных исследованиях объединение бетона с профилированными настилами осуществлялось нанесением на поверхность листа шероховатостей различной формы и направления, приварка к гребням настила поперечных планок, арматурных стержней. Совместная работа же плиты перекрытия с балками осуществлялась, в основном, за счет приварки вертикальных штырей – стабболтов к последним [1, 4, 7, 5, 6, 8 и др. ].

При обеспечении надежной совместной работы плиты перекрытия со стальными балками расход стали снижается в пределах 15 – 34 %. Замена же стальных балок на железобетонные снижает металлоемкость на 22,1% [10].

В данном исследовании изучена работа гибких связей, осуществляющих совместную работу монолитной железобетонной плиты, имеющей внешнюю арматуру в виде гладкого стального профилированного настила с узкими ребрами вниз и железобетонной балки специальной конструкции. Целью данного исследования являлась изучение поведения ребер связей объединения составляющих элементов такого составного сечения. Для достижения данной цели важное значение имеет правильный выбор схемы испытания, которая должна максимально точно описывать поведение связей при реальной работе конструкции.

Наиболее широко используются исследователями схемы испытания анкеров в двойных образцах (рис. 1а), представляющих собой стальной двутавр с приваренными к обоим полкам анкерами, которые замоноличиваются в двух бетонных плитах. Такая схема испытаний встречается в работах, проведенных в Англии, США, ФРГ, Франции,



Италии и России [3]. Недостатками такой схемы испытания являются: сложность изготовления, взаимное влияние прочности и деформативности бетона каждой плиты на результаты исследований, а также несложность доведения до разрушения анкерных связей в обеих плитах.

Образцы, в которых анкеры имеют значительную длину, испытывают по схеме, применяемой в НИИЖБ (рис. 1б). При этом представляется возможность контролирования величины сдвигающего усилия, приходящегося на каждый анкерный элемент при помощи тензорезисторов, наклеенных на тяги [10]. Однако и при такой схеме нагружения не удастся довести до разрушения все анкерные связи.

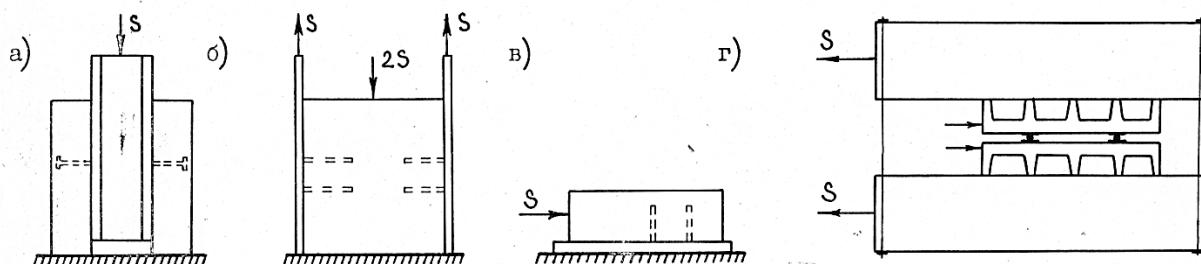


Рис. 1. Схемы испытания образцов на сдвиг.

Известна также схема испытания анкерных связей в одиночных элементах (рис. 1в).

Перечисленных недостатков лишена схема испытания двойных независимых образцов в замкнутой системе (рис. 1г).

Сдвигающая нагрузка на опытные образцы прикладывалась от двух гидравлических домкратов с помощью металлических траверс через трехслойные фанеры, которые были приложены к бетонной плите. Нагрузка создавалась ступенями, которые составляли  $(1/15 \div 1/8) \cdot P_p$ , т.е. долями от предполагаемой разрушающей нагрузки. Индикаторы часового типа фиксировали сдвиги плиты в каждом ребре относительно балки (рис. 2). Установленный на торцах плит прогибомер измерял её общий сдвиг относительно фрагмента балки.

Деформирование плиты в продольном и поперечном направлениях бетона плиты фиксировались тензорезисторами, наклеенными на неё по направлению ребер и по линии размещения анкерных стержней, выпущенных из прогона (рис.3).

К испытанию на действие горизонтальной сдвигающей силы подвергались шесть образцов, состоящих из фрагментов ребристой плиты и прогона (рис. 2 и 3). По показаниям приборов на стадии нагружения, равной 0,4 от разрушающей, работа связей была упругой (рис. 2).

Как показали испытания, сдвиговые деформации увеличивались в линейной зависимости от величины прикладываемой силы. С ростом нагрузки произошло смятие бетона под анкерами, на что указывает искривление линии деформирования. При доведении нагрузки равной 60% от разрушающей с дальнего торца плиты появились трещины в форме пирамиды вокруг анкерного стержня.

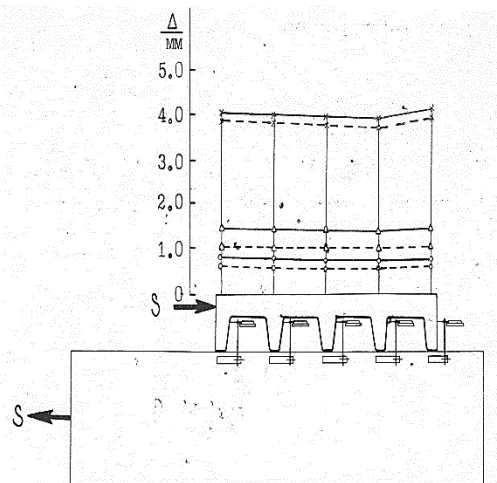


Рис. 2. Схема размещения приборов и деформации сдвига ребер плит относительно прогона. --o--50 кН; —o— 55 кН; --^--60 кН; —^— 65 кН; --\*--60 кН; —x— 55 кН;

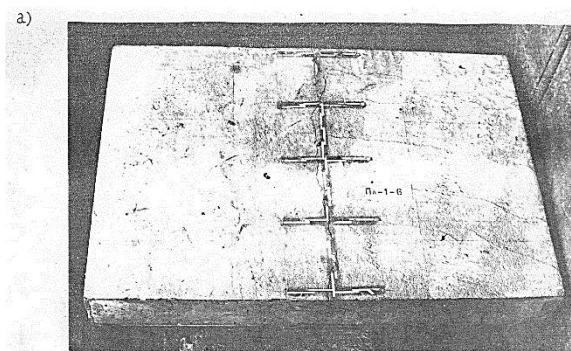


Рис. 3. Схема размещения тензорезисторов и характер образования трещин по плите

В результате данного исследования работы гибких связей на сдвиг можно сделать следующие выводы: гибкие связи на действие сдвигающего усилия при его величине равной 40% от разрушающей работают упруго; при нагрузке равной 60% от разрушающей бетон под анкерами получает смятие и в поперечном направлении испытывает растягивающие напряжения, превышающие его сопротивление на растяжение; разрушение конструкции с гибкими связями происходит в результате среза ребер и отслаивания листа от бетона; стальной профилированный настил как внешняя арматура со стороны действия сдвигающей силы испытывает большие растягивающие, а в дальних гофрах сжимающие напряжения; наряду с классическим разрушением по нормальному сечению для конструкций с гибкими связями возможно и разрушение по связям; несущая способность монолитных железобетонных перекрытий с гибкими связями зависит от прочности и жесткости элементов связи между плитой и балкой.

### Список литературы

1. Выбор оптимальных конструкций перекрытий с применением стальных профилированных листов (ЧССР). –М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1972. сер. VIII, вып. 19, с. 10-13.

2. Деллер Э. Развития стальных перекрытий коробчатого профиля. – Гражданское строительство. Журнал американского общества инженеров. 1971, № 7, с.33-39.
3. Колбасин В.Г. Плиты с арматурой из профилированного стального настила. – бетон и железобетон, 1980, № 1, с.11-13.
4. Конструкции зданий с применением стальных профилированных листов (ЧССР). –ЦИНИС. Реферативный сборник. 1973. сер. VIII, вып. 7, с. 6-8.
5. Конструкции комбинированных перекрытий с применением стальных профилированных настилов (обзорная статья). –М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1977, сер. VIII, вып. 9, с. 62-66.
6. Коснтукции многоэтажных зданий с применением стальных профилированных настилов “Hologib” (ФРГ). –М.: ЦИНИС. Реферативный сборник, 1975, сер. VIII, вып. 21, с. 10-13.
7. Конструкции перекрытий с применением стального профилированного настила. –М.:ЦИНИС. Реферативный сборник. 1980, сер. VIII, вып. 2, с. 4-8.
8. Конструкции сталежелезобетонных перекрытий типа “RESO” (Австрия). – М.:ВНИИС. –Экспресс информация. 1981, сер. 8, вып. 1.
9. Комплексные сталежелезобетонные конструкции перекрытия многоэтажных зданий (США, Япония). –М.:ЦИНИС. Реферативный сборник. 1975, сер. VIII, вып. 14, с. 2-7.
10. Петров И.А., Рабинович Р.И., Наргизян Э.А. Монолитные перекрытия с внешней арматурой из стального профилированного листа. –Промышленное строительство, 1981, № 7, с.11-13.

## **Direct electric preheating of the concrete mix as an element of precast concrete producing technology**

M. Batyuk, V. Ushakov, A. Gnyrya

*National Research Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: mb110@yandex.ru*

Thermal curing, used for acceleration of concrete solidification, is an integral and most energy-consumed stage in precast concrete production technology. The most widespread way of its implementation is steam curing, for which boiler houses operating on mineral fuels are required. Methods of product heating by combustion products of various types of fuel, more often – natural gas, burned directly in the curing chamber, are also used. The use of these methods is accompanied by significant technological losses of heat and emissions polluting the atmosphere.

One of the ways to reduce the negative influence on the environment and improve the energy efficiency of the technological process of precast concrete producing is direct electric preheating of the concrete mix. The benefits of this approach will rise with the increasing of the share of electricity produced by "clean technologies" (using renewable energy resources, increasing the share of nuclear and thermonuclear energy).

Direct electric pre-heating is an element of the winter concreting technology, which makes it possible to pour the concrete mix on the frozen base and facilitates to the achievement of the critical strength of concrete before the appearance of water aggregative transition in it. The use of this technological approach in the heated manufactories conditions

will make full use of its other features, promoting to the improvement of the energy efficiency of the production process and the quality of concrete, namely: reduction of energy consumption for heating of equipment elements (due to direct heating of the mixture); intensification heat evolution of concrete; ensuring the uniform heating of the mixture throughout the bulk, etc. However, in the precast concrete production technologies this method is not widely used. This is due primarily to the lack of practical experience in the implementation of this method (isolated cases), the lack of regulatory and technical basis of the narrow field under consideration, the imperfection of existing equipment for direct electric preheating of concrete mixtures.

The authors are developing a procedure for the incremental implementation of direct electric pre-heating of the concrete mixture into conventional factory technology, and working to improve the equipment and modes of its implementation.

## **Energy-efficient retrofit of evaporation station for calcium chloride production: the case for Russian Federation**

S. Boldyryev

*Tomsk Polytechnic University*

*stas.boldyryev@gmail.com*

### **Introduction**

The problem of energy efficiency in process industries is a hot topic since the first energy crisis in the second part of the 20<sup>th</sup> century. Nowadays, this issue is becoming more complex accounting global warming and different kinds of wastes. The chemical industry is still one of the most energy-intensive production sectors that generate a huge amount of solid, liquid and gaseous wastes. Calcium chloride is one of the most used inorganic salts. It is the most widely used non-sodium containing de-icing agent [1]. It is also used as an additive to the cement for oil and gas wells and to increase mud fluid densities in oil and gas wells drilling as reported in [2]. Innovative applications of calcium chloride are the use as the component of molten salts mixture in silicon nanowires and fine tungsten powder production [3]. The main feedstock of calcium chloride is a by-product of the Solvay Process of soda ash production that is dominated in Europe and Asia [4]. The last trend of sustainable development presumes to develop both new processes and retrofit in a new way accounting global environmental problems. In work [5] reported that Process Integration is a systematic technique and is based on insights and optimisation. However, the real completed projects have shown the features and local methods for applications in different industries as for chemical production was shown in [6]. In [7] used a Monte Carlo simulation to analyse the effect of stream data variation on the economic performance of retrofit designs. In [8] proposed the ways to achieve the objectives of the retrofit in the context of administrative and technical restrictions considering different retrofit options. In [9] solved an objective by a general superstructure and a Mixed-Integer Nonlinear Programming model for the synthesis and simultaneous optimisation and Heat Integration of Single- and Multiple-Effect Evaporation. The novelty of this paper is an application of the hybrid method for Heat Integration and the retrofit of an existing unit. The method uses simultaneously the Pinch approach and process modification minimising the investment and maximising the overall profit. The detailed simulation of heat exchange equipment and process changes were applied to get a technically feasible and economically beneficial retrofit option.

## Materials & methods

The proposed methodology is based on the detailed simulation of process flowsheet maintaining the operation mode and remain unchanged the capacity or improve it. The analysis of all process streams was executed including thermophysical properties of the brine NaCl/CaCl<sub>2</sub> in the water. To generate the brine properties the next VMGThermo methods were used:

- Flash Method: Integral;
- Critical Method: Local liquid pseudo critical;
- Liquid and vapour method: UNIQUAC/Ideal/Chemical;
- Bulk liquid-liquid properties: Mass weighted average.

The energy targets, Pinch temperatures and thermodynamic limits were obtained by Composite Curves. Another Process Integration approach, namely Grid Diagram, were used to identify the structure of the heat exchangers network and the bottlenecks finding [10]. The retrofit options were considered accounting Pinch principles, process changes, feasibility, investments and economic benefits. All changes in the process flow diagram (PFD) were done systematically to achieve energy targets. Some process constraints as a mixers position and the brine concentration prior to the evaporation unit were considered as soft with minor changes.

All retrofit options were checked for the feasibility, flowsheet complications, safety reasons and operation mode changes. From another hand, the economic attractiveness of retrofit options was checked in term of the investment. The selected project should be energy efficient, simple, economically beneficial and suitable for further PFD improvement.

## Case study

This case study provides an analysis of existing calcium chloride unit which uses a sludge of salts mixture as a feedstock. The production of liquid calcium chloride consists of 3-stage evaporation and vacuum evaporation units, two shell-and-tube heat exchangers, hydrocyclone and several tanks and pumps (Fig. 1). The unit capacity is 16.5 t/h of CaCl<sub>2</sub> (14 % mass).

The plant expertise identified more than 50 streams both process and energy but only 12 of them may be considered while the heat integration. Other streams remain unchanged as well as equipment associated. Targeting procedure shows that the utility requirements for heating and cooling of the current process are 14.7 MW and 10.7 MW. The minimum temperature approach of the current process is 12 °C and it is placed on 1<sup>st</sup> evaporator E1. The Grid Diagram of existing calcium chloride production some bottlenecks. The energy consumption of the existing process is 19.1 MW and 15.0 MW that is much higher than energy targets. The Grid Diagram (Figure 2a) shows that some basic Pinch principles are violated, this is one of the main reasons for high energy consumption. Besides, the solution is fed to the 1<sup>st</sup> evaporator with a temperature of 36 °C that is much lower than the boiling point of the first stage. The retrofit option must avoid process traps and remain the quality of the product.

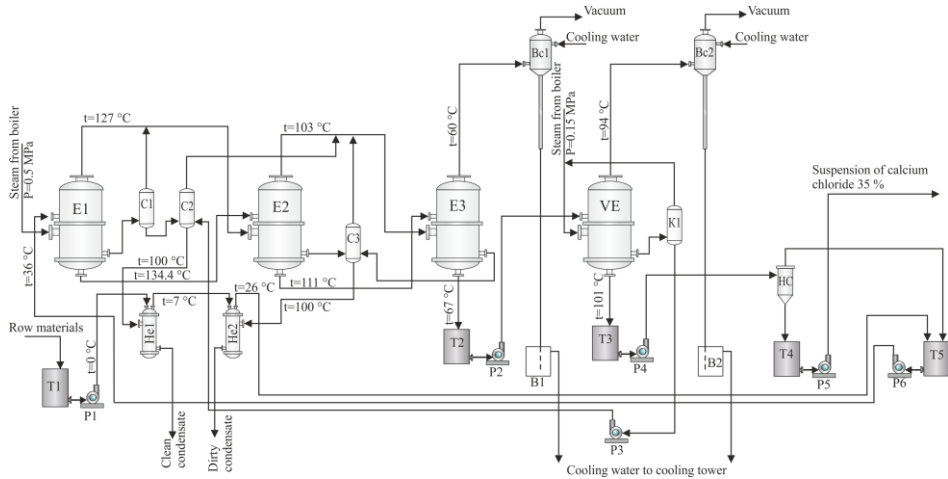


Figure 1. PFD of calcium chloride production:

E1-E3 – evaporators; VE – vacuum evaporators; C1-C3 – separators; K1 – condensate trap; Bc1-Bc2 – barometric condensers; T1-T5 – tanks; B1-B2 – barometric tank; P1-P6 – pumps; He1-He2 – heat exchangers; HC – hydrocyclone.

The present case study demonstrates the most appropriate retrofit options that are presented by the Grid Diagrams in Figure 2b. The proposed retrofit option 1 supposes to use one new heat exchanger He3 to avoid cross-Pinch by heat exchangers He1 and He2. Besides, the mixing of raw materials and recycle stream is placed before the heat exchangers He1 and He2 to increase the driving forces in these heat exchangers. It makes possible to utilise additionally 2.6 MW of the low potential waste heat and to use existing heat exchangers. The inlet temperature of the 1st evaporator is increased up to 80 °C that improves the operation mode and reduce energy input from the boiler house.

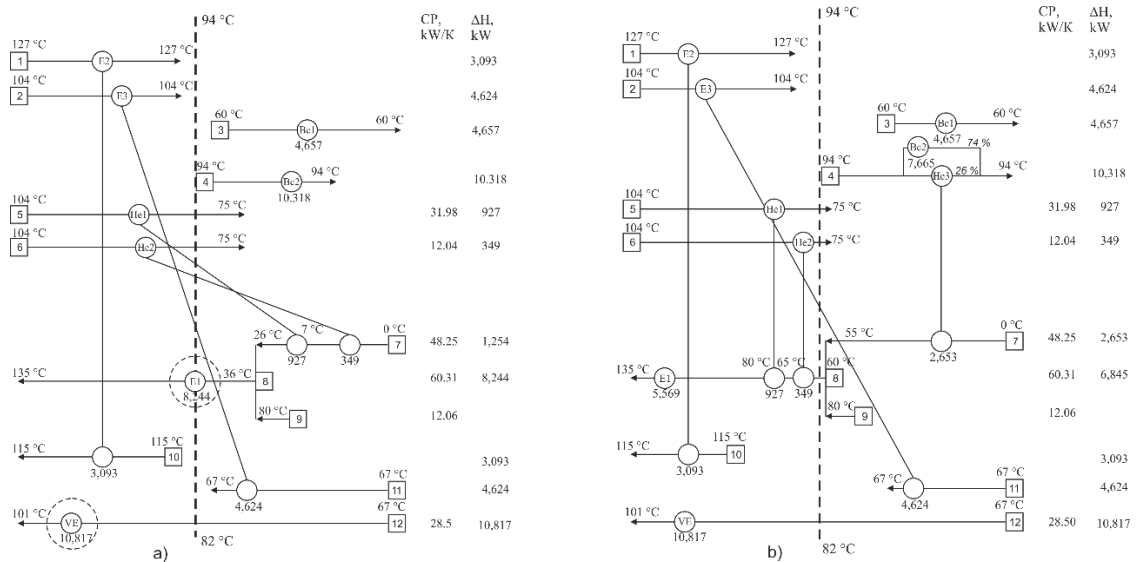


Figure 2. Grid Diagram of calcium chloride production:

a – existing process; b – retrofit option.

## Results & discussion

The proposed retrofit of calcium chloride production saves more than 2.5 MW of waste heat with investments of 55,000 EUR. The heat load of new heat exchanger He3 cannot be increased due to driving forces of He1 and He2. If the He3 heat load and heat transfer area are increasing the efficiency of He1 and He2 will be reduced and 1st evaporator inlet

temperature reduced too. So, such changes would be useless. Nevertheless, there is a potential of the 1st evaporator inlet temperature increasing but it presumes to utilise more energy to heat inlet stream by enhancing the heat transfer in He1 and He2. It needs additional investments and detailed analysis of heat transfer, hydrodynamic and pressure drops.

### **Conclusion**

The results of this work demonstrate the potential of waste heat recovery of calcium chloride production. It was shown that the process requires the development of local methods and detailed simulation of PFD to get a feasible and economically viable solution. The energy-saving retrofit of the current process shown by the case study reduces the heat demands by 17 %. The results of this work may contribute to the environmental situation of the Russian Federation for energy and water savings.

### **References**

1. Nixon W.A. Economics of using Calcium Chloride vs. Sodium Chloride for deicing/anti-icing. TR488. University of Iowa. USA, 2008.
2. Al-Yami A.S., Ramasamy J., Wagle V. // J. of Chem. 2017. Vol. 6. No 4. 1-14.
3. Tang D., Xiao W., Yin H., Tian L., Wang D. // J. of Electr. Society. 2012. Vol. 159. No. 6. 139-143.
4. EC. Large Volume Inorganic Chemicals – Solid and Other Industry, Reference Document on Best Available Techniques. 2007.
5. Čuček L., Boldyryev S., Klemeš J.J., Kravanja Z., Krajačić G., Varbanov P.S., Duic N. // J. of Clean. Prod. 2019. No 211, 884–894.
6. Boldyryev S., Varbanov P.S. Chem. Eng. Trans. No 39. 2014. 1423-1428.
7. Lal N.S., Atkins M.J., Walmsley M.R.W., Neale J.R., Walmsley T.G. // Chem. Eng. Trans. 2018. No 70. 1015-1020.
8. Ulyev L., Vasiliev M., Boldyryev S. // J. of Env. Manag. 2018. No 222. 454-464.
9. Ahmetović E., Ibrić N., Kravanja Z., Grossmann I.E., Maréchal F., Čuček L., Kermani M. // Energy. 2018. No 158. 1160-1191.
10. Klemes J.J., Varbanov P.S., Alwi S.R.W., Manan Z.A. Sustainable Process Integration and Intensification: Saving Energy, Water and Resources. Berlin, Germany: Walter de Gruyter GmbH, 2018. 252.

## **Декомпозиция профиля предпочтений при представлении данных энергетических обследований**

М.А. Борисова, С.В. Муравьев

*Томский политехнический университет*

*e-mail: marits@tpu.ru*

Наряду с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии, ресурсосбережение является важнейшим фактором поддержания устойчивости общества. Эффективным инструментом ресурсосбережения является систематическое проведение энергоаудита.

Авторами в [1] предложен основанный на агрегировании предпочтений метод, позволяющий представить большой объем данных инструментальных обследований потери энергии подстанциями сетей распределения электрической энергии в форме компактной интегральной оценки в порядковой шкале, удобной для принятия решений и визуализации. Для целей анализа удобно разбить исходный профиль предпочтений, состоящий из  $m$  ранжирований  $n$  подстанций по признакам, характеризующим потери

электрической энергии, на подпрофили. Например, такими признаками могут быть потери в распределительных линиях, потери в силовых трансформаторах, климатические потери и т.п. Разбиение на подпрофили может быть проведено, например, следующими тремя способами: по пропускной способности, по географическому расположению и по конечному потребителю.

Благоприятное свойство метода агрегирования предпочтений заключается в том, что декомпозиция профиля не приводит к существенному изменению результата обработки данных энергетического аудита. Справедливость этого утверждения была доказана путем сравнения полученных итоговых ранжирований подпрофилей с итоговым ранжированием, полученным для исходного (недекомпозированного) профиля. Результат сравнения показал, что итоговые ранжирования декомпозированных и исходного профилей существенным образом совпадают.

Процесс и результаты анализа данных энергетического обследования рассмотрены на примере множества подстанций предприятия магистральных электрических сетей Хакасии, которое входит в состав магистральных электросетей Сибири Единой Национальной электрической сети России [2].

Работа поддержана Российским научным фондом, проект № 18-19-00203, в части разработки метода агрегирования предпочтений.

#### **Список литературы**

1. Муравьев С.В., Борисова М.А. Агрегирование предпочтений в интерпретации данных энергетических обследований // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 12. С. 155–163.

2. Федеральная Сетевая Компания Единой Энергетической системы [Электронный ресурс]. URL: [http://www.iea.org/media/translations/eer\\_ru.pdf](http://www.iea.org/media/translations/eer_ru.pdf) (дата обращения: 29.05.2019).

### **Поиск путей снижения расхода топливно-энергетических ресурсов в производстве сахара**

С.В. Голобоков, Т.Ю. Бростилова, Г.К. Трифионов, А.С. Сачков

*Пензенский государственный университет*

*e-mail: golobokov\_sv@mail.ru*

Анализ состояния отрасли и эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) проведен на примере трех предприятий Поволжья – Бековского, Каменского и Балашовского сахарных комбинатов. По объемам производства Поволжье не является лидером в сахарной промышленности России, но особенности функционирования, тенденции развития и условия рынка оказываются типичными для других регионов и предприятий России [1].

Основные технико-экономические показатели производственной деятельности предприятий в 2017 г. представлены в таблице 1. Все предприятия находятся примерно на одинаковом уровне, имеют одинаковые показатели по мощности и производительности труда. Проектная мощность комбинатов составляет 4000 т свеклы в сутки, а после реконструкции – возрастает до 8000 т свеклы в сутки.



Таблица 1. Основные технико-экономические показатели

Наименование	Единица измерения	Сахарный комбинат		
		Бековский	Каменский	Балашовский
Объем производства сахара	т	90 921	122 003	33 482
Потребление ТЭР по сахару	тыс. т у.т.	31,154	41,091	20,201
Стоимость ТЭР по сахару	тыс. руб.	128 488	143 165	76 891,96
Потребление воды, всего	тыс. м <sup>3</sup>	1124	1240	658
Энергоэффективность производства сахара	т.у.т./ тыс. руб.	0,0132	0,0168	0,0386
Доля платы за ТЭР в стоимости продукции	%	5,27	5,8	15
Удельный расход моторного топлива в сырье	л./т	4,4	4,67	4,82
Доля оплаты за ТЭР в сырье	%	22	18	26
Транспортировка сырья	л/т	8	6,4	7,2
Доля ТЭР т.у.т от массы сырья	%	4,5	4,8	5,3

Производство сахара – одно из самых энергоемких в пищевой промышленности [2]. Технологическое оборудование потребляет значительные объемы тепловой и электрической энергии. Для обеспечения нужд основного производства все комбинаты имеют собственные электростанции. В технологических процессах подачи сырья и отгрузки продукции задействован машинно-транспортный парк, значительную долю в ТЭР содержит моторное топливо.

В таблице 2 приведен детальный анализ расходования различных видов энергоресурсов. Первичным топливом для электростанций в настоящее время является природный газ. В 5 и 6 строке показаны объемы выработки тепловой и электрической энергии.

Таблица 2. Объемы расходования различных видов ТЭР

№	Наименование	Единица измерения	Сахарный комбинат		
			Бековский	Каменский	Балашовский
1	Электрическая энергия	тыс. кВт-ч	2448	1897	892
2	Природный газ	тыс. м <sup>3</sup>	28 046	33 886	16 012
3	Моторное топливо	тыс. л	443	304,2	491
4	Твердое топливо	т	1516	1814	1060
5	Тепловая энергия (технол)	Гкал	186 725	226 390	92 358
6	Электроэнергия (технол)	тыс. кВт-ч	18 778	20789	11279
7	Потребление энергетических ресурсов, всего	т.у.т.	34 805,01	41 449,89	20 250,88
8	Уд расход тепловой энергии	Гкал/ т	1,593	1,856	1,886
9	Уд расход электрической энергии	кВт-ч/ т	160,201	170,397	230,419
10	Уд расход моторного топлива	л. / т	3,779	2,493	10,031
11	Уд расход твердого топлива	Кг / т	12,9	14,9	21,7
12	Уд расход моторного топлива в сырье	л./т	4,4	4,67	4,82

В строке 10 представлен комплексный показатель – энергоёмкость производства. Для применяемого оборудования он равен 0,38 т.у.т. на тонну сахара. Для сахарных заводов Германии и Франции этот показатель 0,15–0,17 [3]. Наш уровень технологии по энерго-эффективности проигрывает европейскому в 2 раза. Следовательно – у нас есть резерв и необходимо найти пути его реализации.

В технологический процесс включены химические реакции – известковая обработка диффузионного сока, сатурация, фильтрование, перекачка и перемешивание растворов, центрифугирование и т. д. Все операции сгруппированы в комплексы. Ключевым и самым энергоёмким техпроцессом является выпаривание воды из сиропа. Для испарения 1 кг воды требуется 2,3 МДж теплоты. При этом получается примерно 1 кг сахара [2]. Для самого совершенного оборудования снизить затраты тепловой энергии меньше этой величины невозможно. Система выпаривания на БСЗ потребляет за сезон 112 тыс. Гкал тепловой энергии, это 60 % общего расхода.

Вторым по объёму потребления идет диффузионное отделение – 24 % тепла идет на нагрев и ошпаривание стружки, благодаря чему удастся повысить выход сахарозы. Эти показатели позволят выбрать направления, обеспечивающие получение максимальной экономии энергоресурсов. По затратам электрической энергии можно выделить комплекс первичной переработки. Достаточно трудоёмким является процесс измельчения свеклы и нарезания стружки [3]. Комплекс расходует 30 % электрической энергии.

Значительные доли имеют комплексы сокоочистки – 13 %, выпарки – 9 % и готового продукта – 21 %. Все они работают с сиропом, у которого по сравнению с водой высокая вязкость. Для перекачивания, перемешивания, фильтрования и очистки требуется значительная механическая энергия. Эти комплексы определяют затраты электроэнергии на электропривод оборудования.

Основными причинами высоких затрат энергоресурсов и низких экономических показателей нашего региона и сахарной отрасли России в целом являются:

1. Колебания конъюнктуры на мировых рынках, падение цен на сахар, затоваривание складов и падение инвестиций в отрасль.

2. Незначительная доля современных технологий и оборудования для переработки сахарной свеклы.

3. Высокая стоимость сырья в конечном продукте и низкое качество сырья, сахаристость свеклы – не выше 14 %.

4. Ограниченные мощности наших сахарных заводов, длительное хранение свеклы на складах в условиях низких температур.

5. Отсутствие стабильных поставок сырья, циклический режим работы (не более 5 месяцев), длительный простой комбинатов.

Все вышеперечисленные причины дают основные направления, по которым следует развивать отрасль для повышения технико-экономических показателей до современного европейского уровня. Решение накопившихся проблем требует комплексного подхода, значительных инвестиций, эффективного использования финансов [5].

Наиболее эффективной в настоящее время в России признана технология физико-химического разделения сахаросодержащего сырья на спектр продуктов высокого качества и высокой биологической ценности, разработанная коллективом ученых под руководством Шиманской Т.М. в г. Обнинске [6].

Анализ статистических данных и динамики производства и импорта сахара в России за последние 15 лет показывает устойчивое развитие отрасли. На первом этапе – 2010 г, уменьшился импорт готового сахара, на втором этапе – 2015 г, полностью отказались от закупок сырья. В плане обеспечения продуктовой безопасности Россия сделала один из важных шагов [1].

## Список литературы

1. Официальный сайт «Экспертно-аналитический центр агробизнеса» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ab-centre.ru> (дата обращения: 14.05.2019).
2. Шхазатов А.З. «Проблемы эффективного использования потенциала свеклосахарного подкомплекса» // Молодой ученый. 2012. № 4. С. 197–199.
3. Шарипов А.К. Опыт возрождения свеклосахарного производства в Казахстане и России [Текст] // Актуальные вопросы экономических наук: Материалы II Междунар. науч. конф. (г. Уфа, апрель 2013 г.). Уфа, 2013. С. 36–40.
4. Аникеев А.Ю. «Разработка энергоэкономичного высокотемпературного режима сгущения термоустойчивых соков свеклосахарного производства» Дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар: Кубанский государственный технический университет, 2008. 168 с.
5. Сайт фирмы «Five Calls» [Электронный ресурс]. URL: <https://sugar-bio-energy.fivesgroup.com> (дата обращения: 14.05.2019).
6. Шиманская Т.М. «Инновационное оборудование для сахарной промышленности» [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnoe-oborudovanie> (дата обращения: 14.05.2019).

## Снижение расхода энергоресурсов при эксплуатации промышленного склада-холодильника

В.Я. Горячев, С.В. Голобоков, Т.Ю. Бростилова, П.С. Сипягина

*Пензенский государственный университет*

*e-mail: golobokov\_sv@mail.ru*

Промышленные холодильники применяются для хранения больших объемов продуктов, медикаментов, овощей и фруктов при низкой температуре. Здание склада-холодильника имеет многослойные покрытия для влаго- и теплоизоляции. Здание оборудуется холодильными установками, которые для своей работы требуют значительных объемов электрической или тепловой энергии. Для механизации погрузочно-разгрузочных работ используют транспортеры, электропогрузчики и терминалы закрытого типа для приемки железнодорожных вагонов и автотранспорта.

Реальный путь повышения экономичности холодильника – снижение перепада температур между внешней и внутренней поверхностью. Перепад температур зависит от режима работы холодильника и климатической зоны местности. В северных районах температура летом не очень высокая, а продолжительность холодного периода достигает 8 месяцев. В южных районах лето жаркое, и зима теплая и короткая, добиться снижения перепада температуры достаточно сложно. Наиболее эффективно будет применение холодильника в средней полосе России [1].

Тепловой поток зависит от перепада температур на внешней и внутренней стенке холодильника. Для повышения энергоэффективности склад-холодильник надо заглубить в землю. На глубине 8–10 м температура составляет 5–8 °С. На поверхности земли в летнее время перепад температур будет минимум 30 °С. В подземном холодильнике перепад составит около 15 °С. Такое расположение позволит снизить приток тепла к холодильнику в 2 раза и тем самым получить экономию электроэнергии, потребляемой холодильными установками.

Для проведения исследований авторами разработана математическая модель стационарной теплопередачи из окружающей среды во внутренне пространство холодильника. В качестве объекта исследований принят типовой проект промышленного

холодильника. Здание с размерами 30 и 90 м, имеет 2 этажа высотой по 6 м каждый, выполнено по технологии панельного домостроения с толщиной стен 0,3 м.

Полезная площадь холодильника составляет 4200 м<sup>2</sup>, охлаждаемый объем 25 тыс. м<sup>3</sup>. Теплоизоляция выполнена матами на основе минеральной ваты толщиной 0,4 м. Площадь теплопередачи составляет 5800 м<sup>2</sup>. Здание имеет 6 изолированных секций, оборудовано 2 лифтами и 4 терминалами для приема автотранспорта.

Склад можно рассматривать как изолированную систему, для нее должен выполняться тепловой баланс. Для удержания температуры в камерах холодильника постоянной, количество тепла, проникающее внутрь холодильника через внешние поверхности, за счет инфильтрации воздуха и выделяемое оборудованием должно компенсироваться объемом генерации и поступающего извне холода.

$$Q_{\text{пот}} + Q_{\text{выд}} + Q_{\text{инф}} = Q_{\text{вент}} + Q_{\text{холл}} + Q_{\text{ест вент}}$$

В соответствии со СП [2] выбраны значения средних температур для каждого месяца. На основе модели выполнены расчеты количества теплоты, проникающей в холодильник за каждый месяц и суммарный поток за год. Выполнен расчет источников холода, компенсирующих нагрев внутреннего пространства холодильника. На основе модели были рассчитаны объемы передачи тепла через внешние ограждающие конструкции внутрь холодильника для различных вариантов – классическая схема, с постоянно работающей холодильной установкой, энергосберегающий подземный и наземный. Результаты расчетов представлены в таблице 1

Таблица 1. Расход энергии на удержание теплового режима

Регион	Вариант	Средн. разн. темп	Потери тепла через поверхн.	Расход электр. энергии на холодильн.	Расход электр. энергии на вентил.	Расход электр. энергии всего
		Т °С	Тыс. кВт-ч	тыс. кВт-ч	тыс. кВт-ч	тыс кВт-ч
Север	Классич	16,5	96	165,6	14,4	180
	Подзем	22,7	135	38,4	18,8	57,2
	Наземн	14	95,4	38,4	15,2	53,6
Центр	Классич	17,5	104,4	194,4	10,6	205
	Подзем	22,7	135	38,4	20,2	58,6
	Наземн	16	106,7	38,4	16,2	54,6
Юг	Классич	18,8	126,6	296,4	15,6	312
	Подзем	22,7	135,4	55,8	30,2	86
	Наземн	17,5	148	64,8	36,8	102

Анализ данных показывает, что перепад температур и потери тепла через внешние поверхности у подземного варианта выше, т. к. окружающая среда зимой имеет температуру 6 °С, в то время как у наземного варианта воздух охлажден до – 20 °С. Подземный вариант имеет преимущества только для южных регионов.

В процессе эксплуатации постоянно происходит открывание дверей лифтовой шахты, смена партий грузов, перемещение ремонтного персонала. При этом часть теплого воздуха проникает внутрь склада. Этот поток теплоты связан с инфильтрацией воздушных потоков. Принимаем величину потерь тепла за счет инфильтрации равной половине потерь через внешнюю поверхность.

Второй путь экономии – переброска холода из зимы в лето. Принцип работы энергосберегающего холодильника основан на циклической работе. Часть внутреннего пространства отдается под аккумуляторы холода. Работа холодильника делится на

2 цикла – запасание холода в зимний период и нагрев в летний [1]. Зимой при температуре окружающего воздуха  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  вентиляционные шахты открываются, внутрь холодильника самотоком поступает холодный воздух. Внутреннее пространство остывает, аккумуляторы запасают холод. При малых перепадах температур для ускорения продувки включают вентиляцию. Весной вентиляционные шахты закрываются.

В течение второго периода внутреннее пространство медленно нагревается. Запаса холода аккумуляторов хватает на 6–8 месяцев. В складе используются холодильные установки меньшей мощности, которые включаются на непродолжительное время, помогая аккумуляторам удерживать заданную температуру в конце второго цикла [3].

Для организации транспортных потоков внутри склада, сокращения времени погрузки – разгрузки в терминале используется подъемно-транспортные механизмы с электроприводом [4]. Разгрузку вагонов и трейлеров выполняют электрокары. Для работы в закрытых помещениях и в ночное время предусмотрены системы освещения. Электроэнергия расходуется в офисных и бытовых помещениях. Склад автоматический, работает без персонала и освещения [5]. Расход электроэнергии в терминале представлен в таблице 2.

Таблица 2. Расход электроэнергии терминала

Потребители	Р	Кол.	Т	Wэ мес	N	Wэ год	Цена
	кВт	шт	час	тыс. кВт-ч		тыс. кВт-ч	тыс. руб.
Штабелер	12	3	120	4,32	12	51,8	156
Лифт	40	2	60	4,8	12	57,6	173
Система управления	4	1	400	1,6	12	19,2	58
Система освещ. холод.	16	3	100	4,8	12	57,6	173
Система освещ. произв.	12	1	300	3,6	12	43,2	130
Система освещ. уличная	2,5	12	300	9	12	108	324
Электрокары	26	4	80	8,32	12	100	300
Всего				36,44		437	1311

Сильное влияние на потребление энергии будет вносить климат. Теплая зима не позволит набрать запас холода в аккумуляторах, это приведет к интенсивной работе климатического оборудования. Сравнительный анализ суммарного расхода электроэнергии в классическом и энергосберегающем складе представлен в таблице 3.

Таблица 3. Снижение расхода электроэнергии склада-холодильника

Потребители	Р	Кол.	Т	Wэ мес	N	Wэ год	Цена
	кВт		час	тыс. кВт-ч		тыс. кВт-ч	тыс. руб.
Классический склад							
Холод. установки	4,2	28	250	29,4	7	205,8	617,4
Вентил. система	2	12	100	2,4	5	12	36
Терминал				36,44	12	437	1311
Всего				68,24		654,8	1964,4
Энергосберегающий							
Холод. установки	4,2	7	200	5,88	7	41,8	125,4
Вентил. система	2	36	100	7,2	5	36	108
Терминал				36,44	12	437	1311
Всего				49,52		514,8	1544,4
Разница				18		101	330

Расход электрической энергии на работу климатического оборудования у энергосберегающего склада в 3 раза ниже по сравнению с классическим независимо от климатической зоны. Снижение расхода энергоресурсов энергосберегающего склада с учетом объема электрической энергии на работу терминала составит 100 тыс. кВт-ч, экономия стоимости в зависимости от тарифа составит до 300 тыс. руб.

#### Список литературы

1. Горячев В.Я., Голобоков С.В., Кожичкин Д.Ю. Энергосберегающий склад-холодильник // Материалы конференции «Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах». Пенза: изд-во ПГУ, 2014. С. 126–132.
2. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». М: 2012.
3. Официальный сайт компании «ХолодМонтаж» [Электронный ресурс]. URL: <https://seh54.ru/holodilnoe-oborudovanie/> (дата обращения: 14.05.2019).
4. Официальный сайт «Nova Elex» [Электронный ресурс]. URL: <https://trastlift.ru/lifts/cargo> (дата обращения: 14.05.2019).
5. Официальный сайт «Schaefer Miniload Crane» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kiit.ru/product/avtomaticheskij-sklad-s-kranom-shtabelerom> (дата обращения: 14.05.2019).

### Intelligent Lighting System: Energy Management Technical Measure

Zh. Elukova, O. Lyubova, V. Lyubov

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov*

*e-mail: ouse67@mail.ru*

The Intelligent lighting System Project is a program at the Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov which provides research and analysis within the framework of the NArFU digitization.

The issue is topical due to the updated version of the Federal law No 261 of 27 December 2018 “On Energy-Saving and Energy Efficiency” as well as amending certain legislative Acts of the Russian Federation.”

This paper deals with the implementation of the project as an integrated element of the digitization process at the NArFU. Real-life objects of the NArFU are presented to

demonstrate performance of the experiment titled "Smart Campus" that is considered as the partial program of the project.

Более 2/3 общего числа населенных пунктов области с децентрализованным электроснабжением составляют малые деревни и села с числом жителей до 100 чел. (таблица 1). Хотя почти 70% населения проживает в населенных пунктах от 100 до 1000 чел.

Таблица 1 – Ранжирование населенных пунктов с децентрализованным электроснабжением по численности населения

The Project at the NArFU is a technical measure of the Energy Management System (hereinafter EnMS). Special emphasis is placed on the system integrated approach which is represented by four major components including: a) the organizational management system, b) technical control management, c) R&D strategies, d) NArFU formative component.

The principal objective of the "Smart Campus" project is to replace the available lamps with light-emitting diodes fitted out with embedded controllers. The intelligent lighting system is unwired and it is based on the SunRise on-line service.

The host computer or the lighting control panel will be equipped with the SROffice software. The SRLSOffice sensors monitoring motion, light intensity as well as indoor temperature will be placed around the campus area. Obtained data will be sent to the SROffice control cabinet.

It is to be noted that using the data processing platform will result in monitoring and controlling energy consumption providing energy saving.

In order to perform the measures, the rationale option is drawing up the energy service contract. As regarding the contract it is a specific form of agreement between the consumer and the energy service company.

## **Направления повышения эффективности автономных энергосистем Иркутской области**

И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова, А.К. Ижбулдин

*Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН*

*e-mail: nord@isem.irk.ru*

### **Характеристика автономных энергосистем**

На территории Иркутской области в 16 административных районах расположено 68 населенных пунктов с децентрализованным электроснабжением. Более 75% населения, проживающего в децентрализованной зоне, приходится на Катангский, Братский, Нижнеудинский и Усть-Удинский районы.

Показатель	Число жителей, чел.				
	менее 100	101-300	301-1000	1001-2000	Всего
Количество, шт.	46	11	10	1	68
Число жителей, чел.	1372	2121	4446	1868	9807
Доля от общей численности, %	13,9	21,6	45,3	19,0	100

Примечание – по состоянию на 01.01.2018 г.

В зоне децентрализованного электроснабжения области в настоящее время эксплуатируется 53 дизельных электростанции суммарной мощностью 17,1 МВт. В подавляющем большинстве установленная мощность ДЭС не превышает 200 кВт (рисунок 1).

Суммарная выработки электроэнергии автономных энергосистем области за 2018 г. составила 31,5 млн кВт·ч, в том числе дизельными электростанциями 31,1 млн кВт·ч, возобновляемыми источниками энергии – 0,4 млн кВт·ч. Объем израсходованного дизельного топлива в 2018 г. оценивается в 9,9 тыс. т при суммарных затратах на его закупку и доставку 502,4 млн руб.

Цена дизельного топлива в 2018 г. в зависимости от труднодоступности населенного пункта и сложности схемы завоза топлива колеблется от 43 до 57,4 тыс. руб./т. Экономически обоснованный тариф на электроэнергию составляет 11,7-37,2 руб./кВт·ч.

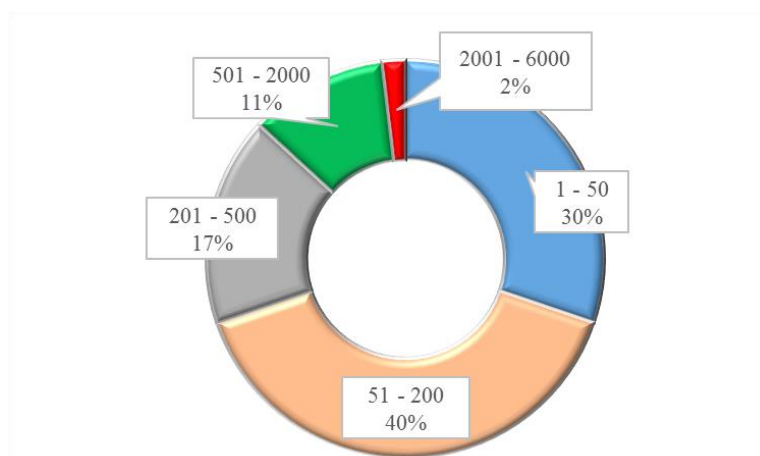


Рисунок 1 – Ранжирование ДЭС по установленной мощности

По данным Министерства жилищной политики, энергетики и транспорта Иркутской области объем бюджетных субсидий на нужды электроснабжения потребителей децентрализованной зоны в 2018 г. составил 486 млн руб.<sup>1</sup>

### **Направлений повышения эффективности**

На территории области имеются предпосылки для реализации нескольких направлений повышения эффективности функционирования автономных энергосистем, позволяющих снизить расходы дизельного топлива и, тем самым, сократить бюджетные дотации на электроснабжение потребителей.

#### *Подключение к централизованному электроснабжению*

В качестве потенциальных для перевода на централизованное электроснабжение могут быть рекомендованы 13 населенных пунктов, для которых данный вопрос находится на разных стадиях обсуждения.

В Инвестиционную программу АО «Иркутская сетевая компания» на 2015–2019 гг. включены мероприятия по подключению пп. Октябрьский и Манинск Усольского района и с. Усть-Киренга и д. Пашня Киренского района. В стадии реализации ОГУЭП "Облкоммунэнерго" подключение с. Поволошино Катангского района к ПС «НПС-8» ВСТО.

<sup>1</sup> Без учета населенных пунктов Нижнеудинского района, для которых не утверждается экономически обоснованный тариф на электроэнергию и целевым образом дотируется завоз топлива.



Имеются потенциальные возможности перевода на централизованное электроснабжение п. Озерный и п. Карахун Братского района, с. Карам Казачинско-Ленского района, а также с. Аносово и д. Ключи Усть-Удинского района.

В связи с проектированием ВЛ 220 кВ от ПС Тулун до ПС Туманная в Республике Тыва появилась возможность перевода на централизованное электроснабжение с. Алыгджер Нижнеудинского района и в перспективе п. Аршан Тулунского района.

Кроме того, вариант централизованного электроснабжения потенциально можно рассматривать для с. Ербогачен, учитывая близость расположения электростанций АО «Верхнечонскнефтегаз».

#### *Переход на использование местных видов топлива*

Предпосылки перехода на использование местных видов топлива имеются в Катангском, Киренском и Усть-Кутском районах, где в настоящее время ведется нефть- и газодобыча, а также лесозаготовка и деревообработка.

Замена дизельного топлива *на сырую нефть* для автономных электростанций возможна за счет:

– замены существующего оборудования на оборудование, в паспортных данных которого предусмотрено сжигание сырой нефти;

– переработки нефти на мини-установках с получением нефтепродуктов для последующего их сжигания на электростанциях.

В первом случае необходима организация процесса подготовки и сепарации нефти, что значительно увеличивает затраты, второй вариант является более капиталоемким с ограничением недостаточного опыта использования подобного оборудования на территории России. Имеющиеся нефтеперерабатывающие установки малой мощности отличаются высокой стоимостью и низким качеством продукции.

Вариант замены дизельного топлива на нефть прежде всего актуален для электростанции в с. Ербогачен Катангского района, где в настоящее время нефть используется в котельных. Этот же вариант перевода на сырую нефть можно рекомендовать для рассмотрения и для с. Преображенка и с. Непа Катангского района.

Альтернативным вариантом топливоснабжения автономных электростанций населенных пунктов Киренского и Усть-Кутского районов может стать использование *природного газа* после ввода в эксплуатацию участка Ковыктинское ГКМ – Чайяндинское ГКМ газотранспортной системы «Сила Сибири».

В населенных пунктах Киренского района с децентрализованным электроснабжением имеются предпосылки использования для обеспечения электроэнергией *отходов лесопиления и деревообработки*.

#### *Применение возобновляемых источников энергии*

Наиболее привлекательным видом возобновляемых природных энергоресурсов для территории области является солнечная энергия. Среднегодовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность на территории области достигает 1250 кВт·ч/м<sup>2</sup>. При таких условиях возможное снижение расхода дизельного топлива за счет использования солнечной энергии может составлять 40-45%.

Исходя из экономической эффективности в качестве первоочередных мест для сооружения фотоэлектрических станций рекомендованы с. Верхняя Гутара (Нижнеудинский район), с. Подволочное (Усть-Удинский район), с. Вершина Тутуры (Качугский район).

## Заключение

Реализация первоочередных мероприятий, представленных в таблице 2, позволит сократить ежегодные бюджетные субсидии на электроснабжение потребителей области на 123,4 млн руб.

Таблица 2 – Необходимые инвестиции и сокращение субсидий в результате реализации первоочередных мероприятий

Мероприятие	Населенный пункт	Сокращение субсидий, млн руб./год	Капиталовложения, млн руб.
Подключение к централизованному электроснабжению	с. Подволошино	28,5	н/д
	п. Октябрьский + п. Манинск	7,9	66,7
	с. Усть-Киренга + д. Пашня	6,6	108
	с. Алыгджер	20,0	397
Строительство электростанции на нефти	с. Ербогачен	53,1	726,0
Сооружение фотоэлектрических электростанций	с. Верхняя Гутара	3,2	35,0
	с. Подволочное	3,0	36,9
	с. Вершина Тутуры	1,1	20,7

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 17-48-380002).

## Иерархическое математическое моделирование теплоснабжающих систем с учетом активности объектов распределенной генерации энергии

А.А. Кравец, В.А. Стенников, А.В. Пеньковский

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН*

*e-mail: kravets@isem.irk.ru*

В настоящее время методологическое обеспечение процесса «активизации» потребителя в условия действующей в России модели рынка тепловой энергии фактически отсутствует. Это требует проведение новых исследований в этой области в которых должны быть решены вопросы по технологическим требованиям по подключению источников теплоснабжения активных потребителей к централизованным системам теплоснабжения, должны быть сформированы технические решения по компонентному составу системы теплоснабжения активных потребителей и управления ими, а также разработаны новые критерии оптимизации управления функционирования и развития централизованных систем централизованного теплоснабжения с учетом активных потребителей.

Современные теплоснабжающие системы, как и другие энергетические системы (электроэнергетические, нефтяные, газовые и др.) имеют иерархическую (вертикально-интегрированную) систему организации управления функционированием и развитием

ими, которую в общем случае можно представить в виде двухуровневой модели [1] рисунок 1.



Рисунок. 1 – Иерархическая модель организации теплоснабжения потребителей

Моделирование такой системы осуществляется с помощью двухуровневого моделирования. Переход к одноуровневой задаче оптимизации осуществляется путем замены экстремальной задачи второго уровня на их условия оптимальности [2].

Опыт некоторых зарубежных стран таких как Дания [3,4], Финляндия [5], Швеция [6] показывает, что применение объектов РГЭ в системах централизованного теплоснабжения не отстает от электроэнергетических систем и имеет уверенный тренд в развитие теплоснабжения. В этих условиях появляется все больший интерес к привлечению потребителей, имеющих собственные источники распределенной генерации энергии для совместной работы в рамках единой централизованной системе теплоснабжения [7-8].

### Решение задачи двухуровневого управления потребителей

Рассмотрим конкурентный рынок тепловой энергии, расчетная схема ТСС представлена на рис.2. Узлы с номерами 1 и 2 соответствуют источникам тепла, узлы 4, 5, 6 – потребителям ЖКХ, а узел 3 – активному потребителю.

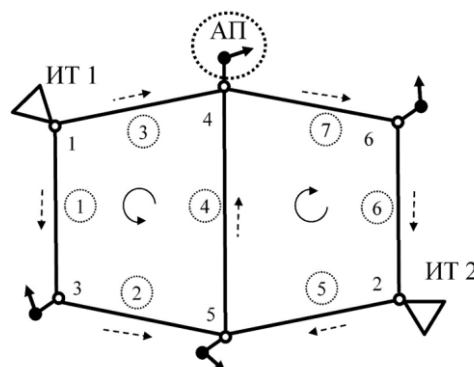


Рисунок. 2 - Расчетная схема теплоснабжения потребителей

Исходные данные для решения поставленной задачи.

1. Функция затрат для первого и второго источника:

$$Z_1(Q_1) = 0.2 \cdot Q_1^2 + 290 \cdot Q_1 + 58007,$$

$$Z_2(Q_2) = 0,25 \cdot Q_2^2 + 170 \cdot Q_2 + 42247.$$

2. Расчетные тепловые нагрузки потребителей ЖКХ:

$$Q_3 = 800 \text{ Гкал/ч}, Q_5 = 500 \text{ Гкал/ч}, Q_6 = 300 \text{ Гкал/ч}.$$

3. Ограничения по тепловой мощности источников:

$$0 \leq Q_1 \leq 1900 \text{ Гкал/ч}, 0 \leq Q_2 \leq 1500 \text{ Гкал/ч}.$$

4. Коэффициенты в функции капитальных вложений в сеть для первого источника:  $a = 10835 \text{ руб./м}$ ,  $b = 103827 \text{ руб./м}$ .
5. Коэффициент полезного действия насосно-моторной установки:  $\eta = 0.7$ .
6. Удельная стоимость электроэнергии:  $C_3 = 1.73 \text{ руб.}$ ,
7. Коэффициент, зависящий от шероховатости стенки трубопровода:  
 $\chi_1 = \chi_2 = \chi_3 = \chi_4 = \chi_5 = \chi_6 = \chi_7 = 0.01277$  (при  $k_3 = 0.5 \text{ мм}$ ).
8. Доля условно-постоянных эксплуатационных издержек по тепловой сети  
 $f_c = 0.075$ .
9. Длины участков цепи:  $l_1 = 1000 \text{ м}$ ,  $l_2 = 900 \text{ м}$ ,  $l_3 = 800 \text{ м}$ ,  $l_4 = 700 \text{ м}$ ,  
 $l_5 = 600 \text{ м}$ ,  $l_6 = 500 \text{ м}$ ,  $l_7 = 700 \text{ м}$ .
10. Сопротивления участков:

$$S_1 = 0.00014 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2}, S_2 = 0.000167 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2}, S_3 = 0.000137 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2}, S_4 = 0.0004 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2},$$

$$S_5 = 0.000157 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2}, S_6 = 0.000646 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2}, S_7 = 0.000156 \frac{\text{м} \cdot \text{ч}^2}{\text{Т}^2}.$$

Моделирование теплоснабжающей системы осуществлялось в вычислительной среде GAMS (General Algebraic Modeling System).

В таблице 1, представлены технико-экономические показатели полученные в процессе выполнения оптимизационных расчетов.

Таблица 1. - Технико-экономические показатели теплоснабжающей системы с активным потребителем

<b>Единая теплоснабжающая организация</b>	
Производство тепловой энергии, Гкал/ч:	
Источник тепла 1	924.3
Источник тепла 2	831.6
Цена производства тепловой энергии, руб./Гкал	
Источник тепла 1	659.7
Источник тепла 2	585.8
Затраты на производство тепловой энергии, руб.	
Источник тепла 1	496 986
Источник тепла 2	356 535
Прибыль, руб.	
Источник 1	112 774
Источник 2	130 616
<b>Активный потребитель</b>	
Объем потребления, Гкал/ч	156.0
Цена, руб./Гкал,	1818.6
<b>Потребители ЖКХ</b>	
Объем потребления, Гкал/ч	1600
Цена, руб./Гкал,	1386.5

Из таблицы 2 видно, что при принятых исходных данных источники тепловой энергии в сумме произвели 1755.9 Гкал/ч тепловой энергии из которых 52 % приходится на источник тепла 1 и 48 % на источник тепла 2. Цены производства тепловой энергии составили 659.7 руб./Гкал и 585.8 руб./Гкал для источника тепла 1 и источника тепла 2 соответственно. Такие цены позволяют получить прибыль от продажи тепловой энергии в размере 112 774 руб. для первого и 130 616 руб. второго источников тепла. Предложенная математическая постановка задачи поиска оптимального тарифа для потребителей ЖКХ позволило определить его минимальное значение - 1386.5 руб./Гкал. В свою очередь активный потребитель производит закупку тепловой энергии из теплоснабжающей системы в объеме 156 Гкал/ч по цене 1818.6 руб./Гкал.

Предлагаемая математическая двухуровневая модель в наибольшей степени отражает условия, формирующиеся на локальном рынке тепловой энергии. Данная модель обоснованно учитывает установившиеся «правила поведения» на рынке тепла, а так же физико-технические и экономические ограничения рассматриваемой системы.

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания 17.4.1. (рег. № № АААА-А17-117030310432-9) фундаментальных исследований СО РАН.

### Список литературы

1. Dempe S. Foundations of Bilevel Programming. – Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002. – 320 p.
2. Волкова И.О., Губко М.В., Сальникова Е.А. – «Активный потребитель: задача оптимизации потребления энергии и собственной генерации». [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/aktivnyu-potrebitel-zadacha-optimizatsii-potrebleniya-elektroenergii-i-sobstvennoy-generatsii> (дата обращения: 09.04.2019).
3. Svend Frederiksen, Sven Werner. District heating and cooling. Studentlitteratur A B, Lund, 2013, 588.
4. Эллерис Я. Максимальное использование рыночных сил в секторе тепла // Новости ДСЦТ. 2005. Эл.адрес: <http://stateofgreen.com/files/download/561>
5. Satu Paiho, Heidi Saastamoinen. How to develop district heating in Finland?// Energy Policy, 2018, No. 122, p. 668–676.
6. Sven Werner. District heating and cooling in Sweden// Energy, vol.126, 1 May 2017, p. 419-429
7. Kerstin Sernhed, Kristina Lygnerud, Sven Werner. Synthesis of recent Swedish district heating research// Energy, Vol. 151, 15 May 2018, Pages 126-132
8. Henrik Lund, Neven Duic, Poul Alberg Østergaard, Brian Vad Mathiesenc. Future district heating systems and technologies: On the role of smart energy systems and 4th generation district heating//Energy, Part A, 15 December 2018, p. 614-619.

### **Mathematical model for calculating solar radiation on horizontal and inclined surfaces for the conditions of Yakutsk**

Y. Krivoshein, A. Tolstikh, N. Tsvetkov, A. Khutornoi

*Tomsk State University of Architecture and Building*

*e-mail: yokrivwest@gmail.com*

A method has been developed for calculating the integral density of solar energy coming on a horizontal and inclined surface. On the basis of this method, appropriate software has been developed that allows determining the amount of thermal energy supplied to hybrid systems of “solar” heat supply at any time period. Calculated hourly values of total and

diffuse solar radiation per 1 square meter of horizontal and inclined surface for the city of Yakutsk.

## **The effectiveness of dual hot water systems using solar vacuum collectors in the Northern Territories**

Y. Krivoshein, Al. Tolstikh, N. Tsvetkov, A. Khutornoi  
*Tomsk State University of Architecture and Building*  
*e-mail: yokrivwest@gmail.com*

Analysis of the efficiency of solar energy use by dual hot-water supply systems using solar vacuum collectors in the urban district of Zhatay of the city of Yakutsk. The mnemonic scheme of the kindergarten hot water system is presented. The results of measuring the temperature of the coolant in the supply and circulation pipelines by hours, the schedule of flow of hot water in the supply and circulation pipelines, the schedule of heat energy consumption by the hot water system are presented. The graph shows the percentage of heat generation by solar collectors and the consumed heat energy from the heat network in the dual hot water system.

## **Repairability as one of the most important properties of water supply systems**

R. Krimov  
*Academy of Construction and Architecture of V.I. Vernadsky Crimean Federal University*  
*e-mail: kelt\_roman@mail.ru*

An important characteristic of the quality and reliability of networks and facilities for water supply and wastewater disposal is the cost of their operation and maintenance, i.e. the cost of maintaining and restoring their operational status and resource during operation. It is well known that the costs of labor and funds for the maintenance and repair of networks and structures, during their operation, exceed the corresponding costs for the construction of networks, facilities and equipment manufacturing. The number of specialists involved in the construction of networks and structures and the manufacture of equipment for water supply and sanitation systems and specialists engaged in the maintenance and repair of the same networks, facilities and equipment are in the same approximate ratio. For example, the cost of maintenance and repair of pumping equipment in the Republic of Crimea for 5 years of their operation is more than 3 times higher than the cost of their manufacture.

It is necessary to indicate the other side of the problem. The consequence of long downtime of water supply and sanitation systems, caused by the elimination of accidents arising from their operation, and hence, great loss of time for repairs, is a great economic damage caused to the water-utility sector as a whole.

There are two main reasons for significant downtime and labor and maintenance costs for maintenance and repair of water supply and wastewater systems:

- a) technical imperfection of the designs of water supply and sanitation systems with regard to their adaptability to maintenance and repair during operation;
- b) the imperfection of the organization of the system for the maintenance and repair of water supply and wastewater systems, as well as the technology for carrying out the work carried out in the process.

When developing projects for water supply and sanitation systems, as well as pump and other equipment designs, it is supposed to maintain their operational condition and resource by carrying out a certain set of works included in the maintenance and repair. Consequently, the networks and structures of the equipment used must be adapted to this work. In other words, given the current technical condition of the water supply and sewage networks, the basis for their reliability is maintainability.

## **Model evaluations of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission in lead smelting processes**

N.A. Kulenova<sup>1</sup>, V.A. Shumskiy<sup>2</sup>, M.A. Sadenova<sup>1</sup>, Zh.S. Onalbaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Affiliate of RSE «NE CPMRM RK» «VNIIsvetmet»*

*E-mail: MSadenova@ektu.kz*

Kazakhstan is the largest producer of lead and zinc. In this connection, metallurgic industry of Kazakhstan takes the leading position in the amount of emitted greenhouse gases. That's the reason why the issues connected with emissions of greenhouse gases are of actual importance for metallurgic enterprises.

The goal of this work is to assess possible decrease of carbonic energy products and accompanying CO<sub>2</sub> emission into atmosphere during reduction melting of rich lead slags by using METSIM program.

The scheme of the developed METSIM model of lead slag reduction melting with settling of slag melt in electric settler is an integral model of shaft furnace with the following systems: charge of slag and coke, air blast supply, evaporation cooling of furnace and withdrawal of dust and gas flow. Accounting modules of the model include reaction schemes with reactions of feed stock components melting and reduction, burning of coke and carbon monoxide, slag formation, solution of sulphide components in metal phase, sublimation of volatile components and their condensation resulting in dust formation.

Reaction schemes of processes in apparatus modules of METSIM model of shaft melting are developed so that melting products compositions are close to those ones observed in practice. Changing parameters are air-blast temperature, oxygen concentration into air-blast, coke consumption. Except for consumption of carbonic energy products unit consumption of electric energy was taken into account. The energy was consumed for settling of slag from blast melting, transporting air-blast and off gases, and production of process oxygen. For the ease of comparative analysis of total specific energy consumption indicators for different variations of process realization, they are converted into nominal units – 1 kg of standard fuel per 1 ton of lead slag. Dependance diagrams are built on the basis of estimated model data, they are provided in Figures 1-4.

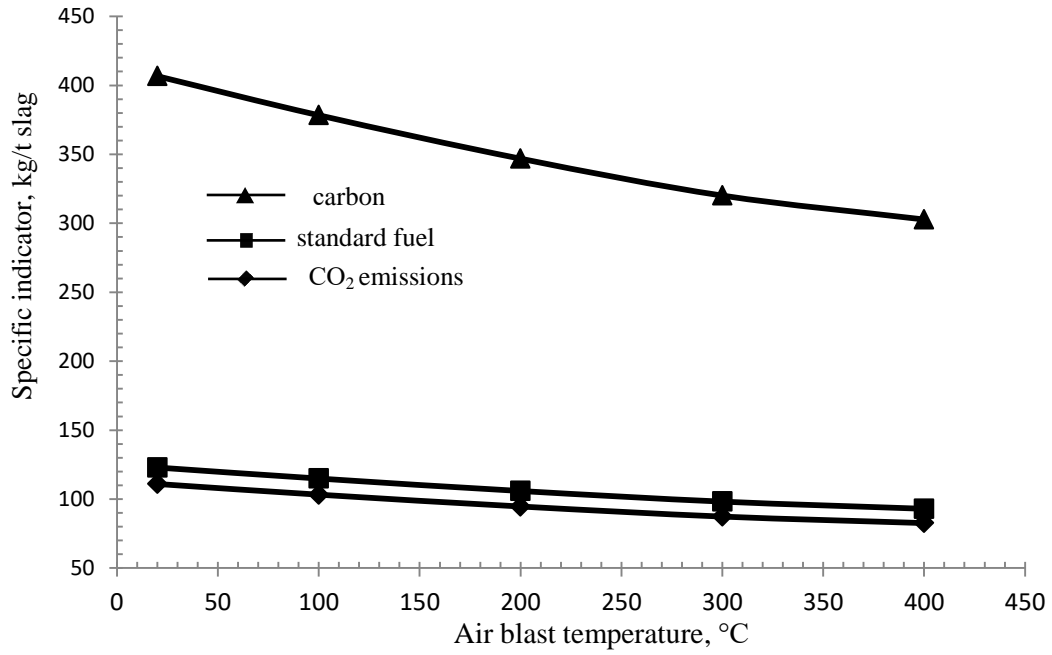


Figure 1 – Correlation of energy consumption specific indicators and CO<sub>2</sub> output with air blast temperature

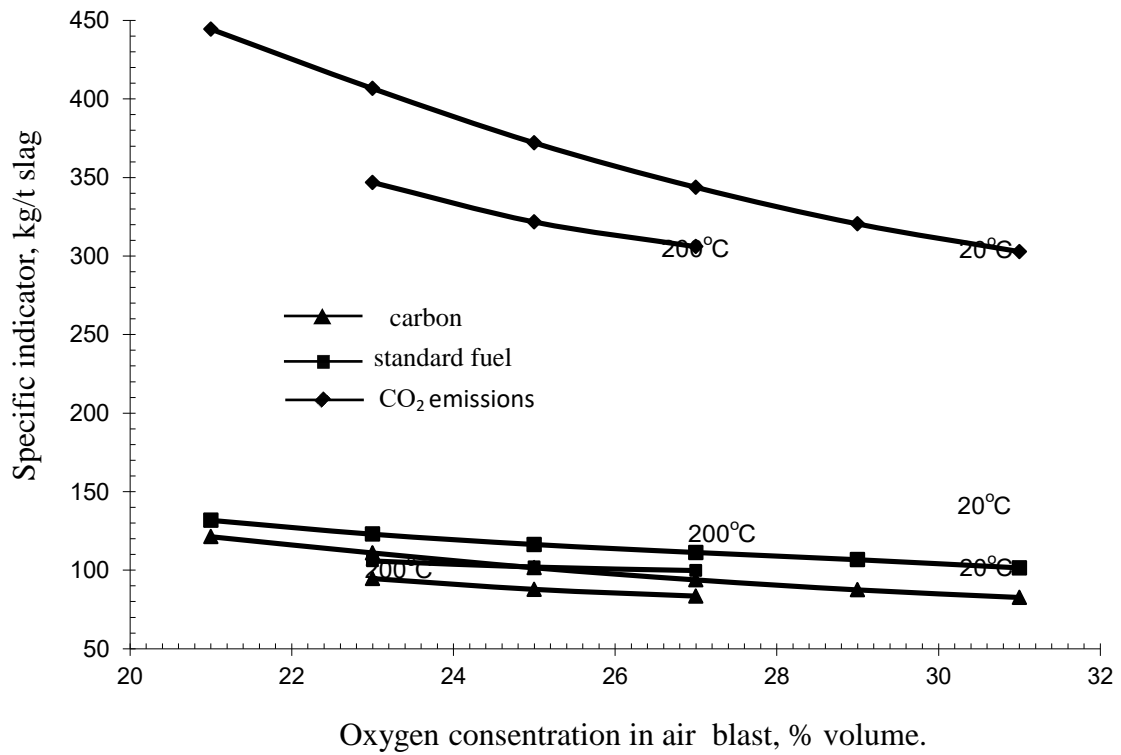


Figure 2 - Correlation of energy consumption specific indicators and CO<sub>2</sub> output with oxygen concentration in air-blast and its temperature



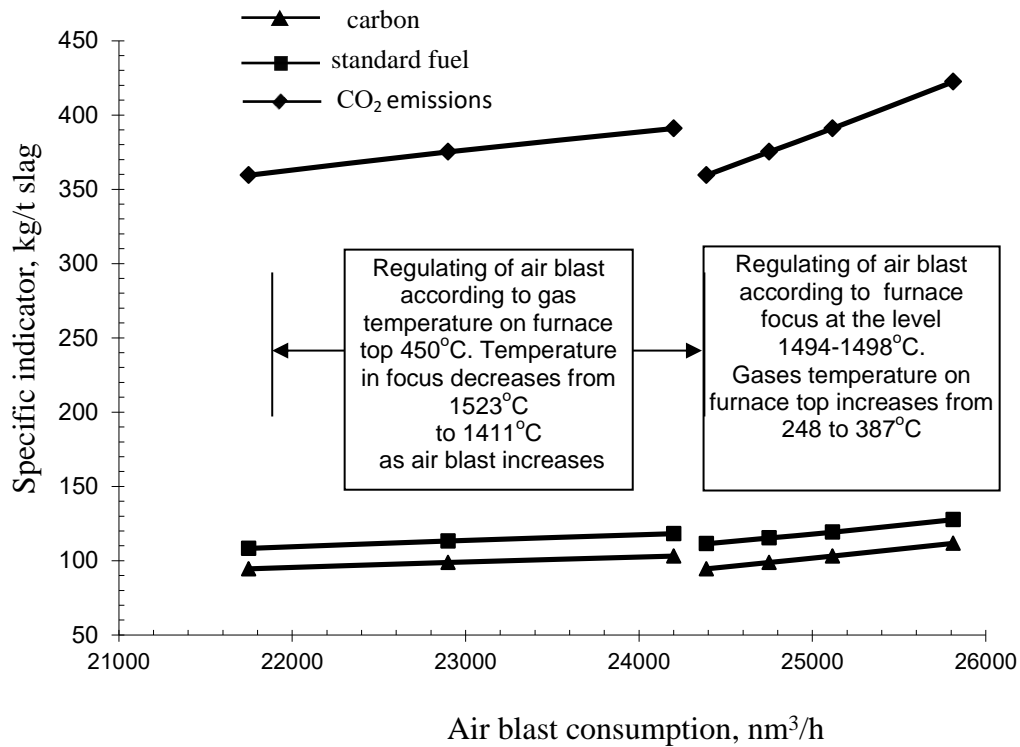


Figure 3 - Correlation of energy consumption specific indicators and CO<sub>2</sub> output with air-blast consumption when O<sub>2</sub> concentration is 23% of volume and temperature 20°C

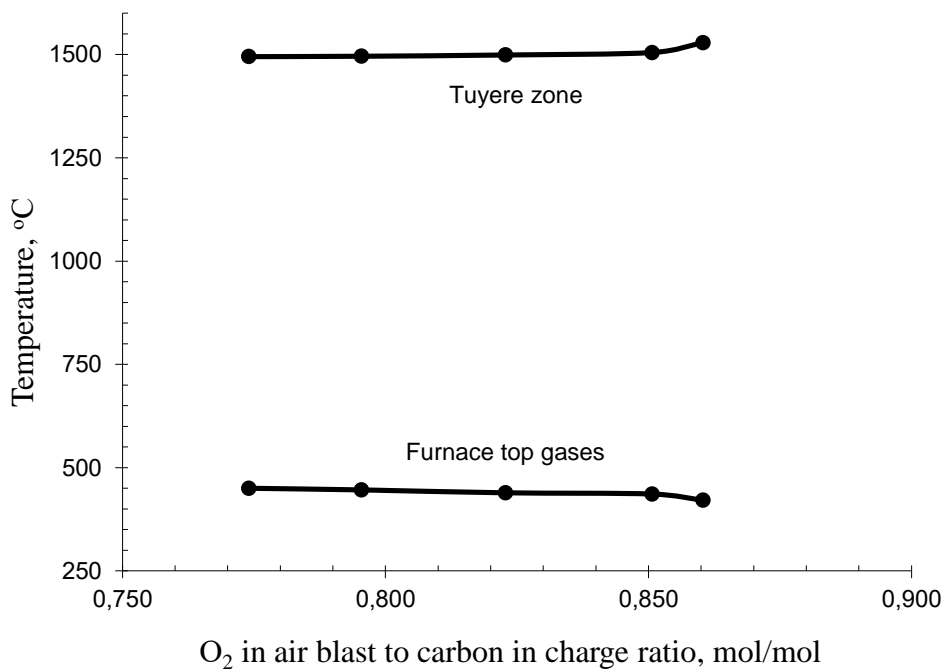


Figure 4 – Correlation of temperatures in furnace focus and off gases in its furnace top with molar ratio of oxygen in air blast to carbon in charging

According to Figures 1-3 specific carbon consumption (supplied into blast furnace as coke), total specific energy consumption expressed in kg of specific fuel, and greenhouse gases output are nearly proportional. According to Figure 4 temperatures in tuyere zone (furnace focus) and temperatures of exit furnace top gases can remain steady in rather wide range of regulating molar ratio of oxygen in air blast to carbon in furnace-charge. The

obtained model dependences are consistent with the results of numerous experimental researches on intensification of lead feedstock blast melting and on reducing consumption of expensive blast-furnace coke due to air blast heating and its enrichment with oxygen. In particular, specified air blast enrichment with oxygen limit on 30 % of volume is consistent with air blast enrichment limit obtained in the model. The limit restrains temperature in blast furnace focus at the level 1500-1520 °C. Such restraint of temperatures in blast furnace focus is determined by sustainability of lead reduction process [1-3], that is directly connected with conditions of lump material melting in shaft fines.

Acknowledgements. This research has been supported by the Project 0117RK00043 “Modernization of Pyromet-allurgical Processes of Obtaining Lead and Zinc for LLP “Kazzinc” resulting in new types of products”, funded by the Science Fund of the Republic of Kazakhstan.

### List of references

1. Xua R., Xub L., Xu B. Assessing CO<sub>2</sub> emissions in China's iron and steel industry: Evidence from quantile regression approach // Journal of Cleaner Production. 2017. V. 152. P. 259–270.
2. Zhoua K, Yang Sh. Emission reduction of China's steel industry: Progress and challenges // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. V. 61. P. 319–327.
3. Roubíček V., Pustějovská P., Bilík J., Janí I. Decreasing CO<sub>2</sub> emissions in metallurgy. // Metalurgija. 2007. V. 1. P. 53-59.

## Несчастные случаи на объектах электросетевого хозяйства

О.М. Кустов

*Иркутский национальный исследовательский университет*

*e-mail: kustovoleg@mail.ru*

**Анотация.** Несчастные случаи на объектах электросетевого хозяйства, как правило, влекут тяжелые травмы или смертельный исход. В данной работе приведены нарушения требований нормативных документов, которые привели к наступлению тяжелых последствий. В исследовании делается вывод о необходимости разработки единого стандарта содержания объектов электроэнергетики и организации контроля.

### 1. Введение

Безопасность электрохозяйства основана на точном и своевременном выполнении технических и технологических задач. Строительство линий электропередач (ЛЭП) и их эксплуатация с отклонением от проектного решения находится в прямой связи с вероятным негативным последствием.

Нарушение эксплуатационного режима приводит к несчастным случаям, с травмами и гибелью работников электросетевых компаний, сотрудников управляющих компаний и граждан не связанных с электроснабжением.

Наступление несчастного случая требует детального и последовательного рассмотрения и указания причин их наступления, ответственных за события. Трудности с установлением виновных заключаются в определении границ балансовой и эксплуатационной ответственностью электрооборудования на месте совершения несчастного случая [1], а так же степени ответственности должностных лиц [2].

Расследования несчастных случаев позволяет разработать механизмы, снизить риск повторных событий.

## 2. Методы исследования

В исследовании несчастных случаев на объектах энергетики использовались методы сбора информации на начальном этапе. Информация полученная от комиссии по расследованию, материалы уголовного дела, а так же информационные источники свободного доступа. На основании материалов проведен анализ и обобщение результатов. Экспертное исследование основано на сравнении требуемых параметров электросетей и реальное состояние.

## 3. Исследование причин несчастных случаев

В настоящее время наблюдается динамика роста несчастных случаев на объектах электроэнергетики. По данным Минэнерго России, Информационно-аналитическая справка по травматизму [1], количество несчастных случаев с работниками электросетевых предприятий:

- 2016 г. произошло 50 НС из них 6 со смертельным исходом и 4 групповых;
- 2017 г. произошло 56 НС из них 14 со смертельным исходом и 4 групповых;
- 2018 г. произошло 86 НС из них 9 со смертельным исходом и 5 групповых.

На объектах электросетевой энергетики травмируются не только работники электрических сетей, а также сотрудники управляющих компаний и граждане не связанные с электрохозяйством.

Наиболее опасными объектами электросетевой энергетики [2] являются: линии электропередачи, распределительные щиты и трансформаторные подстанции (ТП).

Границей балансовой и эксплуатационной ответственности между сетевой компанией и управляющей, является ТП, точка поставки [3]. ТП находится во владении электросетевых компаний, от подстанции электроэнергию подает управляющая компания до точки присоединения к электрической сети потребителя.

Схема подключения потребителей от ТП аналогична Европейской по стандартам МЭК 60364-5-52 [6, 7] и отличается от северной Америки, где ТП обслуживает один дом или небольшую группу домов согласно стандарту Национального Электромонтажного Кодекса США, состоящего из 140 статей [8, 9].

За последний период 2017-2018 гг. на территории Иркутской области и Забайкальского края зафиксирован ряд несчастных случаев со смертельным исходом малолетних пострадавших.

Проведенные экспертные электротехнические исследования выявляют причины наступления негативных событий. Следует отметить одинаковую причину происшествий – беспрепятственный доступ в помещение ТП.

В соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [4], Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением мер защиты, предусмотренных мероприятий:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;
- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям.

Согласно ПУЭ Ограждения и оболочки должны быть надежно закреплены и иметь достаточную механическую прочность.

Вход за ограждение или вскрытие оболочки должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента либо после снятия напряжения с токоведущих частей. При невозможности соблюдения этих условий должны быть установлены промежуточные ограждения со степенью защиты не менее IP 2X, удаление которых также должно быть возможно только при помощи специального ключа или инструмента.

Однако, данное требование выполняется только на 50%. В период реформирования энергетической системы, сетевые компании приняли на баланс ТП, выпущенные во времена СССР к которым не предъявлялись данные требования. Около 80% ТП в регионах эксплуатируются более 25 лет.

Замки на входных дверях ТП не имеют требуемую степень секретности. Здания ТП не оборудованы системой уравнивания потенциалов.

Состояние распределительных систем не оборудовано защитой, автоматическое отключение работает только на перегрузку сети, устройства и приборы в здании ТП не заземлены.

Проверка ТП производится визуальным контролем со снятием показаний приборов учета общей токовой нагрузки для обеспечения потребителей, правила и регламент проверки состояния не соответствует рекомендациям СТО 56947007-29.240.10.030-2009 Методические указания по проведению периодического технического освидетельствования электротехнического оборудования ПС ЕНЭС.

В соответствии с ПТЭЭП [5] Все технологические системы, оборудование, здания и сооружения, в том числе гидросооружения, входящие в состав энергообъекта, должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию.

#### **4. Резюме и заключение**

Проведенные экспертные исследования выявили общие нарушения эксплуатационного режима. В настоящее время контроль за состоянием ТП возложен на собственников сетей, надзор на Минэнерго и территориальные органы Ростехнадзора.

Самоконтроль собственников малоэффективен, согласно ПТЭЭП руководитель самостоятельно утверждает график периодического контроля, который не всегда соответствует рекомендациям. В настоящее время обязательного единого требования к периодичности проверок, перечня обязательных контрольных мероприятий, регламента и частоты осмотров не существует.

Анализ причин НС позволяет сделать вывод о необходимости разработки и утверждения единого стандарта организации периодического контроля, так как методические рекомендации не имеют обязательного характера.

#### **Список литературы**

1. Анатолий Бакеев. Акт разграничения балансовой принадлежности электрических сетей – правовая природа и назначение © 2007–2019 — ЭнергоВОПРОС.ru, энергетические стратегии

2. Информационно-аналитическая справка по травматизму. Минэнерго России. <https://minenergo.gov.ru/node/14846>

3. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861. "Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям".

4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Приказ Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 13.01.2003 № 6.

6. IEC 60364-1:2005. Commission Electrotechnique Internationale International Electrotechnical Commission. [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec60364-1%7Bed5.0%7Den\\_d.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60364-1%7Bed5.0%7Den_d.pdf)

7. Electrical installation manual 2009 (Technical solutions Schneider electric). <https://www.schneider-electric.com/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/>

8. NEC: National Electrical Code. <https://www.pdfdrive.com/national-electrical-code-d7876530.html>

9. "National Electrical Code" and "NEC" are registered trademarks of the NFPA. Electrical Construction and Maintenance Magazine, Conductors for General Use, <http://ecmweb.com/nec/code-basics/conductors-for-general-use-20110901>

### **Экспериментальная проверка работоспособности образцов сейсмоизолирующих устройств**

Б.С. Матозимов, Б.С. Ордобаев, М.О. Орозбеков, М.Д. Мусуралиева  
*Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан*  
*ordobaev@mail.ru*

Цель экспериментальных исследований – статическим и динамическим методами проверить работоспособность сейсмоизолирующих устройств, т.е. возможность ограничения величины ускорения до 0.05g для сейсмоизоляции применением антифрикционных, пластичных и упругих материалов на макете двухэтажного дома жесткой конструкции.

Экспериментальные исследования проводились на сейсмоплатформе лаборатории сейсмостойкого строительства КГУСТА им. Н. Исанова.

На рис. 1.2 показан макет дома с сейсмоизолирующим устройством, установленный на сейсмоплатформе для динамического испытания, на рис.1.1. приведено показание динамометра при статическом испытании.

По паспорту сейсмоплатформа является платформой инерционного действия с расчетной грузоподъемностью до 400 кН (40 т), размер стола 4,0 x 4,0 м. Конструкция платформы позволяет возбуждать горизонтальные гармонические колебания с частотой от 2 до 10 Гц с амплитудой от 1 до 50 мм, ускорение стола сейсмоплатформы достигает 1,2g и более.

Макет двухэтажного дома 2 жесткой конструкции выполнен из железобетона, размеры в плане 1,2x1,7м, высота 1,9 м, вес 2,7т.

Исследуемые сейсмоизолирующие устройства 3 размещены между макетом дома и столом сейсмоплатформы 1.

При статическом испытании макет дома перемещается домкратом 5, величина силы которого измеряется динамометром 4, который установлен между фундаментом макета дома 2 и домкратом 5.

а) Эксперимент 1. В качестве сейсмоизолятора применен антифрикционный материал, рис.1.1.

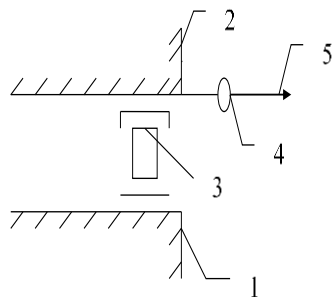


Рис.1.1. Сейсмоизолятор из антифрикционного материала.

1 – стол сеймоплатформы; 2 – макет дома; 3 - антифрикционный материал; 4 – динамометр; 5 – домкрат.

Величину сейсмической нагрузки, соответствующей ускорению здания, равному  $\alpha = 0,05g$  (6 баллов), определим по формуле  $S = Q \alpha = 0,05 \cdot 2,7T = 0,135T = 135$  кг.

Оптимальный коэффициент трения  $f_{тр}$  подбираемого материала должен быть эквивалентен коэффициенту  $\alpha$ , т.е.  $f_{тр} = \alpha = 0,05$ .

Таким материалом является фторопласт-4, так как результаты проведенного эксперимента показали, что когда показание динамометра достигло  $P_{тр}=140$  кг, макет дома начал перемещаться, т.е. при

$$\alpha = f_{тр} = P_{тр} / Q = 140 / 2700 = 0,052$$

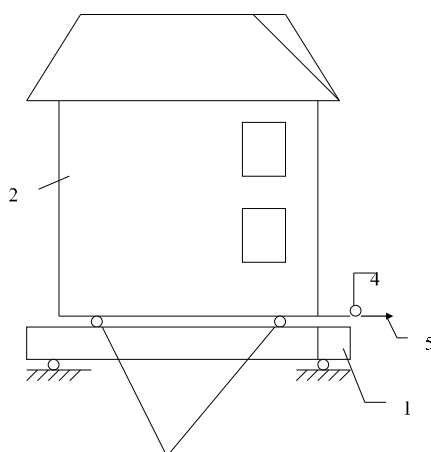


Рис.1.2. Макет дома с сейсмоизолирующим устройством

б) Эксперимент 2. В качестве сейсмоизолятора применен пластичный материал, рис.1.3.

Величину сейсмической нагрузки, соответствующей ускорению здания, равному  $\alpha = 0,05g$  (6 баллов), определим по формуле

$$S = Q \alpha = 0,05 \cdot 2,7T = 0,135T = 135$$
 кг.

В качестве пластичного материала применен торф.

Оптимальную площадь, передающую сейсмическую нагрузку на макет дома, эквивалентную коэффициенту сейсмичности  $\alpha = 0,05g$ , определим по формуле  $S = F \cdot R$ ,

где  $S$  – величина сейсмической нагрузки,  $F$  – определяемая площадь торфа,  $R$  – предельное сопротивление торфа.

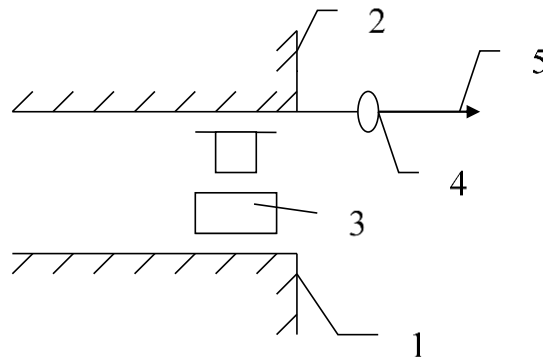


Рис.1.3. Сейсмоизолятор из пластичного материала.

1 – стол сеймоплатформы; 2 – макет дома; 3 - пластичный материал;  
4 – динамометр; 5 – домкрат.

Отсюда  $S = 135$  кг;  $R = 1$  кг/см<sup>2</sup>, т.е.

$$F = S / R = 135 \text{ кг} / 1 \text{ кг/см}^2 = 135 \text{ см}^2.$$

Количество опор 4, т.е. площадь фундамента, опирающегося на торф, принимаем

$$F / 4 = 33 \text{ см}^2.$$

Результаты эксперимента показали, что когда показание динамометра достигает  $P_{пл} = 145$ , макет дома начинает перемещаться, т.е. при

$$\alpha = f_{пл} = P_{пл} / Q = 145 / 2700 = 0,054.$$

Теоретические и экспериментально полученные результаты проводимого исследования приведены в следующей таблице 1.1.

Таблица 1.1

№п/п	Наименование сейсмоизоляторов	Величина сейсмической нагрузки S, в кг.		% отклонения
		теоретическая	экспериментальная	
1.	Антифрикционный материал (фторопласт-4)	135	135-140	3,7%
2.	Пластичный материал (торф)	135	130-145	11,11%
3.	Упругий материал (стальные стержни)	135	150-155	14,81%

Результаты проведенного эксперимента позволяют утверждать, что применяя статистико-термодинамическую теорию расчета и принципы конструирования зданий и сооружений в инженерной практике, можно создать надежные и экономичные сейсмостойкие здания и сооружения.

### Заключение

Сейсмоизоляция зданий и сооружений для защиты от разрушительных последствий сильных землетрясений относится к древним проблемам строительства.

Благодаря статистико-термодинамическим теориям расчета и принципам конструирования зданий и сооружений с сейсмоизолирующими опорами эту проблему удалось решить, а именно, экономичные и надежные сейсмостойкие здания и сооружения должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Должны быть все сейсмостойкие здания и сооружения во всех сейсмоопасных регионах рассчитаны на 9-балльную интенсивность.

2. Должно быть обеспечено перемещение зданий и сооружений относительно основания при землетрясении в пределах амплитуды перемещения основания.

3. Должна быть несущая способность несущих конструкций зданий и сооружений оценена по термодинамическому критерию надежности.

4. Должна быть несущая конструкция сейсмостойкого здания и сооружения пространственно жесткой и опираться на сейсмоизолирующие опоры, сейсмическую нагрузку ограничивающее в пределах 6 баллов, т.е. 0,05g.

#### **Список литературы**

1. Патент №75, KG 75 30.11.2006. Гибкое сейсмостойкое здание. Ж.М.Токтонасаров, Б.С.Матозимов.

2. Патент №90, заявка №20070016.2, рег. от 27.02.2009, Кыргызская республика, KG 90 31.03.2009 «Сейсмоизолирующая опора». Ж.Ы.Маматов, Ж.М.Токтонасаров, Б.С.Матозимов, А.Ж.Андашев.

3. Патент №91, заявка №20070017.2, рег. от 27.02.2009, Кыргызская республика, KG 91 31.03.2009 «Сейсмоизолирующая опора». А.Ж.Андашев, Ж.М.Токтонасаров, Ж.Ы.Маматов, Б.С.Матозимов.

4. Патент №92, заявка №20070014.2, рег. от 27.02.2009, Кыргызская республика, KG 92 31.03.2009. «Сейсмостойкий дом». Ж.М. Токтонасаров, Ж.Ы.Маматов, Б.С.Матозимов, А.Ж.Андашев,.

5. Патент №146 от 30 августа 2012 г. Стеновой блок из бетона. Б.С.Матозимов, Ж.Ы.Маматов, Б.С.Ордобаев и др.

6. Патент №1593 от 31 октября 2013 г. Модифицированный глинистый материал с пенополистиролом. Ж.Ы.Маматов, Б.С.Матозимов, Б.С.Ордобаев и др.

### **Optimization of structures of the responsible parts of axial-piston hydraulic machines at increasing work pressure**

I. Nikolenko, V. Zheglova, Y. Khomyak, A. Kibakov, S. Medvedev

*Academy of Construction and Architecture of V.I. Vernadsky Crimean Federal University*

*e-mail: nikoshi@mail.ru,*

With an increase in the technical characteristics of the axial piston hydraulic machine (APHM), first of all, the working pressure and rotational frequencies, the requirements for the structures and materials of the parts of the swinging unit increase, since it is necessary to simultaneously ensure high strength and stiffness characteristics, wear resistance and thermal conductivity. Therefore, in recent decades, technologically more complex composite or composite structures have been used, in which the choice of materials for different parts of parts is made on the basis of meeting the necessary requirements for them, as well as the technological capabilities of production. An increase in pressure in an axial piston hydraulic machine APHM leads to an increase in bulk and contact stresses and an increase in the frequency of failures, of which about 30 % is in the cylinder block (CB) and 10 % – on lenticular distributor (LD). These two parts are characterized by a complex multiply-connected form, the distributor can be considered as a flat (two-dimensional) design, a CB – as three-dimensional one. In the axial cylinders of the block there are variables according to the character and significant load: pressure of working fluid, forces from lateral pressure of the pistons, inertial loads, etc. In connection with friction on the contact surfaces, the LD is made of high-strength alloy steel, CB – of wear-resistant materials, bronzes or brass, which provides an increase in mechanical efficiency and heat sink. In the works devoted to the



improvement of the design and calculations of the CB, it was proposed to us composite materials (steel-bronze) and composite permanent and detachable structures. For strength analysis, simplified analytical models of the LD and CB in the form of statically indefinable rod systems with variable cross-section rods were developed. Verification calculations using the finite element method (FEM) were more often performed in a flat formulation, although the stress-strain state (SSS) of the block is essentially three-dimensional. In this paper, using the Autodesk Inventor software package, a 3D model of the BC for the APH 310-25 was built. This model made it possible to calculate the SSS of CB in the ANSYS Workbench. Using the ANSYS Workbench software, the characteristics of the material, the method of fixing, and the uneven distribution of pressure in the pistons cavities into account are taken.

As a result of modeling and calculations in the ANSYS software package, the VAT of the BC has been determined. It has been established that the maximum stresses in the BC of the original modification appear in the bridges between the axial channels near the end of the block, and in other zones the stresses are substantially less.

To check the fatigue resistance of the BC, fatigue tests of samples of the material from CB, BrO12 bronze were carried out, with a symmetric cycle of stress variation and a fatigue curve was plotted.

This made it possible to perform an analytical calculation of the BC on fatigue resistance. The results of fatigue tests of samples were recalculated for the CB according to the method of the statistical similarity theory of fatigue failure by Serensen-Kogaev. In this case, a substantially inhomogeneous stress state at the dangerous section of the inter-cylinder bridge is reduced to an equivalent homogeneous one. In this method, a substantially inhomogeneous stress state at the dangerous section of the inter-cylinder bridge is reduced to an equivalent homogeneous one. This allows us to recommend used this method to determine the resource of the CB.

Some new modifications of the BC design are proposed: the fillet radius of the fillets is increased in the transition from the cylinder bores to the bottom; cylinder holes are inclined to the axis of the CB in the diametric plane at an angle  $\alpha$ . The rational values of the quantities and are determined by stepwise FEM-calculations. In the modified construction of the APG 310-25 block the stresses in the inter-cylinder jumper are distributed more evenly and their maximum values are reduced by 20 %.

The manufacturing technology of the modernized CB was proposed. The performed analysis of the SSS of the considered structures confirms their higher technical level.

## **Optimization of operation mode of centrifugal-type pumps of a water supply system booster pumping station with a reserve tank**

I. Nikolenko, A. Ryzhakov

*Academy of Construction and Architecture of V.I. Vernadsky Crimean Federal University*

*e-mail: nikoshi@mail.ru*

The development and improvement of urban infrastructure is impossible without modernization of life support systems. One of such systems is the water supply system, which belongs to the most energy-intensive facilities in housing and utilities and industrial sector. The main electric power consumers in the water supply system are power units of pumping stations (PS), i.e. centrifugal-type pumps (CP). The purpose of PS is to provide the required pressure and volume of water supply for consumers, as regulated by the requirements of the SNIP (Construction Norms and Regulations). Meeting such purpose requires a certain input of material, energy and financial resources. For both the State as a whole and individual consumers, it is beneficial to solve the problem of ensuring water supply with minimum resource inputs. The optimization of the parameters of functioning of individual elements of the water supply system cannot solve the overall problem of its efficient operation as a whole,

as the core elements of water supply system (PS, distribution pipework and consumers) significantly influence each other, generating a number of interrelated deterministic and stochastic processes. The noted feature is consistent with the basic principle of system analysis, i.e. the irreducibility of the response of a complex system to the sum of the responses of its individual elements. The problem at hand requires a comprehensive solution using the methods of exact and natural sciences, as well as engineering, economic and sociological approaches.

The objective of this work is to optimize the choice of power units and the mode of their operation in the booster PS (BPS) of the water supply system with a reserve tank. The authors developed an optimization mathematical model of PS in the form of a non-linear, multi-criteria, partially integral mathematical programming problem. In accordance with the -restriction method, one function in the set of objective functions of a multi-criteria task (cost of electricity to ensure the daily water supply) was chosen as objective function, with the rest presented as optimization problem constraints. The data necessary for the formulation of the optimization problem, such as the structure of daily water consumption by consumers and the resistance of the network, were found based on the results of a full-scale experiment. The adopted approach provided both mathematical rigor in the problem formulation and solution, and the accounting for actual data on consumer behavior and the state of water supply network.

The processing of the full-scale experiment data was carried out by statistical methods for analyzing non-stationary random processes implemented in the STATISTICA program. The optimization procedure was carried out using the genetic algorithm method implemented in the MATLAB program.

A comparison was carried out of the optimum designs for the operation of BPS based on various CPs, which made it possible to significantly increase the energy efficiency of the water supply system due to the CP operation at the highest possible efficiency rates, minimization of the number of CPs and the size of the reserve tank, as well as the selection of the optimum CP working speed.

## **Actual performance of aluminium heating appliance determination**

A. Novozhilova, K. Isaeva, A. Vereshchagin, Z. Marina

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov*

*e-mail: annapozdnyakova@mail.ru*

Aluminium heating appliances are widely used in Russia. They are popular due to the advantages, such as high heat transfer at relatively small sizes, low weight, optimal ratio between thermal power and cost, aesthetic appearance. However, manufacturers do not provide enough data on the heating appliance thermal power to accurately determine the heating surface in the designed heating systems, in particular, the connection method of the appliance is not taken into account. At best, it will lead to waste of thermal energy and overheating of the room, which does not comply with the energy saving policy. It is necessary to remember that the manufacturer provides the section or device power without specifying the connection method. The published heat transfer only corresponds to unilateral and diagonal "top-down" connection schemes. In some cases, for example, when the radiator is connected in a "bottom-down" scheme, the load on the radiator decreases and there may be underheating of the rooms.

Thermal power deviation from the experimental points does not exceed 5 % according to decree [1]. Thus determination of actual characteristics of the heating devices, taking into account their connection scheme is an actual task.

The article presents the results of research of radiator of the ROYAL Termo Evolution type, it was made on request from company specialising in heating systems design. The actual

thermal power of the section is independent of the flow rate, exceeds 11 % of the value, declared by the manufacturer, with a unilateral connection method and coincides with a diagonal one, was determined experimentally. Thermal power decrease of 14 % with the coolant flow rate up to 0.038 kg/s and decrease of 33 % with an increasing up to 0.06 kg/s should be taken into account in a "bottom-down" connection scheme.

### References

1. Binding certification of all types heating devices [Электронный ресурс]. URL: [https://www.c-o-k.ru/market\\_news/obyazatel'naya-sertifikaciya-vseh-tipov-otopitelnyh-priborov](https://www.c-o-k.ru/market_news/obyazatel'naya-sertifikaciya-vseh-tipov-otopitelnyh-priborov) (дата обращения: 14.05.2019).
2. GOST 31311-2005. heating devices. general specifications. Moscow, Standartinform Publ., 2006.

## **Сравнительный анализ использования различных источников теплоснабжения индивидуальных жилых домов**

Д. Подбельская, М. Мороз

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: morozmariyav@gmail.com*

В современном мире существует огромное разнообразие различных вариантов систем отопления, которые мы можем использовать при проектировании и строительстве жилых домов. Выбор наиболее экономически и технически оптимальной системы отопления играет большую роль для дальнейшего комфортного проживания людей. Это позволяет сократить расходы на установку или эксплуатацию системы, при этом получив необходимое количество тепла для поддержания комфортных условий внутри отапливаемых помещений. В статье рассматривается эффективность и экономичность использования различных систем отопления с применением современных материалов и технологий на примере Иркутского района. На основе технических и экономических расчетов выполнен анализ систем отопления с применением различных источников тепла, на примере использования, как классических систем водяного отопления, так и различных источников электрического отопления от, получившего уже широкое распространение, теплого пола до, менее распространенных, систем инфракрасного отопления. Так же рассмотрена возможность использования альтернативных источников энергии для покрытия затрат электроэнергии при использовании электрического отопления, что будет являться актуальным решением для регионов с высокой стоимостью электроэнергии.

## **Повышение метрологической надежности при измерении расхода теплоносителя и количества теплоты на объектах ЖКХ**

С.И. Половнева, М.Ю. Толстой

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: polovneva\_si@mail.ru*

В соответствии с Федеральным законом государственные учреждения и объекты жилищно-коммунального хозяйства должны использовать приборы учета теплоэнергоресурсов, к которым относятся теплосчетчики и расходомеры горячего и холодного водоснабжения.

В работе исследованы динамические и метрологические характеристики вихрево-акустических расходомеров, рассмотрена их классификация, краткое описание

и принцип действия. Приведены результаты их испытаний на лабораторном испытательном стенде. Установлено, что работа расходомеров не отличается стабильностью.

Даны практические рекомендации по выбору приборов для измерения расхода, основанных на методике метрологической надежности.

### **Список литературы**

1. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д. Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. М.: МЭИ, 2005. 402 с.
2. Канев С.Н., Глухов А.П., Старовойтов А.А. Теплосчетчики: мифы и реальность // Материалы XIX международной конференции (20-22 апр. 2004 г., Санкт-Петербург). СПб.: Борей-Арт, 2004.
3. Каргапольцев В.П., Порошин А.А. О применении электромагнитных расходомеров для учета расхода теплоносителя // Внедрение коммерческого учета теплоносителей. СПб.: Изд-во МЦЭНТ, 1996.
4. Клюев А.С. Наладка контрольно-измерительных приборов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 340 с.
5. Коптев В.С., Прохоров А.В., Сычев Г.И. Обзор состояния и перспективы развития электромагнитных расходомеров и теплосчетчиков [Электронный ресурс]. URL: [www.teplotunkt.ru](http://www.teplotunkt.ru) (дата обращения: 14.06.2019).
6. Кремлёвский П.П. Расходомеры. М.: Машиностроение, 1983. 400 с.
7. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. М.: Машиностроение, 2008. 404 с.
8. Лачков В.И. К вопросу о метрологической поверке расходомеров [Электронный ресурс]. URL: [www.teplotunkt.ru](http://www.teplotunkt.ru) (дата обращения: 14.06.2019).
9. Мельник С.А. Некоторые особенности работы расходомеров на теплофикационной воде / С.А. Мельник, С.И. Половнева, Е.А. Борисова // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. 2010. № 5. С. 244–249.
10. Половнева С.И. / С.И. Половнева, А.А. Носенко, Т.Р. Мамин // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. 2015. № 12. С. 236–241.
11. Половнева С.И., Ёлшин В.В., Толстой М.Ю. Технические измерения и приборы. Измерение расхода газов и жидкостей: учеб. пособие (гриф УМО). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. 86 с.
12. Сажин С.Г. Средства автоматического контроля технологических параметров. СПб.: Издательство «Лань», 2014. 368 с.

## **Heat transfer in thin-film thermal insulation**

V. Polovnikov

*National Research Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: polovnikov@tpu.ru*

The relevance of the study is explained by the fact that thermal protection of equipment and pipelines is important when implementing energy-saving measures at energy facilities for various purposes. The increase in heat or cold losses during the transportation of energy carriers is the reason for the creation of new approaches to energy-saving measures when performing thermal insulation actions. The main method of reducing heat energy losses during its transportation and storage is the use of highly efficient thermal insulation materials. This material is thin-film thermal insulation. The unique thermal characteristics of thin-film thermal insulation coatings are the reason for their use in various energy systems and

equipment. Despite this, the technology of using thin-film insulating coatings has not been developed. This is due to the following reasons: lack of knowledge about the physical properties and mechanisms of heat and mass transfer processes in thin-film thermal insulation coatings.

The main aim of the research is a study of conductive-convective heat transfer in the layer of thin-film thermal insulation taking into account the heterogeneity of the properties of the microspheres and binders.

The object of the research is a cylindrical layer of thin-film insulating coating. The temperature is constant on the inner and outer surfaces of the thermal insulation coating. The geometry of the thin-film thermal insulation coating was a binder and hollow microspheres. Scientific research was carried out for a layer of insulation thickness of 0.33 mm. The temperatures on the inner and outer surfaces of the insulation were taken in accordance with the experimental data. The layer of thin-film thermal insulation for 62 % consists of microspheres with a diameter of 50 microns and for 38% from binder. Two types of hollow microspheres with wall thicknesses (5  $\mu\text{m}$  and 2  $\mu\text{m}$ ) were considered.

Methods. The solution of the problems posed is obtained by the finite element method. Galerkin approximation, non-uniform finite element mesh was used. The parameters of the grid elements were chosen from the conditions of convergence of the solution. An increase in the number of elements of the computational grid was carried out using the Delaunay method.

Results. The effect on heat loss of the type of binder and the characteristics of the microspheres, the wall thickness of the microsphere and the gas phase contained in the cavity of the microsphere was investigated. For the case under consideration, the deviation from the experimental data was up to 90 %, depending on the composition of the thin-film thermal insulation coating. Comparison of the results of numerical simulation of heat transfer in a layer of thin-film thermal insulation, performed using a conductive-convective heat transfer model with the results for a conductive model showed a discrepancy between them does not exceed 3 %. This is due to errors in numerical calculations. For this reason, a simpler conductive model of heat transfer can be used in practical calculations.

## **Investigation of the possibilities of using of heat pipes in the recuperation systems of paper industry enterprises with heat excess**

I. Pospelova, V. Filatov

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: pospel@istu.edu*

The investigation was aimed to increase the energy efficiency of ventilation systems for the pulp and paper industry with an excess of heat in the technological process. The economic and thermal effect is achieved through the use of heat recovery systems based on the principle of phase transition and heat pipe.

# Влияние наполнителей полиминерального состава и модифицирующих добавок на свойства цементного камня

А. Таирова

*Кыргызский государственный университет строительства,  
транспорта и архитектуры, г. Бишкек, Кыргызстан*

*e-mail: kafedra\_pesmik@mail.ru*

Предмет исследования: многие наполнители в виде отходов по своему химическому составу и техническим свойствам близки к природному сырью, а во многих случаях имеют и ряд преимуществ (предварительная термическая обработка, повышенная дисперсность и др.), что обуславливает их применение в производстве строительных материалов в частности цемента.

В работе показана возможность получения композиционных вяжущих с повышенными прочностными характеристиками с использованием в качестве наполнителей волластонитовую породу и кремнеземсодержащую добавку – золу рисовой шелухи совместно с органическим пластификатором.

Цели: определить влияние модифицирующих добавок на физико-механические характеристики композиционного цементного камня.

Материалы: для проведения исследований были использованы портландцемент местного производства, в качестве наполнителей использовались волластонитовая порода Макмальского месторождения, зола рисовой шелухи и суперпластификатор.

Методы: Определение физико-механических свойств проводилось по государственным и международным стандартам.

Результаты: применение высокодисперсной ЗРШ и органической добавки способствует интенсификации процесса гидратации, уплотнению и упрочнению цементного камня и снижению капиллярной пористости.

Выводы: установлено, что используя в качестве наполнителей волластонитовую породу и кремнеземсодержащую добавку – золу рисовой шелухи совместно с органическим пластификатором можно получить композиционные вяжущие с повышенными прочностными характеристиками.

## The complex mobile independent power station for the recreational areas

А А Tunik<sup>1</sup>, М У Tolstoy<sup>1</sup>, М Р Kalashnikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Irkutsk National Research Technical University*

<sup>2</sup>*East Siberia State University of Technology and Management*

*E-mail: alexkun@mail.ru, tolstoi@istu.edu, kmp02@rambler.ru*

**Abstract.** There are many problems with energy supply and waste water utilization of recreational areas associated with increased environmental requirements and restrictions. These areas include the Baikal Lake, there are many settlements and tourist campings around. The use of traditional energy and wastewater systems at these sites is problematic. In the result of the our research a complex mobile independent power station was developed, which will allow to solve the above problems. This installation includes renewable energy equipment, which allows to receive electricity and heat energy, as well as utilize the wastewater.

### 1. Introduction

For energy supply and sewage treatment of villages in the countryside, cottage settlements and even separate buildings it is necessary to build additional energy and sewage treatment plants, with associated complex design work. In most cases, after deterioration or obsolescence of these stations and related life support systems [1], it is necessary to carry out major repairs and reconstruction or conservation, followed by the construction of new stations. It is also impossible to move them with reusing in case of a decrease in the number of subscribers of these stations. Not to mention the fact that the use of traditional energy often has environmental consequences. This is especially concerns the recreational areas, like The Baikal Nature Territory in the Irkutsk Oblast, Zabaykalsky Krai and Republic of Buryatia.

For example, the Listvyanka settlement is located on the shores of the Baikal Lake, is included in the water protection zone and is one of the main tourist centers on the Baikal. In this settlement, the main source of thermal energy is the coal boiler, which produces carbon dioxide, polluting the air of the village and the slag that needs to be utilized. The negative impact of carbon dioxide is monitored by environmental organizations and regularly charge fees for emissions of harmful substances into the atmosphere. Also there is the problem of transportation and storage of coal fuel in the settlement. The nearest storage point is located 10 km from the boiler house, which forces them to carry out continuous fuel transportation and the corresponding financial costs, as well as the subsequent increase in the heat energy tariff [2].

The use of renewable energy sources [3]-[18] can solve many of the above problems, but even they alone cannot solve the problems of mobility and dependence on external factors.

## 2. Renewable energy sources

The attractiveness of solar energy is resulted from a number of circumstances: solar energy is available at every point on our planet, it is an environmentally friendly source of energy, allowing to use it on an ever-increasing scale without a negative impact on the environment, besides it is an almost inexhaustible source of energy that will be available over millions of years. However, this technology has such disadvantages as a strong dependence on weather conditions and geographic location. At the same time, the Baikal Lake is located in a zone with good insolation rate.

Table 1 presents the calculation of the number of solar collectors, required for the partial removal of the load from the boiler plant in Listvyanka, namely, for the local school and two five-story residential buildings. This calculation was carried out in the framework of the preparation of solutions for the boiler plant technical retrofit. In the data presented in Table 1, it can be seen that the calculation was made with the duration of daylight and the average for 22 years the number of cloudy days in the area under consideration. This significantly affects the performance of the solar system. In this calculation, the SUN 1 solar collector, developed and patented in INRTU, was used [19].

**Table 1.** Calculation of the solar heating system for the Listvyanka settlement

Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Duration of month, days												
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Monthly average solar energy values falling on an optimally oriented surface, kW·h/m <sup>2</sup> ·day												
2,92	4,37	5,55	5,83	5,62	4,89	4,01	4,00	4,17	3,67	2,86	2,33	4,19
Amount of cloudy days												
4,3	2,6	3,1	4,5	6,6	8,1	11,1	9,5	7,7	5,6	5,6	5,3	74,0
Average sunny day duration, hours												

3	5	6,7	7,4	8,6	8,8	7,8	7	6,1	4,9	3,1	2	5,9
The total value of solar energy per month, kW·h/m <sup>2</sup>												
77,99	111,00	154,97	148,68	137,21	107,04	79,87	86,04	93,09	93,18	69,87	60,00	1218,40
The average hourly value of solar energy per month, kW·h/m <sup>2</sup>												
0,97	0,87	0,83	0,79	0,65	0,56	0,51	0,57	0,68	0,75	0,92	1,17	0,71
Hourly heat load on hot water supply, kW/h												
70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Daily heat load on hot water supply, kW/day												
910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00	910,00
Required solar collectors performance, kW/h												
303,33	182,00	135,82	122,97	105,81	103,41	116,67	130,00	149,18	185,71	293,55	455,00	155,11
The average monthly SUN 1 solar collector performance, kW/h												
1,19	1,07	1,01	0,96	0,80	0,68	0,63	0,70	0,83	0,91	1,13	1,42	0,87
Required number of SUN 1 solar collectors												
255	171	134	128	133	153	186	186	179	203	260	320	178

In result of the calculations, the required number of solar collectors was established - 203 pcs. This number of solar collectors will allow to fully cover the calculated daily heat load on the hot water supply system of the buildings under consideration in period from February to October and from 60 to 80 % of the load in period from November to January. At the same time in February, March, April, May and September, the excess heat can also cover part of the heat load of the heating system of the buildings.

There is an area where it is possible to place 203 solar collectors, which will provide the thermal energy for the school and houses in the immediate vicinity of the boiler plant. However, unfortunately, this area is not enough to supply power to a larger number of buildings in Listvyanka. Using solar heating, it is necessary to have an additional, more stable source of heat supply, which in this case will be the boiler plant of Listvyanka. But in many settlements and campings located in the coastal areas of the Baikal Lake, there is no such source for various reasons, starting with inaccessibility and fuel logistics problems, and ending with financial difficulties. Not to mention the environmental restrictions mentioned above. It is also not always possible to carry out centralized power grids in all settlements and campings.

As for electrical energy, solar panels have exactly the same dependence as solar collectors. Wind turbines also have a strong dependence on the weather and air speed.

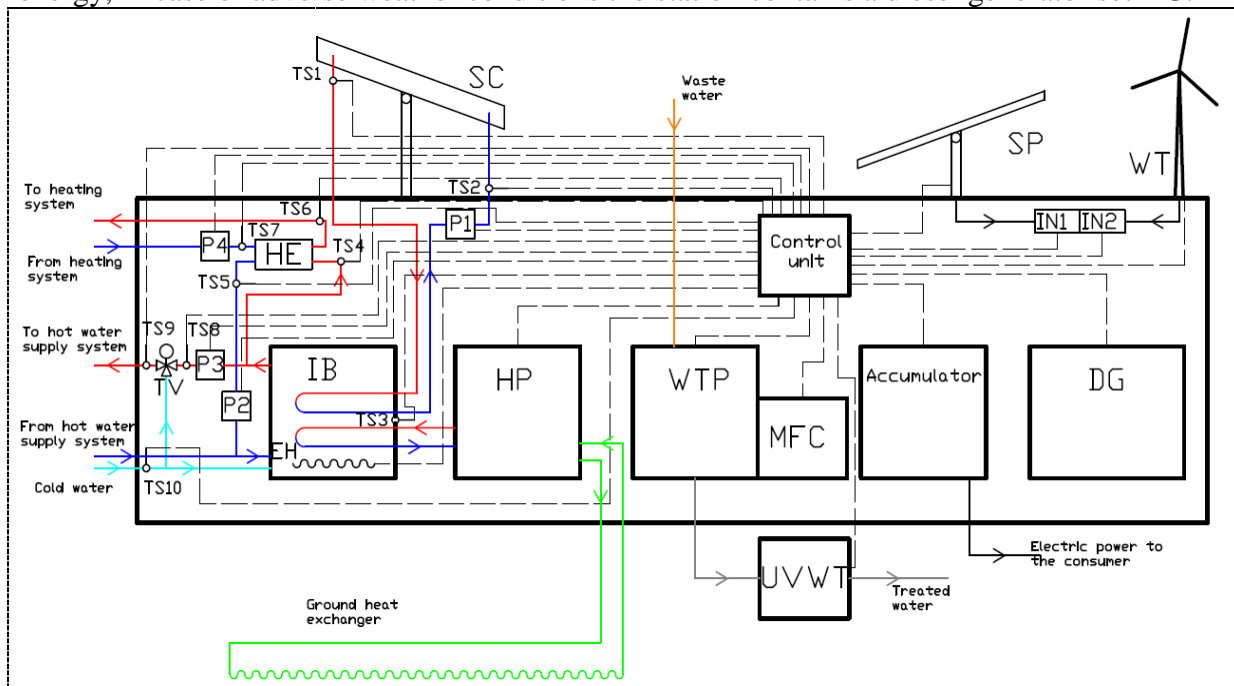
In connection with the foregoing, the use of hybrid energy sources is very promising. As a result of our research, the complex mobile independent power station was developed, which includes several autonomous energy sources, as well as the function of wastewater treatment.

### 3. The complex mobile independent power station

The power station developed by us is designed to provide full power supply of various facilities, located even in remote areas, reduce dependence on centralized energy supply systems, reduce fossil fuel consumption, improve the ecological situation in urban areas and solve industrial and municipal sewage treatment problems. It is also suitable for use in recreational areas. It can be used in almost any types of building and does not require additional design and construction work. This unit can be used as a primary, secondary or temporary energy source. It can also be easily moved from one subscriber to another and integrated into the existing energy supply systems of a building [20].



As shown in Figure 1, the mobile independent station includes a solar panel *SP* and a wind turbine *WT*, which allow to get electricity from the sun and wind, and an *accumulator*, which allows to accumulate electricity generated by energy sources. To obtain electrical energy, in case of adverse weather conditions the station contains a diesel generator set *DG*.



**Figure 1.** The power station draft: *SP* – solar panel; *WT* – wind turbine; *IN* – inverter; *DG* – diesel generator; *MFC* – microbial fuel cell; *WTP* – wastewater treatment plant; *UVWT* – ultra-violet water treatment; *HP* – heat pump; *IB* – indirect boiler; *EH* – electric heater; *P* – pump; *TV* – thermostatic valve; *TS* – temperature sender; *HE* – heat exchanger; *SC* – solar collector.

To obtain thermal energy in the power station, it contains the solar collector SUN 1 *SC*, which was previously mentioned. A distinctive feature of this collector is the meander-shaped heat-receiving tubes that allow to increase the heat transfer medium temperature at the outlet of the collector and its efficiency, enhanced rear insulation and double frontal glass, which increase the thermal insulation characteristics of the collector. That's why this collector can be used at a lower outdoor temperature. Heat pump *HP* also allows to receive thermal energy from the ground heat or water. It is also possible to install an air heat pump. Modification of the heat pump may allow it to be used as an air conditioner in the summer. indirect boiler *IB* allows to get a supply of water, and the electric heater *EH*, integrated into it, allows to maintain the temperature of the stored water.

The station includes an independent plant for water treatment of the *WTP* with an ultra-violet treatment unit *UVTU*, which allows the power station to expand its functionality and solve the problem of waste utilization in recreational areas. The sediment obtained from the *WTP* will be used as the source of the microbial-fuel cell *MFC*. The new integrated control system will simplify the operation of this plant, as well as improve its overall efficiency.

#### 4. Results of the study and conclusion

The developed complex mobile independent power station designed to provide full power supply to various objects, even located in remote areas, and to reduce dependence on centralized power supply systems. At the same time, it significantly increases the reliability of uninterrupted heat and power supply from centralized life support systems. In addition, it

reduces the consumption of fossil fuels, which makes it possible to greatly improve the ecological situation and solves the problems of utilization industrial and municipal wastewater. It is proved that it is especially suitable for use in recreational areas.

### References

- [1] Kalashnikov M. P., Sobolev A. V. The evaluation of technical efficiency of heat supply systems // Festschrift: Internal air quality and environment Materials of XVI international scientific conference. 2018. Volgograd. P 206-210.
- [2] Khan V. V., Dekanova N. P., Romanova T. A., Sharaeva S. A. Complex analyses of efficiency of energy effectiveness measures for the objects of social sphere in the Eastern Siberia on the basis of system approach // *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost.* 2017. T 7 № 1 (20) P 84-93.
- [3] Karim M. A., Perez E., Amin Z. M. Mathematical modelling of counter flow v-grove solar air collector // *Renewable Energy.* 2014. Vol 67. pp 192-201.
- [4] Jacobson M. Z., Delucchi M. A. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials // *En. Pol.* 2011. № 39. 16. pp 1154–1169.
- [5] Hoekman S. K., Broch A., Robbins C., Cenicerros E., Natarajan M. Review of biodiesel composition, properties, and specifications // *Ren. and Sus. En. Rev.* 2012. № 16. Issue 127. pp 143-169.
- [6] Mirzaei A., Tangang F., Juneng L. Wave energy potential assessment in the central and southern regions of the South China Sea // *Ren. En.* 2015. № 80. 17. pp 454-470.
- [7] Penchahpa M. M., Malakooti H. Evaluation of planetary boundary layer simulations for wind resource study in east of Iran // *Ren. En.* 2017. № 111. 10. pp. 1-10.
- [8] Obama B. The irreversible momentum of clean energy// *Science.* 2017. 55. (6321). pp 126–129.
- [9] Tsilingiridis G., Sidiropoulos C., Pentaliotis A. Reduction of air pollutant emissions using renewable energy sources for power generation in Cyprus // *Renewable Energy.* 2011. is 12. 36. pp 3292–96.
- [10] Bajpai P., Dash V. Hybrid renewable energy systems for power generation in standalone applications: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2012. is 5. 16. pp 2926–39.
- [11] Chatzitakisa P., Dawoud B. An alternative approach towards absorption heat pump working pair screening // *Renewable Energy.* 2017. № 110. pp 47-58.
- [12] Kalogirou S. A. Solar thermal collectors and applications // *Progress in Energy and Combustion Science.* 2004. № 30. Issue 3. pp 231–295.
- [13] Connolly D., Lund H., Mathiesen B. V., Pican E., Leahy M. The technical and economic implications of integrating fluctuating renewable energy using energy storage // *Renewable Energy.* 2012. № 43. pp 47-60.
- [14] Giovannetti F., Föste S., Ehrmann N., Rockendorf G. High transmittance, low emissivity glass covers for flat plate collectors: Applications and performance // *Energy Procedia.* 2012. vol. 30. pp. 106– 115.
- [15] Floridesa G., Pouloupatisa P. D., Kalogirou S. A., Messaritisa V., Panayidesb I., Zomenib Z., Partasides G., Lizidesc A., Sophocleousd E., Koutsoumpase K. Geothermal properties of the ground in Cyprus and their effect on the efficiency of ground coupled heat pumps // *Renewable Energy.* 2013. Volume 49. Pages 85-89.
- [16] Pereira E. B., MartinsF. R., Pes M. P., Segundo E., Lyra A 2013 The impacts of global climate changes on the wind power density in Brazil *Renewable Energy Volume 49* Pages 107-110.
- [17] Magrassi F, Rocco E, Barberis S, Gallo M and Del Borghi A. Hybrid solar

power system versus photovoltaic plant: A comparative analysis through a life cycle approach // *Renewable Energy*. 2019. Volume 130. Pages 290-304.

[18] Xue W., Zeng Q., Lin S., Zan F., Hao T., Lin Y., van Loosdrecht M. C.M., Chen G. Recovery of high-value and scarce resources from biological wastewater treatment: Sulfated polysaccharides // *Water Research*. 2019. Volume 163. 114889.

[19] Tolstoy M. Y., Akinina N. V., Tunik A. A. Solar collector. *Patent RF. no. 112364 U1*. F24J2/ 24. (2006.01). 2012. Bul. № 1

[20] Tunik A. A., Tolstoy M. Y. Complex mobile independent power station for urban areas // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ser. "International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety*. 2017. ICCATS 2017 P 5.

## **Разработка ресурсосберегающей технологии получения строительных блоков из твердых отходов фтороводородного производства и шлаков ТЭС ОА «СХК»**

Ю.М. Федорчук, В. Матвиенко, Д.В. Нарыжный

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

*naryzhnyu@tpu.ru*

### **Аннотация**

В статье представлен перечень процессов и оборудования, которые используются в ресурсосберегающей технологии получения ангидритошлаковых конструкционных строительных изделий – шлакоблоков, приведены размеры блоков, устройство по их формованию, их прочность сжатию, производительность технологии по выпуску продукции.

Одной из экологических проблем в Томском регионе России является наличие твердых отходов фтороводородного производства – фторангидрита, и золошлаковых отходов теплоэлектростанции ОАО «СХК», которые загрязняют окружающую среду.

Сотрудниками Томского политехнического университета были проведены опыты по исследованию свойств фторангидрита и золошлаковых отходов СХК. Результаты исследований показали, что вышеназванные отходы являются радиационно безопасными; после обезвреживания, т.е. нейтрализации кислых компонентов, измельчения гранул, модифицирования соответствующими добавками и классификации из техногенного ангидрита – фторангидрита, получается ангидритовое вяжущее марки 100 (10 МПа); в результате затворения водой унифицированного ангидритового вяжущего с измельченным золошлаковым наполнителем, после виброуплотнения и выдержки на воздухе на протяжении 28 суток были получены строительные конструкционные изделия – ангидритовые шлакоблоки, с пределом прочности на сжатие, равном 3,5 МПа.

На основании результатов исследований сотрудниками ТПУ была разработана ресурсосберегающая технология получения ангидритовых шлакоблоков, схематично показанная на рис. 1 [1-4].

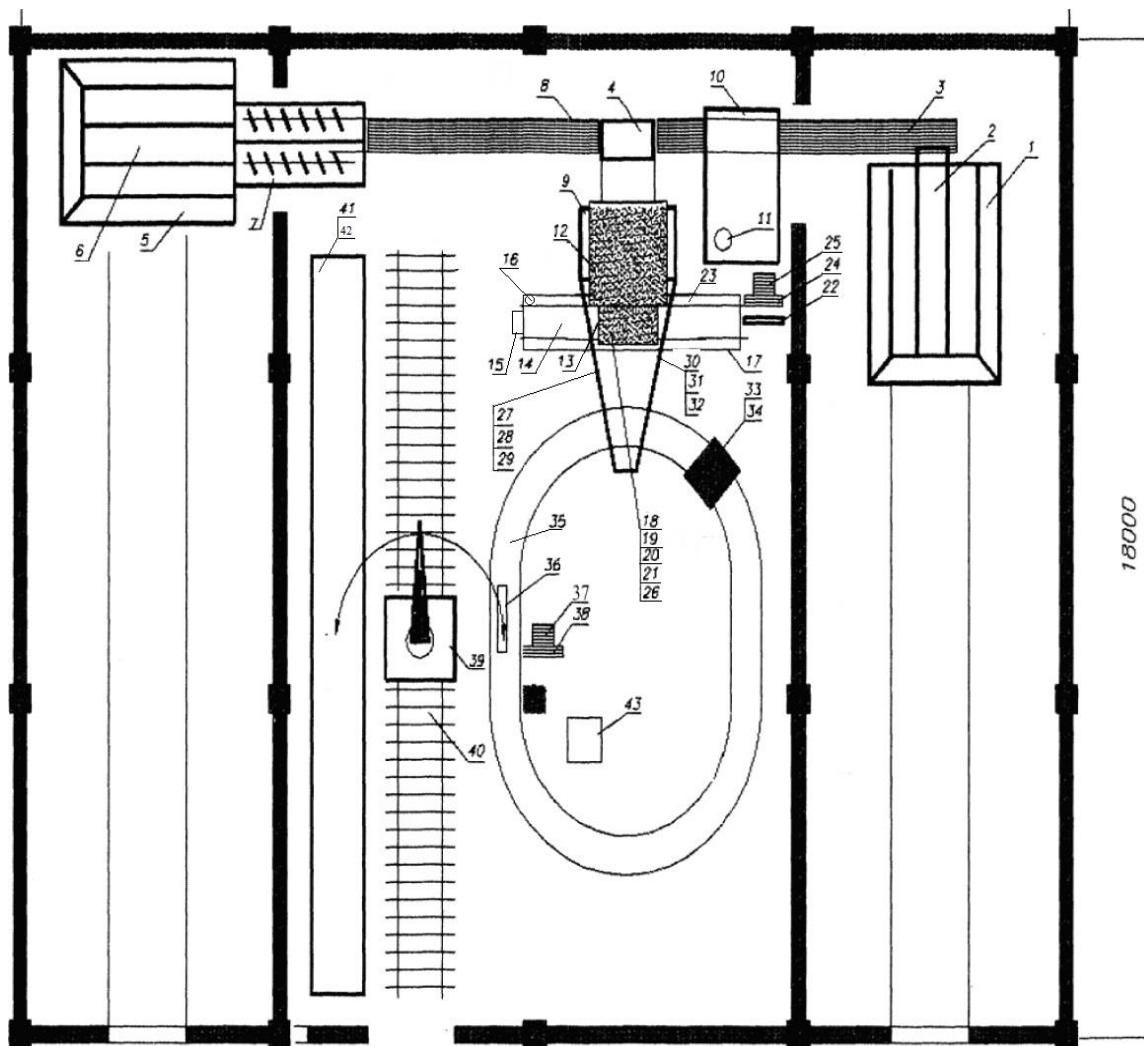


Рис. 1. Технологическая схема производства ангидритовых шлакоблоков.

1 – контейнер; 2, 3 – транспортер; 4 – скип - дозатор; 5 – приемный бункер; 6 – транспортер; 7 – дробилка; 8 – растворобетоносмеситель; 9 – растворобетоносмеситель; 10 – емкость; 11 – дозатор; 12 – лоток; 13 – промежуточный бункер; 14 – виброформователь; 15 – вибратор; 16 – пружины; 17 – рама виброформователя; 18 – поддон; 19 – штоки – выталкиватели; 20, 21 – гидротолкатели; 22 – гидротолкатель; 23 – рельсы; 24 – гидрораспределитель; 25 – насос; 26 – пригруз; 27, 30 – съёмник блоков; 28, 31 – пневмоцилиндр; 29, 32 – тельфер; 43 – пневматический компрессор; 33 – транспортный поддон; 34 – технологический поддон.

#### Описание функционирования технологической схемы производства шлакоблоков

Ангидритовое унифицированное вяжущее в контейнере 1, оборудованных верхним загрузочным и нижним разгрузочным герметичными люками, привозят автотранспортом и с помощью автопогрузчика помещают на место его дозированной подачи в технологию. Шлак поставляют автосамосвалами и выгружают в приемный бункер 5. Ангидритовое вяжущее из бункера 1 посредством транспортеров 2 и 3 подают в скип-объемный дозатор 4. Шлак из бункера 5 с помощью транспортера 6 подают в валковую дробилку 7, а затем транспортером 8 измельченный до размеров гранул, не превышающих 20 мм, направляют также в скип 4.

С помощью скипа исходные сыпучие материалы перегружают в растворобетоносмеситель 9. Самотёком из емкости 10 через дозатор 11 поступает вода

затворения ангидритового вяжущего. После перемешивания массы на протяжении 4,5 – 5 минут ее выгружают через лоток 12 в промежуточный бункер 13. Под бункером 13 находится подвижный виброформователь 14. Он состоит из 2-х кассетных форм, электромеханического вибратора 15, пружин 16, рамы виброформователя 17, поддонов блоков 18, штоков – выталкивателей 19 и гидротолкателей 20 и 21. 2-х кассетных форм по 8 блоков в каждой. Штоки – выталкиватели 19 и гидротолкатели 20 и 21 предназначены для выпрессовки шлакоблоков из форм. Рама и подпружиненный виброформователь установлены на колеса и с помощью гидротолкателя 22 перемещаются по рельсовому пути 23. Перемещение штоков гидротолкателей 20,21 и 22 осуществляется за счет гидрораспределителя масла 24 и гидронасоса 25.

Перемешанная шихта, выгруженная в бункер 13, автоматически попадает в формы виброформователя 14, так как днищем бункера 13 служит виброформователь 14. После этого включают вибратор 15 и с помощью гидротолкателя 22 перемещают виброформователь в сторону первого съемника блоков 27, при этом пригруз 26 выравнивает верхнюю поверхность 8-ми шлакоблоков первой кассеты. Одновременно с этим 2-ая кассета виброформователя занимает место днища бункера 13 и заполняется шихтой. После того, как все блоки 1-ой кассеты будут выведены из-под бункера 13 и пригруза 26, отключают гидротолкатель 22, вибратор 15 и включают гидровыталкиватель блоков 20. На выпрессованные блоки с помощью пневмоцилиндра 28 опускают первый съемник блоков 27 и за счет системы рычагов отделяют все 8 блоков от поддонов блоков 18, а затем тельфером 29 перемещают на транспортный поддон 33, предварительно установленный на технологический поддон 34 карусельного устройства поддонов. После укладки блоков на транспортный поддон первый съемник блоков 27 возвращают в исходное положение с помощью тельфера 29 и пневмоцилиндра 28.

После того, как блоки сняты с поддонов 18, включают гидровыталкиватель 20 и возвращают поддоны 18 в исходное положение. Отключив гидровыталкиватель 20, включают гидротолкатель 22 и перемещают виброформователь 14 в сторону второго съемника блоков 30 при работающем вибраторе 15. Когда все 8 блоков второй кассеты будут выведены из-под бункера 13 и пригруза 26, отключают гидротолкатель 22, выключают вибратор 22 и включают гидровыталкиватель блоков 21. Выпрессованные блоки с помощью второго съемника блоков 30, пневмоцилиндра 31 и тельфера 32 перемещают на другой транспортный поддон карусельного устройства.

Пневматический компрессор 43 обеспечивает подачу сжатого воздуха к пневмоцилиндрам 28 и 31.

Шлакоблоки набирают достаточную прочность через 7 суток, позволяющую их транспортировать к месту строительства, поэтому реализация продукции осуществляется не ранее, чем через 7 суток с момента изготовления ангидритовых блоков. Максимальная прочность блоков достигается через 28 суток твердения.

Проектная производительность данной технологической схемы составляет условных 40 м<sup>3</sup> блоков в смену или 44000 шлакоблоков в месяц.

### **Список литературы**

1. Федорчук Ю.М. Способ получения ангидритового вяжущего. Патент РФ № 2277515 от 10.06.2006 г.
2. Федорчук Ю.М. Виброформовочная установка для изготовления шлакоблоков. Патент РФ №27306 от 20.01.2003 г.
3. Федорчук Ю.М., Верещагин В.И., Дьяченко А.Н. и др. Технологическая линия производства шлакоблоков. Патент РФ №27307 от 20.01.2003 г.

4. Федорчук Ю.М. Способ укладки полуфабриката шлакоблоков для просушки. Патент РФ №2225290 от 10.03.2004 г.

## **Optimization modeling in the selection of key performance indicators in problems of management energy saving**

O. Choporov, I. Lvovich, Y. Lvovich, A. Preobrazhenskiy  
*Voronezh Institute of High Technologies*  
*e-mail: komkovvvt@yandex.ru*

In the formulation of the optimal choice problem, a technique is used that provides the possibility of coordination of energy saving management in the system based on the selected indicators.

Depending on the stage of the energy system life cycle, the following classes of indicator values may differ: target values of indicators; forecast values of indicators; planned values of indicators; actual values of indicators.

Decisions are made on the basis of comparison of target and actual, planned and actual values, as well as analysis of the dynamics of indicators.

The content formulation serves as a basis for the formation of an optimization model for the selection of indicators of the deviation control problem. The full set of indicators of efficiency of process of operation of power system and operating influences is considered. Further, expert ranking of the set of control actions is carried out, characterizing their importance to compensate for the deviation of the actual values of the relevant indicators from the planned ones, with the determination of the value of the ranks changing at the appropriate intervals. Visual image is a choice of two of rank of the situations in which jumps of the generalized sums of the ranks corresponding impact. This allows us to divide the control actions into 3 groups by the level of significance of the impact on reducing the deviation of such an indicator: significant, average, insignificant.

Alternative variables are introduced and an optimization criterion is formulated that provides the requirement to minimize energy consumption.

The boundary conditions are related to the requirement that at least one control action with a significant level of significance should correspond to each indicator.

As a result, a single optimization model is formulated.

The problem solving procedures are based on randomized dichotomous reduction as an iterative algorithm.

## **Методология построения цифрового двойника сетей на примере электрической сети Академгородка. Перспективы использования инфраструктурных сетей ИИЦ СО РАН в качестве объектов научных исследований**

Е. Чуйко, К. Апарцин, А. Быстрицкий, Е. Барахтенко, А. Домышев  
*Иркутский научный центр СО РАН*  
*e-mail: chuzhe@gmail.com*

Цель: сформировать методологию проектирования цифровых двойников инфраструктурных сетей на примере ИИЦ СО РАН с целью переноса практики на построение системы управление сетями в муниципальных поселениях.

Методы исследования: В ведении ИНЦ на праве оперативного управления находятся инженерные сети, включая:

- сети электроснабжения (трансформаторная подстанция 110/6 кВ, кабельные линии 6/0,4 кВ, распределительные и трансформаторные подстанции 6/0,4 кВ);
- сети теплоснабжения (тепловые камеры и тепловые сети);
- сети водоснабжения (водопроводные линии и колодцы);
- сети водоотведения (канализационные линии и колодцы).

Объекты, имеющиеся в распоряжении ИНЦ, могут и должны быть максимально задействованы для решения актуальных научных задач.

Сейчас имеется уникальная возможность эффективной интеграции усилий ИНЦ и потенциальных партнеров для достижения самых широких целей, стоящих перед наукой, городом Иркутском, Иркутской областью. Объект имеет перспективы для развития в рамках национальных проектов EnergyNet, HealthNet и др. Ситуация уникальна, так как ИНЦ, имея в качестве своей основной деятельности научную работу, не связан ограничениями, присущим иным владельцам сетей. Сети ИНЦ являются действующими объектами системы жизнеобеспечения, требующими оптимизации, а также могут представлять значительный интерес в качестве инструмента научных исследований по развитию территорий Сибири и дальнейшему масштабированию полученных результатов. На базе Академгородка возможно формирование образца жизнеобеспечивающих систем, сети могут стать модельными, позволяющими отрабатывать имеющиеся и перспективные математические модели инфраструктуры на базе реального полигона.

Результаты: инфраструктурные сети и системы являются сложными техническими объектами, имеющими сложную конфигурацию. Надежность снабжения потребителей во многом определяет экономическую эффективность промышленного производства и социально-бытовые условия жизни населения. Бережное и эффективное использование ресурсов определяет уровень интенсивности эксплуатации природных ресурсов, их регенерацию и риски деградации. В настоящее время основным методом исследования сложных энергетических систем является создание так называемых цифровых двойников, которые применяют в тех случаях, когда проведение реальных экспериментов над исследуемым объектом либо невозможно, либо опасно, либо сложно и дорого.

На сегодняшний день структура инфраструктурных сетей ИНЦ позволяет оценить состав сетей, набор устройств и объектов, из которых они состоят, но для полноценного моделирования этих данных недостаточно. Например, по электрическим сетям имеется лишь общее энергопотребление системы за определенный интервал времени, без учета степени нагрузки на различных отрезках электрической сети, что не позволяет эффективно и качественно прогнозировать возникновение нештатных ситуаций.

В 2019 г. ИНЦ приступил к реализации проекта по установке приборов учета электроэнергии, позволяющих более детально и точно отслеживать различные параметры энергопотребления. Полученные данные планируется использовать для создания цифрового двойника электрической системы микрорайона. Это позволит отследить нагрузку на различных участках электросети в зависимости от суточных, сезонных, климатических изменений; выявить участки сети с максимальной и минимальной нагрузкой и оптимизировать эксплуатацию как отдельных участков сети, так и всей системы в целом; обнаружить потенциально опасные участки электрической сети с высоким риском развития аварийных ситуаций.

Кроме того, наличие цифрового двойника электрических сетей позволит с большой степенью достоверности моделировать модернизацию сетей. При достаточной степени достоверности цифрового двойника станет возможным в дальнейшем осознанно и максимально эффективно производить работы по модернизации сетей на уровне физических объектов.

Выстраивание системы сетей, изучение процессов их оптимизации позволит выработать дальнейшие подходы к управлению агломерациями. По сути, можно говорить о том, что цифровой двойник сетей является предшественником искусственного интеллекта, который сможет заниматься вопросами оптимизации, энергосбережения, управления процессами в сетях на качественно новом уровне. В рамках модернизации электрических сетей необходимо максимально использовать современные подходы формирования «умных сетей» Smart-grid.

Подходы и методы, выработанные в рамках проведенных работ, позволят проводить дальнейшее масштабирование полученных результатов на аналогичных сетях малых населенных пунктов. В дальнейшем возможно использование данной цифровой модели электрических сетей в других районах и регионах с аналогичным географическим рельефом, имеющих системы со сходными техническими характеристиками

Выводы:

1. Цифровой двойник инфраструктурных сетей позволит максимально точно спрогнозировать поведение объекта в реальных условиях, снизить материально-экономические затраты, связанные с эксплуатацией и ремонтом, позволит четко спланировать временные интервалы профилактических работ для оптимального функционирования системы.

2. Наличие цифрового двойника позволит максимально эффективно решать вопросы по модернизации сетей на основе современных подходов. Его использование позволит избежать значительных финансовых, временных затрат на процесс модернизации.

3. Данная модель может быть экстраполирована на сети населенных пунктов и отдельных районов, схожих по структуре и природно-географическим характеристикам, имеющих высокую степень износа систем для эффективного управления, своевременного устранения возможных неисправностей и аварийных ситуаций, их дальнейшей модернизации.

4. Сейчас проводятся мероприятия по установке приборов учета, предназначенных в том числе для детального изучения параметров электрической сети для создания модели цифрового двойника с высоким уровнем достоверности и детализации. Это позволяет говорить о первоначальном этапе построения системы сбора информации о функционировании электрической сети Академгородка с целью накопления данных для формирования цифрового двойника.

## **Применение энергосберегающих мероприятий в тепловом хозяйстве на примере Байкальской природной территории**

В.А. Стенников, О.А. Еделева, Е.П. Майсюк, П.А. Соколов

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева*

*e-mail: edel@isem.irk.ru*

С целью сокращения негативного воздействия на экосистему оз. Байкал нормативными документами регламентируется ограничение и даже запрет некоторых



видов хозяйственной деятельности [1]. Наиболее жесткие экологические требования определены для центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ). Для обеспечения их выполнения в настоящее время проводится тщательное изучение сложившейся экологической ситуации и разрабатываются наиболее эффективные мероприятия по минимизации загрязнения природной среды [2].

В статье рассматривается комплекс энергосберегающих мероприятий в тепловом хозяйстве, которые будут способствовать сокращению потребления тепловой энергии, снижению расходов топлива и, как следствие, уменьшению антропогенной нагрузки на окружающую среду. Для ЦЭЗ внедрение мероприятий по энергосбережению в условиях экологических ограничений [1] и особого социально-экономического статуса может стать одним из доминирующих направлений в решении экологических и социально-экономических проблем территории.

### **Проблемы теплового хозяйства с позиций энергосбережения**

В ЦЭЗ БПТ находится множество мелких населенных пунктов, с населением до 5000 чел., и три крупных города: Байкальск, Слюдянка, Северобайкальск. Эти города оснащены централизованными теплоснабжающими системами, остальные населенные пункты имеют небольшие локальные системы, либо индивидуальное отопление.

К проблемам теплового хозяйства в границах ЦЭЗ БПТ относятся:

1. Неравномерность подачи тепловой энергии к потребителям (дефицит у одних и избыток у других).
2. Высокий уровень износа тепловых сетей. Потери тепловой энергии в тепловых сетях достигают 20-34%.
3. Отсутствие средств регулирования расхода и параметров теплоносителя как на входах в местные системы теплоснабжения объектов, так и в самих сетях.
4. Отсутствие предусмотренных проектами элеваторных узлов или других устройств, преобразования параметров теплоносителя у подавляющего большинства абонентов.
5. Пониженные температурные графики качественного регулирования в отдельных районах.
6. Работа отопления на «слив» у абонентов, находящихся в отдаленных точках.
7. Износ оборудования теплоисточников и насосных станций.
8. Износ зданий жилищного фонда и бюджетных организаций (свыше 30%), наибольшая доля ветхих и аварийных зданий приходится на сельские населенные пункты.

### **Выбор энергосберегающих мероприятий**

В соответствии с разработанными методиками [3, 4] предложена карта приоритетов мероприятий для теплоснабжающих организаций и потребителей тепла населенных пунктов, расположенных в границах ЦЭЗ БПТ (рис. 1).

Наиболее значимые мероприятия расположены справа на рис. 1. К ним относятся модернизация тепловых сетей с соответствующей заменой ветхих участков теплотрассы, гидравлическая регулировка и наладка тепловых сетей с установкой дроссельных устройств (шайбы, сопла элеваторов), а также различные виды утепления зданий.



Рисунок 1. Карта приоритетов реализации энергосберегающих мероприятий для теплоснабжающих организаций и потребителей тепла в ЦЭЗ

Далее следуют мероприятия левого верхнего квадрата, отличающиеся меньшей срочностью и наибольшей стоимостью. Они включают установку автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), балансировочных клапанов на стояках системы отопления. Не менее важным мероприятием является подготовка специалистов-теплоэнергетиков для населенных пунктов, так как от их квалификации напрямую зависит успешность реализации энергосберегающих мероприятий, а также уровень эксплуатации вновь установленного оборудования и в конечном итоге – возможная экономия энергоресурсов.

### Расчет эколого-экономического эффекта от применения энергосберегающих мероприятий в котельных п. Листвянка

Теплоснабжение п. Листвянка осуществляется от четырех источников тепла: 2-х электрических котельных («Байкал», «Ист-Лэнд») и 2-х топливных котельных («Угольная», «Мазутная»). Рассмотрим применение энергосберегающих мероприятий в жилых домах, которые подключены к работающим на органическом топливе котельным (таблица 1), в том числе с целью оценки экологического эффекта. Схема отпуска тепловой энергии зависимая, открытая. Способ регулирования отпуска тепловой энергии от теплоисточника качественный, расчетный график регулирования температур теплоносителя 95/70 °С.

Таблица 1. Данные по котельным п. Листвянка

Наименование котельной	Мощность, Гкал/ч	Тепловая нагрузка, Гкал/ч	Тариф*, руб./Гкал	Топливо		
				Вид	расход, т н. т./год	удельный расход, кг у.т./Гкал
Мазутная	7,53	2,04	2399,5	мазут М-100	811	179
Угольная	2,01	0,79	2399,5	уголь Бородинский	1424	260

\* – тариф на тепловую энергию для населения с 01.07.2019

К котельной «Мазутная» подключено 9 жилых домов и 5 нежилых зданий, к «Угольной» подключено 4 жилых дома и 5 нежилых. Суммарное потребление тепла рассматриваемых зданий составляет в системе с котельной «Мазутная» 3443 Гкал/год и в системе с котельной «Угольная» 979 Гкал/год.

В таблице 2 приведены данные по капиталовложениям, экономии и сроке окупаемости рекомендуемых энергосберегающих мероприятий.

Таблица 2. Данные по энергосберегающим мероприятиям

Наименование мероприятия	Капиталовложения, тыс. руб.	Экономия			Срок окупаемости
		%	тыс. руб.	Гкал/ год	
<b>Котельная «Мазутная»</b>					
Балансировочные клапаны	1350	7	580	240	2,3
Автоматизированный ИТП	4540	15	1240	520	3,7
<i>При совместном применении</i>	<i>5890</i>	<i>22</i>	<i>1820</i>	<i>760</i>	<i>3,2</i>
<b>Котельная «Угольная»</b>					
Балансировочные клапаны	450	7	165	68	2,7
Автоматизированный ИТП	1516	15	352	147	4,3
<i>При совместном применении</i>	<i>1966</i>	<i>22</i>	<i>517</i>	<i>215</i>	<i>3,8</i>
<b>ИТОГО</b>	<b>7856</b>	<b>22</b>	<b>2337</b>	<b>975</b>	<b>3,4</b>

В результате установки балансировочных клапанов в системе отопления и автоматизированных ИТП в жилых зданиях возможно сократить потребление тепла на 22% [5].

За счет применения энергосберегающих мероприятий возможная экономия расхода топлива составит 10% на котельной «Мазутная» и 3% на котельной «Угольная» (таблица 3). Такое снижение расхода топлива позволит сэкономить затраты на топливо и сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу без внедрения специальных природоохранных мер, как минимум на 5,5 т/год, таблица 3.

Таблица 3. Экологический эффект от внедрения энергосберегающих мероприятий в котельных п. Листвянка

Котельная	Расход топлива, т н. т./год		Выброс, т/год								разница
			твердые частицы		оксиды серы		оксиды азота		всего		
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	
мазутная	811	729,9	0,5	0,5	19,0	17,1	2,3	2,0	21,8	19,6	2,2
угольная	1424	1381,3	98,3	95,3	11,4	11,1	0,2	0,2	109,9	106,6	3,3

Положительным результатом является также уменьшение образования золошлаковых отходов в угольной котельной со 191 до 185 т/год (6 т/год), что ведет к снижению негативного воздействия на природную среду и сокращению затрат. Наибольший экологический эффект может быть получен на угольной котельной, поскольку здесь снижается и выброс вредных веществ в атмосферу и объем золошлаковых отходов.

*Работа выполнена в рамках проектов государственных заданий III.17.4.1. (АААА-А17-117030310432-9) и XI.174.2.2 (рег. № АААА-А17-117030310435-0) программ фундаментальных исследований СО РАН.*

### Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 30 августа 2001 года N 643 «Об утверждении перечня видов деятельности, запрещенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901795935> (03.07.2019).

2. Майсюк Е.П. // География и природные ресурсы. № 1. 2017. С. 100–107.

3. Гашо Е.Г., Репецкая Е.В. От стратегий и программ к реальному энергосбережению. М.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2010. 67 с.

4. Стенников В.А., Добровольская Т.В., Еделева О.А., Пеньковский А.В., Постников И.В. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 6. С. 169–182.

5. Методические рекомендации по расчету эффектов от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ. МЭИ. 2016. 58 с.

## Секция 2. Экоэнергетика Section 2. Environmentally-Friendly Energy Conversion and Supply

### **Making Process Integration Work for Cost and Footprint Reduction: Data Extraction, $\Delta T_{min}$ Importance, Investments**

P.S. Varbanov, J.J. Klemeš

*Brno University of Technology, Brno, Czech Republic*

*e-mail: varbanov@fme.vutbr.cz*

The costs and emissions in industry can be reduced by applying Process Integration (PI), which started as Heat Integration (HI) [1]. HI has been extensively used in the processing (e.g. chemical, petrochemical, pulp and paper, food and drink) and power generating industries [2]. It allows reducing the amount of external heating and cooling, together with the related cost and emissions.

The presentation starts with an overview of PI and HI. Focusing on HI, the implementation and Data Extraction issues are analysed, demonstrating the importance of preservation of data and reasoning continuity. The Total Site Integration (TSI) targeting is then discussed, where it is shown that accounting for individual process heat transfer characteristics and capital cost provide important information at the stage of targeting. The usefulness of HI is illustrated on a bromine plant example. The presentation then analyses the challenges and indicators to be considered, to enable sustainability evaluation and emissions impact of industrial sites. These include GHG and Water footprints, supplemented by investment and total cost targets.

The final part of the presentation provides an analysis of the PI development trends, clearly showing the need for a unified modelling and workflow framework, as well as for the introduction of the essential indicators of the energy system performance – energy costs and environmental footprints.

This research has been supported by the EU project “Sustainable Process Integration Laboratory – SPIL”, project No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/15\_003/0000456 funded by EU “CZ Operational Programme Research, Development and Education”, Priority 1: Strengthening capacity for quality research.

#### **References**

1. Klemeš, J.; Varbanov, P.S.; Wan Alwi, S.R.; Manan, Z.A. Sustainable Process Integration and Intensification: Saving Energy, Water and Resources. De Gruyter, 2018.
2. Klemeš, J.J.; Varbanov, P.S.; Walmsley, T.G.; Jia, X. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2018, 98, 439–468.

## **Биокатод микробных топливных элементов на основе нитратредуцирующих штаммов *Pseudomonas aeruginosa***

О.Ф. Вятчина<sup>1</sup>, Д.И. Стом<sup>1,2,3</sup>, С. Гоэль<sup>4</sup>, Б. Сие<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия*

<sup>3</sup>*Байкальский музей МНЦ, Россия*

<sup>4</sup>*BITS-Pilani, Хайдарабадский кампус, Хайдарабад, Индия*

<sup>5</sup>*Институт биологии окружающей среды и технологий жизнеобеспечения, Школа биологической науки и медицинской инженерии, Университет Бейхан, Пекин, Китай*

*e-mail: stomd@mail.ru*

Одним из подходов к устранению потерь электричества от перенапряжения на катодном электроде в технологии микробных топливных элементов (МФЦ) является использование микроорганизмов в качестве биологических катализаторов катодных процессов в МФЦ.

В данной работе оценивается эффективность МФЦ с биокатодами на основе нитратредуцирующих штаммов *Pseudomonas aeruginosa* (3-SW) и (20-SW), выделенных из сточных вод Ангарского нефтехимического завода (АРП). Электрические показатели МФЦ с биокатодами со штаммами *P. aeruginosa* (20-SW) и *P. aeruginosa* (3-SW) были выше, чем у аналогичных МФЦ с нитратными катодами без микроорганизмов. В то же время МФЦ с биокатодом с штаммом *P. aeruginosa* (20-SW) был более эффективен, чем МФЦ с биокатодом на основе *P. aeruginosa* (3-SW), как с точки зрения генерируемой электроэнергии (напряжения и сила тока МФЦ с *P. aeruginosa* (20-SW) –  $478 \pm 12$  мВ и  $1361 \pm 133$  мкА, с (3-SW) –  $380 \pm 10$  мВ и  $1011 \pm 10$  мкА соответственно), а также степень исключения нитрата (от  $147,96 \pm 9,77$  до  $0,00$  мг/дм<sup>3</sup> в биокатоде МФЦ с *P. aeruginosa* (20-SW) и от  $141,59 \pm 11,82$  до  $54,66 \pm 2,39$  мг/дм<sup>3</sup> в биокатоде с *P. aeruginosa* (3-SW) в течение 96 ч эксперимент).

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать культуру *P. aeruginosa* (20-SW), выделенную из сточных вод АРП, для получения биокатода МФЦ с одновременным его использованием для очистки нитратных сточных вод.

## **Исследование эффективности получения водорода на электролизной установке «Краб»**

С.В. Голобоков, М.А. Трайбер, А.Н. Сударев, Ю.А. Захарова

*Пензенский государственный университет*

*e-mail: golobokov\_sv@mail.ru*

В последние годы растет интерес к водородной энергетике. Объясняется это тем, что водород является возобновляемым и экологически чистым топливом. Перспективным направлением технологии получения водорода в промышленных масштабах является электролиз воды – разложение молекул воды на водород и кислород. Вместе с энергетическим направлением в промышленности водород применяется как сырье в различных техпроцессах.

Однако широкое применение водорода в качестве топлива сдерживается целым рядом факторов. Главный из них – высокая себестоимость промышленного производства, связанная с большими затратами на оборудование и расходом электрической энергии на электролиз воды [1]. Современные промышленные электролизеры расходуют на выработку 1 м<sup>3</sup> водорода до 4,0 кВт-ч электроэнергии.

Процесс электролиза идет при напряжении на ячейке 1,6–2,0 В и силе тока в десятки кА. Объемы выработки составляют порядка тысячи кубометров в час. Электролиз проводится при давлении более 10 атм и температурах порядка сотен °С [2]. Для технологических нужд предприятий такие установки слишком дороги.

Для выработки водорода на технологические цели в ФГУП «НИИЭМП» применяется электролизная установка КРАБ. На рисунке 1 представлен внешний вид электролизера, на рисунке 2 – блок питания и на рисунке 3 – водородная станция, для приема и хранения водорода.

Для инициализации электролиза воды напряжение на одной ячейке должно быть 1,23 В при температуре 18 °С, в процессе электролиза электролит нагревается, напряжение падает до 1,2 В [3]. Для выделения газообразного водорода из электролите в пристеночном слое электродов плотность тока должна быть не менее 10 А/м<sup>2</sup>.

На практике электролиз воды осуществляется при более высоком напряжении порядка 2,1–2,6 В [2]. Такая разница между теоретическим и практическим напряжением обусловлена тем, что кроме расхода электроэнергии на разложение воды, электроэнергия расходуется также на преодоление дополнительных сопротивлений. Они включают сопротивления электролита, диафрагмы, электродов, контактов [3]. Концентрационная поляризация и перенапряжением газов на электродах также препятствуют протеканию тока.



Рисунок 1. Электролизер установки «КРАБ»

Поэтому напряжение в электролизной ячейке поднимают до 2–2,4 В и несколько изолированных ячеек включают последовательно. В значительной мере сопротивление прилегающих к электродам зон зависит от плотности тока, концентрации растворенного водорода, потенциалов электродов и концентрации щелочи, добавляемой в электролит [4]. Часть электрической энергии идет на нагревание электролита, это прямые потери в установках.

С увеличением концентрации ионов проводимость раствора повышается и удельный расход электрической энергии на выработку 1 моля водорода падает. Но при этом начинают активизироваться процессы электрохимической коррозии, что приводит к разъеданию поверхности электродов и засорению раствора ионами металлов.



Рисунок 2. Блок питания



Рисунок 3. Водородная станция

Оптимизация режимов работы электролизной установки «Краб» выполнялась путем изменения концентрации КОН в растворе. В рамках эксперимента концентрация щелочи менялась в пределах от 300 до 400 г/л. Блок питания удерживает заданное значение тока как при в течение рабочей смены. Система охлаждения поддерживает температуру в рабочей камере электролизера 70 °С.

В процессе электролиза вода расходуется, а щелочь остается, концентрация раствора немного увеличивается. Для получения 1 м<sup>3</sup> водорода требуется 804 г воды [2]. На практике процесс идет при высокой температуре и интенсивном газовыделении, за счет кипения электролита и испарения расход воды составляет 820–850 г.

Долив дистиллированной воды и контроль плотности выполняется через 3–4 рабочие смены. Поэтому в исследованиях принимаем усредненное значение концентрации электролита. Результаты экспериментальных исследований зависимости производительности установки и удельных затрат электрической энергии от концентрации щелочи в электролите представлены на рисунке 4.

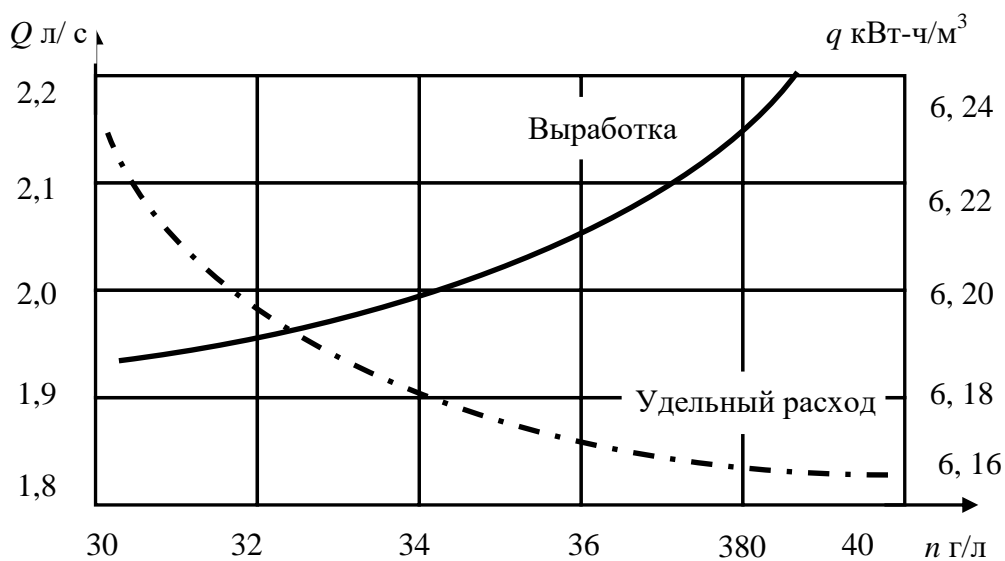


Рисунок 4. Влияние концентрации электролита на показатели процесса



В результате проведенных исследований удалось определить оптимальный режим работы электролизной установки. Время работы установки – 11 часов в сутки, определяется нормой выработки. Примерно через 20 мин после включения температура раствора стабилизируется на отметке 70 °С. Выход очищенного водорода составляет 7,2 м<sup>3</sup>/ч. Оптимальный результат получен при концентрации щелочи 340 г/л. Электролиз ведется при токе 400 А, расход электроэнергии составил 44,5 кВт-ч. Удельные затраты электроэнергии – 6,18 кВт-ч/ м<sup>3</sup>.

Оценку эффективности электролизной установки выполним с применением понятия КПД. В нашем случае полезной работой будет расход электроэнергии на электролиз воды в идеальной установке. Согласно закону Фарадея для получения 1 м<sup>3</sup> водорода теоретически требуется пропустить заряд 2390 А-ч, и затратить 2,939 кВт-ч электроэнергии при напряжении 1,23 В. На получение 1 м<sup>3</sup> водорода в электролизной установке КРАБ расходуется 6,2 кВт-ч электроэнергии.

Для оптимального режима работа КПД составит 47 %. В сравнении с мощными электролизерами, работающими в энергетике, удельный расход электроэнергии установки КРАБ в 1,5 раза больше [4]. Но для своего класса – малых установок производительностью до 200 м<sup>3</sup>/ч, установка КРАБ выдает достаточно высокие показатели [5].

#### **Список литературы**

1. Краснов К.С., Воробьев Н.К, Годнев И.Н. и др. Физическая химия. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. М.: Высшая школа, 2001. 219 с.
2. Справочник Химика [Электронный ресурс]. URL: <https://chem21.info/info/> (дата обращения: 14.05.2019).
3. Конструкции электролизеров «Электролиз воды» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asutpp.ru/chto-takoe-elektrolizer> (дата обращения: 14.05.2019).
4. Феоктистов Н.А., и др. «Методика расчета и проектирования кислородно-водородных сварочных станций малой мощности до 1 кВт» [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-i-proektirov> (дата обращения: 14.05.2019).
5. Эксплуатация электролизных установок «Получение водорода электролизом воды» [Электронный ресурс]. URL: <http://electricalschool.info/main/electrotehnolog/1929-poluchenie-vodoroda-jelektrolizom-vody.html> (дата обращения: 14.05.2019).

### **Оптимизация состава структуры теплоисточников в задачах развития теплоснабжающих систем**

В.А. Стенников<sup>1</sup>, О.А. Еделева<sup>1</sup>, Е.С. Фереферов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН*

<sup>2</sup>*Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН*

*e-mail: edel@isem.irk.ru<sup>1</sup>, fereferov@icc.ru<sup>2</sup>*

Под структурой теплоисточников понимается набор определенных параметров и показателей, характеризующих их положение в теплоснабжающей системе (ТСС): территориальное распределение в границах теплоснабжения; тип и состав оборудования теплоисточников; установленная тепловая и электрическая мощность; их место в общем составе источников; присоединенная тепловая нагрузка. Принятой структуре теплоисточников соответствует определенная конфигурация (схема) тепловой сети, соединяющая теплоисточники с потребителями. Каждая такая структура теплоисточников обладает набором определенных технико-экономических

характеристик (производство тепловой и электрической энергии, выбросы загрязняющих веществ, стоимость оборудования, КПД и т.д.).

В статье рассматривается проблема автоматизации построения избыточных структур теплоисточников и метод их оптимизации в задачах развития ТСС населенных пунктов.

### Определение оптимальной структуры теплоисточников

Задача поиска оптимальной структуры теплоисточников в условиях развития ТСС относится к задачам схемно-структурной оптимизации, она заключается в выборе мест расположения, типов и состава оборудования теплоисточников совместно с эффективным распределением нагрузки между теплоисточниками и выбором оптимальной конфигурации тепловой сети, связывающей теплоисточники с потребителями при минимальном атмосферном загрязнении. Основными особенностями задачи является дискретность, целочисленность и нелинейный характер технико-экономических зависимостей.

Решение данной задачи, основанное на методологии построения максимально избыточной структуры теплоисточников в составе избыточной схемы ТСС заключается в определении оптимального решения среди всех альтернатив. Максимально-избыточная структура (суперструктура) [1] включает все комбинаторно допустимые варианты применительно к решаемой задаче синтеза оборудования, преобразующего первичные энергоресурсы в тепловую и электрическую энергию с учетом выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Формирование избыточных вариантов структур теплоисточников городских ТСС зависит от концепции теплоснабжения города, существующего состояния городского жилищно-коммунального хозяйства источников и тепловых сетей, географических особенностей территории, особенностей топливо- и водоснабжения города, обеспеченности подъездными путями, а также существующих и планируемых перспективных тепловых нагрузок городских потребителей тепла (рис. 1).



Рис. 1. Схема процесса формирования избыточных вариантов проектируемых ТСС и виды конкуренции избыточных структур.

## **Постановка проблемы**

Выделяется три стадии проектирования ТСС на основе подхода к оптимизации избыточных схем структур теплоисточников [2]:

1. Создание избыточной схемы структур;
2. Разработка модели оптимизации избыточной схемы структур;
3. Определение оптимальной структуры.

Постановка задач всех 3 стадий проектирования нашла свое отражение в [3-4], в них авторами была дана формализованная постановка задачи оптимизации избыточной структуры теплоисточников, предложен методический подход к ее решению и приведен практический пример создания такой избыточной схемы и поиска наиболее выгодного решения для ТСС небольшого населенного пункта.

Сложность задачи оптимизации избыточных структур теплоисточников обуславливает необходимость создания автоматизированной системы решения задач, возникающих на стадиях 1-3 (рис.1), и их увязки между собой.

В настоящее время для решения отдельных задач на стадиях 1-3 имеется готовое программное обеспечение (ПО). Например, для автоматического построения избыточных структур источников из существующих подходов следует отметить подход Р-графов, который состоит из методов автоматизированной генерации суперструктур технологических процессов и их оптимизации [5], реализованных в ПО P-Graph Studio [6].

Другим подходом для решения задач 1-ой стадии является близкая к теории Р-графов концепция EnergyHub [7], которая разрабатывалась для проектирования и нахождения оптимальной конфигурации будущих энергетических систем [8]. Здесь энергетическая система проектируется, как устройство (энергохаб) с множеством входов и выходов. Для описания потоков энергии между входами и выходами используется связующая матрица. В [9] предлагается автоматический подход для создания и оптимизации связующих матриц, в котором перебираются все возможные связи между входами и выходами хаба.

Задачи 2-ой и 3-ей стадии обычно решаются одновременно. В качестве примера ПО для решения этих задач можно привести инструментарий Oemof [10], Ficus [11], а также P-Graph Studio. Отличие P-Graph Studio от Oemof, Ficus и подобного инструментария состоит в том, что им на вход должна подаваться уже готовая избыточная схема теплоисточников, а P-Graph Studio создаёт необходимую суперструктуру сам.

Основная проблема автоматизации всего многоэтапного процесса заключается в интеграции разнообразного ПО, способного последовательно решать задачи стадий 1-3 с передачей входных и выходных данных. Сложность заключается не только в разнообразии решаемых задач и неоднородности передаваемых данных, наличии логических процедур, но и в том, что каждое ПО использует свой собственный формат хранения исходных данных и результатов расчёта.

## **Предлагаемый подход**

Для хранения технико-экономических характеристик вариантов структур теплоисточников разработана база данных (БД) под управлением Firebird. Для реализации 1-ой стадии в БД содержится специальная процедура, которая формирует избыточную схему теплоисточников для заданных требований по мощности теплоисточников и надёжности их работы. Избыточная схема теплоисточников представляет собой множество энергетических хабов, каждый из которых соответствует конкретному конкурентному варианту структуры теплоисточника.

Для решения задач 2-ой и 3-ей стадий используется Ficus, в котором фактически используется концепция EnergyHub. Для связи БД и Ficus предлагается разработать информационно-автоматизированную систему (ИАС) на основе ГеоАРМ [12], который предназначен для автоматизации создания таких информационных систем с помощью применения декларативных спецификаций приложений. Спецификация содержит минимально необходимую информацию о структуре БД, которой достаточно для автоматической реализации приложения, в частности, создания пользовательских интерфейсов.

Полная схема вычислительного эксперимента (рис. 2), реализующего стадии 1-3 оптимизации избыточных схем структур теплоисточников, состоит из следующих шагов:

1. Формирование избыточной структуры теплоисточников в БД.
2. Создание входных данных для Ficus.
3. Расчет.
4. Импорт в Базу данных. Просмотр результатов.

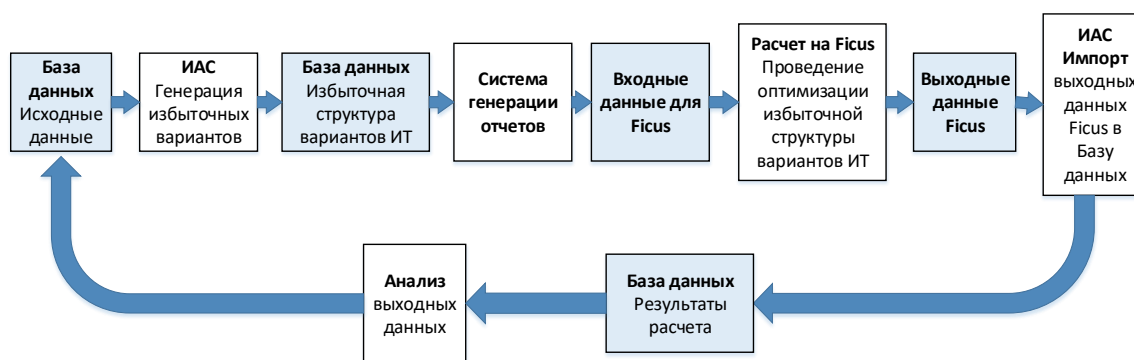


Рис. 2. Организация вычислительного эксперимента.

### Апробация

Сформирована ИАС, включающая создание и заполнение информацией БД, отработку хранимой процедуры, формирующей избыточную схему теплоисточников исходя из заданных требований по мощности теплоисточников и надёжности их работы, реализацию подсистемы, отвечающей за интерфейс с БД.

*Работа выполнена в рамках проекта государственного задания III.17.4.3. (рег. № АААА-А17-117030310437-4) фундаментальных исследований СО РАН.*

### Список литературы

1. Liu P., Georgiadis M.C., Pistikopoulos E.N. // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2011. V. 50(9). P. 4915–4926.
2. Jian G., You F. // Current Opinion in Chemical Engineering. 2015. V. 10. P. 77–86.
3. Edeleva O., Stennikov V. Optimization of energy sources structure to minimize environment pollution. In E3S Web of Conferences. 2018. V. 69. P. 02007.
4. Edeleva O.A., Stennikov V.A. Methodical Approach for Structure Optimization of Energy Sources in the Development of heat Supply Systems // Proceedings of the Vth International workshop "Critical infrastructures: Contingency management, Intelligent, Agent-based, Cloud computing and Cyber security". 2018. V. 158. P. 170–176.
5. Bertok B., Barany M., Friedler F. // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2012. V. 52(1). P. 166-171.
6. Voll P., Klaffke C., Hennen M., Bardow A. // Energy. 2013. V. 50. P. 374–388.

7. Geidl M., Andersson G. //Transactions on Power Systems. 2007. V. 22(1). P. 145–155.
8. Favre-Perrod P., A vision of future energy networks, in: Power Engineering Society Inaugural Conference and Exposition in Africa. 2005. IEEE. P. 13–17.
9. Wang Y., Zhang N., Kang C., Kirschen D.S., Yang J., Xia Q. // Transactions on Smart Grid. IEEE. 2017. V. 10(1). P. 257–270.
10. Hilpert S., Kaldemeyer C., Krien U., Günther S., Wingenbach C., Plessmann G. // Energy strategy reviews. 2018. V. 22. P. 16–25.
11. Atabay D. // Energy. 2017. V. 121, P. 803–821.
12. Фереферов Е.С., Бычков И.В., Хмельнов А.Е. // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19. №5. С. 85–100.

### **Влияние пестицидов на электрогенную активность осадка в микробных топливных элементах**

Г.О. Жданова<sup>1</sup>, М.Ю. Толстой<sup>2</sup>, А.Б. Купчинский<sup>3</sup>, Д.И. Стом<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский государственный университет*

<sup>2</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

<sup>3</sup>*Байкальский музей МНЦ*

*e-mail: stomd@mail.ru*

Изучено влияние гербицида Гезагарда (действующее вещество – прометрин, 500 г/л) и фунгицида колосал (действующее вещество – тебуконазол 250 г/л) на динамику электрических показателей микробных топливных элементов (МФЦ) с установками для обработки активного ила в качестве биоагента. Показано, что испытуемые загрязнители снижали электрогенную активность осадка в МФЦ, когда содержание в сточных водах составляло от 0,1 г/л. Изученные токсиканты в указанных концентрациях значительно ингибировали дегидрогеназную активность микроорганизмов ила и общее количество микроорганизмов. В то же время фунгицид «Колосал» оказывал более выраженное отрицательное влияние на все изученные параметры, чем гербицид Гезагард.

Существует положительная взаимосвязь между результатами оценки электрогенной активности ила и такими классическими методами его анализа, как активность дегидрогеназы и общее количество микроорганизмов. Это говорит о том, что способность осадка генерировать электрический ток в МФЦ может использоваться в качестве одного из параметров для оценки его физиологического состояния. Кроме того, в случае моносостава загрязняющих веществ, МФЦ с активным илом можно использовать в качестве инструмента для первоначальной неспецифической оценки загрязнения сточных вод пестицидами.

### **Исследование цифровых технологий для прогнозирования технического состояния электромеханических систем и энергосбережения**

Ю.Л. Жуковский

*Санкт-Петербургский горный университет*

*e-mail: sptmi\_energo@mail.ru*

Электрические двигатели занимают центральное место среди энергоемких технических объектов промышленности и потребляют около 75% вырабатываемой

электроэнергии. Анализ технологических условий возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации электрооборудования предприятий показал, что работа электродвигателей связана с большим процентом использования энергии, и даже небольшое улучшение эффективности работы электродвигателей может значительно снизить потребление энергии.

Экономически эффективный потенциал для повышения энергоэффективности в электромеханических системах составляет примерно 20-30%, что снизит общий спрос на электроэнергию на 10%. В статье представлено исследование внедрения информационных и цифровых технологий для энергосбережения. В исследовании приводится анализ облачных платформ, используемых в энергетике. Большинство платформ используются для увеличения коэффициентов загрузки оборудования, его диагностики или интеграции энергетической инфраструктуры отдельных систем в большие системы. В статье рассматривается роль человека в процессе повышения энергоэффективности. Предложенная структура облачной платформы, ориентированная на исследования процессов связанных с оценкой и прогнозом остаточного ресурса электромеханического оборудования, позволит снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт, исключить внезапные остановки оборудования и аварийные события связанные выходом из строя. В статье описывается структура и функциональность системы. Особое внимание в исследовании уделяется прогнозированию дополнительных потерь связанных с износом электрической машины. Интеграция средств прогнозирования и оценки энергоэффективности работы электромеханических комплексов предлагается на основе технологий интернета вещей. Проведено исследование возможностей взаимодействия распределенных объектов посредством сервисов с целью формирования избыточного поля данных при ограниченном информационном потоке. Предлагается методология и обоснование структуры и параметров распределенной системы управления жизненным циклом электромеханического оборудования и информационно-управляющего взаимодействия с системами управления и энергосбережения в интеллектуальных электрических сетях.

## **Assessment of reducing the negative impact on the environment and human organism of production and use of solar power plants**

L.V. Kontrosh, V.S. Kalinovsky, E.V. Kontrosh, A.V. Khramov

*Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"*

*e-mail: lida.kontrosh@mail.ru*

Photovoltaic installations for direct conversion of solar energy into electricity during operation do not emit polluting substances into the environment. However, the definite amount of toxic substances is used in fabricating solar cells (SCs) and also produced at decommissioning and utilizing PV modules. For this reason, an important ecological problem is the assessment of the effect of negative factors on the environment and the human organism, when the person is engaged in production and operation of solar modules and other parts of PV installations.

In frames of the present work, assessment of the negative effect of production of solar modules based on heterostructure  $\alpha$ -Si:H/Si SCs (HIT) and multijunction InGaP/GaAs/Ge has been studied. A comparative analysis has been performed for solar power plants based on planar and concentrator PV modules based on InGaP/GaAs/Ge multijunction SCs and planar modules based on heterostructure  $\alpha$ -Si:H/Si SCs with peak generated power of 1MW.

## **Influence of surface tension coefficient of slurry fuel on the breakup mechanism of droplets of various sizes**

D. Gvozdyakov, A. Zenkov, V. Gubin, M. Vedyashkin

*Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: avz41@tpu.ru*

Results of experimental and theoretical studies of the influence of surface tension coefficient of slurry fuel on the breakup mechanism for droplets of various sizes are presented. Three velocity ranges of droplets in a stream were identified during coaxial spraying: 0–8 m/s; 8–35 m/s; 35 m/s and higher. Analyzed slurry fuel droplets were from 50 to 500 microns in size. Effect of surface tension coefficient of slurry fuel on the process of droplet breakup was theoretically confirmed. It was found that droplets of 50–150  $\mu\text{m}$  in size are most susceptible to vibratory breakup. As the speed and size of the droplets grow, up to 500  $\mu\text{m}$  and 35 m/s, respectively, catastrophic breakup of droplets begins to predominate. Drops of 450–500 microns in size are completely unaffected by vibratory breakup in the process of coaxial spraying in the researched velocity range. Expressions were obtained that allow estimating We criterion at a pressure of suspension of 0.2 MPa and air of 0.18 MPa.

## **Рециклинг отходов металлургического производства**

Н. Куленова, М. Саденова, О. Руденко, С. Вайнбергер

*Priority Department Centre «Veritas», D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

*MSadenova@ektu.kz*

Определены основные характеристики отхода казахстанского титано-магниевого производства. Установлено, что смеси на основе цемента обладают высоким показателем расслаиваемости и меньшей подвижностью смеси. Введение в состав смеси отходов шламонакопителя позволяет снизить показатель расслаиваемости в несколько раз. Прочностные характеристики бетонных образцов, полученных с использованием отходов титано-магниевого производства значительно выше, чем с использованием мергеля (инертной добавки). В результате лабораторных исследований определен оптимальный состав шихты строительной смеси, который можно использовать для приготовления тротуарной плитки, изготовления малых архитектурных форм и для устройства подстилающих слоев при монтаже крупных блоков. Оптимальное соотношение в шихте строительной смеси – цемент:песок составило 1:3, с водоцементным отношением 0,4 и пульпы с содержанием твердого остатка 100–240 г/дм<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** шлам, осадок, синтез, рециклинг, обезвреживание

### **Введение**

Горно-металлургическая отрасль традиционно является одним из главных «поставщиков» техногенного сырья. Существующие технологии переработки минерального сырья являются весьма трудоемкими и энергозатратными процессами, включающими добычу руд из недр земли, их обогащение и дальнейшую обработку. Это влечет за собой экологические проблемы, в связи с образованием большого количества промышленных отходов: шлаков, шламов и других. Действующее экологическое законодательство Республики Казахстан предписывает, чтобы был

реализован интегральный подход к сбору и переработке промышленных отходов и способствовал развитию природоохранных технологий. При этом основное внимание уделяется рециклингу отходов - их возвращению в производственный процесс для дальнейшего использования в получении новых материалов.

Современные экологические стандарты для промышленных предприятий заставляют создавать улучшенные безопасные производства переработки сырья, что приводит к традиционным расходным материалам, наряду с использованием техногенных отходов для синтеза новых материалов. В настоящее время актуальны следующие проблемы: экологическое восстановление промышленных территорий, утилизация техногенных отходов, очистка и использование промышленных отходов, санация загрязненных вод и почв, снижение выбросов газа и пыли в атмосферу и др. Основными техногенными отходами являются металлургические, представленные как правило, шлаками и шламами. Отрицательное воздействие шлако-, шламонакопителей проявляется после длительного периода хранения, когда происходят определенные преобразования, которые приводят к образованию пыли, газов, химических соединений, загрязняющих почву, грунтовые и подземные воды, пагубно действующие на флору и фауну. Концентрация таких элементов, как ртуть, сурьма, цинк, свинец, кадмий, сера, мышьяк, хлор и некоторых других в почвах и воде вблизи промышленных предприятий обычно многократно превышает предельно допустимые концентрации. Так автор [1] отмечает, что металлургический шлак различных металлургических процессов обрабатывается и используется по-разному в зависимости от конкретных характеристик шлака. Обычным потребителем твердых металлургических отходов (шлак, пыль, клинкер и др.) является строительная отрасль. Цементная промышленность требует гранулированные шлаки, которые имеют разупорядоченную структуру стекла и, следовательно, обладают запасом потенциальной энергии, что проявляется в значительных цементирующих свойствах.

Дорожное строительство - это деятельность, в которой природные ресурсы используются больше всего по сравнению с другими отраслями гражданского строительства. Большое количество природных материалов, щебня, камней и песка используется при построении дорог или при их реконструкции. В то же время концепция устойчивого развития требует более эффективного управления отходами и сохранения окружающей среды. В работе [2] представлены основные характеристики шлака некоторых зарубежных предприятий и результаты анализа и оценки опыта и возможности применения шлака в дорожном строительстве в Республике Хорватия. Автором [3] подчеркивается, что обогащенный титаном шлак является незаменимым сырьем. В Польше утилизацией и переработкой металлургических отходов занимаются в большинстве случаев специализированные компании. В других странах, в частности, в Западной Европе и в США металлургические заводы рассматривают часть своих отходов (например, шлак) как полноценный продукт [4]. Основными химическими компонентами этих шлаков являются кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и известь ( $\text{CaO}$ ), которые являются основными компонентами цемента и стеклокерамики  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ .

Заслуживает внимания пример использования шлака доменного производства. Гранулированный доменный шлак обычно используется в качестве сырья для производства цемента и стеклокерамики [5]. Сходство химического состава доменного гранулированного шлака с химическим составом цементно-стеклообразной массы предопределило его использование в портландцементе и в качестве добавки к клинкеру и в производстве шлаковых цементов. Шлак-портландцемент, содержащий 25-40% шлака, обычно используется в тех же условиях, что и обычный портландцемент. Цементы, содержащие 40-80% шлака, используются в качестве низкотемпературного



цемента в массивных гидравлических установках и конструкциях, которые подвергаются действию агрессивной среды, а также для производства предметов, которые подвергаются паровой обработке.

Известно, что наиболее экономичным и эффективным вариантом сокращения металлургических отходов является рециркуляция, которая оказывает значительное влияние на сохранение природных ресурсов и сокращение выбросов CO<sub>2</sub>. Поскольку цементная промышленность отвечает на 5-7% мировых выбросов CO<sub>2</sub> (~ 1,6 миллиарда тонн выбросов углекислого газа в атмосферу), уменьшить загрязнение при производстве бетона можно путем снижения дозировки цемента с помощью минеральных добавок. Эта стратегия может также способствовать защите окружающей среды, экономя энергию и потребляя огромное количество отходов [6]. Характеристика шлаков, а также их обработка и использование приведены в работе [7]. Доказано, что промышленные шлаки более разумно использовать в качестве щебня в асфальтобетонных смесях. Тогда бетонные покрытия будут обладать высокой устойчивостью к износу и необходимыми фракционными свойствами, обеспечивая тем самым покрытие с необходимым коэффициентом сцепления. В последнее время большой интерес вызывают работы, связанные с использованием техногенных отходов горно-металлургических комплексов для приготовления закладочных смесей горных выработок [8-10] с целью снижения затрат на закладку.

В современной научной литературе широко используется термин «техногенные отложения». Техногенные месторождения расположены в непосредственной близости от крупных промышленных предприятий. Токсичные отходы заслуживают особого внимания среди техногенных образований металлургических производств. Это особенно справедливо по отношению к отходам производства титана, ванадия, ниобия, тантала и редких металлов из ильменита и лопарита, а также магния из природного карналлита. Так, при производстве губчатого титана и металлического магния из ильменитового концентрата образуются отработанные шламы, расплавы, радиоактивная пыль относящиеся к отходам II-IV классов опасности. Они содержат соединения тяжелых, редких, радиоактивных металлов (Cr, Mn, Al, Fe, Sc, Ti, V, Zr, Th, U). При производстве магния, на заключительной стадии обезвоживания расплава карналлита, образуются шламы, содержащие соединения щелочных металлов, щелочноземельных металлов и радиоактивных металлов (Na, K, Mg, Ca, Ba, Fe, Al, Th, Ra) [11]. Значительное количество научных исследований по вторичной переработке шлаковых отходов проводилось для извлечения ценных компонентов и производства строительных материалов. Существует много проверенных и внедренных технологий переработки отходов в промышленных масштабах. Анализ литературных данных показал, что современные методы переработки отходов титаномагниевого производства не решают проблему их эффективной нейтрализации. Этот факт требует дальнейшего изучения и разработки новых ресурсосберегающих, экологически чистых технологических процессов для их использования. В работе рассмотрены некоторые подходы для оценки возможности рециклинга твердых отходов титано-магниевого производства с получением материалов для строительной отрасли и для экологического катализа.

### **Материалы и методы**

Объектом исследования являются жидкие отходы титано-магниевого производства (промышленные стоки), направляемые в шламонакопители и представляющие собой пульпу темно-коричневого цвета с зеленоватыми оттенком. Химический и фазовый составы объекта исследования определяли с использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ISP-MS Agilent («Agilent

Technologies», США), рентгеновского дифрактометра PANalytical X'Pert PRO («PANalytical», Нидерланды). Для этого промышленные стоки разделяли на твердые остатки и жидкую часть с использованием центрифуги ELMi CM – 6M.01 («Elmi Ltd», Латвия). Твердый остаток I после 3-кратной промывки дистиллированной водой, сушили при температуре 100-110 °С до постоянного веса и анализировали химический состав на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой.

Для приготовления строительных растворов использовали растворомешалку. При проведении экспериментов использовался портландцемент марки 400-ДО, песок (крупность зерен не менее 2,2 мм), вода и промышленные стоки титано-магниевого производства с различным содержанием твердого. Для сгущения промышленных стоков использовали лабораторный сгуститель.

Для получения строительного раствора марки М 200 соотношение цемент:песок составило 1:3 с добавлением пластификатора и водоцементным отношением 0,4. Промышленные стоки с различным содержанием твердого загружались в растворомешалку совместно с водой затворения в равных количествах. Качество полученной растворной смеси контролировали по показателю подвижности. Для определения подвижности в металлический сосуд емкостью 1 л укладывают растворную смесь, уплотняют штыкованием стальным стержнем диаметром 10 – 12 мм (25 раз) и встряхивают 5-6 раз легким постукиванием о стол. Сосуд с растворной смесью устанавливают на подставку так, чтобы острие конуса соприкасалось с поверхностью растворной смеси. Стержень закрепляют зажимным винтом и фиксируют положение стрелки на шкале. Затем винт отпускают для свободного погружения конуса в раствор и после остановки записывают второй отсчет по шкале. Глубину погружения конуса определяют как разность между вторым и первым отсчетами. Определение прочности строительного раствора на сжатие выполняли с использованием гидравлического пресса на трех образцах-кубах размером 70,7x70,7x70,7 мм в возрасте 7-90 суток. Испытания образцов на прочность проводили с использованием пресса.

### **Результаты и обсуждение**

Для изучения возможности использования отходов титано-магниевого производства при приготовлении строительных материалов и изделий были использованы промышленные стоки предприятия с различным содержанием твердого. Проведены работы по утилизации отходов титано-магниевого производства и использованию их в производстве строительных материалов и изделий. Контролируемыми параметрами являлись: для растворных смесей - водоудерживающая способность (способность растворной смеси удерживать в своем составе воду при интенсивном отсосе ее пористым основанием) и водопотребность (водоцементное отношение); для затвердевшей строительной смеси – плотность и прочность. С увеличением глубины разработки и усилением проявлений горного давления при применении систем с камерным способом отработки возрастают потери и разубоживание руды. Для предотвращения нарушений земной поверхности приходится оставлять значительные запасы руд, что приводит к сокращению активных рудных площадей и замораживанию запасов [12]. Подсчитано, что треть потребляемых сырьевых ресурсов расходуется на производство произведенных товаров, а две трети теряется в виде побочных продуктов и отходов [13]. Известно, что на предприятиях титано-магниевого производства ежегодно образуется большое количество отходов [14]. Кроме вновь образующихся отходов на территории предприятий располагается более 2 млн. тонн ранее накопленных неиспользованных, так называемых лежалых отходов. К лежалым отходам относят отходы, которые длительное время (более одного года)

находились в шламонакопителях. Однако в литературе отсутствуют сведения о промышленной реализации технологических решений утилизации отходов титано-магниевого производства, исключение составляют получение скандия из отходов отработанных расплавов титановых хлораторов и оксида ванадия из отходов, образующихся при очистке технического тетрахлорида титана от примесей пульпы низших хлоридов титана [15].

Для приготовления строительных растворов использовали растворомешалку. При проведении экспериментов использовался портландцемент марки 400-ДО, песок (крупность зерен не менее 2,2 мм), вода и пульпа титано-магниевого производства с различным содержанием твердого. Исследование прочности строительного раствора в зависимости от времени твердения и содержания твердого в добавляемой пульпе. Осадок шламонакопителей представляет собой тонкодисперсный, глиноподобный материал, имеющий следующий химический состав, % (вес): 5-8 SiO<sub>2</sub>, 30-35 CaO, 1-2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mg –1-3, 3-6 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5-7 TiO<sub>2</sub>, 1-2 S (в пересчете на оксид), хлор – 6-9, ост. пр. Минералогический состав представлен в основном гидрослюдами, кроме того, в осадке содержатся следующие материалы: гипс – 3-5%, кварц – 1-2%, рутил – 2-3%, лейкоксен, анатаз – 2%, ильменит, ильменорутил –1-2%. Установлено, что смеси на основе цемента обладают высоким показателем расслаиваемости и меньшей подвижностью смеси. Введение в состав смеси отходов шламонакопителя позволяет снизить показатель расслаиваемости в несколько раз. Прочностные характеристики бетонных образцов, полученных с использованием отходов титано-магниевого производства значительно выше, чем с использованием мергеля (инертной добавки).

Результаты экспериментов показали, увеличение содержания твердого в промышленных стоках титано-магниевого производства, добавляемых при приготовлении строительных растворов не оказывает влияния на такой показатель как водоудерживающая способность. В то же время обнаружено, что с увеличением содержания твердого в промышленных стоках титано-магниевого производства, добавляемых при приготовлении строительных растворов их прочность увеличивается в зависимости от времени затвердевания. Так, при увеличении количества твердого в добавляемой пульпе с 25,4 до 240,4 прочность увеличивается на:

- 17,29 % при 3-х суточном времени затвердевания;
- 20,7 % при 7-ми суточном времени затвердевания;
- 23,43 % при 28-ми суточном времени затвердевания;
- 26,61 % при 90 суточном времени затвердевания.

Таким образом, в результате лабораторных исследований определен оптимальный состав шихты строительной смеси, который можно использовать для приготовления тротуарной плитки, изготовления малых архитектурных форм и для устройства подстилающих слоев при монтаже крупных блоков. Оптимальное соотношение в шихте строительной смеси – цемент:песок составило 1:3, с водоцементным отношением 0,4 и пульпы с содержанием твердого остатка 100 -240 г/дм<sup>3</sup>.

### **Заключение**

Рассматриваются некоторые подходы к оценке возможностей переработки твердых отходов титано-магниевого производства с получением материалов различного назначения. Изучены состав, структура и свойства твердых отходов титано-магниевого производства. Приведены результаты синтеза и испытаний образцов строительных материалов (бетон, заливочные смеси и т. д.). Особенностью металлургических отходов является наличие значительного количества оксидов кремния, алюминия и железа. Используя различные технологические приемы,

синтезируются керамические материалы с заданными свойствами. Полученные образцы новых материалов соответствуют требованиям по механической прочности, термической и морозостойкости и другим характеристикам, предъявляемым к аналогичным изделиям. Поскольку керамические изделия изготавливаются в основном из природных материалов (гипс, цемент, глина и др.), приоритетной задачей является возможность возврата техногенных отходов металлургического производства в технологический цикл. Вторичная переработка отходов позволяет частично заменить природные материалы, предназначенные для строительной промышленности (для снижения потребления дорогого портландцемента), значительно сократить производство гипса и снизить себестоимость расходных материалов. Анализ негативного воздействия титано-магниевого производства на окружающую среду, показал, что основным источником экологической нагрузки предприятия являются образующиеся промышленные сточные воды, характеризующиеся сложным химическим составом и высокой минерализацией. Традиционно такие стоки направляют в специальные шламонакопители - искусственно созданные в земле емкости с асфальтированным днищем, покрытым железобетонными плитами, откуда верхний слив направляется в оборотное водоснабжение предприятия. Использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов позволяет достичь ряда важных экономических целей: экономия основного сырья, предотвращение загрязнения воды, почвы и воздуха, увеличение количества и ассортимента товаров. В результате лабораторных исследований определен оптимальный состав шихты строительной смеси, который можно использовать для приготовления тротуарной плитки, изготовления малых архитектурных форм и для устройства подстилающих слоев при монтаже крупных блоков.

#### **Список литературы**

1. Pribulová A., Futáš P., Baricová D. Processing and utilization of metallurgical slag. *Archiwum Inżynierii Produkcji // Production Engineering Archives* 2016, vol. 11, no 2, pp 2-5 ISSN 2353-5156.
2. Barišić I., Dimter S., Netinger I. Possibilities of application of slag in road construction. *Technical Gazette* 17, 4(2010), 523-528.
3. Peng Z, Gregurek D., Wenzl C., White J. Slag Metallurgy and Metallurgical Waste Recycling. *The Minerals, Metals & Materials Society, JOM, Vol. 68, No. 9, 2016 DOI: 10.1007/s11837-016-2047-2* 2016.
4. Skuza Z., Kolmasiak C., Prusak R. Possibilities for the utilization of metallurgical slag in the conditions of the polish economy. *Metalurgija* 48 (2009) 2, 125-128.
5. Zhang Y. Recovery and Utilization of Metallurgical Solid Waste. *Introductory Chapter: Metallurgical Solid Waste. [Electronic resource]. DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.83587.*
6. Barbuta M., Dana R. et al. (June 10th 2015). *Wastes in Building Materials Industry, Agroecology*, Vytautas Pilipavičius, IntechOpen, DOI: 10.5772/59933. Available from: <https://www.intechopen.com/books/agroecology/wastes-in-building-materials-industry>.
7. Аксенова Л.Л., Бугаенко Л.В. Использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной индустрии // *Технические науки в России и за рубежом: Матер. III Международной научной конференции. – Москва, 2014. - С. 106-108.*
8. Трубкин И.С., Зубков А.А. Закладочные смеси для горных выработок с применением конвертерных шлаков ММК и хвостов обогащения медно-серных руд // *Вестник МГУ им. Г.И. Носова. - Москва: МГУ, 2007. - №3. – С. 12-14.*

9. Волков Е.П., Вохмин С.А., Анушенков А.Н., Голованов А.И. Разработка рецептур и механизма активации закладочных смесей для подземной разработки полезных ископаемых с использованием хвостов обогащения // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies 3. – 2014. - №7. – С.295-303.

10. Пироженко В.П. Разработка состава компонентов закладочной смеси на основе хвостов обогащения // Записки Горного института. - Санкт-Петербург: Горный университет, 2008. - Т.178. – С.77-81.

11. Ресурсосберегающая технология обезвреживания сточных вод титано-магниевого производства. /Е.С. Ширинкина. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.00.16 – Экология. – Пермь, 2009 г. – 162 с.

12. Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Рациональные технологии формирования закладочных массивов на подземных рудниках АО «Казцинк» // Вестник РУДН. Серия инженерные исследования. - Москва: 2009. - №3. – С.72-78.

13. Пугин К.Г., Вайсман Я.И. Методические подходы к разработке и идентификации наилучших доступных технологий на примере использования шлаков черной металлургии //Журнал Вестник Московского государственного строительного университета. – 2013. - №10. – С.183-195.

14. Теплоухов А.С. Предотвращение загрязнения водных объектов отходами титано-магниевого производства: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.36. – Екатеринбург, 2005. – 143 с.

15. Пат. 2068392 Российская Федерация, МПК C01F17/00, C01G23/02. Способ извлечения скандия из отходов производства тетрахлорида титана / Кудрявский Ю.П., Волков В.В., Яковенко Б.И., Бондарев Э.И.; патентообладатель ОАО «АВИСМА титано-магниевый комбинат». - № 2000108124/04; заявл. 23.04.1993; опубл. 27.10.1996, Бюл. № 23.

## **Correlation between municipal solid waste oxidation and ignition characteristics**

K. Slyusarskiy, K. Larionov, S. Tsibulskiy, S. Jankovskiy, V. Gubin

*Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: slyuskonst@gmail.com*

Incineration is promising technology of municipal solid waste (MSCW) utilization because it allows to significantly decrease volume of wastes while obtaining thermal and electrical energy. Thermal analysis is one of the most widespread methods of studying MSW conversion. Other method is application of experimental setups which reproduce conditions of real technological equipment. Aim of current work is to determine correlation between oxidation (using thermal analysis) and ignition (using experimental setup) characteristics of six types of non-food MSW. Samples of sawdust, rubber, leather, cardboard, textile and plastic were studied. Thermal analysis was carried out at air in temperature range 50-1000 °C with heating rate 10 °C/min. The ignition tests were performed at temperatures 600, 700 and 800 °C in air medium. The best reactivity parameters were obtained for samples with higher volatile matter content - textile and plastic while the worst were obtained for sample with lowest volatile matter content - rubber. Ignition delay times varied in range 7.5-13.0 s at 600 °C and in range 1.0-1.6 s at 800 °C. Maximal values were obtained for textile and sawdust while minimal - for cardboard and rubber. Dependences of ignition delay times on temperature were approximated using linear, exponential and power law (the latter was more precise). Same dependences were obtained for flaming and char combustion times.

Phemenological evaluation revealed poor correlation between oxidation and ignition characteristics of studied fuels. The R2 values varied from 0.40 to 0.65 for ignition times, from 0.36 to 0.85 for flaming combustion times and from 0.69 to 0.81 for char combustion times. Presented results allow to carry out the most general evaluation of ignition properties using only TG-data. It was also found that ignition at high temperatures is better described by kinetic parameters while on low temperature ignition higher influence has technical properties. It was supposedly caused by increased contribution of chemical reactions into heating process with increased temperature.

## **Возобновляемые источники энергии для автономных энергосистем Иркутской области: предпосылки, обоснование, эффективность**

И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова, Д.Н. Карамов

*Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН*

*e-mail: nord@isem.irk.ru*

### **Характеристика потенциала возобновляемых природных энергоресурсов**

Территория области располагает потенциалом возобновляемых природных ветро-, гидро- и гелиоресурсов. Использование природных энергоресурсов позволит снизить объемы дизельного топлива и сократить дотации из областного бюджета на компенсацию затрат на электроснабжение децентрализованных потребителей, которые обеспечиваются электроэнергией от автономных электростанций.

Ветроэнергетический потенциал Иркутской области невысок: среднегодовые скорости ветра на высоте флюгера на большей части территории не превышают 1–2 м/с [1]. При таких скоростях применение ветроэнергетических установок нецелесообразно. Однако имеются локальные зоны в прибрежных районах оз. Байкал, где среднегодовые скорости ветра превышают 5 м/с.

При обилии водотоков на территории и высоком суммарном потенциале гидроэнергетических ресурсов, резко выраженная сезонная неравномерность стоков, значительное промерзание рек в зимний период, особенно в северных районах, накладывают существенные ограничения на получение стабильной выработки электроэнергии малых гидроэлектростанций без концентрации напора [2, 3]. Дополнительные сложности составляет отсутствие промышленного производства отечественного оборудования необходимого мощностного ряда для таких станций.

Среднегодовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность на территории области довольно неравномерен: от 900 кВт·ч/м<sup>2</sup> на севере до 1250 кВт·ч/м<sup>2</sup> на юге области [4]. Продолжительность солнечного сияния также изменяется в широтном направлении: в северных районах чуть менее 1500 ч/год, в южных – более 2000 ч/год (рисунок 1).

Особо стоит отметить некоторые районы на побережье оз. Байкал, где среднегодовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность достигает 1300 кВт·ч/м<sup>2</sup>, число часов солнечного сияния – 2200 ч/год.

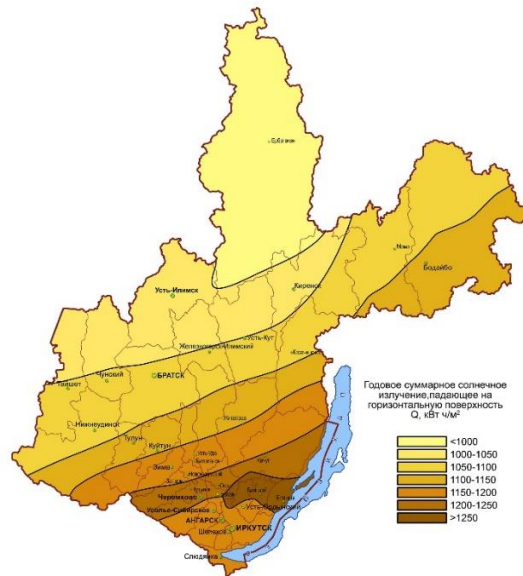


Рис. 1 – Зонирование территории Иркутской области по показателю гелиопотенциала

Исходя из потенциала возобновляемых природных энергоресурсов на территории области для электроснабжения децентрализованных потребителей наиболее перспективными из возобновляемых источников энергии являются солнечные электростанции.

### **Предпосылки применения солнечного электроснабжения**

Высокая плотность солнечного излучения создает предпосылки для применения солнечных электростанций (СЭС) в центральных и южных районах области. В то же время увеличение стоимости дизельного топлива в связи с удаленностью и труднодоступностью дает основание рассматривать применение солнечного электроснабжения в населенных пунктах, расположенных в более северных широтах.

По информации АО «Сахаэнерго» опыт эксплуатации СЭС в Республике Саха (Якутия) показывает, что и в северных районах их строительство для электроснабжения децентрализованных потребителей экономически оправдано. В республике в дополнение к дизельным эксплуатируется 21 солнечная электростанция суммарной мощностью 1616 кВт. Часть из них расположена за Полярным кругом, одна из которых Батагайская СЭС мощностью 1 МВт функционирует с 2015 г. Срок окупаемости большинства станций не превышает 10 лет независимо от места размещения.

В Иркутской области функционируют два гибридных энергокомплекса в с. Онгурен Ольхонского района и п. Нерха Нижнеудинского района. Эксплуатация СЭС в составе энергокомплексов позволяет вытеснить порядка 40-45% дизельного топлива ежегодно.

### **Обоснование и эффективность применения солнечного электроснабжения**

Исходя из анализа потенциала возобновляемых природных энергоресурсов и существующего состояния электроснабжения децентрализованных потребителей области в качестве первоочередных для рассмотрения применения солнечных электростанций выбраны три населенных пункта в различных районах: с. Верхняя Гутара (Нижнеудинский район), с. Подволочное (Усть-Удинский район), с. Вершина Тутуры (Качугский район).

Технико-экономическое обоснование применения солнечных электростанций проводилось с использованием модельного аппарата, разработанного в ИСЭМ СО РАН.

Исходными данными являются природно-климатические показатели многолетних метеорологических рядов, технические характеристики оборудования и нагрузочные характеристики потребителей.

Следует отметить, что в большинстве децентрализованных населенных пунктах области в настоящее время электроснабжение осуществляется не круглосуточно, а применение СЭС в дополнение к дизельным электростанциям позволяет улучшить условия проживания населения и обеспечивать электроэнергией непрерывно. В связи с чем расчеты проводились именно для такого режима. В результате определен оптимальный состав оборудования СЭС, выработка электроэнергии, необходимые инвестиции и доля вытесненного дизельного топлива (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчетов применения солнечных электростанций при круглосуточном режиме электроснабжения

Населенный пункт	Установленная мощность, кВт		Генерация тыс. кВт·ч		Суммарные инвестиции*, млн руб.	Доля вытесненного топлива, %
	СЭС	ДЭС	СЭС	ДЭС		
с. Верхняя Гутара	250	250	242	723	53,4	32
с. Вершина Тутуры	150	90	134	159	28,3	49
с. Подволочное	190	300	171	233	36,9	52

Примечание \* - с учетом строительно-монтажных работ и транспортных затрат

### Заключение

Повышенному интересу к строительству солнечных электростанций в последние годы способствует значительное (в 3-4 раза) снижение цен на фотоэлектрические панели. Этот фактор существенно повысил конкурентоспособность и эффективность применения солнечных электростанций, прежде всего для электроснабжения децентрализованных потребителей.

Анализ результатов расчетов показывает, что процент экономии топлива для рассматриваемых населенных пунктов составляет 32-52% независимо от показателей гелиопотенциала, что объясняется оптимизацией мощности оборудования солнечной электростанции и емкости аккумуляторных батарей в каждом конкретном случае.

Достаточно высокая доля вытесняемого дизельного топлива свидетельствует о целесообразности и экономической эффективности использования гелиопотенциала на цели энергетики в удаленных труднодоступных территориях области.

Исследование выполнено за счет средств регионального гранта Российского научного фонда и Иркутской области (проект № 17-48-380002).

### Список литературы

1. Попель О.С. и др. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева / Приложения, 2015. 160 с.
2. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Реки и каналы. Т.1 РСФСР. Вып. 13. Бассейн Ангары. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 291 с.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Реки и каналы. Т.1 РСФСР. Вып. 14. Бассейн Байкала. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 364 с.



4. Справочник по климату СССР. Вып. 22. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 71 с.

## **Micrococcus luteus and Serratia marcescens, as a new association of bio-agents for microbial fuel cells**

E.Yu. Konovalova<sup>1</sup>, L. Barbora<sup>5</sup>, K.I.Chizhik<sup>4</sup>, D.I.Stom<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> *Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

<sup>2</sup> *Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

<sup>3</sup> *Baikal Museum of the Irkutsk Science Center of the SB RAS, Irkutsk, Russia*

<sup>4</sup> *Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia*

<sup>5</sup> *Indian Institute of Technology Guwahati, Indian*

*e-mail stomd@mail.ru*

Microbial fuel cells make it possible to generate electricity by eliminating and using wastewater components. For these purposes, the most viable microbial associations in microbial fuel cells. The presence of strains of different microorganisms allows you to consume a much wider range of compounds. Multicomponent makes them more resistant to the negative effects of stressful environmental factors. An example of such associations are silt sediments of biological treatment plants. The purpose of this work was to create a new microbial association. Microbial association was formed from previously isolated strains from activated sludge from the petrochemical plant, *Micrococcus luteus* and *Serratia marcescens*. Model wastewater was taken as substrates. The generation of electricity was carried out in microbial fuel cell models that we developed. These designs allowed access to the contents of microbial fuel cells without violating sterility and anaerobic conditions in the anode chamber. In the experiments, the voltage, current in microbial fuel cells were measured and the power was calculated. Experiments have shown high electrogenic activity when working together with *Micrococcus luteus* and *Serratia marcescens* cohosts for a good variety of the proposed bioagent complex. The search and isolation of energy-efficient strains and the compilation of a new consortium from them will not only increase the current output in microbial fuel cells to more significant values, but also bring such microbial fuel cells into the category of promising developments for alternative energy.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project RFMEFI 58317X0060 “Bioremediation and bioconversion of waste using a complex of photosynthetic organisms and heterotrophs in aerobic and anaerobic conditions with bioenergy generation”).

### **Introduction**

Research is ongoing to increase the efficiency of microbial fuel cells (MFC). They should allow maximum utilization of pollutants and high specific power. The prospects of using *Micrococcus luteus* [1, 3, 6] and *Serratia marcescens* [2, 4] strains as MFC bioagents were previously demonstrated. We have studied the ability of individual strains of *S. marcescens* and *M. luteus* in a pure culture to generate electricity in MFC using model wastewater. The effect of a typical surfactant, sodium dodecyl sulfate on the studied microorganisms and changes in electrogenic activity, was also considered [5].

The purpose of this report was to analyze the ability of the association of *M. luteus* and *S. marcescens* to produce electric current.

## Materials and equipment

As the basis of the design, we took the electrochemical cell that we proposed earlier [8, 9]. The electrodes were made of silicon carbide (Podolskogneupor OJSC, Podolsk, Russian Federation).

The main working medium in MFC was model wastewater pre-sterilized by autoclaving (30 min at 1 atm) [7]. Strains of *M. luteus* and *S. marcescens* isolated from activated sludge were used as bioagents in MFC. To identify strains, the nucleotide sequence of 16S<sub>r</sub> RNA genes was determined using the ABIPRISM® BigDye™ Terminator reagent kit ver. 3.1 followed by analysis of the reaction products on an automatic sequencer Applied Biosystems 3730 DNA Analyzer (Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms named after G.K. Scriabin RAS). Active sludge was taken from the aeration tanks of the petrochemical plant (Angarsk, Russia). The current and voltage generated by the bioagents used in the work were recorded in two ways - using the DT32 DIDGITAL multimeter and using an automatic data recording system based on the ArduinoMega 2560 microprocessor board. All experiments were performed in at least 5 independent experiments with 3 parallel measurements in each. Conclusions are made on the basis of the results of statistical processing with the probability of an error-free forecast  $P > 0.95$ .

## Results and discussions

The experiments showed a rather high electrogenic activity of the studied bioagents in MFC. The voltage generated in the MFC by a pair of *M. luteus* and *S. marcescens* in 24 hours with an open circuit reached  $715 \pm 107.2$  mV, *M. luteus* up to  $500 \pm 75.0$ , *S. marcescens* up to  $455 \pm 68.2$  mV. The generation of electric current was accompanied by an active growth of cells of microorganisms-bioagents. Thus, the total microbial number in the association of *M. luteus* and *S. marcescens* increased almost by an order of magnitude during the 24 hours of the experiment (from  $1.9 \pm 0.2 \times 10^6$  to  $3.0 \pm 0.5 \times 10^7$  CFU/ml). The number of viable *M. luteus* cells over a similar period of time increased from  $7.5 \pm 0.2 \times 10^5$  to  $1.9 \pm 0.2 \times 10^7$  CFU / ml, *S. marcescens* – from  $1.9 \pm 0.2 \times 10^5$  to  $1.1 \pm 0.2 \times 10^7$  CFU / ml.

When connecting an external resistance, the following data were obtained. The maximum value of the voltage generated in the MFC *M. luteus* with a resistance of 1 k $\Omega$  was  $43 \pm 6.45$  mV, 10 k $\Omega$  -  $170 \pm 25.5$  mV, 100 k $\Omega$  -  $104 \pm 15.6$  mV. In this case, the current strength reached values at 1 k $\Omega$  -  $39 \pm 5.85$   $\mu$ A, 10 k $\Omega$  -  $7 \pm 1.05$   $\mu$ A, 100 k $\Omega$  -  $5 \pm 0.1$   $\mu$ A, respectively.

The highest values of the voltage generated in MFC *S. marcescens* at a resistance of 1 k $\Omega$  reached  $9 \pm 1.35$  mV, 10 k $\Omega$  -  $40 \pm 6$  mV, 100 k $\Omega$  -  $94 \pm 14.1$  mV. The current strength was  $7 \pm 1.05$   $\mu$ A,  $3 \pm 0.45$   $\mu$ A,  $4 \pm 0.6$   $\mu$ A, respectively.

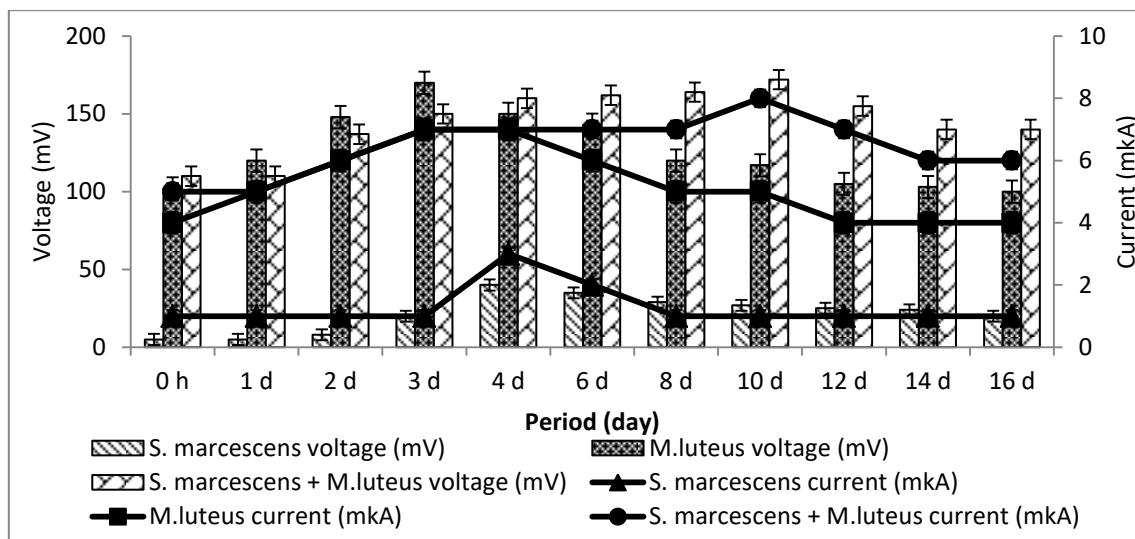


Figure 1. Electrogenic activity of *M. luteus* and *S.marcescens* in MFC (medium - model wastewater, electrodes - silicon carbide, external resistance-10 kΩ)

Based on the data obtained, a 16-day experiment was conducted with an external resistance of 10 kΩ. The maximum value of the voltage generated in MFC *M. luteus* with a resistance of 10 kΩ is  $170 \pm 25.5$  mV, *S. marcescens* is  $40 \pm 6$  mV, and the test pair is  $172 \pm 25.8$  mV, respectively. In the cell with the association, the current strength reached a peak value of  $8 \pm 1.2$  μA on day 10, with a separate study of the strains, peak values were reached on day 4 (Figure 1).

### Conclusion

The isolated strains from activated sludge *M. luteus* and *S. marcescens* have good electrogenic activity in MFC, with an open circuit and a resistance of 10 kΩ. MFC with a consortium of microorganisms *M. luteus* and *S. marcescens* yielded higher current and voltage values than with individual strains.

### References

1. Akaluka C.K. et al. // Abattoir waste water treatment and energy recovery using a Ferricyanide-catholyte Microbial Fuel Cell. International Letters of Natural Sciences., Vol. 55, pp 68-76, 2016.
2. Ghanapriya K. et al. Electricity generation from cerratia marcescens isolated from anaerobic sludge using microbial fuel cell technology and its optimization; [https://www.researchgate.net/publication/216882622 Electricity generation from cerratia marcescens isolated from anaerobic sludge using microbial fuel cell technology and its optimization](https://www.researchgate.net/publication/216882622_Electricity_generation_from_cerratia_marcescens_isolated_from_anaerobic_sludge_using_microbial_fuel_cell_technology_and_its_optimization), 2010.
3. Madigan, M. et al. // Biology of Microorganisms, 11th ed.; PrenticeHall: 2005.
4. Chisomaga N. et al. // Potential of Microbial Fuel Cells for Energy Production. International Journal of Electrical and Electronics Research Vol. 6, Issue 1, pp: (33-47), Month: January - March 2018.
5. Stom D.I., Konovalova E.Yu. et al.//Active sludge and strains isolated from it as bioagents in bio fuel cells.
6. Choi Y. et al. // Effect of Initial Carbon Sources on the Performance of a Microbial Fuel Cell Containing Environmental Microorganism Micrococcus luteus. Kim Bull.Korean Chem., Vol. 28, No. 9, 2007.
7. ГОСТ Р 50595-93 // Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде.

8. Патент РФ № 153593 от 27.10.2014.
9. Патент РФ № 153691 от 25.12.2014.

### **The use of microalgae in microbial fuel cells**

M.S. Konovalov, E.Yu. Konovalova, A.B. Kupchinskiy, D.I. Stom

*Irkutsk State University*

*e-mail: mikkonovalov@yandex.ru*

In classic microbial fuel cells, a wide range of different substances is utilized: organic acids, sugars, alcohols, fats and other substrates. In them the energy of chemical bonds is converted into electrical energy. In recent years, a number of developments on the use of algae in such devices. Microalgae can convert the energy of sunlight into electricity. This article describes the materials on the use of various types of microalgae for the operation of microbial fuel cells. The data on the composition of microbiocenoses associated with the anode, the voltage and current strength produced by these microalgae are analyzed. Particular attention is paid to the use of well-combined with each other joint associations of microalgae and bacteria for microbial fuel cells. It is important for understanding the processes of formation of highly productive consortiums of various microorganisms with energy-efficient microalgae strains in microbial fuel cells. The role of microalgae in the implementation of electron transport in the production of oxygen in the cathode chamber of microbial fuel cells is discussed.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project RFMEFI58317X0060 “Bioremediation and bioconversion of waste using a complex of photosynthetic organisms and heterotrophs in aerobic and anaerobic conditions with bioenergy generation”).

### **Развитие систем теплоснабжения населенных пунктов Байкальской природной территории с учетом экологических ограничений**

В.В. Хан, В. Зоркальцев, Н. Деканова, П. Хан, Е. Губий

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: venkhan@yandex.ru*

Рассматриваются проблемы энергообеспечения постоянно проживающего населения, предприятий и рекреационных объектов в Центральной экологической зоне озера Байкал. К настоящему времени не решены многие уже перезревшие организационные и экологические проблемы.

Важную роль в системном исследовании играет учет уникальности Байкальской природной территории. В площадь территории включен участок всемирного природного наследия, составляющий 23% территории. Прибрежная зона озера Байкал, в основном, высокогорна и часто изрезана ущельями, поэтому отсутствуют крупные населенные пункты (располагается лишь несколько городских поселений с численностью населения не более 30 тыс. человек). Для побережья озера характерны мелкие поселения и рекреационные зоны. Многие из них и сейчас доступны лишь для водного или воздушного транспорта. В настоящее время регион приобрел исключительную туристическую популярность - рекреационные зоны принимают в год более одного млн. человек (десятикратное превышение численности постоянно проживающего населения). В перспективе этот поток туристов может возрасти до пяти млн. человек. Но регион не готов к такому количеству туристов. Причем для

Прибайкалья существенна прерывистость и кратковременность туристического сезона – по два месяца летнего и зимнего периодов. В остальное время туристическая привлекательность Прибайкальской территории значительно снижается.

Основными источниками энергообеспечения служат относительно дешевая электроэнергия и дрова, поставляемые леспромпхозами и местным населением. В крупных поселках и городах имеются специальные котельные, использующие привозной уголь. В наиболее труднодоступных зонах (бухта Песчаная, Хакусы) используется дизельное топливо. Широкое применение привозного топлива (угля, дизельного топлива, мазута) в населенных пунктах, турбазах и дачах на прилегающих к озеру Байкал территориях не только дорого из-за транспортировки на большие расстояния, но и нецелесообразно по экологическим ограничениям.

В работе рассмотрены возможные варианты теплоснабжения прибрежной зоны озера Байкал при использовании различных видов первичных энергетических ресурсов (централизованное электроснабжение, уголь, пеллеты, солнечные коллекторы) и технологий (миниТЭЦ, тепловые насосы). Представлены результаты сравнительного экономического анализа вариантов решения проблем функционирования и развития Байкальской природной территории с учетом экологических ограничений. Обсуждаются результаты, полученные при разработке схемы теплоснабжения г. Байкальска.

## Секция 3. Рациональное природопользование Section 3. Sustainable Use of Natural Resources

### Hydrogenation of poly- $\alpha$ -olefin oils on applied palladium catalysts

E. Aubakirov, R. Bashirbayeva

*Al-farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*e-mail: ruza\_89@mail.ru*

To obtain a carrier for a catalyst for the hydrogenation of poly- $\alpha$ -olefinic oil, the starting diatomite, before applying the active metal phase, was subjected to thermal and acidic treatment with hydrochloric acid. The surface structure and morphological changes of diatomite were characterized using scanning electron microscopy, X-ray fluorescence analysis, and BET.

A 1.0 % Pd / D-HCI-500 catalyst was prepared by adsorption. The average particle size of palladium on a carrier is determined using high-resolution transmission electron microscopy. The catalytic activity of the catalysts was studied in the reaction of hydrogenation of poly- $\alpha$ -olefinic oils at a temperature of 120 °C and a hydrogen pressure of 1.0 MPa of batch action Parr-4848.

Scientific and technical progress in mechanical engineering, leading to the tightening of equipment operating conditions, to the creation of instruments requiring high performance lubricants that cannot be achieved in mineral-based lubricants. Also, the desire to save energy and fuel economy, to extend the service life of equipment, to improve the ecology of the environment, has intensified the involvement of synthetic and mineral-synthetic base oils in the lubricants.

There are several types of oil classification: composition, viscosity, application, etc. The composition of synthetic oils is divided into alkyl aromatic, polyalphaolefin (PAO), polybutene, polyester, oils, etc. Due to the absence of heteroatomic compounds, the availability of raw materials and the relatively low price of the final product, in recent years, the most used synthetic oils are poly- $\alpha$ -olefinic oils (PAOM). PAOM belong to the API classification group IV. This is the most demanded type of synthetic lubricating oils that fully meet modern technological and environmental requirements for lubricating oils. They are a hydrogenated product of oligomerization (co-oligomerization)  $\alpha$ -olefins (mainly decene-1). Along with decent-1,  $\alpha$ -olefins C6, C8, C12, C14, and their mixtures are used [1].

The selection of catalysts and process conditions allows you to synthesize PAO with desired properties. PAOMs are characterized by a high viscosity index (120–160), flash point (above 210 °C), thermal oxidative stability, low pour point (from –55 to –65 °C), low evaporability [2]. PAOM retains all the benefits of mineral oils (for example, inertness to structural materials, low toxicity, etc.). Due to the high thermal-oxidative stability of PAOM, it is possible to significantly increase the service life of synthetic hydrocarbon oils in comparison with mineral oils.

At present, dispersed Ni-catalysts are widely used in the production of PAOM, in most cases widely used. The process of hydrogenation on nickel catalysts takes place at high temperatures (120–180 °C) and at high pressure (10–20 MPa); many researchers, to improve the activity of the process of hydrogenation of synthetic and mineral-synthetic base oils, used various metals, mainly noble, as a catalyst ( Pd, Ru, Pt, Rh, Ir) [3]. The use of palladium catalysts in the PAOM hydrogenation process allows one to carry out the hydrogenation process under mild conditions; the catalyst also shows higher activity.

We carried out research, in the process of PAOM-4 hydrogenation (TANECO JSC, Nizhnekamsk, Republic of Tatarstan, Russia) palladium catalysts (1.0 wt.% Pd) were used, deposited on activated diatomite. The activity of the catalyst, the iodine number, and the degree of hydrogenation of the products obtained were determined.

The results obtained for the investigation of the activity of the PAOM-4 catalyst developed in the hydrogenation reaction show that low-percentage palladium catalysts (1.0 wt.% Pd) deposited on diatomite exhibit high activity. The hydrogenation temperature from 120 ° C provides a high degree of hydrogenation equal to 98.2% and an iodine number of 0.58 g I<sub>2</sub> / 100g.

### References

1. Arutyunov I.A., Kulik A.V., Potapova S.N., Ivanisko O.L., Svetikov D.V., Korolev E.V.. Synthetic base oils // Scientific and Technical Bulletin of JSC "NK Rosneft". 2016. 45. pp. 87–91.
2. Pat 5856612 (US)
3. Tsvetkov O.N. Catalytic processes in the technology of polyalphaolefinic oils // Catalysis in industry. 2002. № 6. pp. 33–40.

## **Исследование влияния группового состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных присадок**

И. А. Богданов, А. М. Орлова, А. А. Алтынов, М. В. Киргина

*Томский политехнический университет*

*orlovaalina41@gmail.com*

Дизельное топливо является одним из наиболее распространенных видов моторного топлива, которое, помимо автотранспорта применяется на маломерных судах, энергетических установках. Для обеспечения надежной и экологичной работы дизельного двигателя, необходимо топливо определенного состава, характеризующееся заданными физико-химическими и эксплуатационными свойствами.

Важнейшими характеристиками дизельного топлива являются его низкотемпературные свойства, позволяющие использовать топливо на территориях с холодным климатом, на северных и Арктических территориях.

Проблемы, возникающие при использовании дизельного топлива в условиях холодного климата, связаны с кристаллообразованием парафиновых углеводородов, содержащихся в нём. Именно парафиновые углеводороды начинают первыми кристаллизоваться при низких температурах, вследствие чего топливо твердеет и его применение становится невозможным. Существуют различные способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив. Так процесс каталитической депарафинизации позволяет значительно улучшить температуру застывания дизельных топлив, однако данный способ применим только на крупных производствах [1].

На сегодняшний день наиболее эффективным и широко используемым способом улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив является использование присадок [2]. Однако разнообразие присадок и наличие эффекта приемистости, вызывают необходимость подбора присадки для конкретного состава дизельного топлива и условий его эксплуатации. Законы взаимодействия функциональных групп присадок и углеводородов входящих в состав дизельной фракции на данный момент остаются недостаточно изученными.

В работе рассмотрено влияние группового состава 3 образцов (№№ 1-3) прямогонного дизельного топлива на эффективность действия шести различных

коммерческих низкотемпературных присадок (А, В, С, D, F, G) в отношении температуры застывания ( $T_3$ ) топлива. Присадки использовались в концентрациях, рекомендуемых производителями.

Для определения группового состава образцов прямогонного дизельного топлива (ДТ) был использован анилиновый метод;  $T_3$  определялась по методике, представленной в ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания». Результаты определения  $T_3$  и группового состава образцов прямогонного дизельного топлива представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики образцов прямогонного дизельного топлива

Образец ДТ	Содержание углеводородов, % мас.			$T_3$ , °С
	Ароматические	Нафтенy	Парафины	
1	24,14	31,24	44,63	-18
2	23,82	29,02	47,16	-45
3	22,82	32,57	44,61	-29

В Таблице 2 представлены результаты определения  $T_3$  смесей образец прямогонного дизельного топлива / низкотемпературная присадка.

Таблица 2 – Температура застывания смесей образец прямогонного дизельного топлива / низкотемпературная присадка

Образец ДТ	$T_3$ , °С						
	ДТ	Смесь ДТ / присадка					
		А	В	С	D	F	G
1	-18	-30	-48	-28	-25	-27	-37
2	-45	-50	-53	-50	-57	-56	-53
3	-29	-42	-48	-39	-57	-54	-50
Образец ДТ	$\Delta T_3$ , °С						
	ср.	А	В	С	D	F	G
1	14.5	12	30	10	7	9	19
2	8.2	5	8	5	12	11	8
3	19.3	13	19	10	28	25	21
$\Delta T_3$ , °С		10,0	19,0	8,3	15,7	15,7	16,0

Как можно видеть из результатов, представленных в Таблице 2, для образца № 1 в наибольшей степени  $T_3$  снизила присадка В; для образцов №№ 2, 3 наиболее эффективной является присадка D. В среднем наиболее эффективной в отношении  $T_3$  является присадка В; наибольший эффект присадки оказали на  $T_3$  образца прямогонного дизельного топлива № 3.

Результаты исследований показали, что чем выше в образце общее содержание n-парафинов, тем ниже эффективность действия присадки в отношении  $T_3$  (образец № 2: наибольшее содержание n-парафинов – наименьшее снижение  $T_3$  при добавлении присадки). При этом чем ниже в образце общее содержание ароматических углеводородов, тем выше эффективность действия присадки в отношении  $T_3$  (образец № 3: наименьшее содержание ароматических углеводородов – наибольшее снижение  $T_3$  при добавлении присадки).

Таким образом, показано, что при выборе низкотемпературной присадки для дизельного топлива и определения ее оптимальной концентрации необходимо



учитывать содержание в дизельном топливе различных групп углеводородов, при котором низкотемпературная присадка действует наиболее эффективно.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта № 19-48-703025.*

### Список литературы

1. Францина Е. В., Белинская Н. С., Майлин М. В., Афанасьева Д. А. // Технологии нефти и газа. 2018. №1 (114). С. 7–12.
2. Богданов И. А., Алтынов А. А., Белинская Н. С., Киргина М. В. // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2018. №11. С. 37–42.

## Production of winter and arctic diesel fuel in the process of catalytic dewaxing

V.V. Bykova, N.S. Belinskaya

Tomsk Polytechnic University

e-mail: violetta.gneusheva@gmail.com

**Abstract.** *In the present work study, we conducted a study of the influence of the various parameters on the process of catalytic dewaxing.*

**Introduction.** Urgency of the research: for Russia in the special context of climatic conditions and geographical location may become necessary procure a wealth of winter and arctic diesel fuel with most advanced test performance production time at a low temperature environment.

**Purpose of research:** study of the production process winter and arctic diesel fuel in the process of catalytic deparaptation.

**Objectives of research:** elucidate influence technological parameters in the process of catalytic deparaptation and optimization operating practices depending from composition of raw materials and catalyst activity.

**Theory the process of catalytic deparaptation:** essential reaction the process of catalytic deparaptation include hydrocracking long-chain molecule n-paraffins  $C_{17}$ - $C_{27}$  and isomerization n-paraffins  $C_5$ - $C_{16}$  – this transition have the largest value. Molecules n-paraffins have positive value freezing point, that unacceptable to fuels high quality. Product the process appear light ends n-paraffins  $C_{10}$ - $C_{13}$ , hydrocarbon isomeric structure, monocyclic benzene hydrocarbons [2].

### Experimental procedure

**Baseline information for prospecting temperature effect:** raw material consumption clamped to table 340 m<sup>3</sup>/h, rate of delivery HBG - 35000 m<sup>3</sup>/h, pressure – 7,5 MPa, temperature recycle HBG – 75 °C.

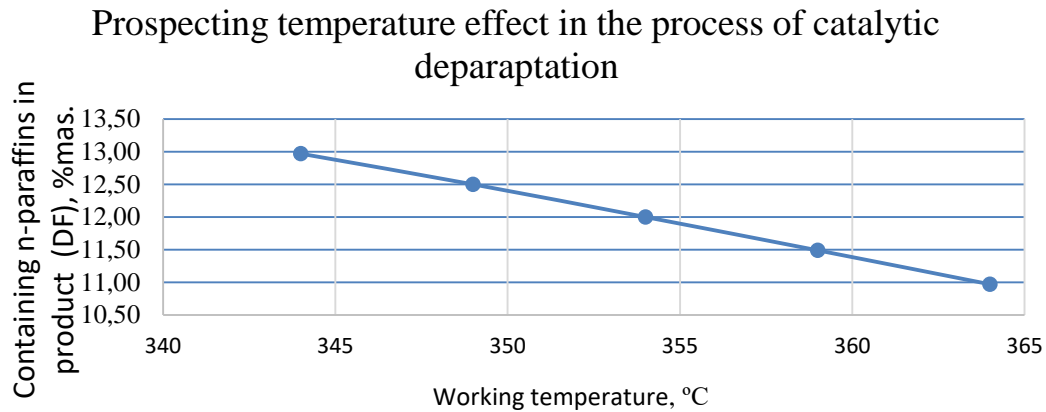
Table 1

Original composition and mass density raw in the process of catalytic deparaptation

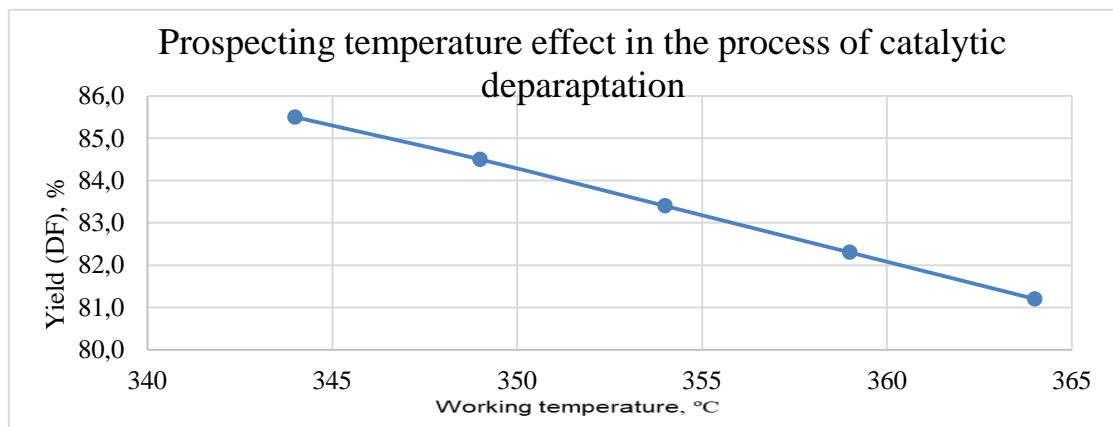
	10 %	50 %	90 %	Mass density by 20 °C
Final boiling point, °C	253	299	354	853

If intensify the heat in the process of catalytic deparaptation, containing n-paraffins in product taper down (DWG. 1) CFPP taper down too (DWG. 2).

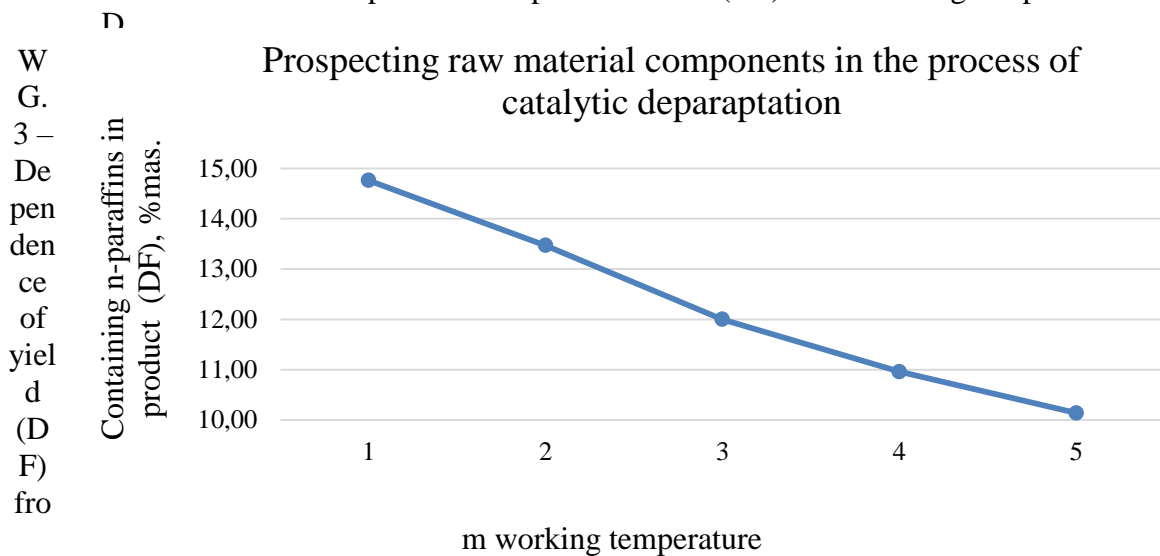
**Baseline information for prospecting effect raw material components:** different types of raw materials (table 2).



DWG. 1 – Dependence of containing n-paraffins in product (DF) from working temperature



DWG. 2 – Dependence of product CFPP (DF) from working temperature

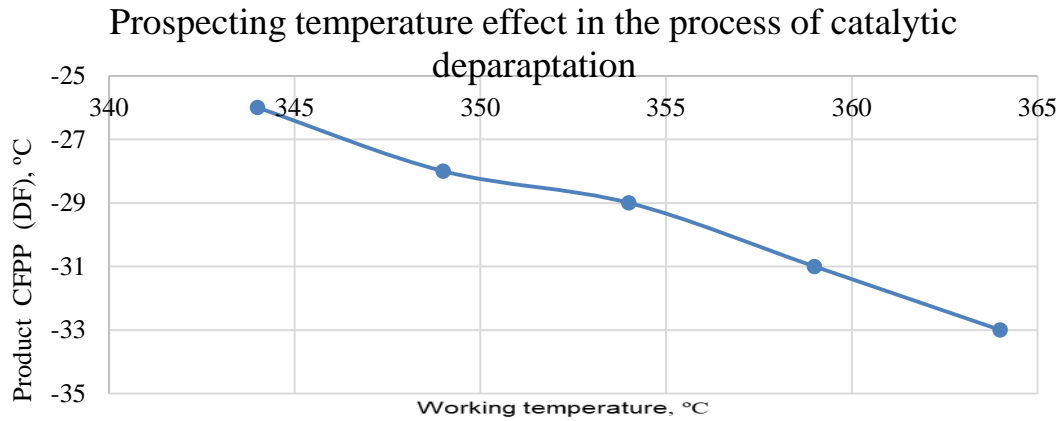


DWG. 3 – Dependence of yield (DF) from

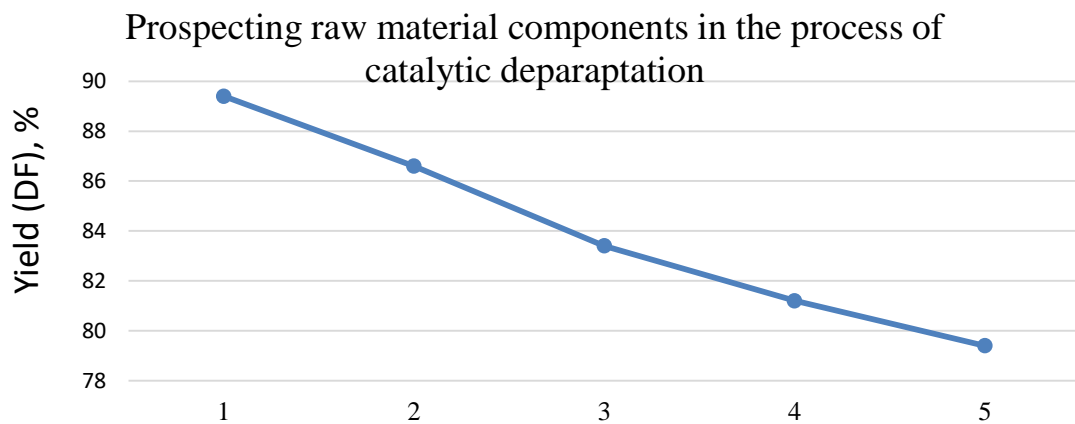
Table 2

Composition and mass density raw in the process of catalytic deparaptation

	Final boiling point , °C				
	Raw material -1	Raw material -2	Raw material -3	Raw material -4	Raw material -5
10 %	244	252	253	257	260
50 %	282	290	299	308	310
90 %	344	351	354	383	361
Mass density by 20 °C	840	846	853	858	862

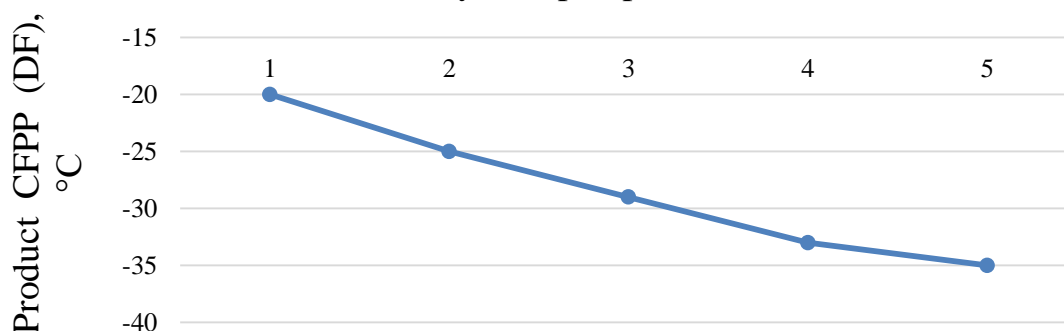


DWG. 4 – Dependence of containing n-paraffins in product from raw material components



DWG. 5 – Dependence of product CFPP (DF) from raw material components

### Prospecting raw material components in the process of catalytic deparaptation

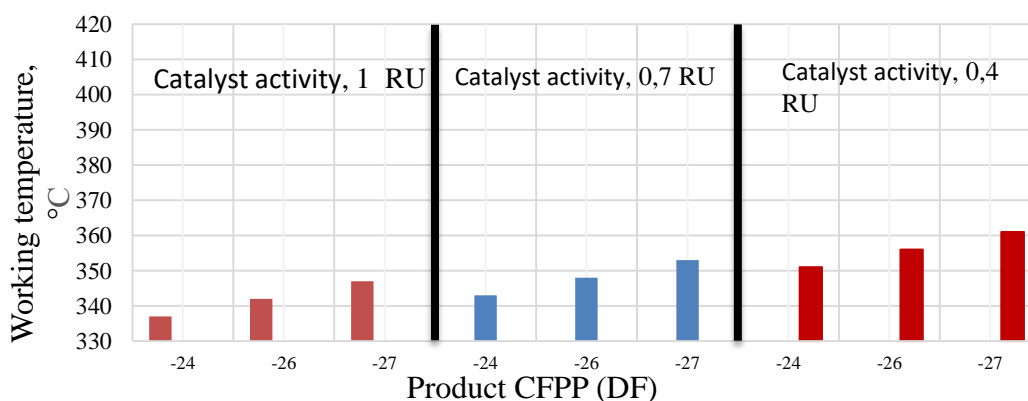
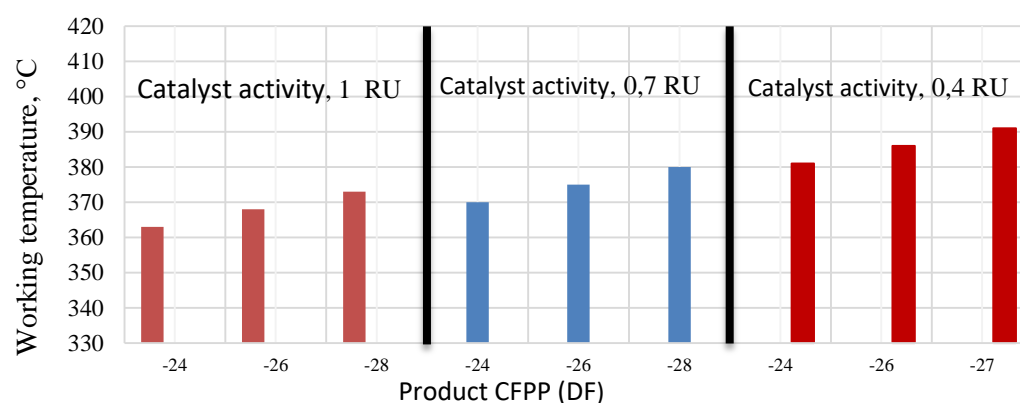


DWG. 6 – Dependence of yield (DF) from raw material components

With increasing boiling point in different fractions, the content of n-paraffins decreases.

Optimization depending on the composition of the raw materials and catalyst activity.

#### Investigation of the effect of catalyst activity on the dewaxing process:



**Determination.** Raw materials with a higher boiling point require a lower temperature to produce fuel with CFPP -26 ° C.

**Conclusion.** Optimal temperatures were selected for the production of CFPP -26 ° C.

#### Reference list

1. Agaev S.G., Glazunov A.M. Improving the low-temperature properties of diesel fuels: a monograph. - Tyumen: Tsogu, 2009. - 145 p.

2. Belinskaya, Natalia Sergeevna. Unsteady-state mathematical model of diesel fuels catalytic dewaxing process [Electronic resource] / N. S. Belinskaya, E. V. Frantsina, E. D. Ivanchina // *Catalysis Today*. — 2019. — Vol. 329. — [P. 214-220].

## **Engineering geology as a basis of rational nature management and protection of geological environment**

I. Verkhozin

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: iverhozin@istu.edu*

Modern Engineering Geology, as a science that studies the geological environment, is have of great importance for the justification of environmental management.

Environmental management implies the regulation of human activities to engage in the consumption of natural resources, such as lands, forests, mineral resources, water objects etc. In addition, nature management includes the protection of the environment, and the geological environment, as the basis on which the habitat of humans and living beings

Usually, under the geological environment refers to the natural sphere of human life and activity, located on the surface of the Earth and representing the interaction of its four main spheres: lithosphere, atmosphere, hydrosphere and biosphere. The upper limit of the geological environment is the surface of the Earth, and its lower limit is due to the depth of penetration into the lithosphere of human engineering activity.

Engineering Geology studies a wide range of theoretical problems, associated with the formation of the geological environment, and solves practical problems arising in the design, construction and operation of various facilities. These tasks are aimed primarily at ensuring the reliability of buildings and other structures.

The nature management is contradictory: by creating and consuming, it often upsets the natural balance and causes the development of man-made geological processes and phenomena that change, destroy and pollute the geological environment. These irreversible, for the most part, changes lead to the depletion or even to the complete degradation of the existing biocenoses in a particular territory, the deterioration of the quality of the environment. All this has a negative impact on the quality of people's lives.

Therefore, any activity in the field of environmental management, ecology and protection of the geological environment should be based on the study of specific engineering-geological conditions of a territory, and, therefore, rely on the laws and basic provisions of Engineering Geology.

## **Largest rift Lake Baikal and the world: Nyasa as repositories of freshwater on the planet**

V. Verkhozina, E. Verkhozina

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: verhval@mail.ru*

Assess the availability of fresh drinking water in Lakes: Lake Baikal and Lake Nyasa. This deep rift Lakes of the world. At present, the water quality has a profound impact anthropogenic factor. Identified indicators of anthropogenic influences on these ecosystems.

## Исследование динамики содержания углеводов в эпикутикулярном слое личинок колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) на разных стадиях межличиночного периода

М. Ганина

Новосибирский институт органической химии СО РАН

e-mail: ganina@nioch.nsc.ru

Изучение фундаментальных химико-биологических основ взаимоотношений между насекомыми и патогенными микроорганизмами является не только актуальным вопросом в области экологической химии, но и представляет интерес для разработки альтернативных, экологически чистых методов контроля численности насекомых-вредителей. Известно, что функции эпикутикулярного слоя меняются в течение жизненного цикла насекомого. На ранних стадиях развития личинок колорадского жука, питающихся на листьях, основной задачей эпикутикулярного слоя является защита от обезвоживания. К концу стадии личинки, при переходе в почву главной задачей эпикутикулярного слоя становится защита от обитающих в почве патогенных грибов. Для понимания механизмов защиты насекомого от патогенных грибов необходимо выявить связь между изменением состава эпикутикулярного слоя и степенью восприимчивости к патогену. Данных по исследованию состава эпикутикулярного слоя личинок колорадского жука в онтогенезе найдено не было, между тем данная стадия наиболее восприимчива к патогенным грибам *Metarhizium robertsii* [1].

Целью данной работы являлись качественное и количественное определение основных компонентов эпикутикулярного слоя личинок колорадского жука с помощью метода ГХ/МС и выявление динамики содержания основных компонентов течение IV межличиночного периода.

Объектом исследования являлись личинки колорадского жука трех возрастных групп в пределах IV заключительного возраста: свежеперелинявшие (4-6 ч после линьки), наиболее чувствительные к грибам *M. robertsii*, личинки промежуточного возраста (34-36 ч после линьки), со средней устойчивостью и заканчивающие питание личинки (84-86 ч после линьки), характеризующиеся наибольшей устойчивостью к патогену.

Экстракт эпикутикулярного слоя получали смесью *n*-гексан – метил-трет-бутиловый эфир (1:1 по объему). Эксперимент по получению экстракта и определению степени адгезии конидий патогенных грибов проводился в Лаборатории экологической паразитологии ИСиЭЖ СО РАН под руководством д.б.н. Крюкова В.Ю. Была проведена дериватизация экстракта диазометаном для анализа свободных карбоновых кислот. В качестве стандартов для количественного определения использовали *n*-триаконтан для углеводов и миристиновый спирт для карбоновых кислот. Для расчетов индексов удерживания использовали нормальные алканы C<sub>24</sub>, C<sub>28</sub>, C<sub>32</sub>. В экстракте эпикутикулярного слоя было идентифицировано 15 предельных моно-, ди- и триметилразветвленных углеводов состава C<sub>28</sub>-C<sub>32</sub> (Рисунок 1); также были обнаружены свободные жирные кислоты, содержание которых не превышало 10 %, основной являлась пальмитиновая кислота. Установление строения углеводов проводилось сопоставлением экспериментальных и литературных данных по линейным индексам удерживания (ЛИУ) и характеристичным ионам, образующимся при распаде С-С связи в местах разветвления углеродной цепи [2-4].

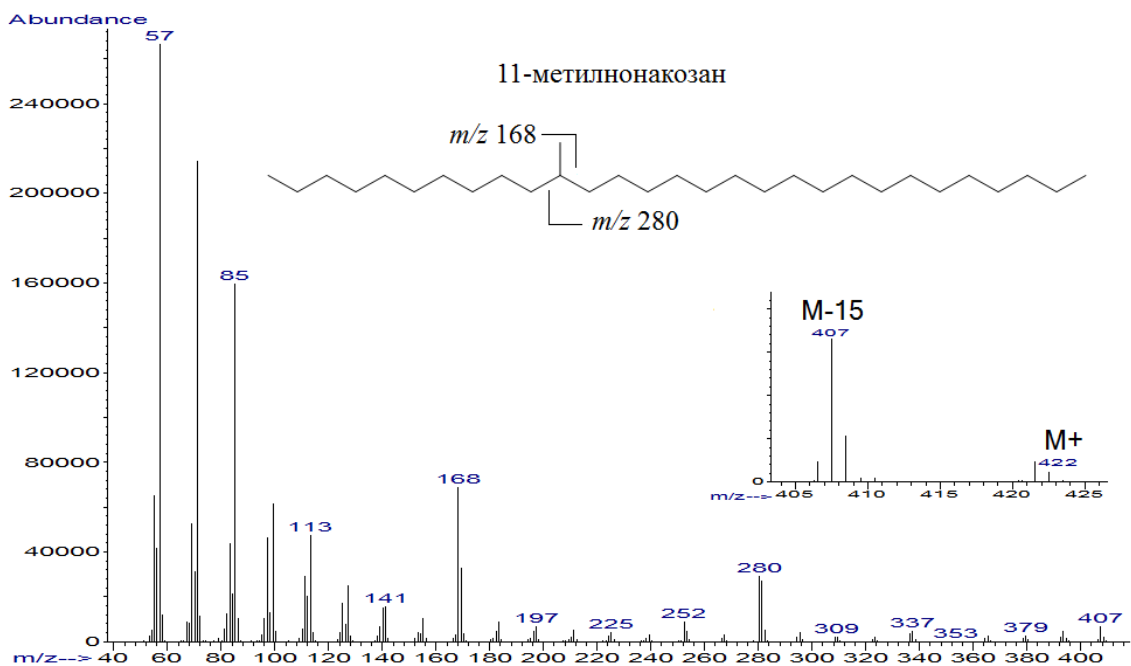


Рисунок 1. Хроматограмма углеводородов экстракта эпикутикулярного слоя личинок колорадского жука

Для случая плохо разделяемых соединений была использована методика «ионной экстракции», и был разработан количественный критерий выявления характеристичных ионов метилразветвленных алканов. Были оценены метрологические характеристики методики количественного определения углеводородов.

В качестве примера приведен алгоритм идентификации для пика №8. Рассчитанный линейный индекс удерживания для данного соединения 2938. В масс-спектре наблюдается молекулярный ион  $M^+$  с  $m/z$  422, следовательно, молекулярная формула данного компонента  $C_{30}H_{62}$ . Также в масс-спектре наблюдаются характеристичные ионы с  $m/z$  168 и с  $m/z$  280 (Рисунок 2); ион с  $m/z$  168 соответствует отрыву фрагмента  $C_{12}$ , ион с  $m/z$  280 – отрыву фрагмента  $C_{20}$ . Согласно литературным данным похожий индекс удерживания имеет 11-метилнонакозан – 2932 [2], 2934 [3,4]; при распаде данного соединения образуются наблюдаемые характеристичные ионы. Остальные соединения идентифицировались по аналогичной схеме.

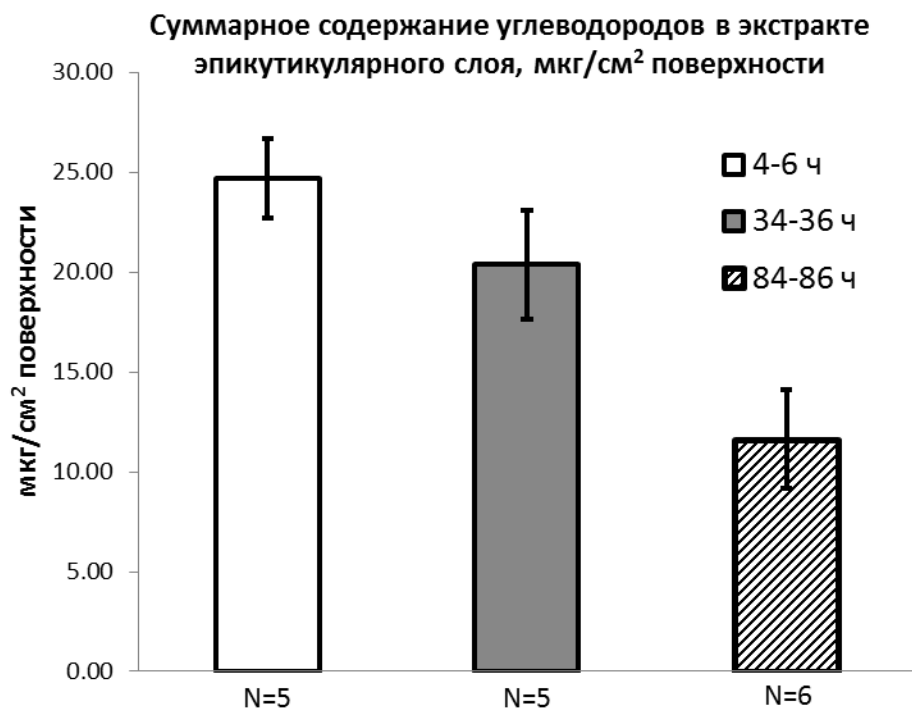


Рисунок 2. Масс-спектр пика №8 и схема распада идентифицированного соединения

Для всех возрастных групп основными компонентами являлись углеводороды состава C<sub>30</sub> – диметилоктакозаны и метилнонакозан. Показано, что суммарное содержание углеводов для групп свежеперелинявших, промежуточного возраста и заканчивающих питание личинок составило 24.7±2.0, 20.4±2.7 и 11.6±2.4 мкг на см<sup>2</sup> площади поверхности личинки (Рисунок 3).

Уменьшение общего количества углеводов в пределах IV возраста развития личинок коррелирует с уменьшением степени адгезии конидий патогенных грибов и смертности личинок. Таким образом, уменьшение содержания углеводов является адаптивным механизмом защиты личинок от заражения грибами при переходе личинок в почву. Полученные данные открывают возможности для разработок биологических методов регуляции насекомых-вредителей, основанных на обработке личинок грибными препаратами на ранних стадиях развития.



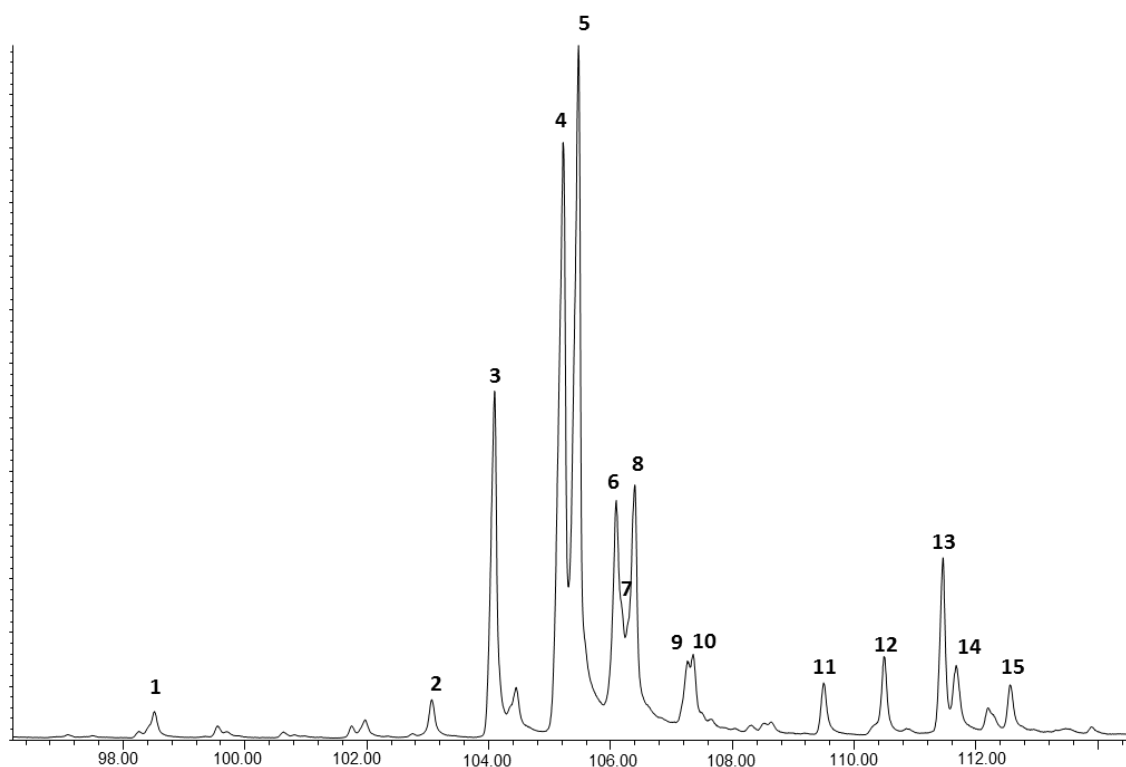


Рисунок 3. Суммарное содержание углеводов в трех онтогенетических группах

Научный руководитель – к.х.н. Морозов Сергей Владимирович. Работа поддержана грантом РФФ 18-74-00085.

#### Список литературы

1. Kryukov, V., Yaroslavtseva, O., Tyurin, M., Tokarev, Y., Glupov V. // Journal of Invertebrate Pathology. 2017. N 149. С. 1–7.
2. Nelson D.R., Adams T.S., Fatland C.L. // Comparative Biochemistry and Physiology Part B. 2003. №134. С. 447–466.
3. Maliński E., Kusmierz J., Szafranek J., Dubis E., Poplawski J., Wróbel J.T., König W.A. // Z. Naturforsch. 1986. №41b. С. 567—574.
4. Szafranek J., Maliński E., Dubis E., Hebanowska E., Nawrot J., Oksman P., Pihlaja K. // Journal of Chemical Ecology. 1994. №20. С. 2197-2212.

### Перспективы получения газового топлива из отходов сельскохозяйственного производства в Пензенской области

В.Я. Горячев, С.В. Голобоков, А.А. Дивненко, И.А. Лесин

*Пензенский государственный университет*

*e-mail: Golobokov\_sv@mail.ru*

Развитие биотехнологий в энергетической сфере в России радикально отстает от уровня развития в таких странах как США, Китай, Индия, Бразилия и в содружестве ЕС [1]. Изменить ситуацию в лучшую сторону можно за счет успешной реализации государственной программы «Био-2020». Переход на биотопливо позволит снизить зависимость экономики от колебаний цен на нефтяной бирже. Одной из основных задач программы «Био-2020» является развитие биоэнергетической отрасли, в рамках которой значительное место уделяется производству биогаза и биоэтанола [1].

Пензенская область располагает обширными площадями пахотных земель, пастбищ и имеет значительный объем производства продуктов [2]. Регион располагается в зоне умеренного климата, лесостепная зона, почвы с преобладанием чернозема, равнинный рельеф местности, достаточное количество влаги. Это характеризует Пензенскую область как сельскохозяйственный регион.

Сырьем для производства биотоплива являются:

1. Отходы растениеводческого комплекса
2. Отходы животноводческого комплекса
3. Отходы птицеводческих хозяйств
4. Отходы предприятий пищевой промышленности.

Отходы разных отраслей сельского хозяйства представляют собой углеводородные соединения различного состава и структуры. К ним относятся – стебли, листья, корнеплоды, шелуха, лузга, навоз, помет, масложировые отходы, бракованная и просроченная продукция. В процессе уборки урожая и первичной переработки отходы получают в сухом виде или в виде влажной массы. Навоз животных чаще всего в жидком виде – пульпы. Помет птиц – в сухом виде. Иногда в смеси с опилками, соломой, подстилочным материал.

В настоящее время в мировой практике разработаны и широко применяются два направления переработки отходов сельско-хозяйственного производства в газовое топливо – биотехнологии и термические технологии. Биотехнологии основаны на выращивании нескольких поколений бактерий для переработки органических веществ [4]. Они являются более эффективными, но требуют дорогостоящего оборудования и строгого соблюдения техпроцессов.

Биогаз это продукт переработки биомассы различного происхождения, который существенно дешевле обычного топлива. Его производство является экологически более безопасным и чистым. Биогаз производится в биореакторах, в которых без доступа воздуха идет разложение биологических отходов при помощи бактерий [1].

В таблице 1 представлены объемы производства сельско-хозяйственной продукции в Пензенской области на примере 2015 года и возможные объемы выработки газового топлива [2].

Объем получаемого газа составит 1,76 млрд куб м., эквивалент 2,2 млн тонн условного топлива. Наибольший вклад дает подсолнечник и кукуруза. Часть зеленой массы кукурузы идет на силос и корм животным [3]. Оставшаяся масса кукурузы в настоящее время утилизируется. При использовании в качестве сырья в биореакторах эти культуры позволят вырабатывать третью часть объема газа.

Таблица 1. Энергопотенциал растениеводства в 2015 г.

Культура	V год	V отх	Выход из 1 т	V нетто биогаз	Вых	V брутто биогаз	Q вых
	тыс. т	тыс. т	м <sup>3</sup>	тыс. м <sup>3</sup>	%	тыс. м <sup>3</sup>	тыс. т.у.т.
Пшеница	956,8	239,2	598	143 041	80	114 433	144
Ячмень	277	69,25	579	40 095	80	32 076	40
Кукуруза	207	1035	594	614 790	80	491 832	621
Подсолн.	262	2096	590	1 236 640	70	865 648	1093
Сахарная свекла	1500	750	569	426 750	60	256 050	323
Итого						1 760 040	2223

Термический процесс переработки отходов в газовое или жидкое топливо заключается в разрыве высокомолекулярных соединений на простейшие соединения и насыщении водородом. Выход газового топлива зависит от метода переработки, исходного сырья и технологических схем. С этой целью применяют методы газификации, паровой конверсии и пиролиза.

На рис 1 представлен сравнительный анализ различных технологий термической переработки сельхозотходов. Анализ графиков показывает, что самым эффективным является процесс газификации, который проводится при низкой температуре и малом расходе тепла, сопровождается выделением незначительного числа летучих компонентов – до 40 %. При температуре 400–600 °С наклон кривых примерно одинаков, увеличение затрат тепла дает заметный прирост выхода газа. При более высоких температурах кривая затрат тепла резко идет вверх, а выход газа приближается к пределу. Следовательно, работа в зоне высоких температур не дает существенного прироста эффективности процессов.

В таблице 2 представлены показатели выработки газового топлива из растительного сырья низкотемпературными технологиями.

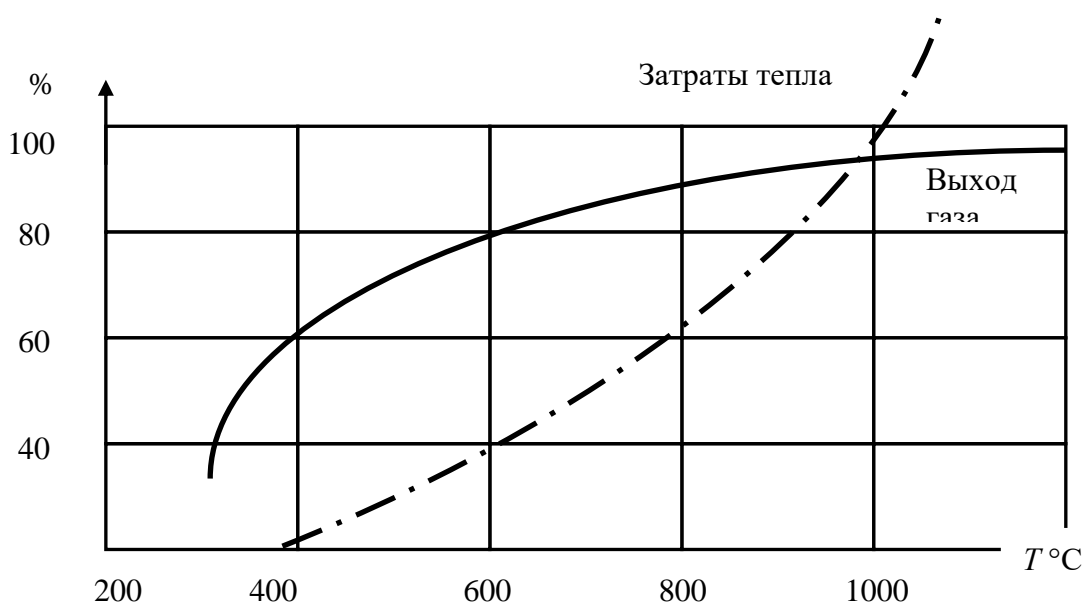


Рисунок 1. Зависимость производительности и энергозатрат от температуры

Таблица 2. Переработка отходов в газогенераторных установках

Культура	V год	V отх	вых	V нетто синтгаз	плотн	V брутто синтгаз	Q вых
	тыс. т	тыс. т	%	тыс. т	Кг/м <sup>3</sup>	тыс. м <sup>3</sup>	тыс. т.у.т.
Пшеница	956,8	239,2	50	119,6	0,7	51 257	64
Ячмень	277	69,25	50	34,625	0,7	14 839	18
Кукуруза	207	1035	53	548,55	0,7	235 092	296
Подсолн.	262	2096	52	1089,92	0,7	467 108	589
Сахарная свекла	1500	750	48	360	0,7	154 285	194
Итого						922 583	1165

Газификация отходов по выходу газа уступает биотехнологиям. Но техпроцессы существенно проще, экономически эффективнее и могут быть реализованы в условиях малых хозяйств, с минимальными финансовыми затратами и подготовкой персонала.

Для малых и средних предприятий, крестьянско-фермерских хозяйств можно рекомендовать комплекты оборудования компании «Экомаш». Технологии термохимической переработки биоресурсов позволяют экологически безопасно перерабатывать широкий спектр отходов, вырабатывать газовое топливо и наладить на местах генерацию электрической энергии по цене 2 рубля за 1 кВт-ч и тепловой энергии с себестоимостью порядка 800 руб. за Гкал [3].

Приведенный анализ показывает, что в структуре сельскохозяйственного производства заложен огромный энергетический потенциал. Применение биотехнологии для переработки отходов самых массовых культур, выращиваемых на территории Пензенской области позволит получить 1,7 млрд. куб м горючего газа, которым можно заменить более половины природного газа, поставляемого с месторождений. По данным «Межрегионгаз-Пенза» поставки природного газа в среднем составляют 2,5 млрд куб м. в год.

Переработка отходов животноводства, пищевой промышленности и деревообработки требует применения установок высоко-температурного пиролиза. Но при этом существенно возрастает выход газового топлива и область закроет потребности в природном газе. Попутно будет решаться комплекс экологических и противопожарных задач, связанных с накоплением и утилизацией горючих отходов.

### **Список литературы**

1. «Государственная координационная программа развития биотехнологии в Российской Федерации до 2020 года “БИО-2020”» [Электронный ресурс]. URL: <http://biotech2030.ru/gosudarstvennaya-koordinatsionnaya-programma> (дата обращения: 13.05.2019).

2. Официальный сайт «Министерство сельского хозяйства Пензенской области» [Электронный ресурс]. URL: <http://pnzreg.ru/branches/agriculture/> (дата обращения: 13.05.2019).

3. Официальный сайт «ЭкоМаш» – Оборудование [Электронный ресурс]. URL: <http://ecomash.ru/oborudovanie> (дата обращения: 13.05.2019).

4. Складенко С.А. и др. Вопросы эффективности экономики сахарной промышленности в период построения биоэкономики // Биоэкономика и экобиополитика. 2016. № 1. С. 72–80.

### **Концепция устойчивого развития цивилизации - состояние проблемы и задачи исследования**

М.А. Дегтярева, А.В. Поздняков, Ю.С. Пупышев

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

*e-mail: 455207@mail.ru*

Начало осмысления глобальных угроз для человечества положено еще в 70-х годах XX века с исследований Римского клуба «Пределы роста» (1972) [1] под руководством Д. Медоуза. Обсуждение проблем на высшем уровне началось в 1972 году на Конференции ООН в Стокгольме. В 1983 году учреждена Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию, которую возглавила Гру Харлем Брундтланд. В 1987 году комиссия опубликовала доклад «Наше общее будущее», посвященный проблемам окружающей среды и поиску путей их решения. В этом

докладе впервые сформулирована концепция устойчивого развития, согласно которой *«человечество способно придать развитию устойчивый и долговременный характер, с тем, чтобы оно отвечало потребностям нынешнего поколения, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности»* [2].

Идея устойчивого развития легла в основу «Повестки дня на XXI век», принятом на Конференции в Рио-де-Жанейро (1992). Начиная с 2000 года и по настоящее время, проводился ряд международных встреч по вопросам устойчивого развития: *Саммит тысячелетия* (2000); *Всемирный саммит в Йоханнесбурге* (2002); *Саммит по устойчивому развитию* (2015, Нью-Йорк), на котором была одобрена Повестка дня до 2030 года [3]; *Петербургский международный экономический форум* (2019, Санкт-Петербург) и др. [4].

В процессе обсуждения ряда проблем на встречах мировых лидеров, сформировался взгляд на устойчивое развитие, как на концепцию, говорящую о необходимости разрешения противоречий внутри человеческого сообщества, и между человечеством и окружающей природной средой для сохранения и выживания цивилизации. При этом предполагается устойчивый тренд роста благосостояния населения и экспоненциального роста численности населения Земли в долговременной перспективе. В реальности же человечество не только не достигает устойчивого состояния развития, но и отдаляется от него.

Надежды на решение проблемы устойчивого развития цивилизации часто возлагают на завершение процесса глобализации и экономического роста в развивающихся странах с переходом на индустриальный путь развития. Предполагается, что как только все страны мира достигнут высокого уровня экономического развития, сравнимого со странами Европы и Северной Америки, то тогда и решатся многие проблемы глобального характера – проблемы голода и нищеты, нерационального использования природных ресурсов и т.д.

Однако предложенные программы перехода на устойчивое развитие игнорируют наличие объективно существующих пределов развития цивилизации. Невозможно при постоянно растущей численности населения (с 3,7 млрд. чел. в 1970 г. до 7,55 млрд. чел. в 2017 г. [5]), экономическом росте, направленном на удовлетворение бесконечных потребностей, и индустриальных способах производства, сохранять экосистемы нашей планеты. Индустриальное производство основано на использовании невозобновляемых ископаемых источников энергии и сырья (уголь, нефть, природный газ, уран). Экономический рост усиливает добычу и эксплуатацию этих ресурсов, что априори негативно сказывается на состоянии экосистем. По данным статистического ежегодника ВР [6] добыча нефти в мире всего за 10 лет возросла с 3954,2 млн.тонн (2007 г.) до 4387,1 млн.тонн (2017 г.), а мировая эмиссия CO<sub>2</sub> в 2017 г. достигла 33 гигатонн.

В работах Д. Медоуза и др. «Пределы роста» [1] предлагается установить пределы для экономического роста человечества и численности населения, при которых биосфера планеты сможет поддерживать функции жизнеобеспечения и справляться с загрязнениями. Современного уровня развития человечество достигло исключительно благодаря использованию запасов концентрированной солнечной энергии в виде нефти, газа и угля, накопленных в течение геологической истории Земли. Даже остановившись на современном уровне экономического развития, для его поддержания постоянно требуется значительное количество ресурсов – построены города, предприятия и машины, требующие невозобновляемые энергоресурсы при эксплуатации, которые рано или поздно закончатся. Уже сейчас для поддержания современного уровня экономического развития цивилизации требуется затрачивать порядка 4387,1 млн.тонн (2017 г.) [6] нефти ежегодно. Добывая такое количество

нефти, без наращивания объемов добычи, нефть закончится уже через 54,5 лет (при общем объеме доказанных запасов в 239,3 млрд. тонн) [6]. В конкуренции за истощающиеся природные ресурсы противоречия между людьми только нарастают. Поэтому достижение устойчивого развития при современной направленности развития цивилизации невозможно. Ни одна из существовавших и действующих сейчас моделей социально-экономического развития не могла избежать, характеризующего хрестоматику, трендов. В статье «Добрými намерениями мостится дорога в ад» [7] говорилось «О фатальной предопределенности наблюдаемой динамики социально-экономического развития цивилизации и ее пагубном влиянии на ЭКОС». Цивилизация развивается по закону обратной положительной связи, согласно которому, затраты энергии  $E(t)$  на обслуживание капитала - ремонт оборудования, содержание инфраструктуры и в целом средств производства, с течением времени растут, стремясь к некоторому максимуму:  $E(t) \rightarrow \max$ , а прирост прибыли  $q(t) \rightarrow 0$ . С приближением к балансу  $E(t)=q(t)$ , дальнейшая эксплуатация средств производства становится нерентабельной. Таким образом, за один период необходимо производить полную замену физически и морально стареющего оборудования, в силу чего достигается новое, еще большее удаление от равновесия, и суммарная диссипация энергии возрастает.

Из указанной закономерности следует важное и симптоматичное обстоятельство [7]: ни одно государство из вступивших на путь индустриального развития не может остановиться на достигнутом уровне. Более того, даже поддержание режима экономической стагнации объективно предполагает возрастание затрат энергии, связанных с той же необходимостью замены средств производства и оборудования, а также неминуемо растущих затрат энергии на ее добычу, транспортировку и переработку и, таким образом, данное обстоятельство диктует необходимость эксплуатации ресурсов в экстенсивном и интенсивном плане. В принципе именно в этом состоит несостоятельность идеи пределов роста. Удел государства достигшего высокого уровня индустриального развития, использовав свои ресурсы, искать их на стороне. Видимо, можно согласиться с известными положениями [7, 8, 9], согласно которым направленность развития индустриальной цивилизации к экономическому коллапсу и апокалипсису, фатально предопределена. Преодолеть эту тенденцию можно было бы, перейдя на новую парадигму и модель социально-экономических отношений в развитии цивилизации. Поскольку человечество в глобальном плане не способно управлять природной средой, а может только оказывать локальное воздействие с целью получения большего количества ресурсов, то техногенная деятельность по изменению окружающей среды должна сводиться к *конструктивному перфекционизму*, направленному на улучшение структуры ландшафтов в региональных масштабах, согласованно с целесообразностью развития природной среды, основанный на научно обоснованных решениях.

### Список литературы

1. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста [Текст]/Д. Медоуз, Й. Рандерс, Д. Медоуз//Издательство: ИКЦ "Академкнига", 2008 г., - 344 стр.
2. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития «Наше общее будущее» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf> (дата обращения: 27.05.2019).
3. Повестка дня в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения: 27.06.2019).

4. Петербургский международный экономический форум [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.forumspb.com/en/> (дата обращения: 27.06.2019).
5. Демографический ежегодник ООН – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: [https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/dyb\\_2017/](https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/dyb_2017/) (дата обращения: 27.05.2019).
6. BP Statistical Review of World Energy 2018 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf> (дата обращения: 27.05.2019).
7. Поздняков А.В. Добрыми намерениями мостится дорога в ад // Проблема устойчивого развития: иллюзии, реальность, прогноз. Мат. шестого постоянно действующего семинара «Самоорганизация устойчивых целостностей в природе и обществе». Томск: Томский госуниверситет. 2002. С. 3–17.
8. Поздняков А.В. Процессы глобализации и устойчивое развитие // Проблема устойчивого развития: иллюзии, реальность, прогноз. Мат. шестого постоянно действующего семинара «Самоорганизация устойчивых целостностей в природе и обществе». Томск: Томский госуниверситет. 2002. С. 229–235.
9. Pozdnyakov Alexander. Self-organisation of Holistic Monopolar World. Noocracy and the World Parliament // Studying, Modeling and Sense Making of Planet Earth: International Conference. 1 – 6 June, 2008. University of the Aegean. Mytilene, Greece. 2008. P. 99.

### **Study on Reasonable malposition of the extremely-near coal seams when combined mining of shaft 10 slots in Daanshan coal mine**

W. Junguang, Y. Pengjin, L. Bing, L. Cunzhou, A. Okhotin  
*Irkutsk National Research Technical University*  
*e-mail: ohotin@istu.edu*

Aiming at the reasonable malposition of extreme close coal seam when combined mining under the condition of the composite roof of the Daanshan coal mine, the upper and lower coal seam of shaft 10 slots located in the +400 m level of Daanshan Coal Mine was selected to study the malposition of extreme close coal seam when combined mining under the condition of the composite roof. The results show: under the condition of stratified mining, when the upper layer is mined, after undergoing the process of "extrusion-unloading-support support extrusion and moving frame two times unloading". A large number of cracks will be generated in the gangue, and the degree of fragmentation will increase. Moreover, the smaller the malposition between the upper and lower working faces is, the more serious the damage is. The reasonable malposition of the upper and the lower seam of the shaft 10 in the +400 m level is 20m. Selecting the DW14-300 / 100X type single prop to support the composite roof will make the support effect good. Which can ensure the safety production of the working face. The research results provide experimental and theoretical basis for the stability of the working faces when combined mining in the extremely close distance coal seam.

### **Complex processing of sea brines of desalination plants**

B. Duisebayev, K. Baytasov  
*LLP Universal Design Technological Bureau*

Water are the most important resource for sustainable human development. Many countries today do not have sufficient fresh water resources and are forced to use desalination technology of sea water. Despite many years of accumulated experience of these technologies remain unresolved, such technological and ecological problems like high energy consumption, low degree of use of abstracted water, the accumulation of salt brines. The article discusses integrated approaches to solving these problems.

First, it is advisable the development of innovative technologies for seawater desalination based on nanotechnology, which will reduce energy consumption and improve the efficiency of desalination.

Secondly, highly concentrated brines can become a new resource base for the development of some chemical productions. Complex processing of such brines will create a diversified chemical clusters and thus reduce the cost of production of fresh water.

Kazakhstan has the technological potential in this field and is willing to share it with other countries.

## **Исследование гидрометаллургического метода извлечения меди из труднообогатимых медных руд**

М.С. Еркешева, Н.А. Куленова

*Восточно-Казахстанский государственный технический университет  
им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан*

*meruert\_erkeshhev@mail.ru*

### **Аннотация**

В работе представлены результаты исследований сернокислотного вскрытия труднообогатимых медных руд. Изучено влияние концентрации серной кислоты, температуры и продолжительности процесса на извлечение меди в раствор. Результаты экспериментов показали, что промышленно приемлемое извлечение меди составляет 84,0-84,5%.

### **Введение**

Сокращение мировых запасов кондиционных медных руд приводит к вовлечению в сферу производства смешанного труднообогатимого сырья, что требует изыскания альтернативных технологических решений. В полной мере эта тенденция распространяется и на месторождения труднообогатимых медных руд Казахстана.

Основными проблемами, с которыми столкнулись при переработке труднообогатимых медных руд является присутствие меди в оксидной и сульфидной формах, что приводит к большим потерям меди с хвостами при использовании флотационных схем обогащения, а также трудность отделения медных минералов от остальных сульфидов в силу их тонкого прораствания [1].

Анализ способов переработки медных труднообогатимых руд с повышенным содержанием окисленных минералов указывает на возможность применения методов гидрометаллургии, дающих в большинстве случаев положительный результат по сравнению с флотационным обогащением.

### **Объект и методы исследований**

Объектом исследований являлась труднообогатимая медьсодержащая руда месторождения Таскора со средним содержанием меди 0,77%. Результаты изучения вещественного состава показали, что в руде месторождения Таскора содержание меди,



представленной малахитом, азуритом, хризоколлой и оксидами составляет 53% отн. и халькозином, ковеллином, борнитом (вторичными сульфидами) – 38% отн. Основными рудными минералами руды являются борнит, халькозин, ковеллин, хризоколла, малахит, халькопирит.

Определение химического и фазового состава исследуемого продукта проводилось с использованием масспектрометра ISP-MS Agilent, растрового электронного микроскопа с микроанализом JSM-6390 LV и рентгеновского дифрактометра X-PERT PRO.

### Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку фазовый состав труднообогатимой медьсодержащей руды месторождения Таскора показал, что в руде содержится 53% кислородсодержащих соединений и 38% первичных сульфидов были проведены лабораторные эксперименты по сернокислотному выщелачиванию меди непосредственно из руды месторождения Таскора.

Опыты по выщелачиванию проводились на пробах руды крупностью -0,074 мм и -2 мм в стеклянных стаканах при механическом перемешивании с исходной концентрацией серной кислоты в выщелачивающем растворе 30 г/дм<sup>3</sup> и 50 г/дм<sup>3</sup>, при температуре 20<sup>0</sup>С, отношении Ж:Т=5:1, продолжительности выщелачивания 6 часов. Результаты проведенных экспериментов по выщелачиванию руд представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сернокислотного выщелачивания медьсодержащей руды месторождения Таскора

Класс крупности, мм	Выход кека, %	Содержание Cu в кеке, %	Извлечение Cu в раствор, %	Расход H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , кг/т руды
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 30 г/дм <sup>3</sup>				
-2	94,8	0,30	63,1	142,7
-0,074	96,5	0,32	59,9	>147,3
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 50 г/дм <sup>3</sup>				
-2	94,6	0,32	60,7	152,4
-0,074	95,6	0,24	70,2	182,6

По результатам, представленным в таблице 1, видно, что при выщелачивании руды месторождения Таскора достигнута степень извлечения меди в раствор: более 63% при исходной концентрации серной кислоты 30 г/дм<sup>3</sup> и более 70% при исходной концентрации серной кислоты 50 г/дм<sup>3</sup>.

С целью определения максимально достижимой степени извлечения меди и расхода серной кислоты были проведены опыты по выщелачиванию хвостов флотации при различных условиях ведения процесса: различной исходной концентрации серной кислоты в выщелачивающем растворе, отношении Ж:Т, продолжительности выщелачивания, температуре.

Результаты проведенных экспериментов сернокислотного выщелачивания хвостов флотационного обогащения представлены в таблице 2 и на рисунках 1-2.

Таблица 2. Основные результаты выщелачивания хвостов флотационного обогащения руды месторождения Таскора

№ п/п	Ж:Т	Исходная концентрация H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , г/л	τ, час	t, °С	Выход кека, %	Содержание Cu в кеке, %	Извлечение Cu в раствор, %	Расход H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , кг/т руды
От различной исходной концентрации серной кислоты								
1	5:1	30	1	20	97,5	0,10	80,5	>148,0
2	5:1	40	1	20	97,3	0,07	86,4	178,0
3	5:1	50	1	20	97,5	0,07	86,4	179,4
4	5:1	60	1	20	95,0	0,07	86,7	168,1
5	5:1	80	1	20	96,4	0,07	86,5	200,1
От отношения Ж:Т								
6	2:1	100	1	20	99,5	0,07	86,1	175,8
7	3:1	70	1	20	99,2	0,07	86,1	178,6
8	4:1	55	1	20	99,3	0,07	86,1	202,4
От продолжительности выщелачивания								
9	5:1	60	6	20	95,7	0,06	88,5	288,8
От температуры								
10	5:1	60	1	60	93,3	0,05	90,7	254,7
11	5:1	60	1	80	93,5	0,03	94,4	290,6

При выщелачивании хвостов в оптимальных условиях степень извлечения меди в раствор составляет 84,0-84,5%. Расход кислоты при этом составляет 196-198 кг/т руды.

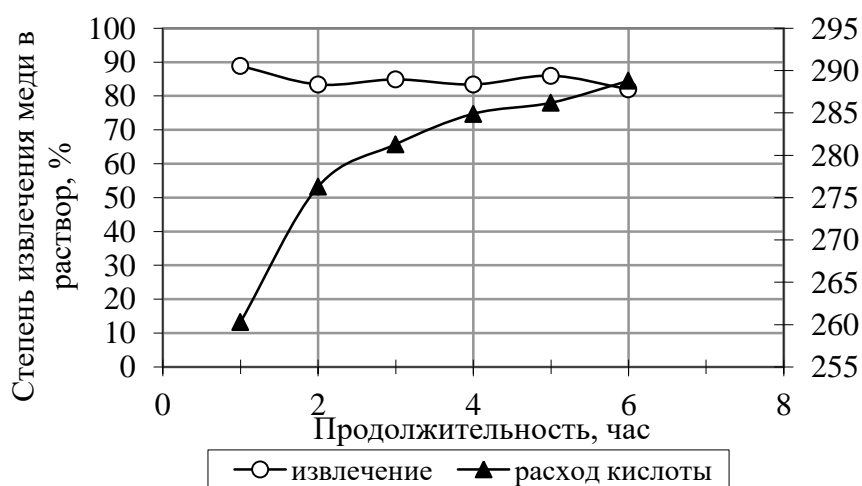


Рисунок 1. Зависимость извлечения меди и расхода серной кислоты от продолжительности выщелачивания

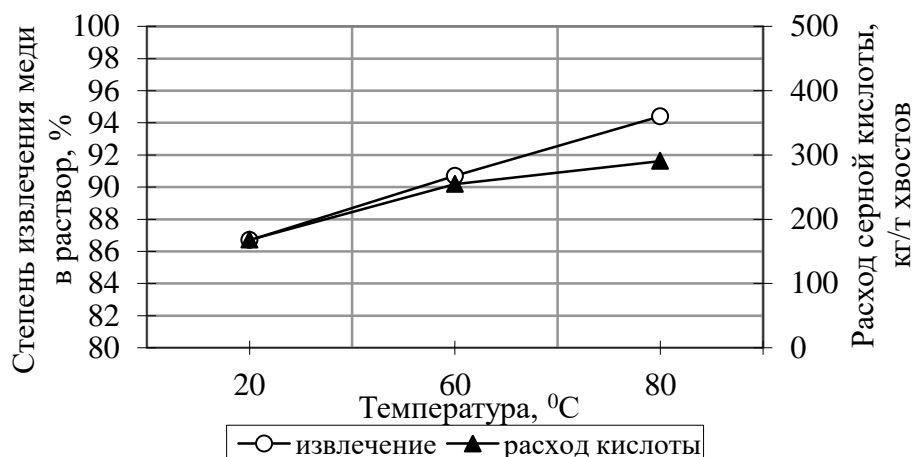


Рисунок 2. Зависимость извлечения меди и расхода серной кислоты от температуры выщелачивания

### Заключение

По результатам проведенных экспериментов при выщелачивании труднообогатимой медьсодержащей руды месторождения Таскора крупностью 2 мм степень извлечения меди в раствор составляет 60,7%, для руды крупностью 0,074 мм – 70,2% при расходе серной кислоты 152,4 и 182,6 кг/т руды соответственно; при выщелачивании хвостов флотационного обогащения степень извлечения меди в раствор составляет 84,0-84,5% при расходе кислоты 196-198 кг/т руды.

### Список литературы

1. Мамырбаева К.К. Дисс. ... доктор PhD. Алматы: КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 2012. 127 с.

## Material flow analysis for screening operation losses in non-ferrous metal processing

A. Ipmagambetov, M. Sadenova

*D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

*e-mail: ipmagambetov@gmail.com*

Pyro-metallurgical metals refining, starting from poly-metallic ores is an energy-intensive and slow process. Usually, the production in Kazakhstan results in lead as the main product, also extracting other valuable metals as side products – including gold, silver, zinc. Considering the large flow rates of the processed materials, and the high monetary values of the side products, it is important to develop a method for evaluating and then minimising the losses of the product materials, as well as to minimise the use of energy for running the process.

After analysing the article Inge Bellemans "Metal losses in pyrometallurgical operations" in the journal *Advances in Colloid and Interface Science*, as well as an article on the site *metal-archive.ru* "metal Loss due to evaporation during smelting", the loss of valuable metal in electrothermal melting is considered harmful to the economic and environmental performance. Which makes necessary further detailed analysis.

The aim of the work is to analyse the flowsheet of the pyro-metallurgical processing of lead-containing poly-metallic ores, in order to identify the main patterns and factors that can have a significant impact on the optimisation of the existing technology. This is expected to

allow increasing the resource efficiency by integrated use of the raw materials. The high environmental and financial value of the process outputs makes it necessary to analyse the potential measures for waste and energy demand reduction in a hierarchy, identifying the potential savings for each of the possible measures, and then ordering them by the value of the marginal benefit from applying the measures.

It is expected to identify the main sources of losses of valuable product materials and energy waste and the process operations, in which the potential for savings is of the order of 20 %.

## **Оптимизация использования стимуляторов для увеличения роста посадочного материала**

С. Кабанова, Ж. Зенкова, М. Данченко

*Казахский научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства и агролесомелиорации*

*e-mail: mtd2005@sibmail.com*

Тенденции современного использования лесных ресурсов в мире привели к катастрофическим последствиям, что проявляется в уменьшении площади естественных лесов, ухудшении состояния лесных ресурсов и снижении запасов древесины. Для создания новых лесных массивов, полезащитных лесных полос, облесения нелесных площадей, а также озеленения населенных пунктов требуется большое количество посадочного материала. В последнее время работы по выращиванию сеянцев и саженцев ведутся по усовершенствованной технологии с применением удобрений и стимуляторов роста растений. Целью исследований являлось определение оптимального способа интенсивного выращивания посадочного материала сосны обыкновенной. Объектами исследований являлись одно- и двухлетние сеянцы сосны обыкновенной в лесном питомнике Государственного лесного природного резервата «Ертіс орманы» Павлодарской области. Семена сосны обыкновенной замачивались в стимуляторах различное время, затем высевались в питомнике по принятой в питомнике агротехнике. На постоянных пробных площадях в течение двух лет за сеянцами проводились наблюдения с проведением замеров. Для определения качества семян в лабораторных условиях изучены энергия прорастания и лабораторная всхожесть по вариантам опыта. Наибольшей энергией прорастания (49 %) и лабораторной всхожестью (66 %) обладали семена сосны обыкновенной, обработанные Экстрасолом в течение 5 минут, также в опыте с применением стимулятора ГНБ семена показали достаточно высокую всхожесть (60 %). Контрольные образцы имели наименьшие показатели качества. Высота двухлетних сеянцев, выращенных из семян с предпосевной обработкой стимуляторами, колебалась от 19,8 до 24,5 см и все опытные варианты превышали рост контрольных сеянцев на 8,2–33,8 %. Наибольшей массой стволиков отличались варианты с замачиванием семян в Экстрасоле в течение 2 часов и 5 минут – соответственно 5,2 и 4,0 г. Определена тесная корреляционная взаимосвязь между высотой и длиной стволика (коэффициент корреляции 0,744), массой корней и массой стволика (коэффициент корреляции 0,723). Методом бутстреп-моделирования проведен сравнительный анализ влияния стимуляторов на высоту сеянцев в динамике. Выявлено, что наилучшим эффектом обладала предпосевная обработка семян в Экстрасоле в течение 5 минут, полив почвы Эригроу перед посевом семян и применение стимулятора ГНБ. Следовательно, для выращивания посадочного материала сосны обыкновенной рекомендуется применение указанных стимуляторов.

## **Мониторинг экологического состояния городской среды на примере г. Томска**

А. Каташова

*Томский политехнический университет*

*e-mail: any7978@yandex.ru*

Актуальность темы обусловлена исполнением Указа Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», реализацией национального проекта «Жилье и городская среда», а также резким ухудшением экологической обстановки на территории г. Томска.

Цель исследования – оценка экологического состояния городской среды муниципального образования «Город Томск».

Задачи:

1. Изучить основные факторы антропогенного воздействия на городскую среду.
2. Выделить методики комплексной оценки экологического состояния городской среды.
3. Оценить экологическое состояние городской среды муниципального образования «Город Томск».
4. Провести анализ полученных результатов.
5. Разработать рекомендации по снижению негативного воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду.

Основные объекты анализа: животноводческие предприятия, канализационно-насосные станции, пруды-накопители, объекты размещения твердых коммунальных отходов.

В работе определены основные факторы, загрязняющие городскую среду. На основе анализа литературы выбраны 3 метода оценки экологического состояния городской среды: интерполирование, экологическое картографирование, экспертная оценка. Проведена оценка экологического состояния городской среды муниципального образования «Город Томск» по показателям «загрязнение атмосферного воздуха» и «загрязнение земельных ресурсов» с использованием данных методов. В результате анализа выявлены хозяйствующие субъекты, оказывающие наибольшее влияние на состояние окружающей среды, а также степень их воздействия. Разработана информационная ГИС-система, отражающая источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и поля рассеивания данных веществ. Система находится в открытом доступе и функционирует при поддержке областной Администрации. Интерполирование значений площадей объектов накопления отходов позволило определить территории, не обеспеченные такими объектами, и площади загрязненных земель. Также даны рекомендации по снижению негативного воздействия на городскую среду при осуществлении хозяйственной деятельности в области животноводства и обращения с отходами производства и потребления. Данные рекомендации включены в комплексный план мероприятий области и адресованы напрямую коммерческим организациям, осуществляющим выброс и сброс отходов.

## **Overview and perspectives on water footprint (availability, scarcity, virtual and combined with energy and GHG)**

J.J. Klemeš<sup>1</sup>, X. Jia<sup>1</sup>, P.S. Varbanov<sup>1</sup>, S. R. W. Alwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Brno University of Technology, Brno, Czech Republic*

<sup>2</sup>*Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia*

*e-mail: klemes@fme.vutbr.cz*

Water scarcity issue has been a serious concern as a global issue in various regions around the world. To provide insightful information for understanding the water use of the country, and to identify the potential for optimal water management are essential to water footprints. This study investigated the internal water footprint in East Asia countries, and the virtual water footprint created by global trade. Based on the existing method, treated water, and water loss, as the water recharged to natural water supply, are considered as an offset of the water footprint. The virtual water footprint showed that fossil fuel, petrochemical industry expert (important role are playing fertilisers) and paper are the imported commodities contributing to virtual water import and export.

As water has been in many cases, namely in power generation, processing and manufacturing hot respectively chilled, it is appropriate to consider the combination with the energy and GHG footprints as well. Growing attention has to be paid to the development of water desalination.

The recent state of the art has been overviewed, some case studies demonstrated and an assessment of the future development attempted.

### **Acknowledgement**

EU project “Sustainable Process Integration Laboratory – SPIL”, EU project No. CZ.02.1.01/ 0.0/0.0/15\_003/0000456 funded by “Operational Programme Research, Development and Education”, Priority 1: Strengthening capacity for quality research and the collaboration with the UTM, Malaysia have been gratefully acknowledged.

## **Natural risks of vulnerability of the dark coniferous taiga of the southern Baikal region (Khamar-Daban range)**

A. Kovalev, T. Morozova, V. Oskolkov, A. Sofronov, V. Soukhovolsky, V. Voronin

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of the RAS*

*e-mail: bioin@sifibr.irk.ru*

The causes and extension of dark coniferous forests die-off registered on f the northern macroslope of the Khamar-Daban Ridge from 2006–2009 are comprehensively investigated. The “wetwood” disease caused by bacteria *Erwinia nimipressuralis* Carter was recognized as a reason of forests die-off. The disease outbreak was triggered by the period of water shortages in the region. The approach implying landscape analysis was applied to assess the extent of damage to dark-coniferous forests. As a result of studies, the medium-scale map of geosystems was created. The map shows geosystem diversity at the facies level throughout the region. The forest stands were stratified into three levels according to the damage intensity (low, medium, and strong damage), and the size of the areas of damaged forest stands was calculated. The main areas of forests affected by the “wetwood” are concentrated within the eastern and western parts of the Khamar-Daban Ridge, and tend to occupy middle and upper bands of the mountain taiga belt. The Siberian cedar (*Pinus sibirica*) stands were the most suffered from the “wetwood”. The Siberian fir (*Abies sibirica*) stands were of a low damage level, while the Siberian spruce (*Picea obovata*) was not affected by the disease. The dramatic

decreasing in the radial increment of the Siberian cedar stands during 2006–2009 years was discovered. Additionally, reduction of the spare nutrients amount in the Siberian cedar spore grains, as well as the decrease in the activity of germination was revealed. Besides, the negative signs of the Siberian cedar cones were observed, namely excessive resin amount combined with immaturity. These signs are typical when the “wetwood” is diagnosed. Abnormality in development of spores and cones is negatively influencing to the cedar seeds maturing, and finally impedes the forest regeneration.

### **Categorization and gradation of hazardous actions of industrial workers: methodological aspects**

D. Kostin, B. Sevastyanov, R. Shadrin  
*Kalashnikov Izhevsk State Technical University*  
*e-mail: sbv47@mail.ru, p\_h\_d@mail.ru*

The concepts of “hazardous working conditions” and “hazardous actions of an employee” are clarified. Regulatory and various doctrinal approaches to differentiating the actions of workers violating labor protection requirements are considered, their specific features, advantages and disadvantages for use in industrial enterprises are analyzed. The author proposes a method of categorizing and grading dangerous actions of workers of industrial enterprises, developed taking into account the specifics of the functioning of petroleum warehouses.

### **An innovative solution to the problem of reclamation of the dusting surface of the tailings of a closed mining enterprise in the Primorsky territory**

L.T. Krupskaya<sup>1,2</sup>, M.B. Bubnova<sup>3</sup>, D.A. Golubev<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>*Pacific National University, Russia*  
<sup>2</sup>*Far East Scientific-Research Institute of Forestry, Russia*  
<sup>3</sup>*Institute of Mining, the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia*  
*e-mail: konstantin2489@mail.ru*

The article discusses the innovative solution of the issues of reclamation of dusting surfaces of the tailing dump man-made surface formations (MSF) containing toxic waste from the processing of polymetallic ore raw materials of a closed mining enterprise in the Primorsky Territory of the Far Eastern Federal District (FEFD). It is shown that the large amounts of enrichment waste accumulated in the last century during the intensive development of tin mineral deposits led to the destruction and degradation of forest ecosystems, which create a real threat to the health of the population of the mining village. Dangerous disturbances of ecological equilibrium, pollution of the atmosphere, lithosphere, hydrosphere and biosphere by a wide range of compounds of toxic heavy metals and arsenic are revealed. The enrichment wastes stored in tailings, the conservation and reclamation of which were not carried out contrary to Russian legislation, contributed to the large-scale transformation of the basic component of ecosystems – soil, as well as vegetation. In the vicinity of a closed mining enterprise, the migration of pollutants and erosion processes (water and wind) led to a crisis ecological situation. A negative factor for the soil and vegetation cover is atmospheric precipitation, dissolving a large amount of toxic substances. The relevance of research of the above issue is related to the need to preserve and restore an

environmentally friendly environment within the influence of the man-made system. In this regard, the purpose of the study was to recreate the productivity of man-made surface formations (disturbed by the tailing of land) using bioremediation to ensure the environmental and social safety of toxic waste from the processing of polymetallic ores in the Primorye Territory. Based on experimental studies, an assessment was made of waste as a potential source of technogenic pollution of the ecosphere and an innovative technological solution was developed to rehabilitate the dusting surface of the tailings pond is developed. Experimentally proved the possibility of using to recreate the productivity of technologically polluted substrate tailings of the following composition: 1) biochar – 30 %; 2) zeolites – 5 %; 3) humic acids – 5 %; 4) waste of ore-enrichment of tin-containing raw materials – 60 %. The novelty of the proposed composition is confirmed by the Patent of the Russian Federation (2018).

Acknowledgements. The investigation is fulfilled at the expense of the grant of the Russian scientific fund (Project № 15-17-10016), Pacific National University and Russian Foundation for Basic Research (RFBR) according to the research project № 18-35-00260.

## **Рециклинг отходов – эффективный способ рационального использования древесного сырья**

И. Липунов, И. Первова

*Уральский государственный лесотехнический университет*

*e-mail: biosphera@usfeu.ru*

Среди многочисленных техногенных месторождений, появившихся на территории нашей страны в результате добычи и переработки природного минерального и органического сырья, существенное место занимают отходы лесной и деревоперерабатывающей промышленности. На долю кусковых и мягких древесных отходов, образующихся при лесозаготовительных работах, механической и химической переработки древесной массы, приходится от 30 до 70 % от объема перерабатываемого сырья в зависимости от сортамента изготавливаемой продукции. Степень использования древесных отходов в качестве техногенного сырья чрезвычайно низка, более 70 % данного вида отхода не вовлекается в дальнейший технологический передел. В связи с этим в России проблема утилизации древесных отходов относится к числу наиболее актуальных.

Одним из перспективных направлений рециклинга древесных отходов, которое развивается в Уральском государственном лесотехническом университете, является их использование в качестве техногенного сырья для получения древесных композитов. Разработаны технологические модули производственного рециклинга производства древесно-минеральных и древесно-полимерных композиционных материалов строительного и конструкционного назначения на основе промышленных отходов с использованием регенеративных и конверсионных технологий.

В таких композитах наполнителем являются измельченные древесные отходы, в качестве вяжущего использованы отходы металлургических и химических производств, а модификаторами, улучшающими физико-механические и эксплуатационные свойства композитов, служат отходы тепловых электростанций и производства/переработки слоистых пластиков.

Древесно-минеральные композиты строительного назначения предназначены для производства строительного материала с улучшенными теплофизическими свойствами, используемого для малоэтажного домостроения, а также тепло- и



звукоизолирующих материалов, магнизиальных полов различного назначения и профильных изделий для защиты подземных коммуникаций от коррозии.

Назначение древесно-полимерных термопластичных композитов конструкционного назначения – изготовление методом горячего прессования изделий и деталей, в том числе для машин и механизмов.

Физико-механические, эксплуатационные и токсикологические свойства композитов, а также материалов и изделий, изготовленных из них, не уступают, а по некоторым показателям превосходят аналоги, полученные из природного или технического сырья.

## **GIS-based Dynamic Monitoring and Evaluation of Land Use in Changchun**

X. Lu, Y. Zhang, Z. Chen

*Jilin University, Changchun, China*

*e-mail: luxc@jlu.edu.cn, zhangyanh@jlu.edu.cn*

Land is the most valuable resource in natural resources, the fundamental place of human production activities and life, and the basic means of production indispensable for agricultural production. Reasonable land development and utilization is the guarantee to realize sustainable development. It can provide scientific basis and technical support for macro decision-making of government departments at all levels to carry out dynamic monitoring and constructing land use dynamic monitoring information management system of land use by the feature of quickness, accuracy and timeless of Remote Sensing and GIS. Meanwhile, it is of great practical significance for the sustainable development of regional economy and society to carry out the evaluation research of regional land resources rational utilization. Taking the land use cover change in Changchun as an example, this paper discusses the design and development method of realizing land use dynamic monitoring information management system by embedding intelligent thought in GIS. On this basis, by constructing the index system of rational utilization of land resources at county scale, the evaluation research on the rational utilization of land resources in Changchun is also carried out.

### **References**

1. Chen X., Shao H., Li Y., et al. Evaluation model of urban land intensive use based on nighttime light remote sensing data // *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2018. 34(8). pp. 262–268.
2. Jia Kejing, Zhang Hui, Xu Xiaoli, et al. Evaluation techniques of land resources carrying capacity catering to land development and utilization // *Progress in geography*. 2017. 36(3). pp. 335–341.
3. Xia Tian, Wu Wenbin, Zhou Qingbo, et al. Study on Spatio-temporal Land Use Changes in Northeast China Based on CLUE-S Model // *Journal of Geographical Sciences*. 2016. (2). pp. 171–187.
4. Yang Q.K., Duan X.J., Ye L., et al. Efficiency evaluation of city land utilization in the Yangtze River delta using an SBM-Undesirable model // *Resources Science*. 2014. 36(4). pp. 712–721.
5. Zhang Jiquan, Zou Taohong, Lu Xingchang, et al. Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation to Health Assessment of Land Ecosystem // *Science & Technology Review*. 2011. 29(19). pp. 34–39.
6. Wang Zong-ming, Zhang Bai, Song Kai-shan, et al. Establishment and Its Application of Model for Evaluation of Agricultural Land Potential Productivity in Northeast China // *Ecological Science*. 2007. 26(4). pp. 351–360.

7. Lu Xing-chang, Bo Li-qun, Zhang Xue-xia. Realization of Management Information System of the Landuse Dynamic Monitoring Based on Knowledge. // Engineering Of Surveying And Mapping. 2002. 11(4). pp. 43–46.

## **The efficiency of bark and wood fuel utilization in the hot water boilers**

V. Lyubov, A. Popov, E. Popova

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov*

*e-mail: vk.lubov@mail.ru*

The commissioning of a hot water boiler house at ZAO “Sawmill 25” was another major step in increasing of efficiency of the integrated use of wood raw in the enterprise. It required efficiency assessment of burning bark and wood fuel in the combustion chambers of PR 8000 boilers.

For this purpose, the comprehensive energy audit of boiler house equipment was carried out, the biofuel mixture as fired and the residues of combustion were analyzed. The moisture content of bark and wood fuel was 50.83–54.82 %. The proportion of bark in the fuel varied in the range from 55 to 77 %. As a result of the energy audit, the components of boilers heat balance were calculated. In this case, combined relative and calorimetric method supplemented with thermal imaging was used to determine external heat loss. Gaseous and particulate emissions were determined with electrochemical and weight methods. Distribution of combustibles in fly ash fractions was analyzed. The overall separation efficiency of gas cleaning plants was determined. Gas-entrained soot particles were studied with an electronic scanning microscope. Based on the analysis, recommendations were elaborated to improve the energy-ecological performance of the tested boiler house and to reduce the emission of particulate matter. Measures for partial or complete removal of restrictions on the furnace draft when burning bark and wood fuel with a relative moisture content of more than 55 % were proposed. The energy audit showed that the design characteristics of the main and auxiliary equipment of PR-8000 boiler provide sufficiently high energy-ecological performance if the grates surfaces are used effectively and the vacuum in the combustion chambers is close to the optimum values.

## **The energy and ecological performance of the hot water boiler burning linden bark and wood briquettes**

V. Lyubov, A. Popov, E. Popova

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov*

*e-mail: vk.lubov@mail.ru*

The North-West of Russia possesses huge wood resources reserves, therefore the issues of the most efficient use of wood biomass are relevant for this region. The implication of wood biofuels into fuel and energy budget provides an opportunity to reduce the negative impact of power industry facilities on the environment and preserve the potential of non-renewable fuels for future generations. An effective way of the complex solution of energy and ecological problems, while providing heating loads for consumers, is the use of modern devices operating on solid biofuel. Technical analysis of foreign and domestic high-performance heating units has great importance. The aim of the research is an evaluation of energy and ecological performance of the Firematic 60 hot water boiler burning bark of linden, briquettes from wood sanding dust and sawdust of plywood processing, as well as briquettes obtained by pressing softwood sawdust and shavings. The paper presents thermotechnical characteristics of burning biofuels and the components of boiler heat balance

and gaseous emission from the burning linden bark and briquettes. Particulate matter emission and content of soot were studied. The shape and composition of soot particles were determined with a Zeiss SIGMA VP electronic scanning microscope. Presented data were obtained using equipment of the Research Center of Power Engineering Innovations. The results of the comprehensive energy audit have shown that the Firematic 60 boiler provides high technical and economic performance with minimum emission of harmful substances to the atmosphere. It can be used for low-rise buildings heat supply in weather conditions of the Arctic region especially.

### **Scientific and technological bases of resource efficient productions of low-emission construction materials of wide range from waste of various productions and anthropogenic CO<sub>2</sub>**

N. Lyubomirskiy, S. Fedorkin, A. Bakhtin, T. Bakhtina, E. Nikolaenko, V. Nikolaenko  
*Academy of Construction and Architecture V.I. Vernadsky Crimea Federal University*  
*e-mail: niklub.ua@gmail.com*

Global environmental problems of climate change as a result of anthropogenic impact on nature are firmly among the most debated issues at the international level. An increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere leading to negative consequences has led to the need to develop new products and production methods characterized by lower CO<sub>2</sub> emissions than traditional approaches.

One of the industries that emit significant amounts of technogenic CO<sub>2</sub> into the atmosphere is the building materials industry which ranks second after the energy sector in terms of global CO<sub>2</sub> emissions. The most energy-intensive process in this industry is the production of Portland cement and various lime binders which account for up to 10 % of technogenic CO<sub>2</sub> emissions worldwide. Accordingly, the search for ways to reduce and utilize these emissions without harming the economy is an important task.

At the same time, in other industries various waste is generated which today cannot be properly reused due to a number of reasons and dumped and accumulated causing damage to the environment. These are, for example, finely dispersed waste of dolomite raw materials, finely dispersed waste of lime production collected by filters, nepheline sludge – waste generated during the production of aluminum oxide from nepheline ores, slags and ash from coal combustion at thermal power plants.

During certain technological processing, these wastes can exhibit astringent properties and harden due to chemical interaction with carbon dioxide thus forming stone materials with high strength and deformative characteristics which in turn can be an effective matrix for obtaining various construction materials on its basis.

As a result of our experimental studies, as well as multiparameter optimization of the processes of structure formation and the formation of properties, the physicochemical regularities of forced carbonate hardening of binding systems obtained from the above-mentioned secondary raw materials, and technological parameters of production on their basis of forced carbonized building products of various functional purposes (structural, heat-insulating and structural heat-insulating) were established. As one of the main raw materials used in the production of these products anthropogenic carbon dioxide is used which is subject to sequestration. Basically, the created and proposed technologies of building materials and products are included in the natural carbon dioxide cycle and are aimed, therefore, at solving global environmental problems of reducing the greenhouse effect, and

using only secondary raw materials for the production transforms them into the category of resource-efficient ones.

## **Выявление проблемных территорий Прибайкалья по состоянию сосновых лесов и почвенного покрова**

Т. Михайлова, О. Калугина, О. Шергина

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН*

*e-mail: olignat32@inbox.ru*

За предыдущие два десятилетия в Предбайкалье произошли значительные изменения уровня и интенсивности техногенной нагрузки на леса, в большинстве случаев в сторону увеличения, что существенно отразилось на ослаблении жизненного состояния древостоев. Кроме того, в последние 10 лет особую остроту приобрела проблема усиления рекреационной нагрузки на побережье оз. Байкал, вследствие большого потока туристов и строительства баз отдыха. Нами обобщены и проанализированы результаты долговременного (10–30 лет) мониторинга состояния сосновых лесов на территориях Предбайкалья, подвергающихся влиянию техногенного загрязнения и высокой рекреационной нагрузки, выявлены наиболее проблемные территории, характеризующиеся выраженным трендом ослабления древостоев, составлена карта-схема их расположения. Обследовались территории, прилегающие к промышленным центрам (Саянско-Зиминскому, Черемховскому, Усольскому, Ангарскому, Иркутскому, Шелеховскому), и рекреационные зоны Прибайкальского национального парка, включая окрестности пос. Хужир, пос. Листвянка, территорию Кругобайкальской железной дороги (КБЖД). На разработанной карте-схеме показаны участки, где выявляется выраженный тренд к ухудшению жизненного состояния древостоев и деградации почвенного покрова. Состояние древостоев сосны оценивалось по комплексу визуальных, морфометрических и физиолого-биохимических параметров, всего определялось 30 показателей, в том числе уровень дефолиации крон деревьев; длина и масса хвои и побегов; содержание в хвое фотосинтетических пигментов, элементов-биогенов, белкового азота и ряда других компонентов. Уровень техногенного загрязнения лесов определялся по накоплению в хвое элементов-поллютантов (серы, фтора, тяжелых металлов, органических ксенобиотиков). Состояние почвенного покрова оценивалось по физико-химическим и токсикологическим показателям (буферности почв, плотности, влажности, аэрации верхних горизонтов, составу ППК, накоплению элементов-загрязнителей и другим параметрам), на основании которых вычислялся потенциал устойчивости почв. Показано, что наиболее проблемными по высокому уровню загрязнения являются территории, прилегающие к Шелеховскому, Иркутскому, Усольскому, Ангарскому промцентрам, по недопустимо высокой рекреационной нагрузке выделяются окрестности Хужира, Листвянки, многие участки КБЖД. На этих территориях выявлены самые низкие индексы жизненного состояния (ИЖС) древостоев, составляющие 3,2–4,4 балла, и самый низкий потенциал устойчивости почв (4,7 балла вблизи Хужира, 4,8 – вблизи Усольского промцентра), в то время как на фоновых территориях ИЖС и потенциальная устойчивость почв приближаются к 10 баллам.

## **An energy efficiency forecast for the economy of Irkutsk region**

R. Muzychuk, S. Muzychuk

*Melentiev Energy Systems Institute SB RAS*

*e-mail: muz@isem.irk.ru*

The energy efficiency of the Russian economy lags far behind that in the developed countries of the world. The enhancement of the energy efficiency and, first of all, the energy saving, is the source that can provide an additional economic growth through organizational and technical measures. The object of research is the economy of the Irkutsk region, whose energy efficiency increase is of particular relevance due to the high energy intensity of the economy. The study aims to perform an energy-economic analysis of the Irkutsk region and to make a forecast of the increase in the energy efficiency of the economy. A methodological approach proposed for the research is based on balance and statistical methods. The research involves the development of retrospective energy balances of the Irkutsk region (for the period of 2005–2017) and the calculation of energy efficiency indicators on the basis of these balances. Moreover, based on the statistical methods, the equation of the energy-GRP ratio is devised. The forecast for the energy and economic development of the Irkutsk region is made, the forecast energy balances are developed (for the period up to 2050), based on them, the energy intensity of the regional GRP is calculated for the long term, and measures to increase the energy efficiency are proposed. The obtained results can be used to predict the dynamics of changes in the energy-GRP ratio, depending on the development of the economy and energy industries of the Irkutsk region. Based on the proposed model, the executive authorities of the region can receive information about the planned change in the main indicator of the energy efficiency, i.e. energy-GRP ratio in the Irkutsk region.

## **Possibilities of voltammetric determination of betulin in medicinal substances**

E. Nurpeiis, G. Slepchenko

*Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: enlik.nurpeiis.94@mail.ru*

Betulin 1, lup-20(29)-ene-3 $\beta$ ,28-diol, also known as betulinol, betuline and betulinic alcohol, is a pentacyclic triterpene alcohol with a lupane skeleton. Common structural features of the lupane skeleton are its five-membered ring E. To date, it has been reported that betulin, a pentacyclic triterpenoid present in the bark of white birch, has anti-cancer, antibacterial, antifungal, and antiviral activity. Betulin and birch bark extract are already used as food additives. Betulin has also been proposed for the treatment of viral hepatitis and HIV infections. In addition, inhibition of the herpes virus and Epstein-Barr virus with betulin and its derivatives has been reported.

As a result of its wide application in industry and medicine, an urgent problem is its quantitative determination. Along with instrumental methods such as spectrometric and chromatographic methods, the purpose of this study was to evaluate the possibility of voltammetric determination of betulin in substances.

As a result of research, the electrochemical activity of triterpene on carbon-containing electrodes was established, the main parameters of the voltammetric determination were developed, the possibility of quantitative determination of betulin in substances was shown, and the correctness of the results obtained was verified by the method of additives.

## **Effect of Heat Treatment on Microstructure of La<sub>1.7</sub>Fe<sub>11.6</sub>Si<sub>1.4</sub> Alloy**

A. Okhotin, K. Sun, J.-Y. Zhu

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: ohotin@istu.edu*

The non-stoichiometric ratio of La<sub>1.7</sub>Fe<sub>11.6</sub>Si<sub>1.4</sub> was prepared by the addition of La. The microstructure, phase formation and magnetocaloric property of La<sub>1.7</sub>Fe<sub>11.6</sub>Si<sub>1.4</sub> were studied under different heat treatment conditions. The experiments were carried out by vacuum levitation melting and quick quenching method with pulverized quick-setting method to obtain the quick-acting sheet of La<sub>1.7</sub>Fe<sub>11.6</sub>Si<sub>1.4</sub>, and the mother alloys were annealed at 850 °C, 950 °C, 1000 °C, 1050 °C and 1100 °C respectively sample. The mother alloys and samples were examined by scanning electron microscopy and X-ray diffraction. The experimental results show that there are many similar  $\alpha$ -Fe dendrites in the as-cast state at 950 °C and agglomerate into the granular  $\alpha$ -Fe at the proper temperature. There are many La(Fe,Si)<sub>13</sub> phases at 1050 °C,  $\alpha$ -Fe phase and LaFeSi phase decrease. It is verified that the La-Fe-Si based La-rich alloy can be annealed at a relatively low temperature for a short time and the La(Fe,Si)<sub>13</sub> phase is transformed from the  $\alpha$ -Fe phase and the LaFeSi phase. At 1100 °C there will be more  $\alpha$ -Fe agglomeration into large particles, while the 1:13 phase tends to be stable. Finally, the magnetic properties of the better samples were tested to determine the best annealing time and annealing temperature.

## **Study of geodynamic conditions the development of rock bursts in coal mines of Tszinsi deposit in China**

A. Okhotin, L. Tianwei, H. Zhang, L. Sheng, A. Batugin

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: ohotin@istu.edu*

The method of geodynamic zoning in China has undergone three periods of development – "the entry, development and innovation". With the help of this method, a model of the geological structure of the earth crust plate and coal mine is created. On the basis of geodynamic zoning the program of analytical system of rock stress is developed. On the basis of internal communication of the influence factors of hazards generated forecast model multivariate pattern recognition of the image. Geodynamic hazard in coal mines must have the appropriate geodynamic environments, and to provide indexes and methods of estimation of geodynamic conditions. The energies stored in the coals and rocks are dynamic sources and necessary conditions of dynamic phenomena for the study of the relationship between energy and the size of the array involved in this process. The model of dynamical systems is created, and conditions of destruction of systems are presented. The method of recognition of images of multi-factor forecasts revealed a dangerous region, threatening the region and a safe region for geodynamic hazards in the mine field, and presents preventive measures geodynamic hazards, increased the level of forecast region geodynamic hazards, which ensures safe operation in coal mines

## **Исследование влияния состава композиционного топлива на механизм и характеристики зажигания в рамках стратегии утилизации промышленных и бытовых отходов**

К. Паушкина, Д. Глушков

*Томский политехнический университет*

*e-mail: dmitriyog@tpu.ru*

В настоящее время одной из основных мировых экологических проблем является загрязнение окружающей среды промышленными и бытовыми отходами. Только в России на полигонах хранится более 94 млрд. тонн отходов. Их относительно высокий энергетический потенциал, а также необходимость снижения загрузки полигонов и улучшения экологической обстановки характеризуют перспективы утилизации отходов путем сжигания в составе композиционных жидких топлив (смесь мелкодисперсного угля, воды, отработанных индустриальных масел). В рамках выполненного исследования предложена стратегия совместной утилизации горючих промышленных и бытовых отходов (древесины, резины, пластика, картона), которая заключается в переводе типичных угольных ТЭС на композиционное топливо. Реализация на практике такой стратегии, с одной стороны, снизит негативное воздействие отходов на окружающую среду, с другой стороны, уменьшит потребление высококачественного угольного топлива для производства тепла и электричества. В течение 25 лет экономический эффект составит не менее 65 % относительно затрат на функционирование угольной ТЭС. Это объясняется определяющим значением (85–95 %) топливной составляющей (приобретение энергоресурсов) в типичной структуре эксплуатационных издержек и стоимостью энергоресурсов, которая отличается в 2,5–3,5 раза для угля и композиционного топлива из отходов (в пересчете на единицу энергии, выделяющейся при сжигании топлива). Для обоснования перспектив практического применения разработанной стратегии выполнены экспериментальные исследования процесса горения композиционного топлива. При варьировании компонентного состава топлива установлены условия (содержание отработанного масла не менее 20 %), при которых происходит диспергирование образца, что интенсифицирует процесс его выгорания. Добавление отработанных масел в состав композиционных топлив, с одной стороны, положительно влияет на снижение концентрации диоксинов и фуранов в дымовых газах при выгорании типичных твердых бытовых отходов в составе топлива из-за более высоких температур горения, с другой стороны, отрицательно влияет на увеличение концентрации основных антропогенных выбросов. Но это ухудшение экологических характеристик не ведет к превышению предельно допустимых нормативных выбросов загрязняющих веществ энергетических установок для сжигания твердого топлива.

Исследование выполнено за счет средств программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета (проект ВИУ-ИШФВП-74/2019).

## **Методы и результаты картографо-космического мониторинга Прибайкалья**

Л. Пластинин, Б. Олзоев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: irkplastinin@mail.ru*

Рассмотрены методы картографо-космического мониторинга, реализованные в Байкальском регионе. Представлены результаты геоинформационного картографирования по данным космических съемок. Предложены геоинформационные модели природных и техногенных процессов, составленных по разновременным космическим снимкам.

## **Asymptotically stable dynamics and constructive perfectionism in the development of civilization**

A. Pozdnyakov

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

*e-mail: synergeia.pol@gmail.com*

The concept of “asymptotic stability” implies the ability of geosystems to change the expediency of their development in accordance with the changing environmental conditions, being outside of human control. These objective conditions play a fundamental role for understanding the management principles connected with global geo-ecological processes. In era of powerful technogenic activity, it is practically impossible to establish any “growth limits”. In the best case, all attempts to determine the growth limits come down to “constructive perfectionism”, which basically means improving the landscape structure on a regional scale. The thing is that there are no limits to Man's creative activity, as evidenced by the entire history of the mankind. For this reason, in contrast with the ideas of the Club of Rome on the necessity to enforce the “limits of growth”, we propose a different paradigm and different objectives for socio-ecological systems development.

To the date, we can single out three dynamic types of geosystems (including socio-economic one), forming the global ecosystem:

– Asymptotically stable geosystems using renewable energy sources and performing self-regulation based on negative feedback principle. These include the absolute majority of the eco-bio-geocenoses and landscapes forming the biosphere in all geographical zones of the Earth;

– Ecosystems and their constituent elements (certain types of living organisms and animals, etc.), exponentially developing based on positive feedback principle, in conditions of an excess of renewable sources of nutrition, during short periods of time;

– Socio-economic systems and their constituent elements, exponentially developing based on positive feedback principle, due to the exploitation of long-term geological reserves of energy sources and the accumulated energy of ecosystems. To these system, the current type of human civilization is attained.

For all types of geo- and eco-systems, environmental conditions are the controlling factor. The slow changes in the environment evoke evolution and natural selection; while the rapid changes in the environment and energy sources lead to the fatal replacement of species and their diversity (global catastrophes).

Modern civilization can be considered as a global ecosystem which is objectively developing towards a monopolar world. We propose to conduct the study of the problem of sustainable development in two interrelated areas: the study of the laws of naturally emerging,



asymptotically stable dynamics of geosystems (where the role of human activity is minimized) and the study of new man-changed structural integrities, which are developing on the principles of constructive perfectionism.

A societal emergent system is a global attractor in the civilization development, the eve of the coming new era in the history of mankind, in which economic relations will be based on scientifically grounded predictions of events, with collective planning and management of socio-economic processes. The epoch of democracy is coming to its end, naturally transforming into its more perfect continuation – noocracy – the power of reason, thought and technogenic abstractions.

## **Подмененная собственность на природную ренту**

А. Поздняков, К. Семенова

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

*e-mail: synergeia.pol@gmail.com, ksenia\_ska@mail.ru*

В развитии цивилизации и всего живого *рента* является автомодельным источником энергии, вещества и информации (МЕИ). Рента - безвозмездный дар природы, ее нельзя создавать искусственно. Биосистемы формируются и развиваются за счет создаваемой ими ренты. Она содержится во всех без исключения невозобновляемых природных ресурсах. Энергетическим источником автономных биопроцессов служат Солнце и Земля, в совокупности с фундаментальными законами взаимодействия, создающими направленный процесс динамики систем. Этим обусловлен анархический принцип самоорганизации и сосуществования биосистем на Земле.

В глобальном масштабе экономически высокоразвитые страны к природной ренте, находящейся в собственности развивающихся богатых ресурсами стран, относятся как к своей. Рента невозобновляемых ресурсов земли по умолчанию и опосредованно ими переводится в категорию товара, используемого для решения собственных социально-экономических задач.

Повсеместно рента рассматривается в традициях классической политэкономии как ограниченный конкурентный природный ресурс, являющийся законным доходом собственника [1, 2, 3]. Но сейчас наблюдается подмена реальности: реальный собственник ресурсов переходит в категорию эксплуатируемого исполнителя, осуществляющего поиск ресурсов, разведку, определение запасов, создающего инфраструктуру и транспортную логистику для добычи и эксплуатации ресурсов, оставляя для решения этих задач часть рентных доходов. При таком подходе продажа природного продукта, например, сырой нефти, по рыночной цене косвенно или опосредованно ренту на этот продукт переводит в законный доход покупателя. С помощью рыночных механизмов доходы могут меняться в значительных пределах, доводя системы до состояния социально экономической стагнации и угрозы национальной безопасности государства. Например, рыночная стоимость нефти, главного энергетического ресурса, в середине 1997 г. упала ниже уровня в 10 \$, что стало одним из факторов объявления дефолта в России 17 августа 1998 г. [по данным агентства ТАСС, 4].

Таким образом, рыночные методы торговли невозобновляемыми ресурсами (возобновляемыми тоже, но в меньшей мере) играют роль основного управляющего фактора в глобальном масштабе, во главе с топ-менеджером (дирижёром). Продавец проигрывает значительную долю прибыли. Истинным собственником ренты является «глобальный топ-менеджер - дирижёр». Торгуя невозобновляемыми ресурсами по

законам рыночной экономики и при этом не запрещая или не ограничивая частным образом организующий экспорт продукции, истинный собственник ресурсов неотвратно, с одной стороны, теряет ренту, а с другой - способствует развитию компрадорского механизма государственной экономики.

В настоящее время в РФ добывающие компании получают лицензии на право пользования недрами и выступают в роли арендаторов месторождений полезных ископаемых. Арендатору, торгующему природными ресурсами, выгодно получить «навар» в кратчайшие сроки, что ведет к хищнической эксплуатации месторождения, ввиду недостаточной отработки, неполного использования добавленной стоимости ресурса и в целом всего участка с максимальной рентой. Разработка месторождений полезных ископаемых должна регулироваться специально введенными для эксплуатации месторождений нормами, так как каждое из них является единственным в своем роде по геологическому местоположению, генезису, качеству и в целом по рентабельности.

Все собственники нефтяных и газовых месторождений в мире действуют по законам, принятым в США, и, следовательно, в соответствии с национальными интересами США, которые маскируются под глобальные. И в РФ собственники природных ресурсов действуют сейчас с таких же позиций. Поэтому в настоящее время РФ продает нефть и газ по мировым рыночным ценам, отдавая большую часть ренты, принадлежащей государству, зарубежным покупателям.

В любом сырье, получаемом из природных ресурсов, как их имманентное свойство, содержится рента и, следовательно, потенциальная добавленная стоимость. Потенциальная добавленная стоимость – это заложенная энергия в продукте, использование которой предполагает добавленную стоимость и позволяет ее создавать.

Отличие природной ренты от рукотворной состоит в том, что первая является фундаментальным базисом для существования живого, в широком смысле. Только живое обладает способностью накапливать в себе энергию Солнца и Земли, заключенную в природной ренте. Следовательно, добавленная стоимость включает два ее аспекта:

1 – продукт, на основе которого создается новая добавленная стоимость, содержит в себе энергию, достаточную для производства нового продукта или дополнительного к существующему;

2 – объект (продукт) не содержит в себе энергии, однако его совершенствование (например, техническое) возможно за счет привлечения дополнительной энергии и материалов, что повышает при дальнейшем его использовании экономию энергии, вещества и информации и ведет к получению дополнительной прибыли.

Нами данный механизм рассматривается на примере Японии, у которой наблюдается острая нехватка собственных энергетических ресурсов. Япония импортирует до 99 % нефти, причем в энергобалансе государства она составляет почти 50%. В 2017 г. в Японию завезено более 400 млн тнэ на сумму 141 млрд долларов [5]. Средняя закупочная стоимость 1 тнэ составляет 348,5 \$. С одного доллара, потраченного на импорт топлива, Япония получает 36 \$ прибыли, а с каждого барреля н.э. - рентную прибыль ВВП 1750 \$; средний общемировой вклад в ВВП – 1034 \$/бар.н.э. (таб.).

Таблица. Сравнительные энергетические и валютные затраты на производство материальных ценностей и ВВП в 2017 г.

Страна и мир	Годовое производст во энергии в млн. т.н.э./год*	Годовые затраты энергии в млн. т н.э./год	Материаль ные ценности с 1 т.н.э, \$/год	<b>Материаль- ные ценности с 1 бар.н.э, \$/год</b>	Годовой ВВП, млн. \$ **
Япония	0,8	409,5	11897,44	<b>1750</b>	4872000
Россия	1307,2	610,3	2585,6	<b>380</b>	1578000
Мир, в целом	11320,3	11509,4	7032	<b>1034</b>	80935000

\*Statistical Review of World Energy (2017). British Petroleum [6]

\*\*The World Bank Group: Statistical Review (2017) [7]

В России рентный доход за счет энергоресурсов составляет лишь 380 \$. Япония, не имея собственных ресурсов и закупая их в других странах, приумножает потенциальную добавленную стоимость топливных ресурсов в 4,6 раза. Расчеты свидетельствуют, что, торгуя невозобновляемыми ресурсами по законам рыночной экономики, РФ неотвратно теряет ренту.

Россия, как государство, является подмененным собственником по праву принадлежащей ей природной ренты. Реальным собственником природной ренты в России являются экономически развитые страны. Согласно разработанным ими механизмам безраздельного действия в современной экономике закономерностей хрематистики, большая часть дохода от продаваемой по рыночной цене природной ренты невозобновляемых источников энергии (нефти, газа и пр.) переходит в доход покупателя. РФ, как продавец, теряет значительную долю прибыли и переводится, таким образом, в категорию арендатора – не реального, а подмененного собственника ресурсов.

Введение рентноориентированной системы налогообложения должно быть одной из приоритетных задач государственного управления. Налог на природные невозобновляемые ресурсы, должны платиться государству и тратиться на его нужды по принципу из объема добытой продукции, а не от суммы проданной. Успешность предприятия определяется количеством добытого вещества, а не проданного за рубеж (экспорт). Вся добываемая из недр продукция есть собственность государства, и оно является экспортером, но не добывающее предприятие. Важно, чтобы рента была сохранена как источник государственного дохода.

### Список литературы

1. Глазьев С.Ю. Рента – неиспользованный резерв роста. Режим доступа: <http://spkurdyumov.ru/economy/renta-neispolzovannyj-rezerv-rosta/> (дата обращения 14.08.2018).

2. Волконский В.А., Кузовкин А.И., Мудрецов А.Ф. Природная рента и методы ее оценки // Российский внешнеэкономический вестник. – 2006. - № 5. - С. 57-68.

3. Гурвич Е. Нефтегазовая рента в российской экономике // Вопросы экономики». – 2010. - №11. - С. 4-24.

4. Динамика цен на нефть с 1990 г. / Досье информационного агентства ТАСС. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/1572991> (дата обращения 14.02.2019).

5. Trade Map: UNCTAD/WTO (ИТС). Режим доступа: <https://www.trademap.org/> (дата обращения: 28.03.2019)

6. BP Statistical Review of World Energy. 2017. Режим доступа: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения: 31.01.19).

7. The World Bank Group: Statistical Review (2017) Режим доступа: <https://data.worldbank.org/> (дата обращения: 14.02.2019)

## **Интегральная оценка техногенного загрязнения почв и современных климатических изменений на состояние агроэкосистем Байкальского региона**

Л. Помазкина

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН*

*e-mail: lvp@sifibr.irk.ru*

Обсуждаются мониторинговые исследования агроэкосистем на загрязненных ТМ и фторидами алюминиевого производства почвах в условиях современных климатических изменений. Экспериментальные данные получены в 1992–2018 гг. в полевых опытах на стационарах СИФИБР в Байкальском регионе. Гидротермические изменения проведены относительно «климатической нормы» (WMO, 2008). Оценка воздействия среды на трансформацию углерода в агроэкосистемах основана на ежегодном за вегетацию изменении содержания С мик в почве и эмиссии CO<sub>2</sub>. Впервые показана зависимость температуры воздуха и эмиссии CO<sub>2</sub>, позволяющая повышение CO<sub>2</sub> в атмосферу на загрязненных почвах рассматривать как антропогенный фактор, влияющий на изменение климата. Оценка экофизиологических показателей (С мик / С орг, % и С-CO<sub>2</sub> /С мик, мг/г ч) выявила адаптивную устойчивость почвенных микробных сообществ, зависящую от доступности субстрата и содержания гумуса.

Впервые анализ трансформации углерода в агроэкосистемах основан на методологии системного анализа. Агроэкосистему исследовали как открытую систему компонентов (почва-микроорганизмы-растения-атмосфера), интегрированных потоками углерода. Минерализованный за вегетацию углерод почвы (М) оценивали как «вход» в систему, потоки нетто-минерализованного (Н-М) – «выход» и (ре)иммобилизованного (РИ) углерода – «возврат на выходе», обеспечивающий поддержание новообразованного углерода в почве. Величина Н-М (минерализация) и РИ (ресинтез) углерода рассчитана с учетом плотности сложения почвы. Подход интегрально оценивает режимы функционирования агроэкосистем и экологическую нагрузку, согласно разработанной шкале критериев. Соотношение Н-М:РИ близкое единице характеризует динамически-равновесное состояние агроэкосистемы (режим гомеостаза). Повышение нагрузки меняет режим (стресс, резистентность, адаптационное истощение, репрессия). Например, мониторинг 1992–2005 гг. выявил, что в близкие к «норме» годы агроэкосистемы функционировали в режиме стресса, а в аномальные – резистентности и даже адаптационного истощения (критическая нагрузка). Обобщение исследований на основе методологии системного анализа позволяет состояние и развитие агроэкосистем прогнозировать в контексте самоорганизации.

## **Ресурсосберегающая гидрометаллургическая переработка низкокачественных цинксодержащих концентратов**

М. Саденова, Н. Куленова, Ж. Оналбаева, М. Елеукиенов

*Восточно-Казахстанский государственный технический университет  
им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан*

*e-mail: msadenova@ektu.kz*

Анализ современного состояния вопроса переработки низкокачественных цинксодержащих концентратов показал, что наиболее привлекательными являются гидрометаллургические методы, которые позволяют вскрывать данное сырье, минуя стадию предварительного обжига.

Применение способа прямого выщелачивания низкокачественных цинксодержащих концентратов растворами серной кислоты выявил некоторые важные аспекты этого процесса. Практика действующих цинковых заводов показывает, что, как правило, стадия выщелачивания включает в себя не только непосредственное растворение компонентов цинксодержащего сырья (концентрата, огарка, возгонов), но и все операции по очистке и фильтрации раствора от примесей. Сульфатные цинковые растворы, в зависимости от состава исходной руды могут содержать примеси меди, кадмия, кобальта, кремния, алюминия, железа и других. Изучение условий и параметров проведения процесса очистки сульфатных цинковых растворов от примесей показали, что присутствие в растворах ионов двухвалентного железа, наряду с трехвалентным железом, снижает скорость фильтрации.

В настоящей работе проведены исследования по электрохимическому окислению ионов  $Fe^{+2}$  в электролизере с разделением катодного и анодного пространства анионообменной мембраной. Растворы из анодной камеры могут быть направлены на гидролитическую очистку, из катодной камеры – на операцию цементации примесей. В ходе экспериментов контролировались сила тока, скорость циркуляции, исходное содержание элементов. Эксперименты по очистке от ионов  $Fe^{+3}$  проводили в открытом реакторе с пропеллерной мешалкой, при комнатной температуре. После формирования осадка приступали к свободной фильтрации, определяли ее скорость.

Полученные результаты указывают на возможность переработки низкокачественных цинксодержащих материалов традиционным гидрометаллургическим способом после некоторой модернизации аппаратного парка и технологической схемы несколькими дополнительными стадиями очистки.

Разработка новых эффективных ресурсосберегающих подходов к гидрометаллургической переработке низкосортного минерального сырья Казахстана позволит сократить объемы добываемого сырья за счет вовлечения накопленных техногенных материалов, повысить комплексность использования минерального сырья и создаст предпосылки для развития круговой экономики.

## **Methods and techniques for testing knowledge in the process of occupational safety training in the form of instruction**

B. Sevastyanov, E. Lisina, R. Shadrin, A. Shalamova, N. Selyunin

*Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

*e-mail: sbv47@mail.ru, p\_h\_d@mail.ru*

The article actualizes the problem of preventing injuries in the process of organizing and conducting briefings. The author approaches the solution of this problem by identifying the methodological tools used to effectively test the knowledge and skills in the process of briefings. The article substantiates the growing importance of the problem, due to the increase in accidents related to injuries. Characterized by models of the effectiveness of injury prevention. The article highlighted and systematized the methods and techniques for testing knowledge in the process of briefings on injury prevention.

## **Interrelation of regulatory legal acts regulating professional functions of the specialist on labor protection**

B. Sevastyanov, R. Shadrin, E. Lisina, N. Selyunina, A. Shalamova

*Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

*e-mail: sbv47@mail.ru, p\_h\_d@mail.ru*

The work shows the history of the development of the profession of a specialist in the field of labor protection, from the beginning of the 20th century in the Russian Empire for the first time began the training of specialists in occupational safety at the Peter the Great Institute, St. Petersburg. The professional duties of a specialist in the field of labor protection are specified in current regulatory legal acts, including work as part of commissions on labor protection, accident investigation, drafting documents, orders, plans and reports relating to labor protection, and providing advice to heads of departments and enterprises for the protection of works. It turned out that they have organizational, managerial and supervisory content. The analysis of the content of professional competencies of the federal state educational standard of higher education "Technosphere safety" and the labor functions of a specialist in the field of labor protection is shown, it is shown that some of the academic disciplines included in educational programs are very distantly related to the activities of a labor protection specialist. At the same time, academic disciplines arising from the professional duties of an occupational safety specialist are not included in the curricula, which indicates the need for a substantial adjustment of the content of the educational standard for technospheric safety and, above all, towards a fuller account of those functions that are imposed by current regulatory legal acts on specialists of labor protection services organizations. The list of vocational orienteering disciplines that should be included in the curriculum for preparing students in the direction of "Technosphere safety" is given.

## **Post-fire transformation of drained bog in Western Siberia: ecological consequences and recovery dynamics**

Sinyutkina A.A.<sup>1</sup>, Vishnyakova E.K.<sup>2</sup>, Gashkova L.P.<sup>1,4</sup>, Koronatova N.G.<sup>2</sup>, Maloletko A.A.<sup>1</sup>,  
Mironycheva-Tokareva N.P.<sup>2</sup>, Russkikh I.V.<sup>3</sup>, Serebrennikova O.V.<sup>3</sup>,  
Strelnikova E.B.<sup>3</sup>, Kharanzhevskaya Yu.A.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>*Siberian Research Institute of Agricultural and Peat*

<sup>2</sup>*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of  
Sciences, Russia, Novosibirsk*

<sup>3</sup>*Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences*

<sup>4</sup>*National Research Tomsk State University*

*e-mail: ankalaeva@yandex.ru*

Peatland fire results in serious environmental and health problem due to pollution by biomass burning product. Furthermore, fire plays an important role in the evolution of mire ecosystem and fate of global peatland carbon stocks [1,2].

The aim of research is to carry out the assessment of pyrogenic load because of the fire of 2016 within the drained bog site in Gavrilovka river basin (Bakchar bog, North-East part of The Great Vasyugan mire). Specifically, the objectives of this study were to: 1) performed a retrospective analysis of the water-thermal regime of the area under study according to monitoring data on the nearby site; 2) determined the quantitative characteristics of vegetation restoration based on field and satellite data; 3) estimate zone of contamination by combustion products; 4) estimate the organic hydrocarbons composition of mire and river water, peat and typical plants of the pyrogenic disturbed bog.

The objects of field research are three sites (point 1, 2, 5) within the burnt area, one unburned site within the main contour of the fire (point 3), two background sites at 100 m from the contour of the fire (point 4) and on the natural bog and the site of long-term monitoring in 8 km (point 6) (figure 1).

The retrospective analysis of the water-thermal regime of the drained bog in the Gavrilovka river basin was carried out using the monitoring data on the nearby site preserved after the fire. The temperature, wind speed, mire water level, the temperature of the peat deposit data for analysis was obtained by automatic sensor system installing in 2015.

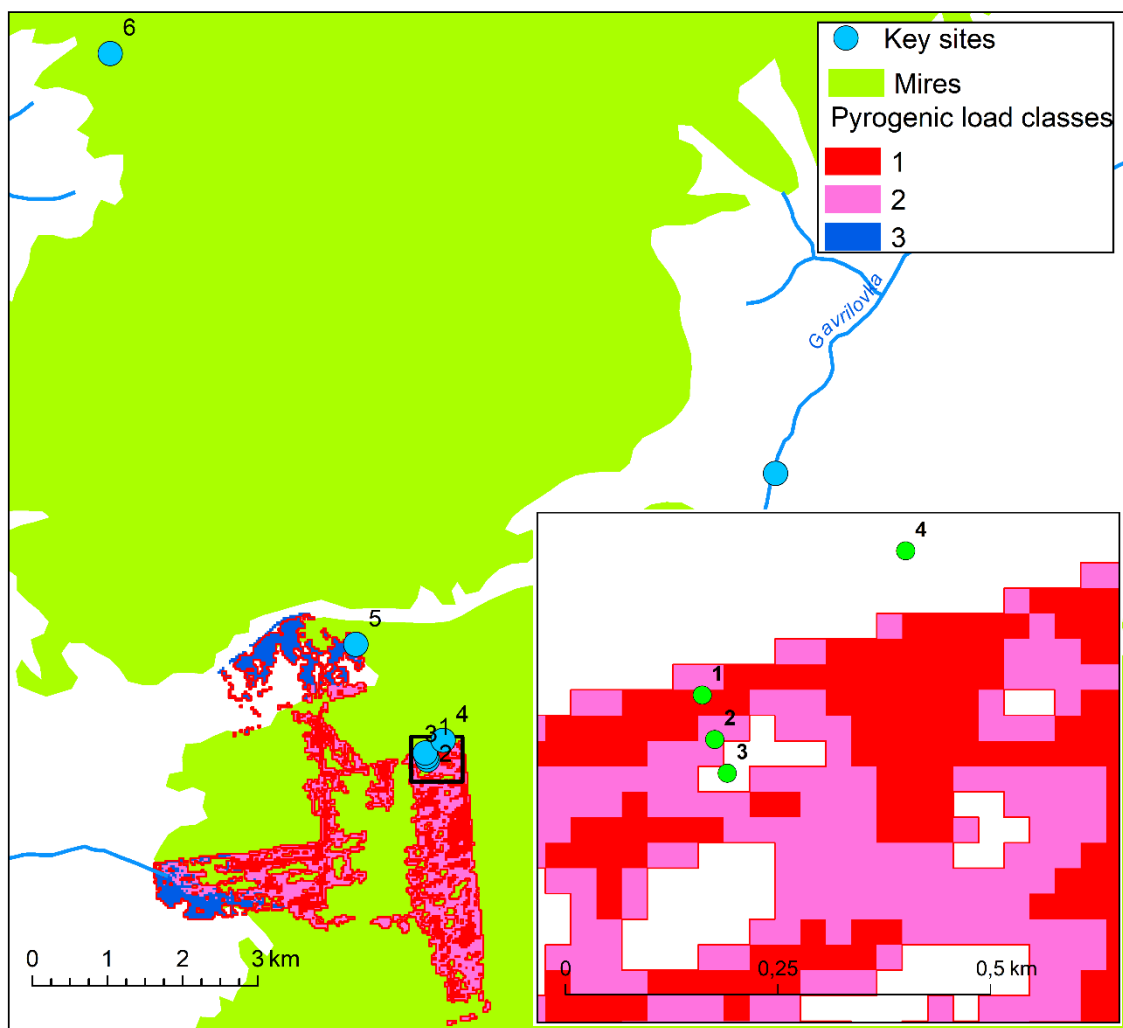


Figure 1. Study area and pyrogenic load map

Field geobotanical studies included an assessment of the intensity and fire damage area to each layer of vegetation and the characteristics of vegetation restoration. The assessment of the proportion of surface burnout and transformation of the microrelief was carried out by total station survey of 25 m<sup>2</sup> model sites with a step of 0.5 m in 2017. The intensity of vegetation restoration was assessed using field study of 2017-2018 and NDVI determined from Landsat 8 satellite data. The samples were taken along the laid transects from 5-10 registration sites on the tussock and in the depression to determine the production of grass-shrub and moss-lichen layer and direct calculation of the loss of organic matter during the fire. Underground production of grass and shrubs identified in the growth of roots, rhizomes and tillering nodes of the current year.

The assessment of the pollution zone was carried out by analyzing the content of Cu, Pb, Zn, Cd in atmospheric deposition using the methodology of the us Geological survey, the content of Cu, Pb, Zn, Cd and hydrocarbons in peat and plants, mire and river waters. Sample analysis the content of Cu, Pb, Zn, Cd, produced after the pre-acid decomposition method of mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-MC) in the Chemical-analytical center "Plasma". Determination of the composition and content of organic matter (hydrocarbons) in bog waters, peat, plants was carried out by IR and chromato-mass spectrometric methods at the Institute of petroleum chemistry SB RAS.

The retrospective analysis of the water-thermal regime of the drained bog in the Gavrilovka river basin is confirmed that in August 2016 most favorable conditions for the



emergence of a fire-dangerous situation were developed. The analysis of meteorological data for the long-term period 1970-2017 showed a statistically significant increase in the average annual air temperature of the surface layer of the atmosphere at the nearest weather station near Bakchar. The summer period of 2016 was characterized by extreme temperatures, which in early August increased to 30-33.5 °C, which was observed previously 2 times over the past 50 years. The levels of mire water fell below the level of 40 cm from the surface. Bog drained site is characterized by more contrasting temperature conditions in comparison with a background sites are determining by the lower heat capacity of the peat deposit. Drained bog peat deposits and the upper layer of peat deposits have a higher temperature significant amplitudes of temperature fluctuations, and a rapid reaction to changes in air temperature or time gradient.

The area of fire spread was 5.54 km<sup>2</sup>, including within the mire of 4.44 km<sup>2</sup>. The burning lasted during August-October 2016. The spread of fire in the Eastern and North-Eastern parts is limited by the main channels, in the South – by the boundary of the drainage network, in the North – by the road. In the central part of the allocated area is not subject to pyrogenic load, the contour of which coincides with the boundary of moister hummock-hollow and grass-moss mire areas. Three classes of pyrogenic load differentiate which differ damage of the soil and vegetation cover based on Landsat 8 satellite data and field research materials. First class pyrogenic load is characterized by the death of the trees and burning of the above-ground part of the grass-shrub and complete burning of the moss in all microrelief forms. Partial burning of the surface in the range of 40-60 % is peculiar to second class pyrogenic load. Partial burning of the soil cover and peat deposits, burning of roots and felling of trees in third class pyrogenic load is observed.

Restoration of vegetation cover was noted due to the regrowth of shrubs within the first and second pyrogenic load class and due to grass growth within the third class pyrogenic load in the period 2017-2018.

Carbon losses for the burned area of 1 square meter to a depth of 30 cm were about 3800 gC/m<sup>2</sup>. The mortmass amount increased 2 times after the fire from 7237 g/m<sup>2</sup> on the background site to 13234 g/m<sup>2</sup> on the completely burned. The amount of living plant matter on the burned site is slightly increased compared to the background due to the living roots of pine and shrubs after 2 years of post-fire restoration. The number of roots of shrubs has doubled compared to the background, indicating an increase in nutrients from the ash of the burned plant substance.

Analysis of atmospheric deposition showed significantly increasing the amount of Zn 2 times, Pb 14 times, Cu 4 times, Cd up to 9 times in their composition. The area of Zn and Pb pollution covers an area of 8 km, which is consistent with the prevailing wind direction and atmospheric deposition data for 2016. Significant increasing of Cu, Zn, Cd, Pb concentrations in the upper layer peat deposit (0-5 cm) in 3-6 times relative to the background area 100 m from the border is observed. The zone of extreme pollution of heavy metals peat deposits is limited mainly by the zone of intensive burning of the surface, however, and beyond it there was also a significant (2 times) Zn, Cd, Pb concentration (except Cu) increasing, mainly due to the migration of elements with mire waters. High concentrations of Cu, Zn, Cd, Pb (1.5–4 times higher than background) remain in mire waters and waters of Gavrilovka river 2 years after the fire. Excess of background content of Zn, Cd, Pb throughout the year, and Cu in June, August and September in mire waters is marked. The content of heavy metals increases with increasing influence of pyrogenic factor in *Sphagnum fuscum* and *Pinus sylvestris* (2–10 times higher than background). These species can serve as an indicator of the degree of mire pyrogenic disturbance.

Analysis of the composition and content of organic compounds showed that in the upper layers of the peat deposit there is a decrease in the content of the main groups of

compounds: di- and triterpenoids, steroids, phytone, n-alkanes, n-alkane-2-ones, n-aldehydes, squalene, Tocopherols (about 2–5 times), carboxylic acids and phytol (1.1 times). Against the background of a decrease in the content of n-alkanes, their share in the composition of peat lipids of the burnt area increases slightly, among them the content of homologues C23–C25 increases, C29–C33 decreases and the CPI value decreases. According to IR spectrometry data, the high hydrocarbon content of up to 7 MAC for domestic water supply was observed, the CPI index decreased, which is evidence of the transformation of the hydrocarbon composition and is consistent with the increase in n-alkanes.

This study was funded by RFBR, research project no. 18-44-700005.

### References

1. Guoping W., Xiaofei Yu., Kunshan B., Wei X., Chuanyu G., Qianxin L., Xianguo L. Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs // *Chemosphere*. 2015. V. 119. P. 1329–1334.

2. Hayasaka H., Noguchi I., Putra E., Yulianti E., Vadrevu K. Peat-fire-related air pollution in Central Kalimantan, Indonesia // *Environmental Pollution*. 2014. V. 195. P. 257–266.

## Geoinformation mapping of the mudflow basins of the Southern Baikal region: methods and results

В. Ступин, Б. Олзоев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: stupin1955@yandex.ru, bnolzoev@yandex.ru*

Рассмотрены методические аспекты картографирования селевых бассейнов разного уровня с использованием геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли из космоса. Показана практическая значимость космических методов в изучении динамики состояния селевых бассейнов в районе рек Сосновая, Солзан, Утулик, Мангутай, Похабиха, Слюдянка. Приведены примеры картографических интерпретаций результатов исследования селевых процессов, произошедших за последние 10 лет.

## Композитные сорбенты на основе отходов производства кристаллического кремния и биоугля

С.С. Тимофеева<sup>1</sup>, М.С. Леонова<sup>1</sup>, Н.В. Горленко<sup>1</sup>, J.-H. Chang<sup>2</sup>, S.-F. Cheng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

<sup>2</sup>*Чаоянский университет технологий, Тайвань*

*e-mail: timofeeva@istu.edu, leonova@istu.edu, hope1907@istu.edu, shufen@cyut.edu.tw*

Рост использования сырьевых ресурсов во всем мире сопровождается ростом количества образуемых отходов, которые представляют собой потенциальные потери для экономики ценных материальных и энергетических ресурсов. Вовлечение первичных природных ресурсов в процесс потребления приводит к усилению негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому целесообразно для производства использовать вторичные ресурсы, а не первичное сырье, превращать отходы в доходы.

В настоящее время ведется активный поиск материалов, способных эффективно извлекать тяжелые металлы из загрязненных вод и имеющих низкую стоимость. Сейчас

в мире производится и используется более 200 различных сорбентов, среди которых применение находят как природные, так и искусственные, специально созданные. В качестве природных сорбентов используют торф, опилки, тростник, осиную кору, шелуху гречихи, овса и многие другие сельскохозяйственные отходы, а также биоугли, полученные из них [1-4]. Существует много сообщений о синтезе углеродных материалов с использованием природной биомассы в качестве предшественника [5–7]. В частности Subramanian et al. разработал технологию получения активированного угля из банановых волокон [8]. Ван и соавт. обобщили исследования в области производства и применения биоуглей из отходов [9]. Xiaolei Bao и соавторы [10] предложили способ получения углеродных нанокompозитов для очистки воды от антибиотиков. Часто в качестве сорбентов используют глинистые материалы в сочетании с органическим углеродом [11].

В качестве фитосорбентов предложено использовать водные растения, грибы [12,13], композитные системы из растений и минеральных сорбентов [14-16]. Каждый из предлагаемых материалов имеет свои недостатки и преимущества.

Наиболее перспективны и экономически выгодны сорбенты, изготовленные из вторсырья. Данные материалы позволяют решать сразу две проблемы: очистка воды и утилизация отходов. Из-за доступности и низкой стоимости сорбенты на основе отходов привлекают многих российских и зарубежных авторов. В совместном российском-тайваньском проекте авторами выполняются исследования по созданию композитных материалов на основе отходов производства кремния и биоугля из сельскохозяйственных отходов.

Целью данной работы является разработка технологии получения композитного пористого материала на основе биоугля из сельскохозяйственных отходов и силикатных отходов производства кристаллического кремния и изучение их свойств.

Предложена методика окомкования мелкокристаллического кремния (отходы газочистки) и биоугля из сельскохозяйственных отходов с использованием жидкого стекла. Выбор жидкого стекла обусловлен тем, что данное вещество обладает высокими адгезионными свойствами для образования прочных композитов, а также избытком щелочи, что способствует протеканию экзотермической реакции и выделению газообразного водорода при добавлении мелкофракционного кремния, в результате чего композитный материал приобретает пористую структуру.

С помощью оптико-эмиссионного метода исследования выявлено, что образцы приготовленных сорбентов в основном состоят как из макропор, так и из мезо- и микропор, размерность которых зависит от соотношения компонентов.

Найдены оптимальные соотношения, изучены механические и сорбционные свойства композитных материалов.

Установлено, что силикатные отходы производства металлического кремния и биоуголь из сельскохозяйственных отходов могут служить сырьем для получения композитного сорбционного материала. Получение композитного материала осуществляется путем окомкования с использованием в качестве добавки жидкого стекла.

Оптимальными условиями получения эффективного сорбента являются соотношение компонентов % соответственно: 19,09 – Si; 30 – C; 0,01 – жидкое стекло ( $\rho=1,47$ ).

В качестве основы для получения сорбционного материала возможно использование биоуголь из сельскохозяйственных отходов, полученный по технологии электрохимического синтеза.

Композитный материал может быть использован в очистке воды от тяжелых металлов, в частности меди

## Список литературы

1. Степанова С.В., Шаймарданова А.Ш., Шайхиев И.Г. Физико-химические основы удаления ионов железа из модельных растворов березовым опадом // Вода: химия и экология. 2016. № 1. С. 53–59.
2. Фазлиахметова Р.Р., Степанова С.В., Шайхиев И.Г., Магизова Э.Ф. Физико-химическая очистка модельных вод от ионов железа комплексным реагентом, полученным из шелухи овса // Вода: химия и экология. 2014. № 12. С. 88–93.
3. Шарапова Л.М., Шайхиев И.Г., Шакиров Ф.Ф., Ахмадиев М.Г. Исследование восстановления ионов хрома опилками деревьев и традиционными реагентами // Вода: химия и экология. 2015. № 11. С. 81–87.
4. Фогель А.А., Сомин В.А., Комарова Л.Ф. Изучение сорбционных свойств на основе отходов производства древесины и минерального сырья // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. 19. С. 461–465
5. Zhai Y.P., Dou Y.Q., Zhao D.Y., Fulvio P.F., Mayes R.T., Dai S. Carbon materials for chemical capacitive energy storage // *Adv. Mater.* 2011. 23. pp. 4828–4850.
6. Qu W.H., Xu Y.Y., Lu A.H., Zhang X.Q., Li W.C. Converting biowaste corncob residue into high value added porous carbon for supercapacitor electrodes // *Bioresour. Technol.* 2015. 189. pp. 285–291.
7. Luan Y.T., Wang L., Guo S.E., Jiang B.J., Zhao D.D., Yan H.J., Tian C.G., Fu H.G. A hierarchical porous carbon material from a loofah sponge network for high performance supercapacitors // *RSC Adv.* 2015. 5. pp. 42430–42437.
8. Subramanian V., Luo C., Stephan C., Nahm A.M., Thomas K.S., Wei B.Q. Supercapacitors from activated carbon derived from banana fibers // *J. Phys. Chem. C.* 2007. 11. pp.7527–7531.
9. Wang B., Gao B., Fang J. Recent advances in engineered biochar productions and applications // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2017. 47. pp. 2158–2207.
10. Xiaolei Bao, Zhimin Qiang, Jih-Hsing Chang, Weiwei Ben, Jiuhui Qu. Synthesis of carbon-coated magnetic nanocomposite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@C) and its application for sulfonamide antibiotics removal from water // *Journal of Environmental Sciences.* 2014. 26. pp. 962–969.
11. Ковалева А.С., Баткаев Н.Б., Френкель Е.Э. Композитные сорбенты на основе бентонита и углерода, полученного пиролизом органических соединений // *Научный альманах.* 2015. 12–2(14). С. 368–372.
12. Тимофеева С.С. Современные технологии биоремедиации окружающей среды // *Экология и промышленность России.* 2016. Т. 20. № 1. С. 54–58.
13. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С., Ульрих Д.В. Фитофильтры для очистки сточных вод // *Вестник технологического университета.* 2016. Т.19. № 16. С. 162–165.
14. Ulrich D.V., Bryukhov M.N., Zhibankov G., Timofeeva S.S., Denisov S.E. Possibility of use of zeolites and gaize in remediation technologies // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17–25 June. 2014. P. 519–523.
15. Ulrich D.V., Bryukhov M.N., Zhibankov G.O., Denisov S.E., Timofeeva S.S. Measurements for advanced neutralized wastewater treatment applying the sorption method // *Science and Society: 4rd International Scientific and Practical Conference.* 2013. p. 141–147.
16. Тимофеева С.С., Ульрих Д.В. Инновационные фитотехнологии реабилитации загрязненных территорий горными предприятиями на Южном Урале: монография. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2018. 192 с.
17. Nemchinova N.V., Leonova M.S., Tyutrin A.A., Bel'skii S.S. Optimizing the Charge Pelletizing Parameters for Silicon Smelting Based on Technogenic Materials // *Metallurgist.* 2018. Vol. 63. Iss. 1–2. pp. 115–122.

18. Leonova M.S., Timofeeva S.S. Environmental and economic damage from the dust waste formation in the silicon production // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 2019. Sci. 229. 012022.
19. Немчинова Н.В., Леонова М.С., Тютрин А.А. Экспериментальные работы по плавке окомкованной шихты в производстве кремния // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 1. С. 209–217.
20. Государственный контроль качества вод. М: ИПК из-во стандартов, 2003. 776 с.

## **Search for the main sources of losses in the blast smelting process of lead production**

D. Tolepbergenov, M. Sadenova

*D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan  
e-mail: msadenova@ektu.kz*

Strategic direction in the development of metallurgy is to increase labor productivity, the integrated use of raw materials, the extraction of valuable components and the improvement of product quality. One of the main steps to achieve the objectives of the lead production is the processing of lead-containing industrial products and additional recovery of valuable components. Improving this process will increase the processing efficiency of concentrates, increasing the efficiency of metal recovery.

Many researchers have devoted their time to solving similar problems. A list of works of researchers was reviewed. In 1993 they developed a method for processing low-quality lead-containing materials. By improving the processing of lead materials, the extraction of related components with a minimum specific yield of process gases, low energy costs. In 2002 other researchers developed a method for processing lead waste containing precious and rare metals. The result of this method was lead bullion and a concentrate of rare metals, from which noble and rare metals can be extracted.

The aim of the work is to analyse the flowsheet of the pyro-metallurgical processing of lead-containing poly-metallic ores, in order to identify the main patterns and factors that can have a significant impact on the optimisation of the existing technology, allowing increasing the resource efficiency by integrated use of the raw materials.

It is expected to increase efficiency and productivity of the smelting process and to increase lead output by reducing losses.

## **Влияние минеральных источников на формирование почв в предгорье Восточных Саян (Бурятия)**

М.А. Тугарина<sup>1</sup>, О.Г. Лопатовская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

<sup>2</sup>*Иркутский государственный университет им. А.А. Жданова*

*E-mail: tugarina\_ma@mail.ru*

### **1. Введение**

Вопросы геологической деятельности подземных вод изучаются в различных аспектах наук о Земле и нередко касаются процессов взаимодействия в системе «вода - горная порода – газ - органическое вещество» [2, 3, 9, 10]. Наряду с формированием химического и газового состава минеральных вод в условиях геологической среды большой практический интерес представляет исследование влияния подземных вод на формирование состава почвенного покрова.

Почвы в зоне влияния минеральных источников Восточных Саян остаются малоизученными, хотя Аршанские источники известны с XVII в. Первые официальные сведения о них были опубликованы в 1894 г. В последующие годы эти источники изучались многими авторами [2, 3, 4, 5, 9 и др.]. Так, в 1965 г. В.П. Мартыновым были опубликованы результаты детальных исследований горных почв Восточных Саян, но сведения о почвах, формирующихся около источников, в них отсутствуют.

Поскольку подземные воды, в том числе и минеральные, являясь частью геохимического ландшафта, играют роль и ландшафтообразующего фактора, особый интерес представляют сведения о почвах, находящихся под влиянием минеральных источников.

Целью представленной работы является исследование и анализ факторов формирования почв и процессов миграции водорастворимых веществ в почвах на участках разгрузки минеральных вод предгорной части Восточных Саян.

## **2. Объекты и методы исследования**

Территория исследований находится в южной части Байкальской рифтовой зоны на границе Тункинской рифтовой долины и обрамляющего с севера Восточно-Саянского горного массива с абсолютными отметками 2 000 – 3 200 м.

Верхняя часть геологического разреза впадины сложена мощной (сотни метров) толщей кайнозойских отложений, залегающей на блоковом фундаменте нижнепротерозойских пород (кристаллических сланцев ильчирской свиты и карбонатных пород иркутской свиты). Ведущая роль в формировании геологоструктурного плана и гидрогеологических условий принадлежит разновозрастным тектоническим разрывным нарушениям.

Гидрогеологические условия определяются наличием трех типов гидрогеологических структур – гидрогеологических массивов, гидрогеологических бассейнов и обводненных разломов [15]. Если подземные воды (их ресурсы, режим и состав) первых двух типов (площадных) гидрогеологических структур отличаются прямой зависимостью от ландшафтно-климатических факторов, то трещинно-жильные воды разломов имеют лишь косвенную (опосредованную) связь с внешними факторами.

Разгрузка трещинно-жильных вод, в том числе и минеральных, локализуется, как правило, в зонах влияния тектонических нарушений [9, 11, 13, 14, 15.], причем, водоносными или водопроницаемыми являются молодые разрывы, секущие более древние структурообразующие разломные зоны [14, 15].

Изученные минеральные источники Аршан, Субурга, Папий Аршан, Кальциевая гора (источник у подножья высокой террасы, сложенной кальцитами) находятся на границе Восточно-Саянского массива и Тункинской долины в плоскостях секущих субмеридиональных разломов.

Объектом исследования являются почвы, формирующиеся в зоне влияния разгрузки природных минеральных вод. На основе анализа результатов полевых и химико-аналитических исследований почв и подземных вод была изучена их пространственная взаимосвязь с учетом ландшафтных условий.

Почвенные разрезы были заложены и опробованы по глубине - до почвообразующей породы и в плане - на расстоянии от грифона на 0-0.5, 20, 50 и 200 м. Химико-аналитические исследования почв выполнены по методикам, описанным Е.В. Аринушкиной [1]. Макрокомпонентный анализ воды проводился по методикам Резникова и Муликовской [12].

### 3. Результаты и обсуждение

Восточно-Саянская горная система отличается резко расчлененным альпинотипным рельефом, почвообразующими породами являются карбонаты (кальциты, мрамор), кристаллические сланцы, в некоторых случаях ожелезненные.

Почвы в зоне влияния минеральных источников относятся к сезоннопромерзающим до глубины 0.2 м и только около грифона остаются в талом состоянии.

В процессе почвообразования химические вещества либо накапливаются в почвенном профиле, либо мигрируют и затем аккумулируются в пониженных частях рельефа [6]. Со стоком склоновых и разгрузкой подземных вод происходит миграция веществ в сопряженных геохимических ландшафтах. Состав пород определяет формирование и распространение различных типов подземных вод [10, 11], а те, в свою очередь, оказывают влияние на формирование почв на участке разгрузки [7, 8].

Вода исследованных источников является высоко газонасыщенной сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатной натриево-кальциево-магниевой или кальциево-магниевой с минерализацией от 0.3 до 2.4 г/дм<sup>3</sup> (табл. 1). Состав водной вытяжки из почв идентичен химическому составу воды из соответствующего источника.

Таблица 1. Результаты гидрохимического анализа минеральных источников

Минеральный источник	Формула Курлова (минерализация, г/дм <sup>3</sup> )
Субурга	$M0.4 \frac{HCO_3 53 SO_4 27 Cl 19}{Ca 48 Mg 42} pH 8.3$
Папий Аршан (вода в карстовой воронке)	$M0.3 \frac{HCO_3 56 Cl 30 SO_4 13}{Mg 55 Ca 40} pH 8.2$
Папий Аршан (вода в ручье)	$M1.8 \frac{HCO_3 91}{Ca 88} pH 8.4$
Аршан	$M2.4 \frac{HCO_3 70 SO_4 25}{Ca 55 Na 24} pH 7.0$
Источник Кальциевая гора	$M0.3 \frac{HCO_3 57 Cl 27 SO_4 16}{Mg 61 Ca 38} pH 8.4$

Распределения солей и органического вещества в почвах минеральных источников в плане показано на рисунке 1.

Источники в лесной зоне имеют более низкие значения pH (5.5–6.0) на удалении от грифона, чем источники открытых пространств (7.0–8.0).

Все изученные почвы содержат неодинаковое количество легкорастворимых солей и являются незасоленными и слабозасоленными. Наибольшие отложения травертинов (до 0.5 м) отмечаются у источника Субурга в виде полосы шириной 5 – 10 м, уходящей вниз по течению на 3 км.

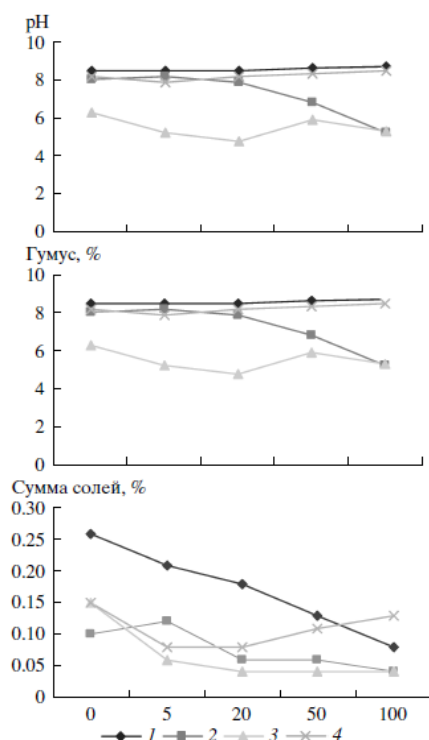


Рисунок 1. Графики распределения вещества в почвах около минеральных источников на удалении от 0 до 200 м:  
1 – Аршан, 2 - Субурга, 3 – Папий Аршан, 4 – Кальциевая гора. А – гумус, Б – рН, В - % солей водной вытяжки.

#### 4. Заключение

В предгорьях Восточных Саян в зоне влияния минеральных источников формируются своеобразные почвы, особенности которых меняются при удалении их от источника и зависят от ландшафтных условий участка выхода минеральных вод и их гидрохимических показателей.

Почвы около грифонов и на расстоянии 0, 5 и 20 м в большей степени подвержены влиянию минеральной воды, чем удаленные на 50 и 200 м. В первом случае они обычно гидроморфны, маломощны, щебнисты и формируются на травертинах, мощностью до 1,5–2 м, и могут быть отнесены к типу петроземов и карбонатизированных петроземов. На расстоянии 50 и более метров влияние на почвообразование оказывает лесная растительность. Эти почвы можно отнести к буроземам.

Состав водной вытяжки из почв около источника в большей степени соответствует гидрохимическому составу воды, чем почвообразующим породам. По значению рН почвы изменяются от слабокислых до щелочных. Верхние горизонты карбонатизированных петроземов около источников (0 – 5 м) перегнойные, на расстоянии 20 м - менее гумусированные, чем у буроземов на расстоянии 50 и более метров. Содержание солей изменяется от 0.04 до 0.26%. Несмотря на повышенную минерализацию вод источников (до 2.4 г/л), почвы вокруг источников не засолены, что объясняется их хорошей дренированностью и большим (до 500-600 мм) количеством атмосферных осадков.

#### Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.



2. Борисенко И.М., Замана Л.В. Минеральные воды Бурятской АССР. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во. 1978. 163 с.
3. Ботороев К.С. Курорт Аршан. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1991. 96 с.
4. Гидрогеология СССР. Т XXII. Бурятская АССР. М.: Недра. 1970. 432 с.
5. Вопросы формирования и распространения минеральных вод СССР. М.: Медгиз, 1960. С. 121-140.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Лопатовская О.Г., Осадковский З. // Изв. Ирк. гос. ун-та. Серия: Биология. Экология. 2008. Т. 1. № 2. С. 128-131.
8. Лопатовская О.Г. // Почвоведение. 2009. №8. С. 911-916.
9. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 2. 200 с.
10. Павлов С.Х., Пиннекер Е.В., Писарский Б.И. // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 9. С. 28–35.
11. Павлов С.Х., Чудненко К.В., Голубев В.А. и др. // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 1. С. 221–248.
12. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколова И.Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970. 488 с.
13. Семинский К.Ж., Кожевников Н.О., Черемных А.В. и др. // Геодинамика и тектонофизика. 2013. Т.4. №3. С.203-278.
14. Семинский К.Ж., Семинский А.К. // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 7. № 3. С. 477–493.
15. Степанов В.М. Гидрогеологические структуры Забайкалья. М.: Недра. 176 с.

## **Синтез новых каталитических материалов с использованием металлургических шлаков**

М.Е. Утегенова<sup>1</sup>, М.А. Саденова<sup>1</sup>, И.Я. Клемеш<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Центр опережающего развития «VERITAS», Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.Серикбаева*

<sup>2</sup>*Sustainable Process Integration Laboratory – SPIL, NETME Centre, Faculty of Mechanical Engineering, Brno, University of Technology - VUT*

*MSadenova@ektu.kz*

### **1. Введение**

Непрерывный прогресс индустриализации и рост населения приводит к увеличению выбросов CO<sub>2</sub>. В этой связи остается актуальным поиск способов очистки газов от CO<sub>2</sub> в том числе с помощью катализаторов. Было обнаружено [1], что металлургический шлак может быть использован в качестве носителя для синтеза катализаторов в реакциях полного окисления СО. В последнее время, уникальные химические свойства металлургических шлаков привлекли внимание к производству материалов для применения в катализе в качестве адсорбентов, катализаторов или источника активных веществ [2]. Металлургические шлаки чаще всего используются в качестве строительных материалов [3], в производстве стеклокерамики [4] и для других целей. Известно, что металлургический шлак от производства черных металлов обладает адсорбционными свойствами и может быть использован для очистки загрязненной воды.

Утилизация металлургических шлаков привлекает все большее внимание в связи с возможностью использования шлаков в качестве вторичных материальных ресурсов.

Производство цветных металлов из-за низкого содержания полезных компонентов в рудах сопровождается образованием большого количества отходов производств, которые, скапливаясь в отвалах, «хвостохранилищах» и складах, занимают значительные площади и загрязняют окружающую среду [5]. Учитывая, что химический состав материалов, используемых для производства керамики схож с химическим составом отходов цветной металлургии последние следует рассматривать в качестве потенциальной альтернативной сырьевой базы. Использование отходов производств – один из эффективных способов экономии природных материалов, при этом одновременно происходит утилизация побочных продуктов и вносится вклад в охрану окружающей среды.

В работе исследованы свойства металлургических шлаков казахстанских заводов для оценки перспектив их использования в качестве компонентов носителей катализаторов для очистки газов от оксидов углерода.

## **2. Методология**

В работе для производства керамических носителей катализаторов использовалось глинистое сырье - цеолиты месторождения Тайжужген (Т), Сары-Озек (S) и Чанканай (Ch), бентонит месторождения Таганское, а также представительные технологические пробы шлаков медного и свинцового производств. Синтезирована опытная партия образцов следующего состава и маркировкой: цеолит Тайжужген + Бентонит + Шлак медный -  $T_{Cu}$ ; цеолит Сары-Озек + Бентонит + Шлак медный -  $S_{Cu}$ ; цеолит Чанканай + Бентонит + Шлак медный -  $Ch_{Cu}$ ; цеолит Тайжужген + Бентонит + Шлак свинцовый -  $T_{Pb}$ ; цеолит Сары-Озек + Бентонит + Шлак свинцовый -  $S_{Pb}$ ; цеолит Чанканай + Бентонит + Шлак свинцовый -  $Ch_{Pb}$ .

Рентгеноструктурный анализ проводили на оборудовании ДРОН-3 с  $Cu$ -излучением,  $\beta$ -фильтром. Условия съемки дифракционных картин:  $U = 35$  кВ;  $I = 20$  мА; стрельба  $\theta$ - $2\theta$ ; Детектор 2 град / мин. Фазовый анализ XRD на полуколичественной основе был выполнен на дифракционных картинах порошковых образцов с использованием метода равных весов и искусственных смесей. Определены количественные соотношения кристаллических фаз.

## **3. Результаты и обсуждения**

При производстве катализаторов процесс прокаливания имеет особое значение, поскольку термическая обработка в основном определяет физико-химические свойства. Поэтому для получения катализатора с заданными свойствами необходимо определить, как при температурной обработки изменятся состав, структура и свойства материалов. На основании данных рентгенофазового анализов (рисунок 1) выявлено, что основными структурными составляющими во всех образцах являются оксиды кремния, алюминия и железа. Эта особенность материалов была взята за основную идею создания технологии синтеза керамических материалов, пригодных для использования в качестве носителей катализаторов. Температурный интервал термообработки ограничен 500-1100 °С поскольку температуры при которых протекают каталитические превращения токсичных компонентов содержащихся в выбросных газах автотранспорта или отходящих газах промышленных производств составляют от 100 до 1000 °С.

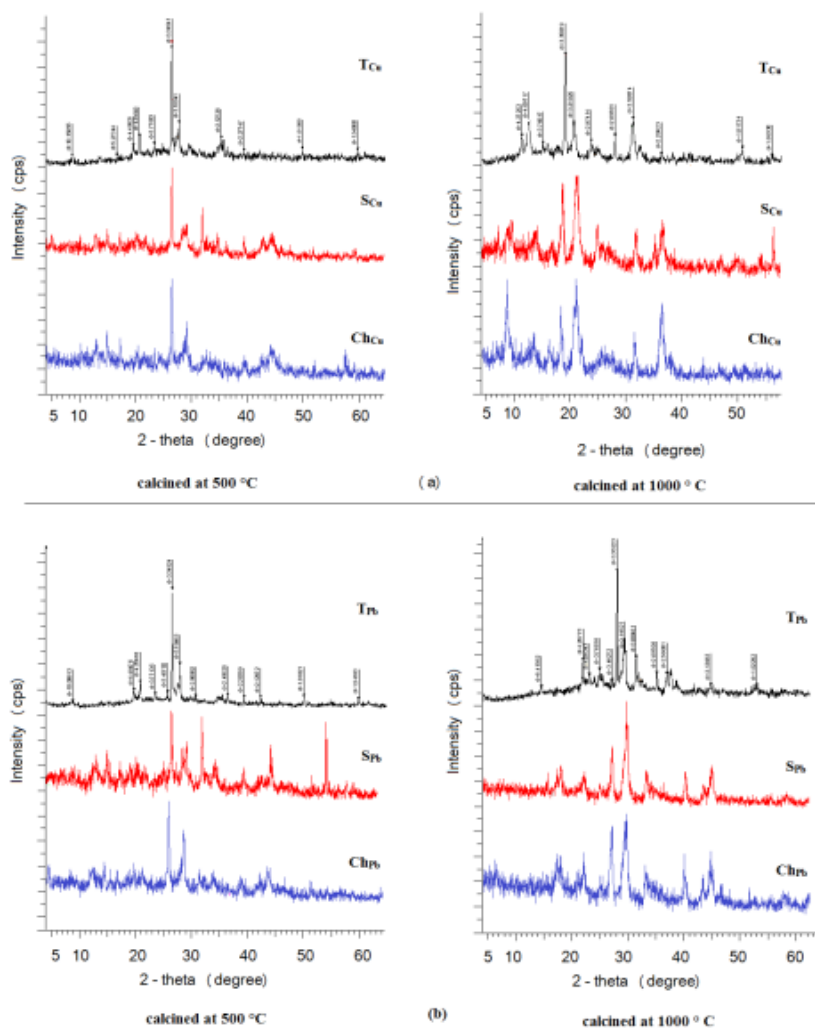


Рисунок 1. Спектры РФА смеси цеолит:бентонит:шлак, прокаленные при 500 °С и 1000 °С: а) с добавлением медного шлака; б) с добавлением свинцового шлака

Видно, что дифрактограммы смеси  $T_{Cu}$  и  $T_{Pb}$  представлены характерными интенсивными линиями ( $d = 3.34524; 4.25683; 2.45860; 2.27747; 1.81888$  и  $1.54060$ ) соответствующими кварцу, а присутствие линии ( $d = 3.18663$ ) обусловлено альбитом, линии ( $d = 10.08613; 4.49476$ ) слюдой, а линии ( $d = 3.77883; 3.23188$ ) калиевыми полевыми шпатами. Повышение температуры прокалики до 1000 °С приводит к значительному снижению количества кварца, которое снизилось на 30% при высокотемпературной обработке, в то время как в медьсодержащих образцах напротив при прогреве при 1000 °С исходное количество кварца составлявшее 20% повысилось на 50% и составило 30% при повышении температуры прогрева образцов с 500 до 1000 °С.

Установлено, что при прокаливании в интервале температур от комнатной до 180 - 200 °С происходит испарение гигроскопической влаги, а затем вплоть до 600 °С удаляется структурная вода. Следует отметить, что за счет процессов спекания формируется кристаллическая структура, обеспечивающая требуемую механическую прочность синтезируемых образцов керамики из смеси цеолит-бентонит - шлак.

#### 4. Заключение

Методом РФА установлено, что основными структурными составляющими исходных материалов являются оксиды кремния, алюминия и железа. Установлено, что

при температурной обработке до 200 °С происходит испарение гигроскопической влаги, до 600 °С удаляется структурная вода и режим процесса спекания способствует достижению требуемой механической прочности синтезируемых образцов керамики из смеси цеолит-бентонит - шлак. Полученные результаты подтверждают необходимость и перспективность проведения дальнейших исследований композитов с добавлением металлургических шлаков различных производств.

### Список литературы

1. Mihailova I., Ivanov G., Mehandjiev D. (2011). Catalytic Activity in Oxidation Reactions of Copper Furnace Slag and Converter Slag. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 46: 143-150.
2. Montoya-Bautista C. V., Avella E., Ramírez-Zamora R.-M., Schouwenaars R. (2019). Metallurgical Wastes Employed as Catalysts and Photocatalysts for Water Treatment: A Review. *Sustainability*. 11, 2470. doi:10.3390/su11092470.
3. Pioro, L. ., & Pioro, I. . (2004). Reprocessing of metallurgical slag into materials for the building industry. *Waste Management*, 24(4), 371–379.
4. Francis A.A., 2004, Conversion of blast furnace slag into new glass-ceramic material, *Journal of the European Ceramic Society*, 24, 2819–2824
5. Pribulová A., Futáš P., Baricová D., Processing and utilization of metallurgical slag, *Production engineering archives*, 2016, Vol. 11, No 2, pp 2-5

## Исследование материалов на основе алюмоборосиликатных отходов

С.В. Федорова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: fsta65@yandex.ru*

Ценные технические свойства слюды издавна привлекали внимание людей к этому минералу. В настоящее время слюду широко используют в различных отраслях промышленности и в первую очередь в электротехнической, радиотехнической, лакокрасочной промышленности. Наибольшее применение в современной технике получили две разновидности слюды: мусковит и флогопит. Но, кроме этих разновидностей, в промышленности используют вермикулит, лепидолит и биотит. Наряду с тем, что слюда является одним из лучших диэлектриков, она обладает и такими свойствами, которых нет у других диэлектриков, как высокая электрическая прочность, нагревостойкость, химическая стойкость, влагостойкость, механическая прочность и гибкость. Это относится главным образом к мусковиту и флогопиту, который являются незаменимыми электроизоляционными материалами.

Целью работы являлось создание технологии по утилизации промышленных обогащенных слюд и отходов стекла. Основными задачами, решаемыми в исследовании являлись: оптимизация технологических процессов происходящих в результате взаимодействия слюды со стеклообразным связующим в технологии производства нагревателей.

В работе представлены результаты изучения характеристик композитных материалов на основе отходов. Методом термографии установлены температурные области выхода газообразных продуктов, таких, как удаление капиллярной воды, процессов дегидратации, декарбонизации и интервала инконгруэнтного плавления, соответствующего полиморфному превращению энантиотропного характера образования микалексовой массы на основе слюды и стекла нового химического состава. С помощью рентгенофазового анализа в полученной композиции слюда-стекло зарегистрированы образования новых соединений: калиевого шпата, силлиманита,

муллита, дистена, также фиксируются два политипа мусковита 2M<sub>1</sub> и 3T, что происходит за счет инконгруэнтного плавления. ИК-спектроскопией обнаружена область изоморфного замещения Si – на Al в тетраэдрической позиции и зарегистрирована полоса с максимумом 720 см<sup>-1</sup>, характерная для связи Al–O, именно в области с данным максимумом происходит зарождение новых кристаллических фаз между аморфным и кристаллическим телами

## **Рациональное использование слюдяного сырья – приоритетная задача горнодобывающей отрасли Иркутской области**

В. Федчишин

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: Fedchishin@istu.edu*

Слюда – один из самых распространенных минералов, используемых в различных отраслях промышленности. Иркутская область располагает большими запасами высококачественной слюды. Наибольшее применение получили слюды мусковит и флогопит. В период активного использования слюдяного сырья основным применением было его использование в качестве электроизоляционного материала. В настоящее время многие слюдяные месторождения прииски законсервированы, закрыты фабрики по переработке слюдяного сырья. Большое количество добытой слюды осталось не востребованной, накоплены рудничные отвалы забойного сырца и отходов производства. Наличие этих факторов ухудшает экологическую обстановку на прилегающих территориях. Следует отметить, что не востребованная, ранее добытая слюда, отвалы, а также отходы слюдяного производства могут быть использованы для получения качественной продукции.

Для успешного возобновления работы слюдяной отрасли, которая была одной из ведущих в Иркутской области, необходимо рассмотреть альтернативные, нетрадиционные направления использования слюды. В данной работе рассматриваются возможности и приводятся результаты по разработке технологии приготовления композиционных материалов на основе слюды и отходов производства с комплексным использованием других минералов Иркутской области. Перспективной областью использования слюды является утилизация радиоактивных отходов с разработкой новых радиационно-стойких материалов на ее основе, а также использование мелкофракционной слюды в строительной индустрии. Хорошие результаты получены по обеззараживанию воды с помощью слюды, в особенности от нефти и радиационных нуклидов.

Приведенные результаты исследований определяют перспективные направления использования слюдяного сырья, способствующие возрождению слюдяной отрасли в России и, в частности, в Иркутской области, позволяют снизить негативное влияние вредных веществ на окружающую среду, решить экономические и экологические аспекты комплексного

## **Проблемы рационального природопользования на морских побережьях при дальнейшем повышении уровня Мирового океана**

А.В. Холопцев<sup>1,2</sup>, С.А. Подпорин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»*

<sup>2</sup>*Севастопольский государственный университет  
e-mail: kholoptsev@mail.ru, s.a.podporin@gmail.com*

Значительная часть природных ресурсов, потребляемых человечеством, локализована на побережьях Мирового океана и в его прибрежных районах. В современном периоде средний уровень Мирового океана повышается [1], что приводит к затоплению некоторых участков его побережий и существенно осложняет освоение их ресурсов. Поэтому актуальной проблемой рационального природопользования является разработка мер, направленных на приостановку данного процесса.

Наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет для стран, обладающих значительной протяженностью своих морских побережий, одной из которых является Россия.

Протяженность морских побережий России столь велика, что осуществить на всех их участках одновременное строительство защитных сооружений, которые способны предотвратить их затопление, нереально. Следовательно, одной из важнейших проблем рационального природопользования на морских побережьях России является выявление их участков, где экологические и экономические риски, обусловленные повышением уровней прибрежных акваторий, максимальны и в ближайшем будущем могут увеличиваться.

Одной из наиболее существенных причин повышения среднего уровня Мирового океана являются происходящие перемены климата, которые влияют на изменения тепловых и водных балансов различных его регионов, а также общей циркуляции земной атмосферы [2, 3].

Климатические факторы изменений уровня водных объектов действуют на фоне многих других процессов, которые «маскируют» вызываемые ими отклики. Тем не менее, допустимым является предположение, согласно которому на прибрежных акваториях морей у побережий России существуют участки, где межгодовые и сезонные изменения их уровня и поверхностных температур между собой значимо статистически связаны, а также участки, где связи между ними значимыми не являются.

Выявление участков прибрежных акваторий, на которых между вариациями уровня и поверхностных температур существует значимая корреляция, показало бы, где именно, при дальнейшем потеплении климата, будет повышаться уровень, а также разработать рациональную стратегию их защиты от затопления.

Вследствие этого осуществление проверки выдвинутой гипотезы, а также нахождение таких участков представляет немалый теоретический и практический интерес.

Целью данной работы является проверка адекватности выдвинутой гипотезы, а также выявление участков прибрежных акваторий морей России, для которых статистические связи межгодовых изменений их СМУВП, а также вариаций их ТПО, являются значимыми.

Так как изменения уровней и температур на многих прибрежных участках морских акваторий значимо связаны с вариациями состояний этих же процессов на других участках их акваторий, для достижения указанной цели необходимо изучить статистические связи межгодовых изменений данных показателей для всех участков их водных поверхностей, которые соответствуют различным месяцам.

Как источник информации о пространственно-временной изменчивости уровней и поверхностных температур на акваториях изучаемых морей избраны результаты глобального реанализа ICDC (Integrated Climate Data Center). Упомянутый реанализ содержит сведения о среднемесячных значениях данных показателей всех участков акватории Мирового океана, расположенных в узлах координатной сетки с шагом 13x13 км, для периода 1979–2017 гг. [4].

Для проверки адекватности информации, представленной в указанном реанализе, его результаты сопоставлены с аналогичными данными, представленными в реанализе AVISO, а также данными наземных наблюдений на побережьях изучаемых морей, которые получены из [5]. При этом оценивались их систематические, абсолютные погрешности на том или ином участке акватории, а также применялся корреляционный анализ и критерий Стьюдента. Это сопоставление подтвердило допустимость применения реанализа ICDC в данной работе в качестве источника фактического материала.

При оценке значимости статистических связей межгодовых изменений СМУВП и ТПО различных участков акваторий рассматриваемых морей, соответствующих каждому месяцу также применен метод корреляционного анализа и критерий Стьюдента.

Сопоставлялись временные ряды изучаемых процессов, которые описывают синхронные изменения их состояний. Во всех рассматриваемых временных рядах, выявлены и скомпенсированы линейные тренды, параметры которых оценены по методу наименьших квадратов.

Предполагалось, что минимально допустимый уровень достоверности статистического вывода о значимости связи между рассматриваемыми рядами – 95 %. Тем не менее, пороговые значения коэффициента корреляции сопоставляемых временных рядов определены и для уровня достоверности этого вывода и 99 %. Такие значения оценены с учетом числа степеней их свободы.

Результаты корреляционного анализа отображались на контурных картах соответствующих морей с применением метода триангуляции Делоне.

Для каждого моря, расположенного у побережий России, и каждого месяца оценена значимость статистических связей межгодовых изменений уровня каждого участка соответствующих акваторий, размерами 13x13 км, а также его поверхностных температур.

Установлено, что статистические связи данных процессов являются значимыми для глубоководных районов Черного, Балтийского и Берингова морей лишь в зимне-весенние месяцы. Выявленные особенности сезонной изменчивости силы связи между изменениями уровня и поверхностных температур указанных морей соответствуют современным представлениям о сезонных изменениях глубины нижней границы их верхнего квазиоднородного слоя. Чем она больше, тем толще водный слой, средняя температура и плотность которого изменяется синхронно с температурой водной поверхности и больше скорость повышения уровня при потеплении климата.

В летне-осенние месяцы такие связи значимы лишь для Охотского моря, а также некоторых прибрежных районов Арктических морей, которые в августе сентябре освобождаются от ледового покрова.

В Азовском море и на мелководных прибрежных участках акваторий прочих неарктических морей главным фактором рисков, связанных с повышением их СМУВП является активизация на них ветров, вызывающих сгонно-нагонные процессы.

Таким образом, полученные результаты подтверждают адекватность выдвинутой гипотезы и указывают участки побережий России, где при дальнейшем потеплении климата будет происходить повышение уровня прибрежных акваторий.

Целесообразность и приоритетность строительства защитных сооружений на выявленных участках морских побережий определяется вероятным ущербом при их затоплении. Поэтому оценка этого ущерба также является актуальной проблемой

рационального природопользования на морских побережьях России. Размеры этого ущерба зависят не только от населенности и вовлеченности в хозяйственную деятельность участков, которые могут быть затоплены, но и от геоморфологических характеристик их берегов. При прочих равных условиях подобные ущербы максимальны для участков побережий, которые расположены на блоках земной коры, испытывающих трансгрессию. Они всегда повышены на участках берегов, которые относятся к абразионному, аккумулятивному и абразионно-аккумулятивному типу [17], если соответствующие прибрежные территории являются низменностями с весьма незначительными уклонами их поверхности.

### **Список литературы**

1. Mörner N.-A. Sea level is not rising // Science and Public Policy Institute Reprint Series. Dec.6, 2012. 26 p.
2. Nerem R.S., Beckley D.D., Fasullo J.T. Climate-change driven accelerated sea – level rise detected in the altimeter era // Proceedings of the National Academy of Sciences 2018. 115 (9). pp. 2022–2025.
3. Climate Change 2013: The Physical Science Basis [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (дата обращения: 28.05.2019).
4. H. Zuo, M.A. Balmaseda, E. de Boisseson, A generic ensemble generation scheme for data assimilation and ocean analysis. Research Department. November 2017 [Электронный ресурс]. URL: 1783-generic ensemble generation scheme for data assimilation and ocean analysis- Adobe Reader (дата обращения: 28.05.2019).
5. Данные наблюдений за уровнем морей у побережий России. Материалы государственной системы ЕСИМО [Электронный ресурс]. URL: [http://portal.esimo.ru/dataview/viewresourceconfidential?resourceId=RU\\_RIHMI-WDC\\_410](http://portal.esimo.ru/dataview/viewresourceconfidential?resourceId=RU_RIHMI-WDC_410) (дата обращения: 28.05.2019).

## **Рациональное использование природных ресурсов при добыче полезных ископаемых**

Л. Худякова, С. Тимофеева

*Байкальский институт природопользования СО РАН,  
Иркутский национальный исследовательский технический университет  
e-mail: lkhud@binm.ru, timofeeva@istu.edu*

В настоящее время все актуальнее становятся вопросы экологической безопасности нашей планеты. Во всем мире накопилось огромное количество отходов, преимущественно, горного производства. В тоже время, некоторые отрасли промышленности, в частности стройиндустрия, испытывают дефицит высококачественных сырьевых материалов. Обладая хорошими физико-механическими показателями, отвальные породы могут заменить природное сырье при получении различных видов строительных материалов. Это позволит перейти к рациональному экологобезопасному природопользованию в интересах устойчивого развития страны.

При разработке месторождений полезных ископаемых основная масса горных пород перемещается в отвалы. Это приводит к отторжению продуктивных земель и загрязнению окружающей среды на прилегающих территориях. В числе отвальных находятся огромные объемы высокомагнезиальных пород. Практического применения они не имеют. Целью работы явилось решение вопросов утилизации отвальных пород Северо-Байкальской рудной зоны в производстве строительных материалов.

Были изучены основные свойства высокомагнезиальных пород. Установлено, что они имеют высокое качество. По нормам радиационной безопасности соответствуют I классу радиоактивности и могут использоваться для всех видов



строительных работ. Щебень из данных пород, а также отсеvy от их дробления являются альтернативой традиционным заполнителям при получении бетонов, а также асфальтобетонов повышенной водо- и сульфатостойкости. Высококачественная строительная керамика получается при введении в состав шихты для спекания тонкомолотых пород.

Особый интерес представляют исследования по использованию высокомагнезиальных отвальных пород в качестве минеральной добавки при производстве цемента. Известно, что цементное производство ресурсо- и энергоемко. Также оно является одним из загрязнителей окружающей природной среды выбросами пыли, газов. Применение отвальных пород на стадии помола позволяет значительно улучшить данные показатели, производя при этом продукцию высокого качества.

Таким образом, практическое использование высокомагнезиальных отвальных пород месторождений Северо-Байкальской рудной зоны позволит рационально использовать природные ресурсы, решить вопросы энерго- и ресурсоэффективности, а также снизить негативное воздействие существующих производств на окружающую природную среду.

### **Algorithm of real time kinematic using BeiDou regional system and the results analysis**

Zh. Huizhong, X. Aigong, X. Xinchao, G. Meng, A. Okhotin  
*Irkutsk National Research Technical University*  
*e-mail: ohotin@istu.edu*

Global Navigation Satellite Systems is the significant means to get the information of position and time. Since 1985 China has been working on the theoretical research and technical test its own navigation satellite system. According to the development and actual situation of national economic, this system is planned to be established in three steps or phases: demonstrational system, regional system and global system. The system is named as BeiDou, the BeiDou Navigation Satellite System is abbreviated to BDS (BeiDou). On December 27, 2012, the official signal-in-space Interface Control Documents (ICD) for BDS Open Services was released. The regional system is officially announced to provide positioning and navigation and timing services over the Asia-pacific region. The second phase of the construction plan of China BeiDou satellite navigation system is accomplished. The constellation of BeiDou regional system includes five Geostationary Earth Orbit (GEO) satellites, five Inclined Geosynchronous Earth Orbit (IGSO) satellites and four Median Earth Orbit (MEO) satellites.

### **Современные характеристики разнотипных водных объектов Сибири для модельной оценки и прогноза их водно-экологического состояния**

А.А. Цхай<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Институт водных и экологических проблем СО РАН*

<sup>2</sup> *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*e-mail: taa1956@mail.ru*

Вопросам типизации традиционно уделяется существенное внимание при решении задач природопользования [1]. Типизация, сравнение на предмет подобия предваряют процедуру выбора водного объекта-аналога. Особую актуальность эти

вопросы приобрели с развитием методов имитационного моделирования и прогнозирования состояния водно-экологических систем на этой основе.

**1. Подобие водных экосистем во времени** - достаточно распространенный методический прием при оценке качества поверхностных вод. Характерным примером является выделение антропогенной составляющей речного стока (например, [2]), когда используется отношение минерального растворенного кремния, слабо подверженного воздействию антропогенных факторов и влиянию водности года, к другим биогенным элементам, а также загрязняющим веществам, генетически тесно с ними связанным. В качестве базовых эмпирических коэффициентов для оценки изменения антропогенной составляющей стока используются соотношения концентраций кремния и загрязняющих веществ за начальный период.

Расчет водного стока и стока загрязняющих веществ производился по опубликованным данным наблюдений Росгидромета по двум створам реки Оби (1-ый - Камень-на-Оби, 2-ой - створ ниже Барнаула) по годам и представлен для каждого из трех периодов времени: I - 1955-1970 гг., II - 1982-1985 гг., III - 1986-1990 гг. IV - 1995-1998 гг., для которых выделено изменение антропогенной составляющей стока.

$$\text{Расчетные формулы: } K = \frac{S_{i\text{базов.ср.}}}{C_{\text{базов.ср.}}}; \quad A = B - \frac{S_{i\text{мин.раст.}}}{K},$$

где B - сток вещества за расчетный период, включающий природную и антропогенную составляющие, т;  $S_{i\text{мин.раст.}}$  - сток кремния за расчетный период, т; K - эмпирический коэффициент, равный отношению многолетних средних годовых концентраций кремния и загрязняющих веществ в базовый период, использовались в работе.

До проведения расчетов по данной методике была проверена гипотеза о постоянстве значения выноса кремния на водосборе, так как химический сток коррелирован с расходом воды. Значение коэффициента Фишера меньше, чем табличное значение для данных степеней свободы:  $F(95\%; 3.32) = 1.44 < 2.89$  для створа ниже г. Барнаула и  $F(95\%; 2.21) = 0.79 < 3.49$  для створа в г. Камень-на-Оби. Гипотеза о постоянстве среднегодового выноса кремния была принята.

Оценка изменения антропогенной составляющей химического стока производилась по следующим соединениям:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Таблица 1

Изменение доли антропогенной составляющей выноса некоторых загрязняющих веществ в створе наблюдения ниже г. Барнаула, тыс. т/год

Периоды	Mg	Cl	Ca	SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Fe	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
II	- 83,83	-21,92	- 396,96	-61,09	-1,17	47,57	- 23,85	-2,16
III	- 143,84	- 25,75	- 1133,83	-270,18	-1,13	34,25	- 42,44	-1,15
IV	- 306,40	- 67,66	- 1049,02	- 599,78		19,11		

Анализ временных тенденций полученных расчетных значений показал, что

- антропогенная составляющая стока загрязняющих веществ для большинства химических элементов, активно участвующих в природных биогеохимических циклах, имела отрицательное значение и дальнейшую тенденцию к снижению. Это связано с тем, что в базовый период на водосборе велась более активная

производственная, в первую очередь сельскохозяйственная, деятельность при низкой культуре земледелия, что привело к развитию эрозионных процессов и интенсивному вымыванию биогенных веществ из почвы;

- постоянно высокое значение антропогенной нагрузки для сравнительно химически инертного вещества (железа) в створе ниже г. Барнаула объясняется отсутствием очистных сооружений на большинстве предприятий края или недостаточной очисткой.

**2. Подобие водных экосистем в пространстве** – обычно используемый прием при прогнозе качества вод на этапе проектирования. И сегодня, раз за разом, поднимается вопрос о зарегулировании реки Томь между Новокузнецком и Кемерово с целью улучшения водоснабжения промышленного региона. Полный и мертвый объемы проектируемого Крапивинского водохранилища были бы равны, соответственно, 11,7 км<sup>3</sup> и 2,0 км<sup>3</sup>. Полезный объем водохранилища — 9,7 км<sup>3</sup> — составил бы 30% от нормы стока и 42% от стока 95% водообеспеченности в створе гидроузла. Проектный вариант режима эксплуатации водохранилища позволял бы поддерживать расход стока в зимнюю межень на уровне 600 м<sup>3</sup>/с.

В качестве водоема-аналога при этом рассматривается Новосибирское водохранилище, сходное с проектируемым по физико-географическим условиям, расположенное в той же природной зоне и имеющее близкие по величине значения характерных параметров.

В расчетах для среднего по водности 1985-86 гидрологического года были реализованы три варианта (рис. 1): первый — с реально наблюдавшимися в 1985-86 гидрологическом году во входном створе Славино значениями гидрохимических переменных, используемых в расчетах как среднемесячные величины.

Во втором расчетном варианте для поверхностного притока использовались многолетние среднемесячные значения концентраций моделируемых переменных в реке Томь. И, наконец, третий расчетный вариант был выполнен для уменьшенного в четыре раза содержания биомасс гидробионтов в притоке по сравнению со вторым. Это было необходимо для оценки чувствительности модели [3] к возможной вариации биомасс видов планктона в притоке.

Выполненное исследование привело к следующим выводам:

1) Проектируемое Крапивинское водохранилище после периода его становления не будет существенно отличаться по содержанию фитопланктона от Новосибирского водохранилища. Средняя по объему водохранилища биомасса фитопланктона в летний период будет достигать 0,3, а в отдельные периоды 1,8 мг/л.

2) Содержание минеральных форм азота (аммоний, нитриты, нитраты) в водохранилище будет изменяться в течение года, в основном, в пределах ПДК, снижаясь по сравнению с входным створом практически в течение всего года.

3) Средняя по объему водохранилища концентрация кислорода в течение года будет изменяться в пределах 7-12 мг/л.

4) Содержание взвешенных форм азота и фосфора в стоке из водохранилища составит 18-26% от концентрации на входе. Основная его доля будет интенсивно оседать на дно, лишь частично возвращаясь в воду за счет "вторичного загрязнения".

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ и Алтайского края в рамках научного проекта № 18-41-220002.

### Список литературы

- Yates, K.; et al // Trends in Ecology & Evolution. 2018. Vol. 33. № 10. P.790-802.  
Максимова М.П. // Вестник МГОУ. 2012. №2. С. 89-96.

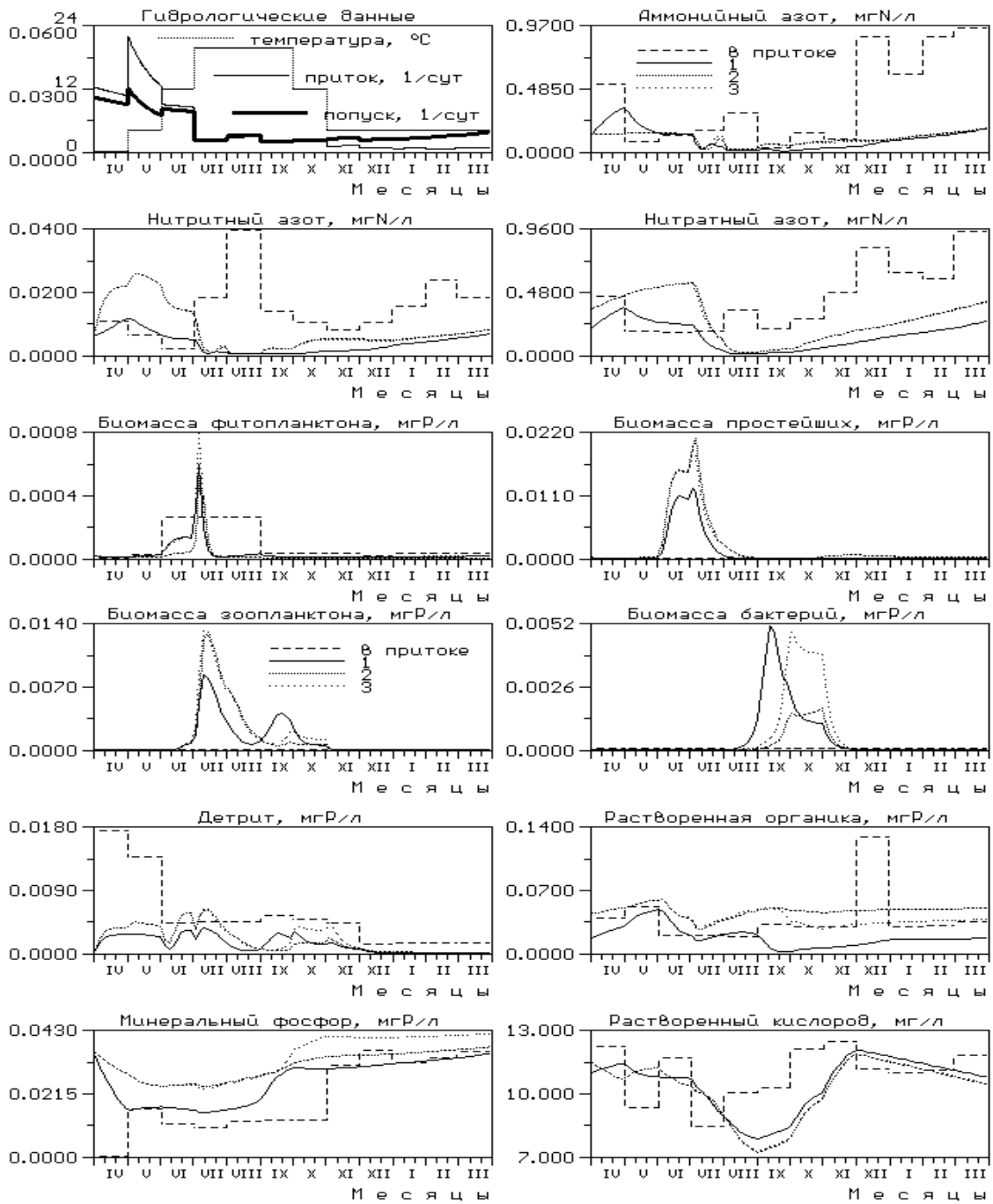


Рисунок 1. Прогноз качества воды в проектируемом Крапивинском водохранилище для условий средневодного года.

# Estimation of Straw Yield and Comprehensive Utilization Countermeasures in Baicheng Based on Remote Sensing Data

Y. Zhang, X. Lu, Z. Chen

*Jilin University, Changchun, China*

*e-mail: zhangyanh@jlu.edu.cn, luxc@jlu.edu.cn*

As a large agricultural province in northern China, Jilin Province has always been the focus of attention. This paper comprehensively uses remote sensing and geospatial technology. Based on the comprehensive utilization of straw, taking Baicheng as an example, based on the inversion of NDVI and NPP from the landsat8 remote sensing image of Baicheng in October 2017, estimating the yield of crop straw and analyzing the spatial distribution of resources, so as to comprehensively utilize the current status of straw. In-depth analysis of the problems existing in the comprehensive utilization of straw in Baicheng, such as low technology integration technology, prominent seasonal contradictions, insufficient capital investment, etc., and proposed to actively construct an industrialized innovation service system, strengthen policy and financial support, and strengthen publicity and awareness. Effective and scientific response measures such as integrated remote sensing geographic information system technology, in order to provide reference for the comprehensive utilization and effective management of crop straw in the city, and provide technical processes and methods for comprehensive utilization and prevention of straw in other areas.

## References

1. Wang Xue, Chang Zhizhou, Zhang Henggan, Wang Xiaohua. Estimation method of regional crop straw yield based on MODIS and sky map remote sensing data // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2015. 31(19). pp. 177–182.
2. Xu Xiaoling, Yu Donghai, Zhang Xiaomei, Zhu Saiman. Current Status and Development Countermeasures of Comprehensive Utilization of Crop Straw in Baicheng City // China Agriculture Information. 2015. 11. pp. 45.
3. Zhang Zhan, Wang Lisheng, Zhang Peidong, Zheng Zeyu. Application of Geographic Information System in Straw Resource Utilization // Renewable Energy. 2008. 26(06). pp. 85–90.
4. Fu Maoning. Research and Analysis on the Comprehensive Utilization Model of Crop Straw in Dong'a County // Heilongjiang Agricultural Sciences. 2018. 6. pp. 115–119.
5. Zhang Yuhong. Discussion on the status quo, problems and countermeasures of comprehensive utilization of crop straw in Guanghan City // South China Agriculture. 2016. 10(33). pp. 77–81.
6. Tang Hemin, Ge Runyu. An Empirical Analysis of Farmers' Straw Treatment Methods in Raoyang County, Hebei Province // Agricultural Sciences Research. 2018. 39(02). pp. 18–23.
7. Li Yujia. An Effective Way to Improve the Comprehensive Utilization Ratio of Straw in the Mountainous Areas of Western Yunnan // Modern Rural Science & Technology. 2018. 6. pp. 100–101.
8. Wang Feng. Discussion on the current status and countermeasures of crop straw utilization technology // Times Agricultural Machinery. 2017. 44 (01). pp. 148–150.
9. Zhang Ting, Zhang Yi-Xin, Xiang Hong-Yong. Research progress on comprehensive utilization measures of crop straws // Journal of Anhui Agricultural Sciences. 2017. 45(02). pp. 80–85+124.

## **Секция 4. Проблемы экологической безопасности и системы защиты среды обитания**

### **Section 4. Clean Technologies and Environmental Protection Systems**

#### **Радиационная безопасность Кыргызской Республики**

Б.Р. Айдаралиев, Н.Дж. Садабаева, Б.М. Сеитов

*Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан*

*e-mail: nakujan87@mail.ru*

Интенсивная деятельность во второй половине XX-столетия военно-промышленного и топливно-энергетических комплексов, поиска новых источников энергии и создание невиданного по силе ядерного и водородного оружия привели к возникновению в различных регионах земного шара горнорудных комбинатов по добыче и переработке урановой и других радиоактивных руд.

Кыргызстан имея небольшую территорию – 199,9 т. км<sup>2</sup>, с населением 5,2 млн. человек, является одним из экологических опасных регионов, на нашей территории находятся 49 урановых хвостохранилищ и 80 отвалов горных пород, где захоронено 70 млн. м<sup>3</sup> отходов уранового производства, что может в покрыть несколько слоев всю территорию нашей республики.

Добываемые ранее на территории Кыргызстана стратегическое сырье-уран, свинец, сурьма, ртуть, и другие примеси, оставили после себя экологические проблемы, которые приносят не только локальную, но и трансграничную угрозу.

Многие хвостохранилища в нашей республике формировались в пределах населенных пунктах Майлуу-Суу, Мин-Куш, Шекафтар, Сумсар, Каджи-Сай, Ак-Тюз, Кан в высокосейсмичных, подверженных современным геологическим процессам зонах. В Кыргызстане начали заниматься этой проблемой всерьез после принятия Закона «О хвостохранилищах и горных отвалах», в настоящее время завершены работы первого этапа по реабилитации хвостохранилищ на территории г. Майлуу-Суу, на эти цели выделено Всемирным банком на грантовой основе 11 млн. долл. США, выделение на полное завершение реабилитационных работ рассматривается. В стадии решения находится вопрос финансирования Мин-Кушских урановых захоронений, будут продолжены работы по приведению в безопасное состояние Каджи-Сайских хвостохранилищ.

Основные проблемы, которые на сегодня выявлены и требуют принятия мер по приведению всех хвостохранилищ в безопасное состояние являются следующие:

- при проектировании и заложении хвостохранилищ не были учтены долгосрочные мероприятия по защите от действия природных процессов (оползни, паводковые и селевые явления);
- все хвостохранилища и горные отвалы, за исключением хвостохранилища в п. Кад-жи-Сай расположены в бассейнах рек Нарын, Майлуу-Суу, Сумсар, Чу и имеют трансграничный характер;
- хвостохранилища находятся в непосредственной близости от населенных пунктов Майлуу-Суу, Мин-Куш, Шекафтар, Сумсар, Каджи-Сай, Ак-Тюз и Кан. Жилых домов и русел водотоков;
- происходит эрозия защитного слоя и дамб хвостохранилищ;
- активное воздействие опасных природных процессов на хвостохранилища (сели, паводки, оползни, землетрясения и др.);

- высокая вероятность разрушения некоторых хвостохранилищ и вынос загрязняющих отходов по водотокам на территории трансграничных государств. (Узбекистан, Таджикистан, Казахстан);

- отсутствие охраны на хвостохранилищах;
- несанкционированные раскопки цветного металла на хвостохранилищах и законсервированных горных выработках;
- усиление потенциала структур Кыргызстана в области радиационной безопасности.

Для решения этих проблем ориентировочная стоимость проведения рекультивационных работ только на хвостохранилищах составляет около 50 млн. долларов США, в том числе.

Правительством Кыргызской Республики проводится определенная работа по приведению в безопасное состояние хвостохранилищ и горных отвалов, активная работа проводимая с международными организациями реализованы ряд проектов по исследованию загрязненных территорий, мониторингу состояния хвостохранилищ, на сегодняшний день реализованы следующие проекты:

- проект правительства Чешской Республики «Геологическая разведка окружающей среды и оценка экологических нагрузок в окрестностях горнодобывающих и обогатительных комплексов». Техническая помощь-260 тыс. долл. США. Реализован 2004-2006 гг.;

- проект Международного Научно-Технического Центра Национальная Ливерморская лаборатория США, «Демонстрация уранового хвостохранилища в п. Каджи-Сай» Техническая помощь – 400 тыс. долл. США. Реализован 2004-2006 гг.;

- в 2004-2006 гг. п. Ак-Тюз реализован проект «Геоэкологические изыскания и оценка экологических нагрузок и рисков в окрестностях горно-обогатительных комплексов» финансируемый Правительством Чешской Республики;

- в 2006-2007 гг. в рамках регионального проекта «Управление радиоактивными отходами», финансируемого НАТО, проведены работы по оценке радиационной обстановки в районе п.п. Мин-Куш и Шекафтар;

- в мае 2009 года Федеральным агентством Российской Федерации, в рамках реализации решений государств членов ЕврАзЭС, начаты проектно-изыскательские работы по реабилитации (рекультивации) хвостохранилища «Туюк-Суу» в п. Мин-Куш;

- проект ПРООН «Оценка возможностей Кыргызской Республики в управлении радиоактивными отходами в трансграничном контексте» 2008-2009 гг.

Международным агентством по атомной энергии продолжается и намечается реализация ряда национальных и региональных проектов технического характера в области радиоэкологического мониторинга, оценки радиационной обстановки в (районе п. Мин-Куш), поддержки подготовительных работ по реабилитации объектов уранового производства, укрепление потенциала в сфере контролирования облучения населения и ядерной медицины, подготовке кадров и т.п.

Государственное регулирование осуществляет Агентство по атомной энергетике и радиационной безопасности при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Целью Агентства является реализация государственной политики в области атомной и радиационной безопасности.

Из анализа проблем с хвостохранилищами и радиационной безопасностью Кыргызской Республики видно, что имеются следующие проблемы, которые требуют безотлагательного решения это:

- создание комплексной системы мониторинга состояния хвостохранилищ и горных отвалов;

- перенос отдельных хвостохранилищ в безопасное место и уменьшение их количества;
- складирование мелких хвостохранилищ.

Для достижения целей защиты целостности экосистемы следует решение вышеназванных задач по снижению рисков от радиоактивного загрязнения регионов и деградации земель в прилегающих зонах.

Разработка урановых месторождений в Кыргызстане, для нужд бывшего Советского Союза оставила после себя непредсказуемые экологические последствия. Около 70 млн. м<sup>3</sup> радиоактивных отходов, законсервированных в урановых хвостохранилищах представляют сегодня большую экологическую и техногенную угрозу населению и территории в условиях природных катаклизмов.

### Список литературы

1. Государственный кадастр отходов горной промышленности Кыргызской Республики (хвостохранилища и горные отвалы), Бишкек, 2006, с.80-150.
2. Правительство КР и МЧС КР Стратегия сокращения рисков и национальный план действий по созданию потенциала противодействия бедствиям на уровне Государства и общин в Кыргызстане для реализации Хиогской декларации на период 2005-2015гг., Бишкек, 2005, 498с.
3. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Гэоэкология и отходы, Бишкек, 2009, 240с.
4. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г., Молдобаева Б.Б., Мелешко А.В. Генетические факторы развития оползней в бассейне реки Майлуу-Суу, Бишкек, Илим, 1997 г.

## Оценка содержания углеводородов в природных и сточных водах Омской области

Т. Антонова

*Омский государственный университет*

*e-mail: antonova\_omgu@rambler.ru*

Омская область относится к числу регионов с очень высоким уровнем углеводородного загрязнения водоемов. Это объясняется наличием в Омске крупных предприятий нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности. Особенно опасно то, что в составе сточных вод много токсичных аренов. Воду р. Иртыш ниже г. Омска официально относят к категории 3б («очень загрязненная»).

Суммарное содержание углеводородов (УВ) в водах в виде интегрального показателя «нефтепродукты» (НП) оценивают методом ИК-спектрометрии, при этом не учитывается неполнота извлечения аренов при экстракционном концентрировании и внутригрупповая селективность сигналов. Суммарное содержание аренов природоохранными организациями вообще не контролируется.

Предложены новые методики определения суммарного содержания УВ (ИК-спектрометрия) и, отдельно, наиболее токсичных из них – аренов (ГЖХ и УФ-спектрометрия). Особенностью новых методик является использование градуировок, построенных по экстрактам из водных модельных смесей углеводородов известного качественного и количественного состава. Такой подход позволяет снизить влияние внутригрупповой селективности сигналов на результат анализа и учесть потери аналитов при их концентрировании.



Результаты анализа более 200 природных и сточных вод Омской области по новым методикам сопоставляли с результатами, полученными по стандартным методикам. Сделаны следующие выводы:

1. Определяемые по стандартным методикам значения показателя НП достоверно (в 1,5-2 раза) ниже суммарного содержания УВ, найденного по новой методике, что свидетельствует о недооценке углеводородного загрязнения водоемов при использовании стандартных методик анализа.

2. Найденные по новой методике суммарные содержания УВ в исследованных водоемах превышают нормативное значение показателя «нефтепродукты» или находятся на уровне ПДК.

3. Анализ одних и тех же проб по двум разработанным в ОмГУ методикам приводит близким оценкам суммарного содержания аренов С6-С9. Статистически достоверные различия не выявлены, что подтверждает правильность полученных оценок.

4. Суммарное содержание аренов в р. Иртыш сравнительно невелико (на уровне ПДК толуола). В очищенных сточных водах омских предприятий суммарное содержание аренов на 1-3 порядка превышает ПДК толуола и бензола.

## **Построение математической модели распространения волны горения в СВ-синтезе функциональных боридов, использующихся для защиты от смешанного ионизирующего излучения**

М.М. Балачков, М.С. Кузнецов, А.А. Пермикин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

*e-mail: aap71@tpu.ru*

Использование атомной энергетики неразрывно связано с ионизирующим излучением (ИИ), которое присутствует на всех этапах ядерно-топливного цикла. Ионизирующее излучение подразделяется на четыре группы:

- тяжелые положительно заряженные частицы;
- легкие заряженные частицы;
- фотонное излучение;
- нейтронное излучение [1].

В качестве наиболее эффективного средства защиты от ИИ используют экраны, уменьшающие интенсивность излучения. Первые две группы имеют малую длину пробега в любых конденсированных средах, поэтому вопрос о защите от этих частиц обычно не рассматривается. Фотонное и нейтронное излучения, напротив, имеют большие длины пробега практически во всех веществах. Выбор материалов для экранов зависит от типа налетающих частиц, так для фотонов используют материалы, содержащие химические элементы с большим атомным номером, такие как свинец, вольфрам и различные стали. Для защиты от нейтронного излучения применяют водородосодержащие среды: вода, полиэтилен, парафин и др., так же возможно использование элементов, сильнопоглощающих нейтроны, таких как бор и кадмий [2].

Обычно нейтронное излучение сопровождается фотонным, поэтому для защиты от них применяются комбинации различных материалов или композиты. Одним из таких материалов является борид вольфрама (WB). Наличие в соединении вольфрама позволяет использовать данный материал для защиты от фотонного излучения, а бора – для нейтронного. К тому же, данное соединение обладает высокой плотностью, порядка  $15,5 \text{ г/см}^3$ , что положительно сказывается на его защитных свойствах [3].

Бориды вольфрама получают прямым синтезом из элементов, карботермическим восстановлением оксидов металлов и бора, боротермическим восстановлением оксидов металлов [4]. Так же возможно получение WB методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [5].

СВ-синтез – перспективная материаловедческая технология основанная на способности ряда химических элементов и их соединений вступать в экзотермические реакции.

СВС включает в себя следующие этапы:

- к заготовке, состоящей из смеси порошков, точно подводится тепло;
- тонкий слой реагентов нагревается и вступает в экзотермическую реакцию;
- посредством теплопроводности соседний слой образца нагревается до температуры инициации синтеза и начинается экзотермическая реакция;

– волна реакций распространяется по всему образцу.

Процесс синтеза представлен на рисунке 1.

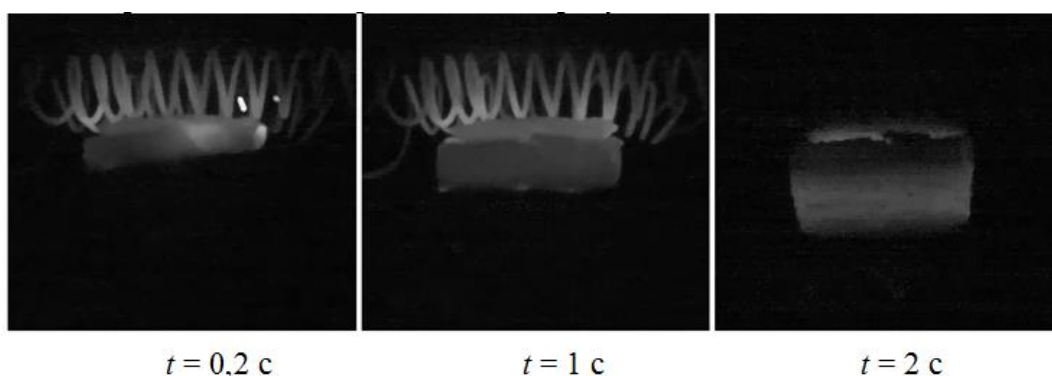


Рисунок 1. Прохождение процесса СВС

Большое влияние на свойства конечного продукта в процессе синтеза оказывают условия подготовки шихты: давление прессования порошков, соотношение количества исходных реагентов, предварительный подогрев образца и другое. В связи с этим возникает необходимость построения математической модели распространения волны горения в процессе СВ-синтеза для прогнозирования свойств полученных материалов.

Так как большинство процессов, происходящих во время СВС, связаны с теплопроводностью и химическими превращениями, математическая модель основана на уравнении теплопроводности и уравнении, описывающего изменение доли продукта химической реакции, соответственно [6]:

$$c \cdot \rho \cdot \frac{\partial u}{\partial t} = \lambda \cdot \Delta u + f(\vec{r}, u, \eta); \quad \frac{d\eta}{dt} = k(u) \cdot \varphi(\eta), \quad (1)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость образца;  $\rho$  – плотность образца;  $u$  – температура;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности образца;  $f(\vec{r}, u, \eta)$  – функция тепловых источников;  $\vec{r}$  – радиус вектор;  $t$  – время;  $\eta$  – массовая доля продукта химической реакции;  $k(u)$  – функция скорости протекания химической реакции;  $\varphi(\eta)$  – кинетическая функция протекания химической реакции.

Функции теплового источника, скорости химической реакции и кинетическую функцию можно представить в следующем виде соответственно:

$$f(\vec{r}, u, \eta) = Q \cdot \rho \cdot k(u) \cdot \varphi(\eta); \quad (2)$$

$$k(u) = k_0 \cdot \sqrt{u} \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot u}}; \quad \varphi(\eta) = e^{-m \cdot \eta} \cdot \eta^{-n} \cdot (1 - \eta)^{n_x},$$

где  $Q$  – удельный тепловой эффект реакции;  $k_0$  – предэкспоненциальный множитель;  $E_a$  – энергия активации химической реакции;  $R$  – постоянная Больцмана;  $m, n_T$  – параметры торможения;  $n_x$  – порядок химической реакции.

Теплофизические свойства всей смеси можно определить с помощью следующих соотношений:

$$c = c_f \cdot \eta + (c_1 \cdot \eta_1 + c_2 (1 - \eta_1)) \cdot (1 - \eta);$$
$$\lambda = (\lambda_f \cdot \eta + (\lambda_1 \cdot \eta_1 + \lambda_2 (1 - \eta_1)) \cdot (1 - \eta)) \cdot \frac{\rho}{\rho_0}, \quad (3)$$

где  $c, \lambda_{f, 1, 2}$  – удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности синтезируемого вещества, первого реагента и второго реагента соответственно;  $\rho_0$  – максимальная теоретическая плотность образца.

Граничные условия можно выбирать любыми в зависимости от поставленной задачи. Данная модель позволяет прогнозировать фазовый состав конечного продукта, а так же определять температурные режимы синтеза.

### Список литературы

1. Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие. Томский политехнический университет. 5-е изд., доп. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. 427 с.
2. Голубев Б.И. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: учебник для вузов / Б.И. Голубев; под. ред. Е.Л. Столяровой. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986. 464 с.
3. Самсонов Г.В., Серебрякова Т.И., Неронов В.А. Бориды. М.: Атомиздат, 1975. 376 с.
4. Гурин В.Н. Методы синтеза тугоплавких соединений и перспективы их применения для создания новых материалов // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. 1979. №. 3. С. 212–222.
5. Амосов А.П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов: учебное пособие / А.П. Амосов, И.П. Боровинская, А.Г. Мержанов. М.: Машиностроение–1, 2007. 471 с.
6. Князева А.Г. Макрокинетика: понятия, определения, приложения: учебное пособие. Томск: Изд-во Типография ООО «С-принт», 2014. 36 с.

## Лесные пожары и их экологические проблемы на территории Иркутской области

Л.И. Белых

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: belariv2000@yandex.ru*

Изучена динамика лесных пожаров в Иркутской области и ее районах. За последние 30 лет наблюдается тенденция к увеличению площади лесных пожаров, охваченных огнем. Выявлены районы с высокими лесными пожарами. Проведено сравнение динамики содержания бенз(а)пирена в атмосфере городов и показателей пожаров в регионе и его районах. Установлено, что содержание бенз(а)пирена в воздухе во многих городах линейно зависит от площади лесных пожаров. Изучена взаимосвязь динамики лесных пожаров и численности охотничьей фауны в Иркутской области. С помощью линейных корреляций подтверждено положительное влияние пожаров на популяцию семейства оленых (Cervidae), псовых (Canidae), кошек (Felidae), медведей (Ursidae) и фазанов (Phasianidae), обусловленное одним из таких

факторов, как миграция животных из горящих близлежащих районов. Выявлена неустойчивая и отрицательная динамика численности популяций семейства куньи (Mustelidae).

## **Теплоисточники малой мощности и их канцерогенная опасность для атмосферы городов Иркутской области**

Л.И. Белых, М.А. Максимова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: belariv2000@yandex.ru, marinamaximova@outlook.com*

Мониторинг состояния атмосферного воздуха в городах России выявляет систематические превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) многих вредных веществ. Среди них значительную долю составляет канцерогенный Б(а)П – индикатор приоритетных стойких органических загрязнителей группы ПАУ. Данные вещества образуются в процессах неполного горения и пиролиза органических материалов, в частности при сжигании топлива в различных теплоисточниках, поэтому загрязнение атмосферы больше наблюдается для отопительного сезона. Особенно это характерно городам Сибири и Дальнего Востока, в которых сохраняется высокая доля котельного и индивидуального отопления углем и дровами. Так, в городах Иркутской области только около 60 % населения проживает в благоустроенных условиях с центральным отоплением, остальные в условиях обеспечения теплом от теплоисточников «малой» мощности. В городах с таким видом отопления максимальные среднемесячные концентрации Б(а)П в воздухе превышают ПДК в десятки раз.

Целью работы являлось изучение процесса горения твердых видов топлива в теплоисточниках «малой» мощности типа отопительных котельных и домашних печей как источников выбросов канцерогенных веществ в атмосферу на примере городов Иркутской области

Изучена динамика выбросов продуктов неполного сжигания углей и дров Восточной Сибири от отопительных угольных и мазутных котельных, домашних печей с периодической ручной заброской топлива. Показано влияние температуры и кислорода, вида и способа сжигания, конструкции топочного устройства, состава топлива на экологическую эффективность горения.

Предложена методика определения удельных и валовых выбросов исследуемых веществ на основе методического подхода к определению суммарных выбросов за цикл горения топлива. Рассчитаны удельные выбросы твердых частиц, СО, сажи, Б(а)П и 10 ПАУ от «малых» угольных и мазутных котельных, домашних печей для каменных (черемховский, тугнуйский) и бурых (азейский, мугунский, бородинский) углей, дров (сосна) и мазута. Установлено, что различие между удельными выбросами больше определяется видом топлива (уголь, мазут, дрова), чем маркой угля.

Дана структура котельных и доли печного отопления для Иркутской области и 10 ее крупных городов, а также видов и количества потребляемого ими топлива. Оценены валовые выбросы продуктов неполного горения в атмосферу городов. Показано, что максимальные выбросы вредных веществ найдены у городов с наибольшей долей печного отопления, и минимальные – у городов с центральным отоплением, включая промышленные города. Получены прямые корреляции между содержанием Б(а)П в атмосфере ряда городов и величины его валовых выбросов.

Определены возможные мероприятия по снижению выбросов вредных и канцерогенных веществ от «малых» теплоисточников путем оптимизации процесса

горения (вид топлива, фракционирование угля, качественная подача воздуха), модернизации мелких котельных (механическая подача фракционированного угля), внедрение альтернативных теплоисточников и топлива (электроустановки, древесные отходы, газ).

### Список литературы

1. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2016 год. СПб, 2017.
2. Jenkins B., Jones A.D., Turn S.Q., Williams R.B. Emission factors for polycyclic aromatic hydrocarbons from biomass burning // *Environmental Science and Technology*. 1996. 30. pp. 2462–2469.
3. Nakajima D., Nagame S., Kuramochi H. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon generation behavior in the process of carbonization of wood // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2007. 79. pp. 221–225.
4. Vergnoux A., Malleret L., Asia L. et. al. Impact of forest fires on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) level and distribution in soils // *Environmental Research*. 2011. 111. pp. 193–198.
5. Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2016 год. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017.
6. Ravindra K., Sokhi R., Grieken, R. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation // *Atmospheric Environmen.* 2008. 42. pp. 2895–2921.
7. Ancelet T., Davy P.K., Trompeter W.J. et. al. A comparison of particulate and particle-phase PAH emissions from a modern wood burner with those of an old wood burner // *Air Quality and Climate Change*. 2010. 44. pp. 21–24.
8. Kistler M. Particulate matter and odor emission factors from small scale biomass combustion units. Chapter 5. Particulate phase PAHs emissions from combustion of central european wood types in modern residential stoves. Dissertation. Wien: Eingereicht an der technischen universität, Fakultät für technische chemie, 2012. pp. 119–161.
9. Radian Corporation Locating and estimating air emissions from sources of polycyclic organic matter. Report number Radian. 1995. 298-130-43, prepared for US EPA.
10. Wenborn M.J., Coleman P.J., Passant N.R., Lymberidi E., Weir R.A. 1998. Speciated PAH Inventory for the UK. AEAT-3512/20459131/ISSUE 1/DRAFT.
11. ЕМЕР/ЕЕА emission inventory guidebook. 2013.
12. Zhang Y., Tao S. Global atmospheric emission inventory of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for 2004 // *Atmos. Environ.* 2009. 43 (4) pp. 812–819.
13. Отчет министерства жилищной политики, энергетики и транспорта Иркутской области за 2017 год. Иркутск, 2017. 179 с.
14. Стратегия социально-экономического развития Иркутской области на период до 2030 года. Иркутск, 2017. 230 с.
15. Схема и программа развития электроэнергетики Иркутской области на период 2019–2023 годы, утверждена указом Губернатора Иркутской области от 21 августа 2018 года № 161-уг. Иркутск, 2018. 173 с.
16. Белых Л.И., Максимова М.А. Эколого-технологическая модернизация Иркутского алюминиевого завода и ее влияние на канцерогенную опасность для города Шелехова // *Экология и промышленность России*. 2018. 22 (9). С. 8–13.

## **Накопленный экологический ущерб здоровью работающих в производстве винилхлорида**

Г.М. Бодиенкова<sup>1,2</sup>, С.С. Тимофеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

<sup>2</sup>*Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований*

*e-mail: sstimofeeva@mail.ru*

Производство винилхлорида (ВХ) является одним из крупнейших по объему выпускаемых органических полупродуктов мирового химического производства, потребление которых растет быстрыми темпами, и по прогнозным оценкам IHS будет расти по 2020 г. в размере 4,2 % в год. ВХ относится к одним из самых распространенных высоко опасных (1 класс опасности) химических веществ, загрязняющих производственную и окружающую среду. Известно, что при воздействии высоких концентраций ВХ и его производных в условиях производства возможно поражение центральной, периферической нервной, иммунной, сердечно-сосудистой и других систем. Результаты исследований, выполненные в предыдущие годы рядом авторов свидетельствуют о превышении максимально допустимых концентраций ВХ в воздухе производственных помещений в 10–30 раз. При аварийных ситуациях эти значения достигали 800–1500 мг/м<sup>3</sup>. Высокие значения среднегодовых уровней токсиканта продолжали сохраняться продолжительное время, а наиболее высокие значения ( $7,1 \pm 2,1$  до  $13,5 \pm 1,6$  мг/м<sup>3</sup>) определяли с 1994–2000 гг. За последние годы условия труда рабочих в основном соответствуют гигиеническим нормативам. Однако нельзя исключить накопленный в течение продолжительного времени экологический ущерб, как окружающей среде, так и здоровью работников. В этой связи представляло определенный интерес проанализировать в динамике изменения функциональных резервов организма стажированных работников

Цель работы – проанализировать экологический ущерб здоровью работающих при длительном воздействии производственных факторов на основании оценки изменений медиаторов воспаления в динамике у стажированных работников без признаков нарушений здоровья и лиц с начальными проявлениями нейроинтоксикации винилхлоридом.

Установлено, что при длительном воздействии неблагоприятных факторов на работающих в производстве ВХ зарегистрировано нарастание напряженности иммунитета (в динамике через 5 лет) у здоровых рабочих и дисбаланса в системе про-противовоспалительных цитокинов у лиц с начальными проявлениями нейроинтоксикации ВХ. Снижение степени выраженности компенсаторно-защитных реакций, не позволяющих при продолжающемся хроническом воздействии ВХ в полной мере реализовать защитные механизмы, способствует накоплению экологического ущерба здоровью работающих. Полученные результаты обуславливают необходимость своевременного выявления начальных функциональных изменений, указывают на высокую информативность биомаркеров (IL-1 $\beta$ , TNF $\alpha$ , INF $\gamma$ , IL-4, S-100, NF-200, ОБМ) и возможность использования их для мониторинга степени выраженности патологического процесса. Выявление ведущих иммунопатогенетических факторов нарастания неврологического дефицита может являться основой для разработки способа прогнозирования индивидуального риска развития профессиональных нейроинтоксикаций

## Список литературы

1. Винилхлорид [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Винилхлорид> (дата обращения: 28.04.2019)
2. Bolt H.M. Vinyl chloride-a classical industrial toxicant of new interest // *Critical reviews in toxicology*. 2005. 35 (4). pp. 307–323.
3. Chiang S.Y., Swenberg J.A., Weisman W.H., Skopek T.R. Mutagenicity of vinyl chloride and its reactive metabolites, chloroethylene oxide and chloroacetaldehyde, in a metabolically competent human B-lymphoblastoid line // *Carcinogenesis*. 1997. 18 (1). pp. 31–36.
4. Dogliotti E. Molecular mechanisms of carcinogenesis by vinyl chloride // *Annlidell superiore di sanita*. 2006. 42 (2). pp. 163–169.
5. Hsieh H.I., Chen P.C., Wong R.H., Du C.L. Chang Y.Y., Wang J.D., Cheng T.J. Mortality from liver cancer and leukaemia among polyvinyl chloride workers in Taiwan: an updated study // *Occup Environ Med*. 2011. 68 (2). pp. 120–125.
6. Лемешевская Е.П., Жукова Е.В. Вопросы гигиены труда в крупнотоннажном производстве поливинилхлорида // *Медицина труда и промышленная экология*. 1995. 6. С. 17–20.
7. Мещакова Н.М., Соседова Л.М., Шаяхметов С.Ф. Токсико-гигиенические аспекты влияния условий труда на здоровье работающих в производстве винилхлорида и поливинилхлорида: монография. Иркутск: НЦРВХ СО РАМН, 2014. 166 с.

## Complementary utilization of industrial solid wastes to prepare high-performance, green materials

W. Wang, X. Wang

*Shandong University, Jinan, China*

*e-mail: wwenlong@sdu.edu.cn, xujiang.wang@outlook.com*

The generation and treatment of solid wastes, including coal ash, coal gangue, by-product gypsum, red mud, carbide slag, sludge, construction waste, etc., are unavoidable in metallurgy, mining, coal power, chemical engineering and other industrial sectors. The traditional approach to utilize solid waste is to explore its potential value only based on its interior physicochemical compositions and properties, but the products are usually not competitive due to the limited added value. The Wastes-to-Green Materials research group in Shandong university put forward an idea of complementary utilization of varied solid wastes and developed a technology to prepare sulfoaluminate high-activity material (SHAM) entirely with industrial solid wastes as raw materials. The SHAM shows good characteristics of rapid hardening and high early mechanical strength, with a compressive strength of pure paste amounting to 60MPa in 1 day and 80MPa in 3 days. The high performance and low cost of SHAM enables a variety of green material products can be derived from it, such as 3D-printing material for construction, quick repairing material, functional concrete, marine engineering material and traffic engineering material, etc. Under this conception, the large-scale utilization of solid wastes can be realized owing to the high performance and added value of green material products, and a circular industry chain can be built up to promote environment protection and low-carbon development of the society.

## References

1. Xingliang Yao, Wenlong Wang, Min Liu, Yonggang Yao, Shuang Wu. Synergistic use of industrial solid waste mixtures to prepare ready-to-use lightweight porous concrete // *Journal of Cleaner Production*. 2019. 211. pp. 1034–1043.

2. Changzai Ren, Wenlong Wang, Shuang Wu, Yonggang Yao. Preparation of sulphoaluminate-magnesium potassium phosphate cementitious composite material under low-temperature // Construction and Building Materials. 2019. 202. pp. 246–253.

3. Changzai Ren, Wenlong Wang, Yanpeng Mao, Xueliang Yuan, Zhanlong Song, Jing Sun, Xiqiang Zhao. Comparative life cycle assessment of sulfoaluminate clinker production derived from industrial solid wastes and conventional raw materials // Journal of Cleaner Production. 2017. 167. pp. 1314–1324.

4. Changzai Ren, Wenlong Wang, Guolin Li. Preparation of high-performance cementitious materials from industrial solid waste // Construction and Building Materials. 2017. 152. pp. 39–47.

5. Wenlong Wang, Xujiang Wang, Jianping Zhu, Peng Wang, Chunyuan Ma. Experimental investigation and modeling of sulfoaluminate cement preparation using desulfurization gypsum and red mud // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2013. 52(3). pp. 1261–1266.

## **Обоснование параметров технологии подземной разработки золоторудных тел Коневинского месторождения**

Д.С. Васильев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: denisvasilyew@yandex.ru*

Коневинское месторождение расположено в высокогорье Восточных Саян в районе с неразвитой инфраструктурой, приравненном к Крайнему Северу. Разработку золоторудного месторождения подземным способом ведет ГОК «Коневинский» в сложных условиях геологической среды.

Рудные тела жильного типа представлены крутопадающими (средний угол падения –  $75^\circ$ ) тонкими кварцевыми жилками мощностью 0,01–0,07 м в зоне рудных березитов, средняя мощность которых – 0,4 м, с невыдержанными параметрами по мощности и углам залегания, крайне неравномерным содержанием металла. Тела имеют столбообразное распространение по простиранию до 300 м и падению до 450 м.

Вмещающие породы представлены гнейсовидными березитами, березитизированными гранодиоритами и рассланцованными микродиоритами. В массиве горных пород преобладают две системы трещин – система крутопадающих трещин, субпараллельных контактам рудного тела, и система секущих пологих трещин. Концентрация трещин носит дискретный характер.

Горные работы ведутся в условиях криолитозоны, температура массива горных пород меняется от минус  $4^\circ\text{C}$  на горизонте +2365 м до нуля на горизонте +2165 м. Водоприток в шахте отсутствует. Руда и вмещающие породы средней устойчивости, крепостью по шкале профессора М.М. Протоdjаконова 10–15.

Балансовые запасы руды обрабатывались системой с магазинированием руды, а запасы ниже горизонта +2315 м – с применением полевой подготовки и использованием самоходной техники [10]. Применение последней доказало свое преимущество в производительности по системе разработки. Основной положительный фактор – самотечная доставка руды на плоское днище с высокопроизводительной отгрузкой руды с ортов-заездов погрузочно-доставочными машинами в автосамосвалы. Анализ опыта отработки выявил, что при сужении очистного пространства менее 1 м неизбежно происходит его заклинивание от негабаритов вторичного разубоживания, а возникшее зависание руды при выпуске приводит к неплановым затратам по его ликвидации и к срыву плана добычи руды в блоке. В условиях отрицательных



температур зависшая руда смерзается, что приводит к ее потере и перенастройке системы добычных работ. Невозможность поддержания боков креплением и целиками при сохранении минимальной выемочной мощности и сплошная выемка балансовых запасов привели к ухудшению качества руды. Так, общее разубоживание руды достигло 67 %, что послужило причиной нерентабельной работы производства.

Таким образом, возникла острая необходимость совершенствования технологии разработки месторождения. С этой целью сотрудниками Иркутского национального исследовательского технического университета была изучена геологическая среда и проведены исследования геомеханического состояния массива горных пород при ведении очистной выемки руды и разработаны параметры эффективной подземной геотехнологии.

Проведенные исследования состояния геологической среды выявили закономерность, состоящую в том, что распределение содержания металла в руде крайне неравномерно и носит дискретный характер. Убогие руды в площади балансовых запасов руды составляют 14,5 %.

Методом щелевой разгрузки определено напряженно-деформированное состояние массива на глубинах разработки до 300 м. Расчетами с применением математического моделирования установлены параметры допустимых обнажений боков очистной выемки, которые показали, что массив устойчив и не склонен к обрушениям при пролетах очистного пространства до 100 м (два этажа) при ширине блока 50 м, что подтверждается опытом отработки при отрицательных температурах и глубинах до 300 м. С глубиной более 300 м и выходом из криолитозоны, а также в зонах повышенной трещиноватости пролет сокращается до 50 м, ширина блока – до 20 м. Исследование трещиноватости массива выявило закономерность того, что области интенсивной трещиноватости располагаются дискретно и не превышают 60 % площади отработки балансовых запасов руды. После производства взрывных работ происходит разрушение приконтактных вмещающих пород на глубину в среднем 0,3 м в связи с субпараллельной и секущей трещиноватостью. Многолетняя мерзлота практически не противостоит данному виду нарушения устойчивости боковых пород, более того, негативно влияет на смерзание зависшей отбитой руды на расклинных вывалах породы очистного пространства. Эти области и являются причиной повышенного разубоживания. На основе проведенных исследований сделан вывод, что применение системы с магазинированием руды в подобных условиях неэффективно по причине вовлечения в отработку убогих руд, превышения на 24 % нормативного разубоживания. Переход же на отработку короткими магазинами на глубинах свыше 300 м, безусловно, дополнительно утяжелит экономику.

В результате научно-исследовательских и опытно-промышленных работ, проведенных сотрудниками Иркутского национального исследовательского технического университета и ООО «Хужир Энтерпрайз», для отработки балансовых запасов тонких крутопадающих золотосодержащих жил предложена система подэтажной отбойки руды уступным забоем по простиранию с нисходящим порядком выемки и опорным креплением.

При отработке рудного тела мощностью 0,4 м применима только шпуровая отбойка. Для снижения сейсмического воздействия взрыва на вмещающие породы и возможности контролировать отклонение направления рудного тела, исходя из опыта ведения взрывных работ, длина шпура принята не более 1,5 м. Отбойка руды производится уступами высотой не более двух метров (рисунок 1). Высота уступа выбрана с позиции сохранения устойчивости бортов и ее контроля, а также подготовки полков для бурения, с которых можно обурить полностью забой с одного места. Такого

вида отбойка производительна и позволяет безопасно вести буровые работы без сверхнормативного подрыва боковых пород [1-14].

Количество уступов выше подэтажа – не более двух. Выемка руды по нижнему уступу должна идти с опережением не менее 3–3,5 м, а опережение подэтажа – также не менее трех метров. Такое опережение обусловлено безопасностью нахождения бурильщика под защитой уступа, необходимостью контролировать состояние устойчивости обнажений в зоне производства буровых работ и одновременно вести буровые работы в забоях. Бурение шпуров нижнего уступа производится с навала руды. Продвижение уступов осуществляется по простиранию от рудоспуска к границе фланга отбойки. Оставляемый подэтажный целик высотой 1,6 м разрезается окнами через 3 м для осуществления вентиляции и обрабатывается в отступающем порядке с учетом забалансовых участков.

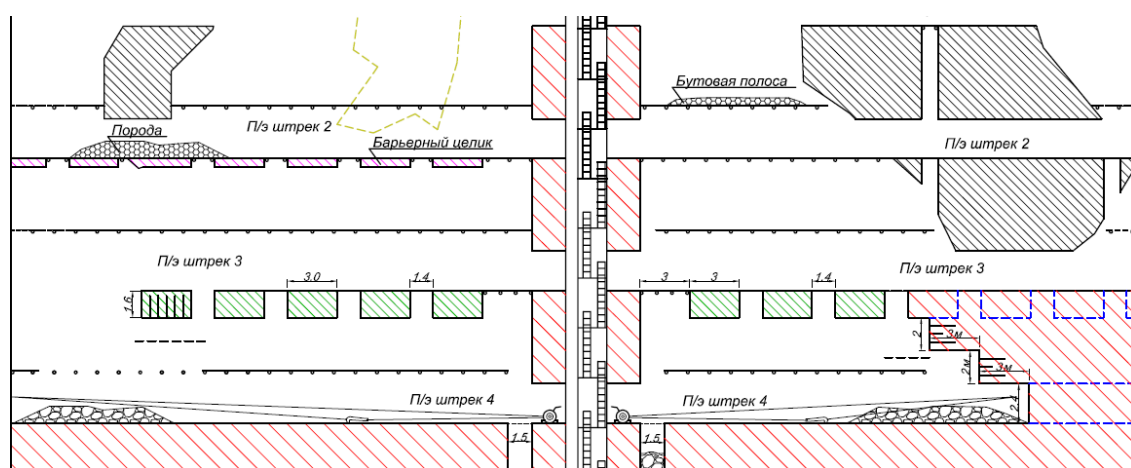


Рисунок 1. Выемка балансовых запасов уступным забоем по простиранию

Очистная минимальная выемочная мощность при отработке уступами равна 0,6 м, а при выемке целика – 0,5 м. Данное минимальное очистное пространство позволит выполнить работу по оборудованию полков для бурения, привести в безопасное состояние рабочие места, произвести бурение шпуров переносными перфораторами и осуществить передвижение по блоку.

Доставка руды производится с помощью скреперной установки по подэтажу до рудоспуска. Сечение подэтажного штрека обусловлено возможностью для прохода персонала, размером скреперного ковша, вместимостью в нем руды после отбойки подэтажа и уступов. Длина подэтажного штрека выбирается на основе условий оптимальной производительности скреперной доставки, кривизны рудного тела и устойчивости массива вмещающих пород. Так, например, при длине штрека 30 м допустимые напряжения в массиве снижаются в 1,4 раза по сравнению с длиной 50 м.

Выемка запасов ведется в нисходящем порядке. Общая высота подэтажа с учетом подэтажного штрека и целика – 8 м. Это позволяет сохранить устойчивость обнажений боковых пород с минимальными затратами на поддержание и локализовать отработанное пространство от рабочей зоны ведения работ. После очистной выемки подэтажа производится локализация его отработанного пространства от воздействия возможного обрушения вмещающих пород на рабочее пространство нижележащего подэтажа путем сохранения выше подэтажного штрека предохранительных полков. Кроме этого, путем подрыва боковых пород на уложенное перекрытие создаются регулярные бутовые полосы, которые обезопасят от влияния воздействия воздушной волны и будут служить искусственными податливыми целиками, а также создадут

барьер от возможных обрушений. В криолитозоне бутовая полоса проливается водой, после чего порода смерзается и образуется искусственный целик, а в талых породах она проливается цементным молочком. Бутовую полосу можно заменить полосой из барьерных целиков и перекрытых окон. Расчеты показывают, что бутовую полосу достаточно возводить через три подэтажа, то есть через 24 м. При этом напряжения горных пород не превышают допустимых на участках очистной выемки руды размерами 30×24 м и сохраняется устойчивость бортов на глубинах более 300 м с положительными температурами массива пород.

Очистные работы проводятся в обе стороны от восстающего. Данный порядок выемки позволяет в зависимости от условий геологической среды менять длину и высоту отработки, оставлять породные и забалансовые целики, а в местах с мощностью рудного тела менее 0,3 м вести щелевую селективную выемку руды с оставлением породы в подэтаже или отдельной ее выдачей. Предлагаемая технология исключает попадание породы возможных отслоений с бортов в руду. Кроме того, данный порядок выемки посредством изменения конструктивных параметров позволяет регулировать скорость погашения запасов, следовательно, регулировать процесс горного давления в массиве горных пород [11].

В трещиноватых вмещающих породах, склонных к вывалам, перед отбойкой уступов кровля крепится металлическими анкерами на минеральной основе через штрипсы (рисунок 2).

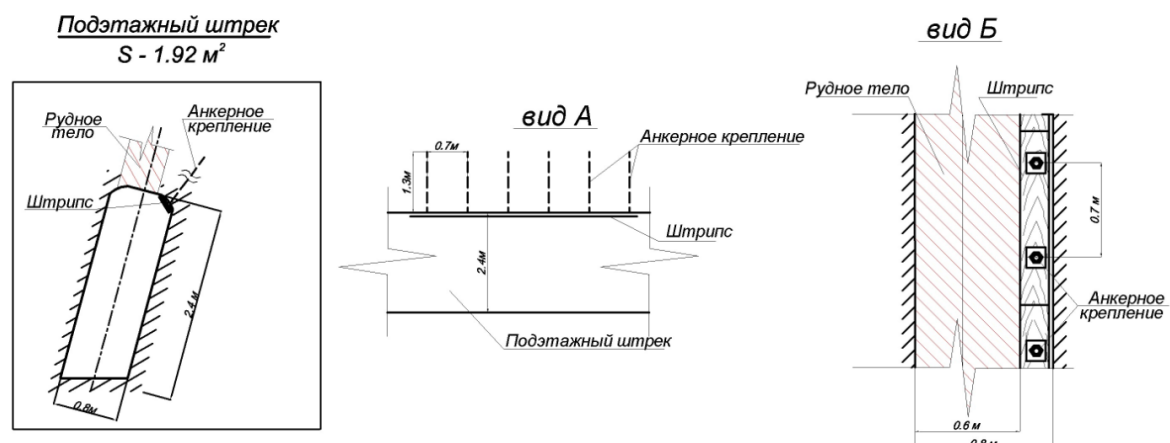


Рисунок 2. Разновидность анкерного опорного крепления пород кровли подэтажного штрека перед процессом отбойки уступа

Данное крепление вмещающих пород не позволяет развиваться процессу сползания пород по контактам трещин, что поможет сформировать минимальное очистное пространство на уступах.

Бурение верхнего уступа и подэтажного целика производится с подвесных полков (рисунок 3). Дюралевые или другого вида полки укладывают на траверсы, которые подвешивают на цепочках к анкерам, закрепленным в подбурках с помощью металлических клиньев. Полки и крепление – многоразового пользования. Для дополнительной перестановки полка в качестве опоры используется распорная винтовая стойка. Также могут применяться полки из дерева (рисунок 4). Оборудование предохранительных полков производится посредством установки деревянных распорных стоек через 1,5 м с перекрытием из досок толщиной не меньше 0,04 м.

На основе состояния устойчивости горных пород, работы оборудования, передвижения персонала и перемещения грузов высоту этажа рекомендуется принять 70 м [12].

Погрузка руды из рудоспусков осуществляется через люк с секторным затвором в автосамосвал, стоящий в орте-заезде под погрузку.

Целики, оставшиеся после выемки запасов вдоль восстающего, обрабатываются в последнюю очередь в отступающем порядке попарно снизу-вверх.



Рисунок 3. Рабочие подвесные полки



Рисунок 4. Рабочие и предохранительные полки из дерева

Подготовительные работы осуществляются проходкой с помощью проходческого комплекса восстающего. На горизонтах, в лежачем боку проходится рудный и полевой штреки.

Эффективность предлагаемой системы разработки по сравнению с системой с магазинированием достигается за счет:

- снижения горно-подготовительных работ в два раза на 1000 т балансовой руды;
- гибкой системы отработки, позволяющей оставлять породные и забалансовые целики, а также вести селективную выемку руды, оперативно в ходе отработки менять размеры подэтажа;
- снижения выемочной мощности в 1,9 раза;
- применения механизированной проходки восстающего с исключением срубового крепления;
- погрузки руды из рудоспусков из люков без работы погрузчиков;
- снижения объема перевозки горной массы и переработки руды на один грамм добытого металла.

Применение данной системы разработки позволит улучшить качество добываемой руды в два раза, при этом достигать производительности труда горнорабочего по жильной массе в смену не менее, чем с системой с магазинированием руды, и в целом снизить издержки по производству металла и выйти на рентабельную работу.

### Список литературы

1. Агошков М.И., Мухин М.Е., Назарчик А.Ф. Системы разработки жильных месторождений. М.: Госгортехиздат, 1960. 376 с.
2. Агошков М.И. Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений. М.: Недра, 1966. 663 с.

3. Баклашов И.В. Геомеханика: учеб. для вузов. М.: Издание МГГУ, 2004. 208 с.
4. Боликов В.Е., Константинова С.А. Прогноз и обеспечение устойчивости капитальных горных выработок. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 374 с.
5. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках. М.:Недра, 1994. 208 с.
6. Воронов Е.Т. Бондарь И.А. Повышение безопасности и эффективности подземных горных работ на рудниках Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск 4 Забайкалье. 2007. С. 92–96.
7. Галченко Ю.П. Высокоэффективная технология разработки крутопадающих жильных месторождений золота // Золотодобывающая промышленность. 2005. 5(11). С. 18–23.
8. Глотов В.В. Технология разработки жильных месторождений с изменчивой мощностью // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск 4 Забайкалье. 2007. С. 70–74.
9. Зубков А.В. Геомеханика и геотехнология. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 335 с.
10. Каймонов М.В., Хохолов Ю.А. Курилко А.С. Разработка мероприятий по предотвращению смерзания отбитой руды в очистных блоках рудников криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. 9. С. 223–228.
11. Павлов А.М. Совершенствованиетехнологии подземной разработки жильных месторождений золота: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. 128 с.
12. Неганов В.П. Технология разработки золоторудных месторождений. М.: Недра, 1995. 336 с.
13. Brink A. Research on prediction of rock bursts at Western Deep // LevelsJournal of the South African institute of mining and metallurgy. 1983. № 1. pp. 1–10.
14. Coates D.F. Predictions and measurement of pillar stresser Ignatieff // Canada Mining J.87. 1966. № 1. pp. 50–56.

## **Фармацевтические препараты и гигиенические средства в окружающей среде: пути попадания, мониторинг и методы контроля**

С.А. Вернези

*Академия Строительства и Архитектуры Крымского Федерального Университета*

Проблема распространения лекарственных средств в окружающей среде в последнее время стала одной из приоритетных. *Фармацевтические препараты и гигиенические средства* (ФПГС) обнаруживаются в различных природных средах (водах, почвах, донных отложениях и др.) и могут повлиять на целостность этих экосистем.

ФПГС включают в себя многочисленные классы химических веществ с различными физико-химическими свойствами и биологической активностью.

Несмотря на низкие концентрации ФПГС, они имеют *потенциал для воздействия на окружающую среду*.

Основным источником поступления ФПГС в окружающую среду являются люди, потребляющие лекарства, а также выброшенные в канализацию просроченные и ненужные препараты, из-за отсутствия программ сбора и утилизации таких препаратов.

Вторым по объему источником выбросов ФП является сельское хозяйство, в частности, животноводство, вносимые на поля органические удобрения, а также пруды для искусственного разведения рыбы.

Основная часть ФПГС вместе со *сточными водами* попадает на канализационные очистные сооружения, где эти вещества в той или иной степени подвергаются деструкции. Разложение может быть не полным, а образовавшиеся побочные продукты (ПП) также могут представлять опасность при попадании в окружающую среду.

Поскольку биохимические реакции, происходящие в организме, весьма сходны с процессами биологического окисления примесей сточных вод, то одни и те же вещества могут образовываться по этим двум механизмам и, соответственно, относиться как к метаболитам, так и к продуктам распада.

Эти соединения далее вместе с очищенными сточными водами сбрасываются в водоемы или используются для орошения, либо в составе *осадков сточных вод* попадают на иловые площадки или используются в качестве удобрений. Во всех случаях возможна их дальнейшая *миграция в грунтовых и поверхностных водах*, почвах, донных отложениях, где они могут влиять на экосистемы. Таким образом, велика вероятность их попадания в воду, поступающую на водозаборы питьевой воды. Особенно опасными в этом отношении считаются стоки в регионах с высокой степенью повторного использования воды.

Теоретические исследования в настоящее время ограничиваются только общими схемами путей попадания и миграции в окружающей среде, которые могут быть базовыми для дальнейшего моделирования.

Сложность создания аналитической базы обусловлена низкими концентрациями ФПГС вследствие их большого разнообразия.

Для количественного определения ФПГС в воде может быть применен широкий спектр аналитических методик. Несколько методик для количественного определения ФПГС в природных водах используют твердофазную экстракцию с последующим инструментальным анализом с использованием *газовой хроматографии* в сочетании с масс-спектрометрическим методом, жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим методом, *биотестированием* или комбинации методов.

Биоаналитические методы являются важными инструментами для мониторинга определенных ФПГС. Благодаря простоте, оперативности и доступности биотестирование все чаще используют наряду с методами аналитической химии.

Так как все загрязнители окружающей среды существуют как компоненты сложных смесей, биотестирование, возможно, будет единственным способом оценки общей степени загрязненности воды ФПГС и ПП.

## **Application of mathematical models for estimating emissions of the industrial enterprises of power on the Baikal region**

V. Verkhovina, A. Safarov

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: verhval@mail.ru*

As the assessment of the impact of the emissions of the industrial enterprises of power on the Baikal region applied mathematical models, taking into account climatic factors, the landscape and the priority direction of the winds. This provides an opportunity to assess the State of ecosystems and provide forward-looking recommendations

## Качество пищевых продуктов как фактор риска общественного здоровья

И.В. Волчатова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: belyana64@inbox.ru*

Обеспечение безопасности пищевых продуктов является в настоящее время одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере сохранения общественного здоровья во всех развитых странах. Проблема продовольственной безопасности рассматривается в качестве обязательного условия нормального онтогенетического развития человека, профилактики заболеваний, сохранения работоспособности и продления жизни. Продукты питания должны не только соответствовать физиологическим потребностям человека, но и быть качественными в санитарно-эпидемиологическом плане, предохраняя потребителей от рисков здоровью, создаваемых загрязнителями. Небезопасное для здоровья человека питание является причиной более 200 заболеваний. По оценкам ВОЗ, ежегодно около 420 тысяч человек умирает от заболеваний, связанных с употреблением некачественных продуктов. В связи с этим загрязнение пищевых продуктов стало одной из глобальных проблем современности.

Целью данной работы была оценка качества пищевых продуктов, поступающих в настоящее время в Иркутскую область, и риска воздействия содержащихся в них контаминантов на здоровье населения.

На основании данных о среднелюдском потреблении пищевых продуктов жителями Иркутской области провели расчет экспозиции контаминантами на население. Ранжирование продуктов питания показало, что наибольший вклад в общее значение экспозиции кадмием (83,3 % от всей нагрузки) вносят молоко и молочные продукты, картофель, овощи и плодоовощная продукция, хлебопродукты. Экспозиция свинцом определяется на 81 % рыбной, мясной продукцией, хлебом и хлебопродуктами, овощами и плодоовощной продукцией. Наибольший вклад в экспозицию ртутью дают рыба и рыбопродукты (70,1 %); в экспозицию мышьяком (83,2 %) – рыба и рыбопродукты, картофель, мясо и мясопродукты, молочные продукты. Таким образом, группой продуктов с наибольшим вкладом в экспозицию ртутью, свинцом и мышьяком в Иркутской области является рыба и рыбные продукты. Контаминация рыбы этими токсикантами – во многом результат накопленного экологического ущерба Байкальского региона.

Используя полученные данные о среднесуточных дозах поступления контаминантов с продуктами питания, были определены риски для здоровья населения. Максимальные значения индексов опасности выявлены для веществ, влияющих на сердечно-сосудистую систему и кровь. Основной вклад здесь вносят нитраты. На третьем месте по риску – гормональная система; опасность определяется присутствием в продуктах питания тяжелых металлов и мышьяка.

Для среднегодовых уровней удельных активностей радионуклидов с учетом среднелюдского потребления отдельных групп продуктов в Иркутской области был рассчитан индивидуальный радиационный риск. Он оказался равным  $6,8 \cdot 10^{-6}$  чел<sup>-1</sup> · год<sup>-1</sup>, что ниже установленного предела допустимого радиационного риска для населения ( $5 \cdot 10^{-5}$  чел<sup>-1</sup> · год<sup>-1</sup>).

## Список литературы

1. Food safety. World Health Organization [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> (дата обращения: 30.03.2019).
2. Fukuda K. Food safety in a globalized world // *Bulletin of the World Health Organization*. 2015. № 93 (4). P. 212.
3. Доценко В.А., Власова В.В., Мосийчук Л.В. Качество и безопасность пищевых продуктов // *Безопасность жизнедеятельности*. 2019. 218 (2). С. 9–21.
4. Опополь Н.И., Сырку Р.Ф., Пынзару Ю.В., Богдевич О.П., Кадочников О.П. Гигиеническая оценка содержания полициклических ароматических углеводородов в продуктах питания и их поступление в организм населения // *Гигиена и санитария*. 2015. 94 (4). С. 52–56.
5. Baeumner A.J. Biosensors for environmental pollutants and food contaminants // *Anal. Bioanal. Chem.* 2003. 377(3). pp. 434–445.
6. Perello G., Marti-Cid R., Castell V., Llobet J.M., Domingo J.L. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, hexachlorobenzene and polycyclic aromatic hydrocarbons in various foodstuffs before and after cooking // *Food Chem. Toxicol.* 2009. 47(4). pp. 709–715.
7. Rather I.A., Koh W.Y., Paek W.K., Lim J. The sources of chemical contaminants in food and their health implications // *Front. Pharmacol.* 2017. № 8. P. 830.
8. Malik A.H. Food contamination: major challenges of the future // *Foods*. 2016. 5(2). P. 21.
9. Pruden A., Pei R., Storteboom H., Carlson K.H. Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: studies in northern Colorado // *Environ. Sci. Technol.* 2006. 40. pp. 7445–7450.
10. Кузьмина М.В., Ефимова Н.В., Зайкова З.А. Питание как фактор, влияющий на здоровье населения Иркутской области // *Анализ риска здоровью*. 2013. 3. С. 48–54.
11. Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Баглушкина С.Ю. Гигиеническая оценка качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов, обращаемых на потребительском рынке Иркутской области // *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2015. 53(2). С. 117–120.
12. Тимофеева С.С. Накопленный экологический ущерб Байкальского региона // *Вестник ИрГТУ*. 2012. 65(6). С. 53–59.
13. Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья // *Анализ риска здоровью*. 2013. 4. С. 54–63.
14. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Иркутской области в 2018 году». Иркутск.

## Электронная информационная модель регулирования обращения твердых коммунальных отходов в Красноярском крае

И.И. Галяутдинов<sup>1</sup>, Г.И. Щадов<sup>1</sup>, О.Л. Томшин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

<sup>2</sup>*ООО Фирма «Илига»*

*e-mail: oooiliga@gmail.com*

Проблема отходов в настоящее время является одной из главных проблем нашего времени. Растущее осознание кризиса с отходами, с которым сталкивается наше общество, привело к тому, что управление отходами из вторичной проблемы стало



центральной проблемой, к которой с каждым годом привлекается все больше и больше специалистов.

В работе на примере г. Красноярска и Красноярского края выполнен анализ проблемы загрязнения твердыми коммунальными отходами методами системного, комплексного, функционального, статистического, структурного и сравнительного анализов, получения экспертных и статистических прогнозов.

Рассмотрена существующая схема обращения с ТКО и рекомендовано внедрить и использовать электронную модель, которая позволит органам власти судить об эффективности деятельности региональных операторов, а последних в свою очередь появится хороший рабочий инструмент в борьбе с несанкционированными свалками.

Оптимальная электронная модель должна состоять из двух ключевых элементов: базы данных, описывающей состояние отрасли, и интернет-портала для общения заинтересованных сторон. В качестве третьего компонента выделены различные функциональные модули для обеспечения предоставления различных услуг пользователям всех уровней и типов.

Разрабатываемая в процессе эксплуатации система должна решать следующие задачи:

- формирование базы данных отрасли обращения с отходами, связанной с ГИС;
- визуализация информации о характере движения и остатках отходов;
- сокращение времени, необходимого для выполнения государственных функций, реализации государственных услуг, предоставления услуг операторами и другими поставщиками в области управления отходами путем получения электронного доступа к соответствующей отчетной и аналитической информации, и также предоставление управленческих и других электронных услуг;
- интеграция участников отрасли в единое информационное пространство;
- создание открытой информационной системы с возможностью расширения функциональности;
- получение отзывов от операторов и представителей органов исполнительной власти от общественности и других участников.

### **Список литературы**

1. Alamgir M., Ahsan A. Municipal solid waste and recovery potential: Bangladesh perspective // *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2007. vol. 4. № 2. pp. 67–76.
2. Buenrostro O., Bocco G. Solid waste management in municipalities in Mexico: Goals and perspectives. *Resources // Conservation & Recycling*. 2003. 39. pp. 251–263.
3. Ionescu, G., Rada E.C., Ragazzi M., Mărlescu C., Badea A., Apostol T. Integrated municipal solid waste scenario model using advanced pretreatment and waste to energy processes // *Energy Convers. Manag.* 2013. 76. pp. 1083–1092.
4. Kaseva M.E., Gupta S.K. Recycling – An environmentally friendly and income generating activity towards sustainable solid waste management. Case study – Dar es Salaam City, Tanzania. *Resources // Conservation and Recycling*. 1996. 17. pp. 299–309
5. Liu Y., Xing P., Liu J. Environmental performance evaluation of different municipal solid waste management scenarios in China. *Resour // Conserv. Recycl.* 2017. 125. pp. 98–106.
6. Maalouf A., El-Fadel M. Effect of a food waste disposer policy on solid waste and wastewater management with economic implications of environmental externalities // *Waste Manag.* 2017.

7. Oyoo R., Leemans R., Mol A.P.J. Comparison of environmental performance for different waste management scenarios in East Africa: The case of Kampala City, Uganda // *Habitat Int.* 2014. 44. pp. 349–357.

8. Бабанин И.В. Мусорная революция. Как решить проблему бытовых отходов с минимальными затратами. М.: ОМННО, 2015. 22 с.

9. Василенок В.Л., Кочегарова Т.С. Наилучшие доступные технологии в управлении экологическими рисками в целях обеспечения устойчивого развития предприятий отечественной металлургии // *Экономика и экологический менеджмент.* 2014. № 4.

10. Николаев А.В., Жужома Ю.Н. Актуальные вопросы экологической безопасности и охраны окружающей среды // *Экономика и экологический менеджмент.* 2013. № 3. С 157–168.

11. Кирсанов, С.А. Мировой опыт утилизации твердых бытовых отходов // *Экономика.* 2014. № 2. С. 114–120.

12. Чайка О.В., Сороколет И.И. Проблемы и перспективы Мусороперерабатывающей промышленности // *Вестник молодых ученых Самарского государственного экономического университета.* 2015. № 2 (32). С. 56–76

13. Жандарова И. Мусор с повтором // *Российская газета.* 2017. Декабрь (№ 295). С. 7.

14. Кривошاپко Ю. Пойдем в отход // *Российская газета.* 2018. Ноябрь (№ 254). С. 5.

15. Отчет о результатах работ по выполнению мероприятия «Выполнение Научно-исследовательской работы по разработке программы «Обращение с отходами на территории Красноярского края» согласно государственному контракту от 19.11.2010 № 51/2010, 5 книга, раздел 5, 85 с./ООО ИПЭГ, 2014

## **Проблемы регулирования обращения твердых коммунальных отходов в Тункинской долине**

И.И. Галяутдинов, Г.И. Щадов, С. Удаева

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: oooiliga@gmail.com*

Республика Бурятия, как, впрочем, и большинство регионов России подошла к началу 2019 года не вполне готовой для реализации масштабного проекта по изменению политики переработки твердых коммунальных отходов (ТКО). Это касается прежде всего уникальной территории – Тункинской долины. В Тункинском районе проживает чуть больше двадцати тысяч человек, насчитывается 14 сельских поселений, наиболее населенные из которых – это сельское поселение «Кыренское», сельское поселение «Аршан», сельское поселение «Тунка». Годовое количество образуемых ТКО, соответственно, 1646,9 тонн, 1082,9 тонн и 728,7 тонн. Таким образом, по Тункинскому району в год образуется 6964,53 тонн ТКО, в том числе: количество ТКО, образованных населением – 5510,5 тонн, объектами общественного назначения – 1106,4 тонн, туристическим сектором – 347,63 тонн. Тункинский район является особо охраняемой зоной и имеет статус национального парка. Захоронение отходов на данной территории запрещено, разрешено лишь временное хранение сроком до 11 месяцев и вывоз отходов с объекта временного размещения (с. Галбай) за пределы района на полигон ТКО в с. Нижний Саянтуй Тарбагатайского района.

Авторы проанализировали состояние системы обращения с отходами, сравнили с другими регионами и предложили оптимальные решения по сокращению транспортных

расходов, рекомендовали разработать для данной территории документ «Концепция внедрения отдельного сбора твердых коммунальных отходов на территории Тункинской долины с учетом ее природоохранной специфики и переработки отдельных фракций этих отходов во вторичное сырье на период с 2020 по 2025 годы.

## **The use of stable carbon and nitrogen isotope ratios in epiphytic mosses and lichens for air pollution studies in cities of the Western Siberia**

A.V. Geraskevich<sup>1,2</sup>, Y.V. Volkov<sup>1</sup>, D.A. Kalashnikova<sup>1</sup>, G.V. Simonova<sup>1</sup>, A. Krainiukov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*

<sup>2</sup>*Tomsk Polytechnic University*

*E-mail: ellinformalin@gmail.com*

### **Introduction**

The isotope composition of environmental objects changes as a result human activity [1]. Epiphytic mosses and lichens are promising biomarkers in the atmospheric pollution study since they are not affected by the pollution accumulated in the soil [2]. The  $\delta^{13}\text{C}$  value of epiphytic thallus is a key indicator of photosynthetic performance and effects on carbon assimilation caused by environmental stresses [3]. The nitrogen content is proportional to its atmospheric entry, so the nitrogen isotope composition can be used to study nitrogen-containing pollutants entrance and migration [4].

Despite the intensive lichenological research development in European Russia cities, they are still not common in most Western Siberia cities. For the first time, the comparative studies of the carbon and nitrogen isotope composition of epiphytic mosses and lichens thallus have been carried out in order to assess air pollution of anthropogenically loaded and relatively clean Western Siberia cities.

### **Materials and Methods**

Epiphytic mosses (*Leskea polycarpa*, *Platygyrium repens*, *Sciuro-hypnum reflexum*) and lichens (*Hypogymnia physodes*, *Flavoparmelia caperata*, *Physcia stellaris*) were collected in Western Siberian cities: Khanty-Mansiysk, Bely Yar (workers settlement, Tomsk region), Tomsk and Prokopyevsk. Samples of mosses and lichens were collected from tree trunks at a height of 1.5–2.0 m above the ground in the summer period (July-August, 2017). Samples were cleaned from debris, treated with 3% HCL to remove carbonates, washed with deionized water in an ultrasonic bath and dried at about 60°C.

Stable isotope composition was measured by Flash 2000 Elemental analyzer coupled to DELTA V Advantage isotope ratio mass spectrometer (Thermo Fisher Scientific, Germany) in IMCES SB RAS (Tomsk Regional Core Facilities of Tomsk Scientific Center of SB RAS). Reference gases were calibrated to V-PDB (Pee Dee Belemnite) and atmospheric nitrogen (at-air) international standards using IAEA-600, IAEA-CH-3 for  $\delta^{13}\text{C}$ , and IAEA-NO-3 for  $\delta^{15}\text{N}$  (IAEA, Austria). The  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  abundances were calculated using:

$$\delta^{13}\text{C} = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000 \text{ (‰ vs. V-PDB) and}$$

$$\delta^{15}\text{N} = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000 \text{ (‰ vs. at-air),}$$

where R is the ratio of mass 45/mass 44 (carbon) and of mass 29/mass 28 (nitrogen), respectively [5]. The error of measured values of the carbon and nitrogen isotope compositions did not exceed  $\pm 0.1\text{‰}$  and  $\pm 0.2\text{‰}$ , correspondingly.

### **Results and Discussion**

The amount of  $^{13}\text{C}$  in mosses and lichens is determined by the  $^{13}\text{C}$  content in the carbon source, isotope effects associated with the characteristics of the photobiont, and

metabolism. In the conditions that are optimal for a biological organism we observe the discrimination of  $^{13}\text{C}$  absorption and when the conditions are deteriorated enrichment with this isotope occurs, both due to oppression of photosynthesis and the increase of respiration [4].

The results of the carbon and nitrogen isotope analysis for thallus of the epiphytic mosses and lichens are presented in Table 1.

Table 1. The  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of epiphytic moss and lichen thallus

Isotope composition, ‰		Bely Yar	Khanty-Mansiysk	Prokopyevsk	Tomsk
Moss	$\delta^{13}\text{C}_{\text{min}}$	-32	-33	-35	-33
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{max}}$	-30	-28	-27	-28
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{average}}$	$-31.1\pm 0.5$	$-30.2\pm 0.5$	$-30.1\pm 0.5$	$-29.8\pm 0.5$
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{min}}$	-4	-3	-7	-4
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{max}}$	-0.7	+3	+7	+5
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{average}}$	$-2.8\pm 1.5$	$-0.1\pm 1.7$	$-1.0\pm 1.4$	$+2.1\pm 1.5$
Lichen	$\delta^{13}\text{C}_{\text{min}}$	-28	-27	-28	-29
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{max}}$	-22	-24	-23	-24
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{average}}$	$-26.5\pm 0.4$	$-25.9\pm 0.4$	$-25.8\pm 0.4$	$-27.0\pm 0.4$
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{min}}$	-7.2	-9	-11	-5
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{max}}$	-2.4	-6	+4	+2
	$\delta^{15}\text{N}_{\text{average}}$	$-5.3\pm 1.5$	$-7.3\pm 1.3$	$-4.9\pm 1.4$	$-1.3\pm 1.5$

The results of the isotope analysis showed that the  $\delta^{13}\text{C}$  value of mosses is lower compared to the  $\delta^{13}\text{C}$  value of lichens. This can be explained by the difference in biochemistry and physiology of mosses and lichens. At the same time, the  $\delta^{15}\text{N}$  value of mosses is higher than  $\delta^{15}\text{N}$  value of lichens.

Comparison of the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values for Tomsk and its vicinities showed that the moss samples taken in the Timiryazevskoe village (background area) had the lowest  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values. For sampling sites with anthropogenic load the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values are higher (the average  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values were  $-30.0\pm 0.4\text{‰}$  and  $+2.6\pm 1.5\text{‰}$ , correspondingly) compared to the background area (the average  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values were  $-32.4\pm 0.2\text{‰}$  and  $-3.7\pm 0.5\text{‰}$ , correspondingly) [6]. For samples of lichen, the average  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values were  $-26.8\pm 0.9\text{‰}$  and  $-1.3\pm 1.5\text{‰}$ , correspondingly, and for the background area the average  $\delta^{13}\text{C}$  value was  $-27.2\pm 0.2\text{‰}$  and the average  $\delta^{15}\text{N}$  value was  $-4.2\pm 0.5\text{‰}$ .

In order to compare the anthropogenic load in cities, we also measured the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of the epiphytic mosses and lichens growing in Prokopyevsk, Khanty-Mansiysk and near the Bolshoe Beloe Lake (40 km from Bely Yar (background area)). Variations of the  $\delta^{13}\text{C}$  values for all samples of lichens were in the range from  $-29\text{‰}$  to  $-22\text{‰}$ , and for moss samples were from  $-35\text{‰}$  to  $-27\text{‰}$ . The  $\delta^{15}\text{N}$  value of all lichen samples varied from  $-11\text{‰}$  to  $+4\text{‰}$ , and from  $-7\text{‰}$  to  $+7\text{‰}$  for mosses. As is known, the carbon isotope composition in plants depends on geographical location: the  $\delta^{13}\text{C}$  value is lower in areas with colder climates [7]. Khanty-Mansiysk is the northernmost sampling site, but the lowest  $\delta^{13}\text{C}$  value was found in Prokopyevsk samples taken in areas of coal mining (the  $\delta^{13}\text{C}$  value was  $-35\text{‰}$ ). This is explained by the presence of methane which significantly enriches the carbon isotope composition of light isotopes [8].

From an environmental point of view, the results of the analysis of the nitrogen isotope composition were the most informative. The  $\delta^{15}\text{N}$  value of plants reflects environmental pollution in a greater degree and is also one of the main anthropogenic

pollution markers [9]. The average  $\delta^{15}\text{N}$  values of lichens for Khanty-Mansiysk and Prokopyevsk urban areas were 6‰ and 2.5‰ easier than for Tomsk. The average  $\delta^{15}\text{N}$  value of mosses for Tomsk was  $+2.1\pm 1.5\%$ . This value is higher than the average  $\delta^{15}\text{N}$  value for Prokopyevsk ( $-1.0\pm 1.4\%$ ) and Khanty-Mansiysk ( $-0.1\pm 1.7\%$ ). The  $^{15}\text{N}$ -rich mosses and lichens samples indicate a greater contribution sources that emit oxidized forms of N. Among them are motor vehicles, industrial facilities, power plants, and individual heating systems [10]. The  $^{14}\text{N}$ -rich mosses and lichens samples indicate the predominance of ammonia emissions. A comparison of the average  $\delta^{15}\text{N}$  values between the cities allows us to conclude that Tomsk has a large anthropogenic load in terms of emissions of nitrogen-containing compounds.

### Conclusion

The studies have shown that the nitrogen isotope composition of the epiphytic mosses and lichens growing in urban areas can be used as an effective indicator of nitrogen content. Comparison of the average  $\delta^{15}\text{N}$  values between cities allows us to conclude the anthropogenic load in cities increases in a row: Khanty-Mansiysk < Prokopyevsk < Tomsk in terms of nitrogen-containing compounds emissions. The carbon isotope composition of epiphytic mosses revealed the effect of mine methane.

### Acknowledgments

The reported study was funded by taxpayer-funded research number AAAA-A17-117013050030-1.

### References

1. Mašalaitė A., Garbaras A., Remeikis V. // Lithuanian Journal of Physics. 2012. V. 52. Is. 3. P. 261–268.
2. Bardunov L.V. // Nauka, Siberian Branch. 1984. P. 10-50.
3. Xiao H. Y., Tang C.-G., Xiao H.-W. et al. // Journal of Geophysical Research. 2010. V. 115. P. D14301.
4. Liu X.-Y., Xiao H.-Y., Liu C.-Q., etc. // Atmospheric Environment. 2008. V. 42. P. 5413–5423.
5. Lebedev A.T. Mass spectrometry for the environmental objects analysis. Moscow: Techosphaera, 2013. P. 632.
6. Simonova G.V., Kalashnikova D.A., Melkov V.N. // Proc. SPIE, 24th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 2018. V. 10833. P. 108335Q.
7. Liu X.Z., Zhang Y., Li Z.G. et al. // Ecol. Evol. 2017. V.7. Is. 24. P. 10582–10591.
8. Stevens C.M., Engelkemeir A. // Journal of geophysical research. 1988. V. 93. Is. D1. P. 725–733.
9. Simonova G., Kalashnikova D. // Conference proceedings of 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018. 2018. V. 18. Is. 5.1. P. 51–58.
10. Pinho P., Barros C., Augusto S., etc. // Environmental Pollution. 2017. V. 230. P. 632-638.

## **Financial and economic criteria for choosing the method of recycling of construction waste**

S. Globa

*Siberian Federal University, Russia*

*e-mail: SGloba@sfu-kras.ru*

The use of recycled construction waste has a number of environmental, economic and social benefits and advantages. For example, secondary crushed stone obtained from concrete of buildings being demolished, buildings, is much cheaper than natural, since the energy consumption for its production is 8 times less, and the cost of concrete is reduced by 25–30 percent [1]. At the same time, reinforced concrete is currently the main type of construction waste produced in the process of demolition. Recycling concrete into rubble solves several problems at once:

- improves the environment;
- due to the use of more accessible secondary raw materials, the cost of construction is reduced and, which is no less important, the sites used for depositing waste are released;
- reduced load on the roadway during transportation of waste, there is no emission of CO<sub>2</sub>.

Experience in waste management in various countries has shown that market relations in themselves are not able to effectively regulate the processes of waste management and, above all, resource saving processes. Most European countries address the issues of resource conservation and waste management in a combination of state and market mechanisms for regulating work with them. In order for the direction of waste reuse to be a priority and beneficial in Russia, it is also necessary to have public administration for the development of the correction of the legislative and regulatory framework in the field of resource saving [2, 3]. The main factor in addressing this issue should be the economic component.

After analyzing the theoretical foundations of managing the area of waste generation from construction, identifying aspects of the motivation to waste recycling into secondary materials, the tools needed to regulate it, was selected quantitative data to assess their impact on such indicator as current (operational) protection costs the environment. This resulting indicator was chosen for the reason that in the case of correct application of financial and economic criteria for choosing the method of utilizing construction waste within the framework of the factors affecting it, the cost of environmental protection should be reduced.

We consider the expenses of enterprises (organizations, institutions), individual entrepreneurs, states with targeted environmental protection objectives (collecting, cleaning, reducing, preventing or eliminating pollutants, pollution itself or any other types and elements of environmental degradation) as current costs for environmental protection.

Developed a scheme for the process of recycling construction waste. This scheme consists of several parts: the stage of demolition / dismantling of the building, possible measures at the stage of demolition / dismantling of the building, the method of collecting construction debris and proposals for measures in the field of handling construction debris. In our opinion, this scheme will be more optimal and understandable for the subjects, carrying out the demolition of the building with subsequent actions in the field of recycling, neutralization, deposit of construction waste.

Disposal of construction waste is done in various ways. The choice of disposal method depends on the purpose of further use of waste and the proportion of materials in the waste that can be used in the future. For clarity, a flowchart has been drawn up for choosing a disposal method, based on the goals for which recycled construction waste is used.

Through econometric analysis, the most influential factors on the current costs of environmental protection were identified, the main financial and economic criteria for choosing a method of construction waste disposal were identified:

- the possibility of using secondary construction resources as a finished product, element, material for new construction without additional processing;
- the use of secondary construction resources as semi-finished products and raw materials for various enterprises of processing industries;
- full utilization of secondary construction resources and storage at waste landfills from their processing due to the lack of economic feasibility of their further use.

It is on the basis of these criteria that the list of costs for the disposal of construction waste is formed. If secondary construction materials can be used without additional processing, then the maximum economic effect will be obtained, since it is likely that the sale of secondary raw materials will cover all costs incurred by the company during the dismantling of the building, dismantling of waste, sorting, transportation, etc. And, on the contrary, if construction waste is subject to full disposal, then not only material losses will be incurred, but also this factor will adversely affect the external environment.

Based on the above, it is proposed to apply a phased scheme for handling construction waste, which includes all the steps that cause construction waste (demolition, dismantling, analysis, etc.) and waste management methods that arose during the demolition of buildings or structures.

### References

1. Lunev G.G., Prokhotsky Yu.M. Efficient use of secondary construction resources in the reconstruction of objects // *Izvestiya of the Academy of Engineering Sciences*. 2013. № 4. pp. 62–70.
2. Ossa J.L., García E. Botero. Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry // *Journal of Cleaner Production*. 2016. T. 135. P. 379–386.
3. Lawson N., Douglas I., Garvin S. Recycling construction and demolition wastes – a UK perspective // *Environmental management and health*. 2015. T.12. № 2. pp. 146–157.

## Получение препарата для экологически безопасной защиты растений

О.М. Горелова<sup>1</sup>, Л.В. Куртукова<sup>1</sup>, С.Г. Русаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова*

<sup>2</sup>*ООО «Сады Алтай Агро»*

*e-mail: htie@mail.ru*

При возделывании сельскохозяйственных культур существенными проблемами являются дефицит элементов питания в почве, сорная растительность, болезни растений, вредители. В условиях Сибири это усугубляется коротким вегетационным периодом, поздними заморозками, чрезмерно дождливыми или, наоборот, засушливыми сезонами, ранними похолоданиями. Еще одной задачей сельхозпроизводителей является увеличение срока послеуборочного хранения растительной продукции.

Современное растениеводство практикует использование стимуляторов роста и средств защиты растений. Широко применяются препараты синтетического происхождения, в чаще всего импортного производства или с применением ввозимых из разных стран мира действующих и вспомогательных веществ. Производства в РФ

наиболее известных соединений, например, глифосат, дикамба, сульфонилмочевина, отсутствуют.

Благоприятный эффект от использования химикатов может сопровождаться их фитотоксичностью, накоплением в почве и в растениях остаточных количеств препаратов или метаболитов, как правило, негативно влияющих на живые организмы. Кроме того, существуют проблемы с хранением, смешиванием, утилизацией агрохимикатов, резистентностью сельхозвредителей и др. Это приводит к разработке и выпуску новых синтетических препаратов, обладающих селективностью, эффективных при внесении в малых дозах. Развитию агрохимической индустрии способствуют также новые методики исследований реакций биологических объектов на химикат [2,3].

Для экологически безопасного земледелия необходимы новые препараты, эффективно защищающие растения, повышающие урожайность, но не являющиеся экотоксикантами.

Целью данной работы было создание средства защиты растений, которое являлось бы стимулятором роста, иммуномодулятором, обладало фунгицидными свойствами и было экологически безопасным. Понятно, что один продукт не может решить все проблемы растениеводов, но может уменьшить вред при решении некоторой локальной задачи

В работе рассмотрены экологически безопасные способы повышения продуктивности растениеводства. Обеспечить защиту сельскохозяйственных культур от различных заболеваний, стимулировать их развитие способны препараты, созданные из растений, содержащих терпены. Внешняя кора березы (береста) до 40 % масс. может содержать тритерпеновый спирт бетулин, что предполагает получать из нее безопасные для окружающей среды средства защиты растений.

Экспериментальные исследования посвящены изучению процесса экстракции бетулина из бересты, созданию бетулиносодержащего препарата «Stimulin» для обработки семян и вегетирующих растений, а также испытанию «Stimulin» на различных агрокультурах. Результаты применения препарата показали значительное увеличение урожайности (на 8–35 %) таких культур, как пшеница, ячмень, гречиха, соя, арбузы. Испытание фунгицидной активности «Stimulin» производилось на облепихе крушиновой, главным возбудителем заболеваний и причиной усыхания которой является гриб *Fusarium*. Фунгицидная активность «Stimulin» сопоставима с сильнодействующими синтетическими агрохимикатами.

Результаты испытаний показали, что созданное на основе бересты березы средство защиты растений эффективно повышает урожайность основных агрокультур, проявляет ярко выраженные фунгицидные свойства и при этом абсолютно безвредно для человека и окружающей среды.

### **Список литературы**

1. Juan A. Martinez. Natural Fungicides Obtained from Plants, Fungicides for Plant and Animal Diseases. 2012.
2. Wedge D.E., Camper N.D. Connections between agrochemicals and pharmaceuticals. In: Cutler H.G., Cutler S.J. (Eds.) // *Biologically Active Natural Products: Agrochemicals and Pharmaceuticals*, 2000
3. Wedge D.E., Smith B.J. Discovery and evaluation of natural product-based fungicides for disease control of small fruits // *Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*. 2006. pp. 1–14.
4. Wedge D.E., Smith B.J. Discovery and evaluation of natural product-based fungicides for disease control of small fruits // *Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*. 2006. pp. 1–14.



5. Gwinn K.D., Ownley B.H., Greene S.E., Clark M.M., Taylor C.L., Springfield T.N., Trently D.J., Green J.F., Reed G.A., Hamilton S.L. Role of essential oils in control of Rhizoctonia damping-off in tomato with bioactive monarda herbage // *Phytopathology*. 2010. 100. pp. 493–501.
6. Bettioli W., Mattos L.P.V., Morais L.A.S. Control of postharvest green mold of orange by essential and fixed oils // *International Congress of Postharvest Pathology*. 2011.
7. Martinez J.A., Hernandez M.C. Utilizacion de aceites esenciales de enebro y tomillo para controlar el desarrollo de *Penicillium digitatum* y *P. italicum* sobre frutos de naranja // *XXI Congreso Nacional de Microbiología (SEM 2007)*, Seville, Spain.
8. Alakurtti Sami, Mäkelä Taru, Koskimies Salme, Yli-Kauhaluoma Jari. Pharmacological properties of the ubiquitous natural product betulin // *Official Journal of the European Federation for Pharmaceutical Sciences*. 2006. 29 (1). pp. 1–13.
9. Król Sylwia Katarzyna, Kiełbas Michał, Rivero-Müller Adolfo, Stepulak Andrzej. Comprehensive Review on Betulin as a Potent Anticancer Agent // *BioMed Research International*. 2015. pp. 1–11.
10. Шамонова О.С., Горелова О.М. Исследования по экстракционному выделению биологически активных компонентов из бересты // *Сборник трудов Международной конференции «Химия, химические технологии и экология: наука, производство, образование»*. Махачкала, 2018.
11. Горелова О.М., Мальцев К.А. Русаков С.Г. Получение и испытание средства защиты растений на основе бересты // *Сборник трудов Международной конференции «Инновационные технологии и безопасность пищевых продуктов»*. Краснодар, 2018.
12. Горелова О.М., Мальцев К.А. Исследования по использованию отходов переработки березы // *Материалы Всероссийской НПК с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Гарбера Ю.Н. «Теоретические и практические аспекты разработки инновационных ресурсосберегающих технологий разделения жидких смесей»*. 2016. С. 191–193.
13. Назаренко А.А., Потехина Д.С., Горелова О.М. Исследование по экстракции биологически активных компонентов из бересты // *Материалы XV Всероссийской НТК студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь», Секция Химические и природоохранные технологии, Подсекция Природоохранные технологии, журнал «Горизонты образования»*. Барнаул. вып. 19. 2018.
14. Stimulin, сайт ООО «Сады Алтай Агро» [Электронный ресурс]. URL: <http://stimulin.ru/stimulin-dly-uvetcheniya-urozhajnosti-soi-phenici-grechih-i-jachmenya/> (дата обращения: 03.06.2019).
15. Stimulin, сайт ООО «Сады Алтай Агро» [Электронный ресурс]. URL: <http://stimulin.ru/issledovaniya-stimulina-na-arbuzah/> (дата обращения: 03.06.2019).
16. Stimulin, сайт ООО «Сады Алтай Агро» [Электронный ресурс]. URL: <http://stimulin.ru/fungicidnye-svoystva-stimulina-issledovaniya-na-oblepikhe/> (дата обращения: 03.06.2019).

## **Сравнительная оценка профессиональных рисков предприятий нефтедобывающей и угольной промышленности Иркутской области**

Н.В. Горленко, М.А. Мурзин

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: hope1907@mail.ru, misha0009@mail.ru*

С давних времен человечество стремилось познать мир, в котором оно существует, и расширить горизонты своего видения, а так же облегчить себе жизнь, труд и любым образом улучшить условия своего существования. Данные стремления привели к потребности человека добывать необходимое сырье и преобразовывать

окружающую среду по своему усмотрению [1]. Одним из видов такого сырья стали полезные ископаемые, что и привело к зарождению горного дела.

Нерудные ископаемые, руды, драгоценные камни и металлы, горючие ископаемые – все это и по сей день используется человеком повсеместно, но ценность полезных ископаемых в разные периоды развития цивилизаций меняется. На сегодняшний день во всем мире, и в частности в России, стратегический характер имеют горючие полезные ископаемые – нефть, газ, уголь и торф.

С развитием технологического прогресса и увеличением численности населения, антропогенное воздействие стало в дальнейшем вызывать необратимые последствия в природной среде [2]. Данные факторы при воздействии на человека, как работника, могут привести к возникновению профессиональных заболеваний или стать причиной производственного травматизма. Результаты множества многолетних работ, связанных с изучением условий труда работников предприятий по добычи полезных ископаемых, единогласно утверждают о наличии целого комплекса многофакторных негативных воздействий на персонал, приводящие в дальнейшем к значительным отрицательным последствиям для человека [3].

Проанализировать же степень воздействия этих факторов непосредственно на работника способна процедура оценки рисков, а именно профессиональных рисков. Но недостаточно просто оценить профессиональные риски, установив степень влияния. Необходимо проведение комплексной работы по управлению профессиональными рисками, а именно посредством установления вероятности проявления рисков в течение времени и тяжести их последствий для работников реализовать мероприятия по устранению и снижению рисков, определить возможные финансовые расходы для компенсаций [4].

Сибирский Федеральный округ располагает значительными запасами полезных ископаемых. Но самым ценным для данного округа является озеро Байкал. Территорию, прилегающую к озеру Байкал и объединяющую три региона – Иркутскую область, Республику Бурятия и Забайкальский край. Из перечисленных регионов наибольшими запасами и разнообразием топливно-энергетического сырья обладает только Иркутская область.

Наша Иркутская область относится к регионам, имеющим обширные собственные запасы и добывающим горючие полезные ископаемые, которые как было отражено нами ранее, имеют на данный момент стратегическое значение для нашей страны.

Суммарные извлекаемые ресурсы углеводородного сырья по существующим оценкам в Иркутской области оцениваются по нефти – 2,5 млрд. т, по конденсату – 460,0 млн. т и по газу – 8,4 трлн. м<sup>3</sup>. В области открыты крупные месторождения – Ковыктинское (газ), Верхнечонское, Ярактинское, Дулисьминское (нефть, газ). Углеводородное сырье имеет потенциал стать одной из главных отраслей в горнодобывающей промышленности Иркутской области.

Месторождения каменного угля области располагаются в Иркутском угольном бассейне, южной части Тунгусского бассейна, а также в Пойменно-Черемшанском и Прибайкальском угольных районах. Залежи угля в области составляют 43,6 млрд т. Большая часть добычи производится на трех месторождениях Иркутского бассейна: Черемховском, Азейском, Мугунском.

Существует множество уникальных по своей сути различных методик оценки профессиональных рисков, имеющих как достоинства, так и недостатки, и различные по сложности применения [5]. В работе была применена одна из них, а именно – методика оценки уровня ИПР.

В 2009 г. НИИ медицины труда РАМН совместно с «Клиническим институтом охраны и условий труда «ОЛС-комплект» разработали методику оценки индивидуального профессионального риска (ИПР) в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника [6]. Методика основана на определении уровня индивидуального профессионального риска, который представляет собой сочетание комплекса показателей, таких как возраст, индивидуальные особенности состояние здоровья работающих, и параметров производственной среды.

Выбор использования нами данной методики был основан на заложенной в ней уникальности, в виде учета производственных условий работников вкупе с их индивидуальными особенностями.

В качестве объектов исследования были выбраны как раз предприятия, добывающие горючие ископаемые – нефть и уголь. Одними из предприятий занимающимися добычей данных полезных ископаемых как раз являются ООО «Трайлинг» и ООО «РН-Бурение».

Оценка профессиональных рисков была проведена для работников непосредственно занятых добычей полезных ископаемых (нефти и угля). Результаты расчета представлены в виде диаграмм на рис. 1 и 2.

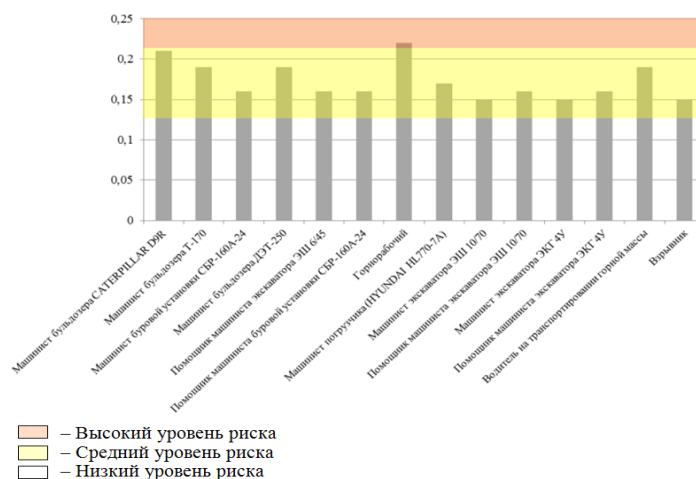


Рисунок. 1. Графическое отображение значений профессиональных рисков работников ООО «Трайлинг» полученного методом оценки уровня ИПР

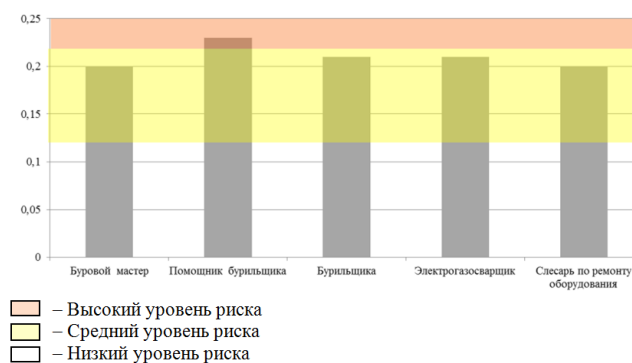


Рисунок. 2. Графическое отображение значений профессиональных рисков работников ООО «РН-Бурение» полученного методом оценки уровня ИПР

Из представленных диаграмм следует, что несмотря на всю значимость и необходимость добычи полезных ископаемых, профессиональный риск оставляет желать лучшего. Подавляющее большинство должностей на рассматриваемых предприятиях по результатам оценки профессиональных рисков относятся к категории

риска «средний», а также высокорисковые профессии – горнорабочий в ООО «Трайлинг» и помощник бурильщика в ООО «РН-Бурение». Высокое значение риска на горных предприятиях связано, в данном случае, характером выполняемых работ, техническим состоянием и характеристиками используемого оборудования для профессии. Всего, по данным Росстата, в нашей стране на добыче полезных ископаемых занято 988 681 человек, которые в той или иной степени подвержены воздействию вредных производственных факторов. Эффективное решение вопросов охраны труда, соблюдение требований охраны труда и промышленной безопасности, внедрение новых, более совершенных методов организации безопасной работы позволит в значительной степени снизить профессиональные риски, улучшить условия труда на горнодобывающих предприятиях и предотвратить значительные финансовые затраты, которые расходуют горнодобывающие предприятия на компенсационные выплаты и льготы работникам, а также последствия возникновения несчастных случаев и профессиональных заболеваний работников.

### **Список литературы**

1. Чеботарёв А.Г. Прогнозирование условий труда и профессиональной заболеваемости у работников горнорудных предприятий // Горная промышленность. 2016. № 3 (127). С. 54.
2. Gorlenko N.V., Timofeeva S.S. Assessment of environmental damage from oil sludge to land resources in the Irkutsk region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 229. 012019.
3. Yang X., Haugen S. Implications from major accident causation theories to activity-related risk analysis // Safety Science. 2018. № 101. pp. 121–134.
4. Murzin M.A., Gorlenko N.V., Timofeeva S.S. Comparative assessment of emergency risks of mining enterprises in the Baikal region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 229. 012030
5. Тимофеева С.С. Современные методы оценки профессиональных рисков и их значение в системе управления охраной труда // XXI век. Техносферная безопасность. Т. 1. № 1, 2016. С. 14–24
6. Стасева Е.В., Филатова С.В. Определение профессионального риска на основе специальной оценки условий труда // Молодой исследователь Дона. 2018. № 2 (11). С. 81–85.

### **Comparative assessment of occupational risks at enterprises of oil production and coal industries in the Irkutsk region**

N V Gorlenko, M A Murzin

*Irkutsk National Research Technical University*

*E-mail: hope1907@mail.ru, misha0009@mail.ru*

Since ancient times, mankind has sought to know the world in which it exists, and to expand the horizons of its vision, as well as facilitate its life, labor, and in any way improve the conditions of its existence. These endeavors have led to the need of humans to extract necessary raw materials and transform the environment at their own discretion [1]. Minerals became one of the types of such raw materials, which led to the emergence of mining.

Nonmetallic minerals, ores, precious stones and metals, combustible minerals - all this is still used by man everywhere, but the value of minerals in different periods of civilization was different. Today, combustible minerals - oil, gas, coal, and peat - are of strategic importance throughout the world, and in particular in Russia.

With the development of technological progress and an increase in population, the anthropogenic impact began to cause irreversible consequences in the natural environment [2]. These factors, when affecting a person as an employee, can lead to the occurrence of occupational diseases or cause industrial injuries. The results of many years of work related to the study of the working conditions of employees at mining enterprises unanimously state the presence of a whole complex of multifactorial negative impacts on personnel, leading further to significant negative consequences for humans [3].

The procedure for assessing risks, namely, occupational risks, allows for analyzing the degree of impact of these factors directly on the employee. But it is not enough just to assess the occupational risks by establishing the degree of impact. It is necessary to carry out comprehensive work on the management of occupational risks, namely, by determining the probability of risks to manifest over time and the severity of their consequences for employees, to implement measures to eliminate and reduce risks, to identify possible financial costs for compensation [4].

The Siberian Federal District has significant mineral reserves. But the most valuable for this district is Lake Baikal. The territory adjacent to Lake Baikal and uniting three regions - the Irkutsk Region, the Republic of Buryatia and the Zabaikalye Territory. Of these regions, only the Irkutsk Region has the largest reserves and variety of fuel and energy raw materials.

Our Irkutsk Region belongs to the regions that have extensive own reserves and extracting combustible minerals, which, as we pointed out earlier, are currently of strategic importance for our country.

According to the existing estimates, the total recoverable hydrocarbon resources in the Irkutsk Region are estimated at 2.5 billion tons for oil, 460.0 million tons for condensate, and 8.4 trillion m<sup>3</sup> for gas. Large fields have been discovered in the region - the Kovykta (gas), Verkhnechonsk, Yarakta, and Dulisma (oil, gas) fields. Hydrocarbon raw materials have the potential to become one of the main branches in the mining industry of the Irkutsk Region.

The coal fields in the region are located in the Irkutsk coal basin, the southern part of the Tunguska basin, as well as in Poymenno-Cheremshansky and Pribaikalsky coal regions. Most of the production is carried out at three fields in the Irkutsk basin: Cheremkhovo, Azeyykoye and Mugunskoye fields.

There are many various methods of occupational risk assessment unique in their essence, which have both advantages and disadvantages, and also differ in complexity of application [5]. One of them was applied in our work, namely, a method for estimating the individual occupational risk (IOR) level.

In 2009, the Research Institute of Occupational Medicine of the Russian Academy of Medical Sciences, together with the Klin Institute of Occupational Safety and Working Conditions "OLS-complect", developed a methodology for assessing individual occupational risk (IOR) depending on the working conditions and health status of an employee [6]. The methodology is based on determining the level of individual occupational risk, which is a combination of a set of indicators, such as age, individual characteristics of the health status of workers, and parameters of the production environment.

We chose to use this method based on the uniqueness inherent in it, in the form of taking into account the working conditions of workers, together with their individual characteristics.

As the objects of research, we chose enterprises producing combustible minerals - oil and coal. One of the enterprises engaged in the extraction of these minerals are Trailing LLC and RN-Burenie LLC.

Occupational risk assessment was conducted for workers directly involved in mining (oil and coal). The calculation results are presented in the form of diagrams in Fig. 1 and 2.

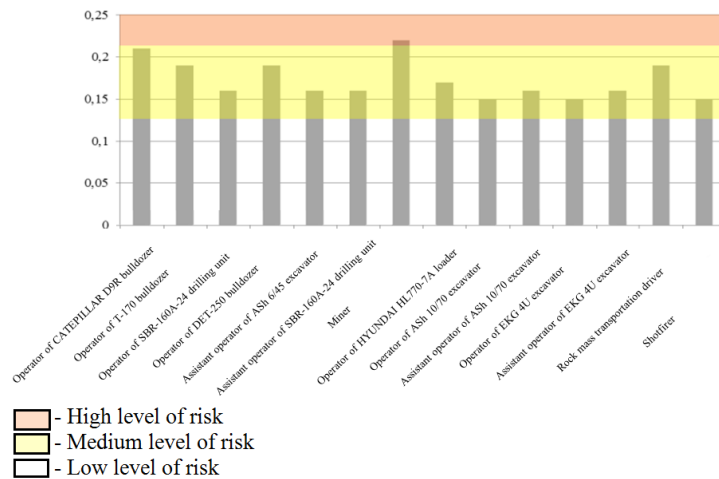


Figure 1. Graphic presentation of occupational risk values for employees of Trailing LLC obtained by the method of assessing IOR level

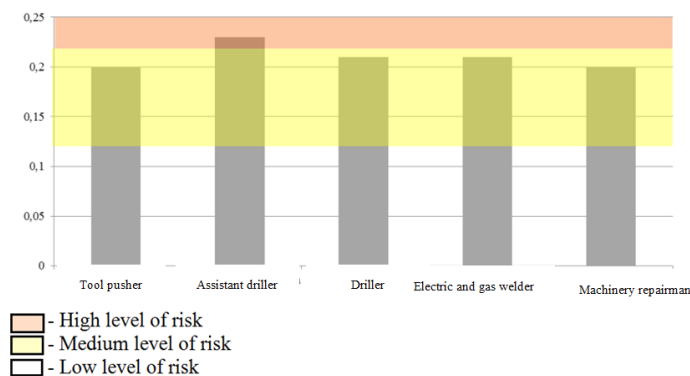


Figure 2. Graphic presentation of occupational risk values for employees of RN-Burenie LLC obtained by the method of assessing IOR level

Based on the diagrams presented, it follows that despite the importance and necessity of mining, the level of occupational risks and leave much to be desired. The overwhelming majority of positions at the enterprises under consideration, according to the results of the occupational risk assessment, are classified as occupations of “medium” risk, as well as high-risk occupations, such as miner in Trailing LLC and assistant driller in RN-Burenie LLC. The high value of risk at mining enterprises is due, in this case, to the nature of the work performed, technical condition and characteristics of the equipment used for the occupation. In total, according to Rosstat, in our country, 988,681 people are employed in the extraction of minerals, who are to some extent subject to the impact of hazardous production factors. Effective solution of labor protection issues, compliance with labor protection and industrial safety requirements, introduction of new, more advanced methods for organizing safe work will significantly reduce occupational risks, improve working conditions at mining enterprises and prevent significant financial costs that mining companies bear for compensation payments and employee benefits, as well as the consequences of accidents and occupational diseases of employees.

## References

1. Chebotarev A.G. Prediction of working conditions and occupational morbidity among workers of mining enterprises // Mining industry. 2016 . Vol. 3 (127). P. 54.

2. Gorlenko N.V., Timofeeva S.S. Assessment of environmental damage from oil sludge to land resources in the Irkutsk region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 229. 012019.

3. Yang X., Haugen S. Implications from major accident causation theories to activity-related risk analysis // Safety Science. 2018. Vol. 101. pp. 121–134.

4. Murzin M.A., Gorlenko N.V., Timofeeva S.S. Comparative assessment of emergency risks of mining enterprises in the Baikal region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 229. 012030

5. Timofeeva S.S. Modern methods for assessing occupational risks and their importance in the labor protection management system // XXI century. Technosphere Safety. 2016. Vol. 1. № 1. pp. 14–24.

6. Staseva E V, Filatova S.V. 2018 Definition of occupational risk based on a special assessment of working conditions // Young Don Researcher. № 2 (11). pp. 81–85.

## **Оценка экологического ущерба от нефтешламов на земельные ресурсы в Иркутской области**

Н.В. Горленко, С.С. Тимофеева

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: bgd@istu.edu*

Промышленная добыча углеводородного сырья в Иркутской области становится одной из базовых отраслей в горнодобывающем комплексе Восточной Сибири. Вместе с ростом добычи нефти, увеличением объемов ее переработки и транспортировки обостряются экологические проблемы, среди которых одной из значимых кроме воздействия на атмосферу, водные ресурсы, выделяется проблема загрязнения почв нефтяными отходами. Среди всех нефтяных отходов, оказывающих пагубное влияние на компоненты природной среды, особую опасность представляют так называемые нефтешламы (буровые шламы). Буровой шлам – водная суспензия, твердая часть которой состоит из продуктов разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистых минералов (при промывке глинистым раствором).

Целью настоящей данной работы является сравнительная оценка экологического риска (эколого-экономического ущерба почвам) при добыче разработке нефтяных месторождений, эксплуатируемых Иркутской нефтяной компанией.

В соответствии с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» выполнена сравнительная оценка экологического риска (эколого-экономического ущерба почвам) на Ярактинском, Дулисьменском, Марковском месторождениях.

В результате исследования установлено, что самый большой ущерб характерен для Дулисьминского месторождения, особенно в части ущерба результате деструкции плодородного слоя почвы. На данном месторождении освоена самая большая территория и самое большое количество кустовых скважин. Данная нагрузка может считаться существенной для Байкальского региона.

### **Список литературы**

1. Соромотин А.В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной сибиря: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. 320 с.

2. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело. 2006. 2. С. 48–61.
3. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation On the Approval of the Methodology for Calculating the Amount of Damage Caused to the Soil as an Object of Environmental Protection dated July 8, 2010 (as amended on July 11, 2018) No. 238
4. Gorlenko N.V., Timofeeva S.S. Assessment of environmental damage from oil sludge to land resources in the Irkutsk region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 229. 012019.
5. Bujok P., Klempa M., Slivka V., Ryba J., Němec I., Štastná V., Porzer M. Re-Disposal of Old Exploitation Wells – Potential Sources of Environmental Pollution in Abandoned Hydrocarbon Deposits of the Czech Republic // *Przegląd Geologiczny*. 2018. 66(6). pp. 379–387.
6. Piet G.J., Knights A.M., Jongbloed R.H., Tamis J.E., de Vries P., Robinson L.A. Ecological risk assessments to guide decision-making: Methodology matters // *Environmental Science and Policy*. 2017. 68. pp. 1–9.
7. Vasilyev A.V. Experience, Results and Problems of Ecological Monitoring of Oil Containing Waste // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference “Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development WASTE 2018”. 2018. pp. 98-101.
8. Ишкова С.В., Троц Н.М., Горшкова О.В. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2012. 5-1. С. 217.
9. Davoodi S.M., Taheran M., Brar S.K., Galvez-Cloutier R., Martel R. Hydrophobic dolomite sorbent for oil spill clean-ups: Kinetic modeling and isotherm study // *Fuel*. 2019. 251. pp. 57–72.
10. Tsubulnikova M.R., Pogharnitskaya O.V., Strelnikova A.B. Designing Economic and Legal Mechanism of Land Management in Oil and Gas Companies // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2015. 24. 012032.
11. Lu H., Guo L., Zhang Y. Oil and gas companies’ low-carbon emission transition to integrated energy companies // *Science of the Total Environment*. 2019. 686. pp. 1202–1209.
12. Echchelh A., Hess T., Sakrabani R., de Paz J.M., Visconti F. Assessing the environmental sustainability of irrigation with oil and gas produced water in drylands // *Agricultural Water Management*. 2019. 223. 105694.
13. Belykh L.I. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil-plant system // *Eurasian Soil Science*. 2009. 42. pp. 1005–1011.
14. Sivkov I., Parfenov V., Aleksandrov S., Nikiforov A. Research of the Ecological State of Soils in Oil Producing Areas of Western Siberia // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016. 2016. 2. pp. 665–672.
15. Xu J., Wang H., Liu Y., Ma M., Zhang T., Zheng X., Zong M. Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Soils Surrounding Oil Waste Disposal Areas // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. 188 (2). pp. 1–10.
16. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Экологические проблемы утилизации отходов в нефтегазовой промышленности // *Вестник ИрГТУ*. 2010. № 2. С. 19–24.
17. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Методы биотестирования для контроля отходов нефтедобычи // *Вестник ИрГТУ*. 2010. № 6. С. 71–75.



## **Ecobiotechnology in the process of industrial wastewater treatment of the closed mining enterprise as a guarantee of environment safety**

K.E. Gula<sup>1</sup>, L.T. Krupskaya<sup>1,2</sup>, N.K. Rastanina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pacific National University, Russia*

<sup>2</sup>*Far East Scientific-Research Institute of Forestry, Russia*

*e-mail: konstantin2489@mail.ru*

The report presents the results of long-term studies of the problem of ecological and chemical assessment of the impact of mineral processing waste in the form of pulp on the ecosphere, including aquatic ecosystems, and the development of bioengineering technologies (bioremediation) aimed at reducing their negative impact on the environment in the Primorsky territory. In the last century at the concentrating plant of the closed Khrustalnensky GOK mining enterprise a chemical method was used to treat industrial wastewater, a degree of which was no more than 75 %. It is shown that pollutants discharged into water bodies after chemical treatment, which have a general toxic, carcinogenic and mutagenic effect, still pose a great threat to the ecological balance of natural systems. The studies show that there was intense pollution of ground and surface water, soil and vegetation, exceeding the regional background indicators up to 9 or more times within the boundaries of the anthropogenic system impact. Therefore, in the study area it is necessary to ensure environmental and social safety of industrial effluents by improving their treatment technology. In this regard, the aim of the research was not only to assess the extent of the negative impact of beneficiation mineral toxic wastes in the form of pulp to the ecosphere, but also in the development of ecologically safe biotechnological method of purification industrial wastewater by biodegradation, biooxidation and biosorption from solutions using the metabolic potential of biological systems (hydrophytic plants). Based on the purpose, the following tasks are defined: 1. To analyze and summarize the literature on the problem of industrial wastewater treatment using biological methods; 2. To study the composition and properties of industrial wastewater in the form of pulp and assess their impact on the environment; 3. To investigate ecological and biological features of little Duckweed as a possible concentrator of heavy metal compounds; 4. To develop a biotechnological solution for industrial wastewater treatment using bioremediation (higher aquatic vegetation, Duckweed). Experimental studies have proved the effectiveness of the biological systems metabolic potential (little Duckweed) to ensure the normative quality of treated wastewater by the example of a closed mining enterprise in the Primorsky territory (Khrustalnensky GOK). The scientific novelty of the proposed method is confirmed by a Patent of the Russian Federation (2014).

*Acknowledgements.* The investigation is fulfilled at the expense of the grant of the Russian scientific fund (Project № 15-17-10016), Pacific National University and Russian Foundation for Basic Research (RFBR) according to the research project №18-35-00260.

### **References**

1. Ran Motoori, Benjamin C. McLellan, Tetsuo Tezuka. Environmental Implications of Resource Security Strategies for Critical Minerals: A Case Study of Copper in Japan // Minerals. 2018. 8 pp. 558.
2. Falagán C., Grail B.M., Johnson D.B. New approaches for extracting and recovering metals from mine tailings // Minerals Engineering. 2017. 106. pp. 71–78.
3. Petersen S., Krätschell A., Augustin N., Jamieson J., Hein J.R., Hannington M.D. News from the seabed-Geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources // Marine Policy. 2016. 70. pp. 175–187.

4. Bayader F. Abbas, Wessal M. Khamis, Ahmed M. Abdullah, Hanankd Shà, Mustafa Taha Mohammed Environmental Pollution with the Heavy Metal Compound // *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 2018. 11(9) (0974-3618). pp. 4035–4041.
5. Li Jun-Jie, Pang Li-Na, Wu Shan, Zeng Meng-Da. Advances in the Effect of Heavy Metals in Aquatic Environment on the Health Risks for Bone // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2018. 186. 012057.
6. Fernando P. Carvalho. Mining industry and sustainable development: time for change // *Food and Energy Security*. 2017. 6(2).
7. Rajaram T., Ashutosh Das. Water pollution by industrial effluents in India: Discharge scenarios and case for participatory ecosystem specific local regulation. 2008. 40(1). pp. 56–69.
8. Paul Walakira, James Okot-Okumu. Impact of Industrial Effluents on Water Quality of Streams in Nakawa-Ntinda, Uganda // *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 2011. 15(2). pp. 289–296.
9. Richa Maheshwari. Impact of Industrial Estates on Water Resources // *International Journal of Environmental Science and Development*. 2016. 7(12). pp. 933–939.
10. Ulrich D.V. Bioengineering facilities for cleaning contaminated surface runoff // *Engineering herald Don*. 2017. 2.
11. Subbotina Yu.M., Smirnova I.R., Kutkovskiy K.A. Theoretical and Methodological Approaches to Sewage Treatment by the Elements of Aquatic Ecosystem // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2015. 5(127). pp. 99–106.
12. Dixi Archana, Dixit Savita, Goswami C.S. Process and plants for wastewater remediation: A review // *Sci. Revs. Chem. Commun.* 2011. 1(1). pp. 71–77.
13. Chantana Lamaia, Maleeya Kruatrachuea, Prayad Pokethitiyooka, E. Suchart Upathamb, Varasaya Soonthornsarathoola. Toxicity and Accumulation of Lead and Cadmium in the Filamentous Green Alga *Cladophora fracta* (O.F. Muller ex Vahl) Kutzing: A Laboratory Study *Science Asia*. 2005. 31. pp. 121–127.
14. Timofeeva S.S. Ecological biotechnology. Irkutsk: Irkutsk State Technical University Publishing House, 1999. 210 p.
15. Samuel Yeboah, Allotey Albert. Purification of industrial wastewater with vetiver grasses (*vetiveria zizanioides*): the case of food and beverages wastewater in Ghana // *Asian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2015. 2(2). pp. 1–14.
16. Barillas L. Design of a Prototype of Water Purification by Plasma Technology as the Foundation for an Industrial Wastewater Plant // *Journal of Physics: Conference Series*. 2015. 591. 012057.
17. Kolesnikov B.P., Motorina L.V. Methods for the Study of Biogeocenoses in Technogenic Landscapes // *Program and Methods for Studying Technogenic Biogeocenoses*. 1978. pp. 5–12.
18. Tariq Javed, Nasir Ahmad, Azhar Mashiatullah. Heavy Metals Contamination and Ecological Risk Assessment in Surface Sediments of Namal Lake, Pakistan // *Pol. J. Environ. Stud.* 2018. 27(2). pp. 675–688.
19. Hazrat Ali, Ezzat Khan, Ikram Ilahi. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation // *Journal of Chemistry*. 2019. 14 p.
20. Monisha Jaishankar, Tenzin Tseten, Naresh Anbalagan, Blessy B. Mathew, Krishnamurthy N. Beeregowda Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals // *Interdisciplinary Toxicology*. 2014. 7(2). pp. 60–72.
21. Singh A., Prasad S.M. Remediation of heavy metal contaminated ecosystem: an overview on technology advancement // *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2015. 12. pp. 353–366.

22. José A. Aznar-Sánchez, José J. García-Gómez, Juan F. Velasco-Muñoz, Anselmo Carretero-Gómez. Mining. Waste and Its Sustainable Management: Advances in Worldwide Research // Minerals. 2018. 8. P. 284.
23. Nilima Chaturvedi, Hemanta Kumar. Patra. Iron Ore Mining, Waste Generation, Environmental Problems and Their Mitigation through Phytoremediation Technology // International journal of science and research methodology. 2016. 5(1). pp. 397–420.
24. Michael Stovern, Héctor Guzmán, Kyle P Rine, Omar Felix, Matthew King, Wendell P Ela, Eric A Betterton, Avelino Eduardo Sáez. Windblown Dust Deposition Forecasting and Spread of Contamination around Mine Tailings // Atmosphere. 2016. 7. P. 16.
25. Degner Emily, Horn Sam, Galligan Zakary, Bernard Ryan, Jameson Julie, Mueller Josh, Tucker Natalie, Griffin Joe. Tailings Dust Emissions Chemical Engineering Undergraduate Honors Theses. 2017. P. 100.
26. Krupskaya L.T., Zvereva V.P., Golubev D.A., Tagirova V.T., Bubnova M.B. Problems of reducing environmental damage caused in the past century by mining facilities and ways of their solution in the Far Eastern Federal District // Russian Journal of General Chemistry. 2017. 87(13). pp. 3107–3114.
27. Krupskaya L.T., Rastanina N.K., Golubev D.A., Filatova M.Yu. Patent RU No 2672453, Composition for dust suppression for the rehabilitation of the surface of the tailing dump. 14.11.2018. [In Russ]
28. Shevkun E.B., Gula K.E., Krupskaya L.T., Mayorova L.P., Zvereva V.P. Patent RU No 2504519. The method of biological treatment of wastewater and system for its implementation. 20.01.2014. [In Russ]

**Фильтрация высоковязких и сильно загрязненных сред с использованием комплексного силового воздействия на очищаемый поток жидкости**

В.А. Девисилов, Е.Ю. Шарай

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)*

*e-mail: sharay@bmstu.ru*

Интенсификация и повышение эффективности процессов фильтрации высоковязких и сильно загрязненных сред представляют большой интерес во многих отраслях промышленности, таких как нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая, медицинская и пищевая. Также фильтрация высоковязких сред связано с большими затратами на создание движущей силы процесса, быстрым забиванием пор фильтровального материала, необходимостью частой регенерации фильтровального материала. Поэтому возникает необходимость заменять фильтровальный материал новым. Актуальными являются разработка и исследование аппаратов, которые позволяют увеличить ресурс фильтровального материала до регенерации, уменьшить затраты энергии на создание требуемого перепада давления, при этом сохранить компактность аппарата и требуемую тонкость очистки.

Авторами предлагается использовать фильтрацию в сочетании с очисткой в центробежных полях и вибрационных полях. Поле центробежных сил в гидродинамическом фильтре (рис. 1) формируется благодаря тангенциальному вводу жидкости в аппарат и вращению цилиндрической фильтровальной перегородки. Отличие метода от других технологий заключается в создании потенциального течения в кольцевой зоне аппарата в поле центробежных сил. Такая организация течения

позволяет до 80% загрязнений удалить с потоком перепускаемой жидкости фильтрата, минуя фильтровальную перегородку, что снизит нагрузку на фильтровальный материал и увеличит ресурс работы. Предусмотренная в конструкции вибрация фильтровальной перегородки позволяет разрушить слой осадка на ней и направить осадок в поток фильтрата. Таким образом, предлагаемый гидродинамический фильтр имеет возможность саморегенерации. Это приводит к дополнительному увеличению ресурсных характеристик фильтровальной перегородки и эффективности работы всего аппарата в целом [1-4].

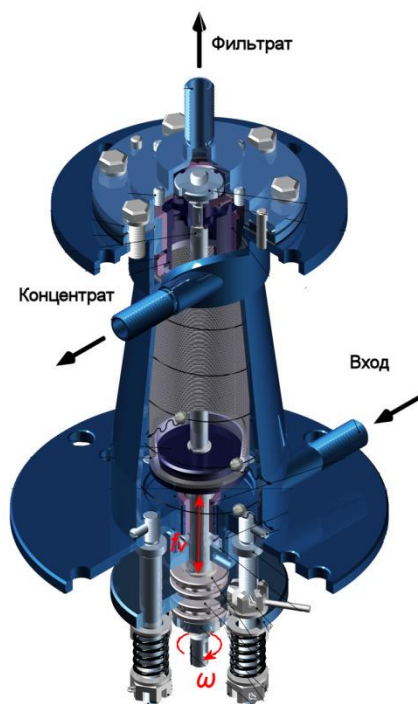


Рисунок 1. Схема гидродинамического фильтра

На рис. 2 изображены линии тока, построенные на основе расчета скоростей по уравнениям Уравнения Навье–Стокса и неразрывности, дополненные моделью турбулентности и граничными условиями, и промежуточные положения частиц диаметром 8 мкм при соотношении плотностей жидкой фазы и твердых частиц  $\rho_{жс}/\rho_{ч} = 0.4$ , полученные в программном комплексе Ansys.

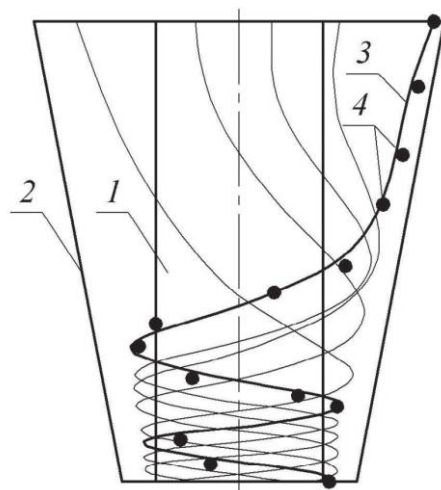


Рисунок 2. Картина течения в гидродинамическом фильтре:

1 – фильтровальная перегородка; 2 – корпус фильтра; 3 – линии тока жидкости; 4 – траектории частиц

Анализ многочисленных расчетов показал возможность считать с приемлемой достоверностью, что траектории движения частиц размером до 20 мкм совпадают с линией тока жидкой фазы. Полученные линии тока можно использовать для определения траекторий твердых частиц и полей концентрации в сужающемся кольцевом канале фильтра в предположении, что частицы движутся по линиям тока жидкой фазы суспензии. Данное предположение верно при установившемся течении и для малых диаметров частиц.

Для проведения экспериментальных исследований создан стенд на базе модельного гидродинамического фильтра (рис. 3). Результаты экспериментального исследования гидродинамического вибрационного фильтра с хорошей степенью совпадения (15-20%) подтвердили спрогнозированные математическим моделированием сепарационные и гидравлические параметры фильтра, что показало его эффективность и перспективность реализации способа гидродинамического вибрационного фильтрования.

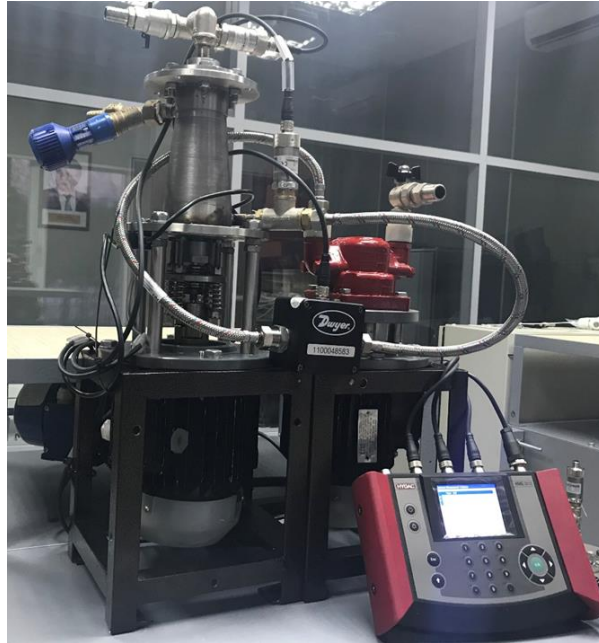


Рисунок 3. Картина течения в гидродинамическом фильтре:

1 – фильтровальная перегородка; 2 – корпус фильтра; 3 – линии тока жидкости;

Оценка вклада центробежной сепарации в общую эффективность очистки производилась как отношение числа частиц сепарированных центробежным механизмом к общему числу частиц в очищаемой жидкости на входе в аппарат. На рис. 4. представлены зависимости эффективности очистки центробежным механизмом  $\eta$  от среднемедианного размера частиц  $d_m$  при полидисперсном составе загрязнений, фракционный состав которых подчинен логарифмически–нормальному закону. Зависимости получены при аналогичных расходных характеристиках, свойствах дисперсной фазы и дисперсионной среды, что и в натурном эксперименте. Это позволило убедиться в правильности и точности используемой математической модели. Как видно из графика при угловой скорости вращения  $\omega = 210$  рад/с из индустриального масла удаляется от 60% частиц с диаметром 200 мкм.

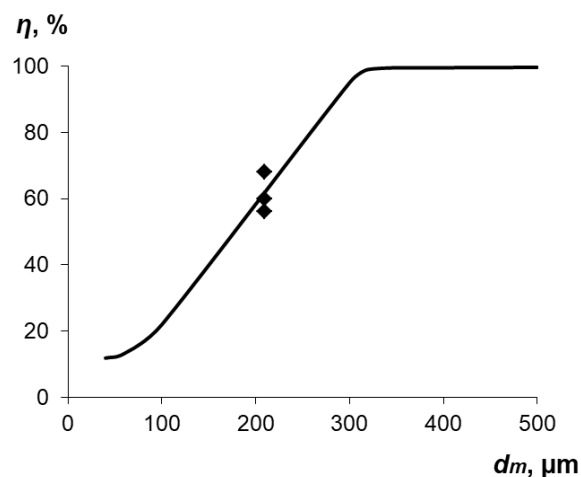


Рисунок 4. Зависимость эффективности сепарации вращением от среднемедианного размера частиц загрязнений:

маркер – результаты эксперимента; линия – результаты моделирования

Хорошее совпадение результатов экспериментальных исследований эффективности сепарации твердой фазы в гидродинамическом фильтре с расчетными значениями, полученными с использованием уравнений гидродинамики ньютоновских жидкостей, подтверждает их адекватность реальной картине течения и возможность их использования для практических расчетов гидродинамических и сепарационных процессов в гидродинамическом фильтре.

### Список литературы

1. Mochalin I. V., Khalatov A. A. // *Physics of Fluids*. 2015. Vol. 27(9). P. 094102.
2. Devisilov V. A., Sharai, E. Y. // *High Temperature*. 2018. Vol. 56(4). P. 576-580. DOI: 10.1134/S0018151X18040053
3. Александров А. А., Девисилов В. А., Шарай Е. Ю., Киселева Д. А. // *Вестник МГТУ. Естественные науки*. 2018. Т. 2. С. 23-38. DOI: 10.18698/1812-3368-2018-2-23-38
4. Девисилов В. А., Шарай Е.Ю. // *Теоретические основы химической технологии*. 2016. Т. 50. № 2. С. 215–222. DOI: 10.7868/S0040357116020044

## Способ очистки сточных вод в комбинированном водоподготовительном комплексе

Л.Р. Джунусова<sup>1</sup>, С.В. Чичерин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*НАО Алматинский университет энергетики и связи*

<sup>2</sup>*Омский государственный университет путей сообщения*

*e-mail: man\_csv@hotmail.com*

Как показывает анализ работ по оптимизации технологических процессов переработки сточных вод, основное внимание исследователей сосредоточено на совершенствовании традиционных химических технологий водоподготовки. Разработанные методы для решения задач очистки сточных вод и выделения металлов из их солей представлены в публикациях [1–5]. Значительная часть работ посвящена процессу водоподготовки подпиточной воды при помощи электродиализных или ионитных методов для обеспечения заданного водно-химического режима работы тепловой сети [6, 7], но при этом делается это в условиях, когда статистические данные говорят о том, что наибольшая доля повреждений вызвана локальной коррозией с наружной стороны металлической стенки трубопровода [8].

Технологическая схема экспериментальной установки, собранной на основе водоподготовительной установки и реверсного электродиализного аппарата, показана на рисунке. 1.

Для более полного выделения солей алюминия из концентрированных сточных вод, с последующей их реализацией и возвращением очищенных стоков в оборотную систему водоснабжения предпочтительно использовать комбинированные способы на основе мембранной ультрафильтрации и электродиализа. Индекс рециркуляции является критерием совершенства технологического процесса с экономической точки зрения. Индекс сбора характеризует долю собираемых сточных вод, а индекс переработки – долю сточных вод, переработанных тем или иным способом для обеспечения их повторного использования [9].

Описание опытной установки водоподготовки приведено в таблице 1.

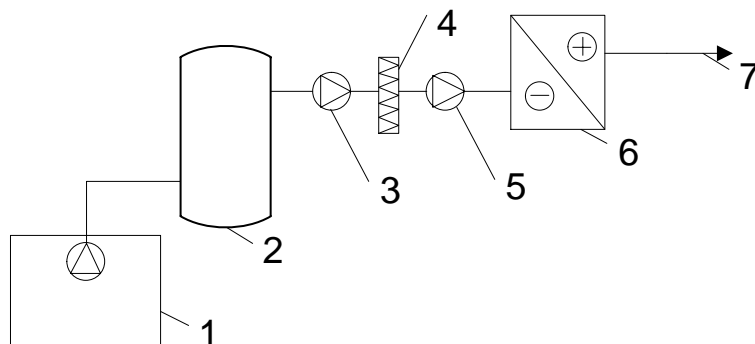


Рисунок 1. Принципиальная схема соединения устройств для проведения исследования:  
 1 – заборная скважина, 2 – бак-аккумулятор, 3, 5 – центробежный насос, 4 – блок предподготовки, включающий в себя ультрафильтрационный модуль, 6 – блок извлечения алюминия, 7 – линия поставки подготовленной воды потребителям

Таблица 1. Технические характеристики ультрафильтрационного и электродиализного модуль-блоков

Тип установки / его характеристики	Ультрафильтрационный модуль-блок	Многостадийный электродиализный модуль-блок
Производительность по воде, л/ч	100	100
Солесодержание сточной воды, мг/дм <sup>3</sup>	4579	6,0–3,0
Остаточное солесодержание, мг/дм <sup>3</sup>	6,0–3,0	0,5–1,0
Количество мембран (ячеек), шт	6	80
Напряжение между электродами, В	–	110–180
Масса установки с заполненным водой форсуночным блоком	35	20
Габаритные размеры установки, мм	330x330x450	330x330x450
Энергопотребление, кВт	0,5–2,5	0,9 (для удаления 1 кг солей)

Испытания данной технологической схемы экспериментальной установки показали, что затраты электроэнергии на перенос ионов соли из камер обессоливания и концентрирования составляют 0,05 кВтч/г-экв перенесенной соли при концентрировании рассола в камерах концентрирования до 8%. Динамика развития мембранных технологий опреснения доминирует над дистилляцией, в связи с этим во многих зарубежных странах мира независимые группы исследователей постоянно проводят сопоставление технико-экономических показателей. За прошедшие годы удельная стоимость существенно снизилась, но тенденция сохранилась и даже сместилась в пользу электродиализа [10].



Результаты химического анализа до и после очистки в электродиализном модуль-блоке приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты химического анализа исследуемой воды

№	Элемент	Исходная сточная вода (концентрат), мг/дм <sup>3</sup>	Опресненная вода (диллюат), мг/дм <sup>3</sup>
1	Al <sup>2+</sup>	160	0,117
2	Cl	878	0,267
3	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2040	0,189
4	Ca <sup>2+</sup>	90	0,197
5	pH	8,5÷9,5	8,5÷9,5
6	TDS	4579	0,77

Комбинированный водоподготовительный комплекс позволит снизить затраты на опреснение, очистку воды, а также позволит попутно получать алюминий в достаточных количествах. Кроме того, в процессе функционирования реакционного модуль-блока будет нарабатываться в больших количествах дисперсный оксид алюминия для дальнейшего его применения, к примеру, в лакокрасочной промышленности (стоимость дисперсного алюминия чрезвычайно велика – до 20 \$/кг). Представленная технологическая схема комбинированного водоподготовительного комплекса способна эффективно извлекать из сточных вод любые легкие металлы, что, в свою очередь, в числе прочего, позволит улучшить схему водоподготовки сетевой и питательной воды на источниках теплоснабжения [11]. Целесообразно применять данную схему для очистки грунтовой воды (низкопотенциального источника теплоты) для тепловых насосов [12–14]. Кроме того, ее использование предотвратит дальнейшее формирование токсичных придонных отложений в открытых водоприемниках [15]. Все это и определяет пути дальнейшего продолжения работы.

#### Список литературы

1. Ананьева О.А. Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2012. № 5–6. С. 140–144.
2. Скотникова Д.С., Мочалова А.Е., Смирнова Л.А. Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. 2018. № 3–3. С. 98–102.
3. Баян Е.М., Лупейко Т.Г., Горбунова М.О., Толстоброва Е.В. Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 50–55.
4. Чукаева М.А., Матвеева В.А. Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 6. С. 685–690.
5. Руденко Е.Ю., Макеева Е.Н., Ващенко В.В., Мышова К.А., Бахарев В.В., Муковнина Г.С., Ермаков В.В., Киселева О.Н. Экология промышленного производства. 2019. № 1 (105). С. 20–23.
6. Сенатов С.Н. Энергосбережение и водоподготовка. 2016. № 3 (101). С. 3–7.
7. Чичирова, Н.Д. Энергосбережение и водоподготовка. 2016. № 3(101). С. 8–14.
8. Чичерин С.В. В сборнике: Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте Материалы научной конференции, посвященной Дню Российской науки. Омский государственный университет путей сообщения. 2019. С. 13–18.
9. Джунусова, Л.Р. // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2015. № 23. С. 167–176.
10. Мухиддинов, Д.Н., Джунусова Л.Р. Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2014. № 1–2. С. 254–257.
11. Чичерин С.В. Сантехника, отопление, кондиционирование. 2019. № 5. С. 37–40.

12. Чичерин С.В. Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития. Сборник научных трудов международной научной конференции. Томск, 2018. С. 58–60.
13. Чичерин С.В. Сантехника, отопление, кондиционирование. 2019. № 6. С. 40–49.
14. Джунусова Л.Р., Абильдинова С.К., Алиярова М.Б., Чичерин С.В., Джунусов Т.Ж. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2018. 61(4). С. 372–380.
15. Калинкина, Н.М. Принципы экологии. 2017. Т. 22. № 1. С. 81–103.

## **Прогнозная оценка техногенных рисков при сливно-наливных операциях на нефтебазах**

Т.И. Дроздова, А.С. Верещагина

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: drozdova@istu.edu*

Нефтебаза является объектом, на котором хранятся в резервуарных парках нефтепродукты, а также проводятся сливно-наливные операции, которые могут привести к разливу топлив.

Аварийный разлив нефтепродукта в объемах, сравнимых с объемами железнодорожной цистерны или объемами различных резервуаров может возникнуть в результате аварийной разгерметизации (полного/частичного разрушения).

К причинам, связанным с выходом из строя оборудования, результатом которых может стать разгерметизация резервуара, цистерны, относятся различные скрытые внутренние дефекты, такие как коррозия, брак сварных швов, усталостные явления металла и других причин. Аварийный разлив нефтепродуктов из резервуаров при условии наличия данных скрытых дефектов, может произойти в результате каких-либо внутренних или внешних воздействий (терактов, диверсий).

Цель работы выполнить прогнозный расчет аварийных рисков, связанных разгерметизацией цистерны и разливе топлива.

Прогнозный анализ событий, связанных с разгерметизацией цистерны при разливе топлива показал вероятность возникновения и развития пожаров при распространении облаков горючих газов с концентрациями, соответствующими концентрационным пределам воспламенения. Показано, что при воспламенения топлива с развитием пожара пролива или при распространении воздушной ударной волны в результате взрыва топливно-воздушной смеси негативное действие окажут поражающие факторы, что приведет к разрушениям и поражению обслуживающего персонала.

### **Список литературы**

1. Chang J.I., et al. A study of storage tank accidents // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2006. 19. pp. 51–59.
2. Moshashaei P., et al. Investigate the causes of fires and explosions at external floating roof tanks: A comprehensive literature review // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2017. 17. pp. 1044–1052.
3. Crippa C., et al. Fire risk management system for safe operation of large atmospheric storage tanks // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2009. 22. pp. 574–581.
4. Mansour K.A. Fires in large atmospheric storage tanks and their effect on adjacent tanks. Loughborough University Institutional Repository. 2012.

5. Qingxiang L., et al. Major safety problems and their countermeasures in the design of large size petroleum storage tanks // China Safety Science Journal. 1999. 5. pp. 1–12.

6. Приказа Ростехнадзора от 13.05.2015 № 188 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.idgca.org/doc/fz\\_188-130515.pdf](http://www.idgca.org/doc/fz_188-130515.pdf) (дата обращения: 25.06.2019).

7. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (с изменениями, утвержденными приказом МЧС России от 14.12.2010 г. №649) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/55170421/> (дата обращения: 25.06.2019).

8. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31 марта 2016 г. № 137 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71274372/> (дата обращения: 25.06.2019).

## **Audit of fire protection in buildings of trade purpose of Irkutsk**

T. Drozdova, D. Drozdov

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: drozdova@istu.edu*

The analysis of constructive, space-planning decisions and escape routes in commercial buildings for compliance with fire safety requirements has been carried out. The time of evacuation from retail premises was estimated and the most efficient escape routes were proposed.

## **Технологии восстановления земельных ресурсов при внешнем бестранспортном отвалообразовании**

Ф.В. Дудинский, К.Б. Нечаев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: istuproekt@mail.ru*

Ежегодный рост потребления и добычи природных ресурсов приводит к тому что проблема рационального природопользования остается актуальной и все более значимой в настоящее время. Ее решение предполагает разработку комплекса мер создающих экологически безопасное и не истощительное использование природных ресурсов. Горные работы оказывают сильное воздействие на естественные ландшафты, в частности изменением первоначального рельефа различными выработками и навалами пород в процессе эксплуатации месторождения. Для обеспечения условий функционирования природно-техногенной системы структура преобразованных ландшафтов должна соответствовать будущей хозяйственной или иной деятельности человека. Для горного предприятия это в первую очередь означает проведение рекультивации, направленной на воспроизводство утраченной народнохозяйственной ценности нарушенных в процессе разработки месторождения земель. Рекультивация может осуществляться одновременно с горными работами или после их окончания. Технология и механизация восстановительных работ включает планировку поверхности и откосообразование выполняемую с использованием экскаваторов, отвалообразователей, бульдозеров, скреперов и другого горного или специального

оборудования. Воссоздание земель, нарушенных горными выработками и отвалами пород осуществляется путем придания их откосам и поверхностям в сечении определенного профиля пригодного для использования в сельском и лесном хозяйствах, строительстве и т. д. в соответствии с требованиями нормативных документов. В отдаленных от проживания и хозяйственной деятельности человека местах форма поверхности должна обеспечивать ее устойчивость к воздействиям внешней среды, не разрушаться и деградировать.

При разработке месторождений полезных ископаемых важным вопросом является нахождение наилучшего сочетания объемов работ, выполняемых вскрышным оборудованием в основном производственном цикле для подготовки объекта к рекультивации и машинами, используемыми непосредственно при восстановлении поверхности. Для бестранспортных технологий в этом случае необходимо оценить возможность и целесообразность выполнения вскрышных и отвальных работ драглайном при частичной подготовке поверхности всего отвального комплекса к последующей рекультивации при внешнем отвалообразовании

В статье отражены особенности бестранспортного перемещения пород во внешние отвалы и отмечена возможность отсыпки различных профилей групповых отвалов, отвечающих требованиям рекультивации в процессе их формирования драглайнами. Рассмотрены основные положения, используемые при разработке технологических схем вскрышных и отвальных работ реализуемых с применением драглайнов при внешнем отвалообразовании. Разработаны и рассмотрены три группы технологических схем вскрышных работ и отвалообразования отличающиеся способом и порядком отсыпки промежуточных отвалов при формировании группового отвала, а также направлением рекультивации. Выполнена технико-экономическая оценка вариантов разработки участка месторождения с использованием драглайнов на вскрышных работах и отвалообразовании. Определены основные технические, экономические и экологические результаты горных работ и сделан их анализ.

Установлено, что при обосновании технологии вскрышных работ с отсыпкой внешних отвалов драглайнами целесообразно рассматривать отвалообразование и конструкцию группового отвала с учетом возможности частичного выполнения работ сопутствующих последующей рекультивации.

### **Список литературы**

1. Коваленко В.С. Повышение эффективности использования природных и техногенных ресурсов при открытой угледобыче в рамках концепции «зеленой» горнодобывающей промышленности // Уголь. 2018. № 4. С. 60–63.

2. Коваленко В.С., Артемьев В.Б., Опанасенко П.И. Землесберегающие и землевоспроизводящие технологии на угольных разрезах. Сер. Библиотека горного инженера. Т. 8. Горная экология. Кн 2. М.:Горное дело ООО «Коммерческий центр», 2013. 439 с.

3. Зеньков И.В., Шестакова М.И. Рекультивация нарушенных земель при переходе на новые технологии с учетом накопленных научно-практических знаний // Уголь. 2014. № 12 (1065). С. 92–96.

4. Архипов А.В. Земцовская Е.В. О возможности рекультивации породных отвалов в условиях Заполярья и влияние рекультивации на отвалообразование // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 4. С. 110–121.

5. Овешников Ю.М. Рациональное использование земельных отводов путем оптимизации параметров отвалообразования на рудных карьерах/ Ю.М. Овешников,

С.С. Рязанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 4. С. 90–97

6. Блинов С.М., Тихонов В.П., Караваева Т.И. Рекультивация земель, нарушенных дражными разработками // Разведка и охрана недр. 2014. № 11. С. 54–57.

7. Иванова Л.И. Зарубежный опыт решения проблем рекультивации земель, нарушенных в процессе недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № S56 С. 491–498.

8. Малеев Н.Г., Котровский М.Н. Способы выполаживания откосов отвалов // Современные технологии освоения минеральных ресурсов Сб. Научных трудов. Вып. 2. Красноярск: Изд-во КГУЦМиЗ, 2004. С. 195–197.

9. Малеев Н.Г. Способы сооружения пионерных насыпей, совмещенные с выполаживанием откосов // Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири. Вып. 5. 2005. С. 40–50.

10. Дудинский Ф.В., Гущенко В.В. Технологии создания устойчивых форм рельефа в прибортовой части карьера // Вестник ИрГТУ. 2012. № 7. С. 90–93.

11. Dudinskiy F.V., Nechaev K.V. Placer deposit mining method justification. Prospects Mining and Metallurgy Industry Development // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. 229. 012013.

12. Щелканов Н.С., Овешников Ю.М., Субботин Ю.В. Рекультивация отвалов вскрышных пород на угольных разрезах Забайкальского края // Вестник ЗабГУ. 2012. №11. С. 28–33.

13. Костромитинов К.Н., Лысков В.М. Оценка эффективности отработки месторождений драгоценных металлов. Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2015. 530 с.

14. Кашпар Л.Н., Чигарев О.В., Корчагин С.Е., Деревяшкин И.В. Вскрытие шахтных полей пластовых месторождений с использованием драглайнов. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 12. С. 187–189.

## **Study on axial force of pile body and particle breakage distribution of sand under single-pile penetration in calcareous sand**

X. Deng

*Chongqing University, Chongqing, China*

*e-mail: csudxtunnel@163.com*

In the South China Sea, there are a large number of island reefs distributed, which not only have strategic value, but also have rich civil economic development value. Calcareous sand foundations are often encountered during the construction of these island reefs. The high stress generated by the pile when it penetrates the calcareous sand foundation will cause particle breakage of the calcareous sand within a certain range of the pile<sup>1,2</sup>.

There is a certain difference in the axial force distribution law of the pile body when the pile penetrates into the calcareous sand foundation and the quartz sand foundation. Meanwhile, the particle breakage distribution of calcareous sand particles around the pile remains to be quantified. Aiming at the above two problems, a single pile penetration scale model test of calcareous sand under certain confining pressure was carried out, and compared with the single pile penetration test in the same grade quartz sand. The axial force variation of the pile body during the penetration process of the pile foundation was recorded, and the soil around the pile after the penetration was sampled along the axial and radial intervals of the pile body. The relative breakage rate model proposed by Hardin<sup>3</sup> was used to quantify the spatial distribution of the breakage. The results show that the relative particle breakage rate gradually decreases along the diameter of the pile, and is close to 0 at the position of the pile diameter of 3~4 times; the relative particle breakage rate does not change significantly along

the axial direction of the pile body, but an ellipsoidal area with obvious particle breakage is formed below the pile bottom; in the penetration process, the maximum axial force of the pile foundation in the calcareous sand is smaller than the maximum axial force of the pile foundation in the quartz sand.

### References

1. Zhang Jiaming, Shao Xiaoquan, Wang Xiaolong, et al. Discrete element simulation of crushing behavior of calcareous sands during pile jacking // *Rock and Soil Mechanics*. 2015. 36(1). pp. 272–278.
2. Wu Ze-xiang, Jin Yin-fu, Ji Hui, et al. Numerical simulation analysis of flat bottom pile driven into foundation of easily crushable sand // *Rock and Soil Mechanics*. 2017. 38(Supp.2). pp. 330–336.
3. Hardin B.O. Crushing of Soil Particles // *Journal of Geotechnical Engineering*. 1985. 111(10). pp. 1177–1192.

## Экология транспорта в России: проблемы и перспективы развития

Е.Н. Замараева

*Уральский государственный экономический университет*

*e-mail: zamaraeva\_en@usue.ru*

В настоящее время по всему миру наблюдается увеличение темпов роста производства и потребления товаров, постоянный экономический рост и развитие во многих сферах, в том числе и в транспортно-логистической, что приводит к неизбежному ухудшению экологической обстановки, загрязнению природных ресурсов, земли, воды и лесов. Учитывая этот факт необходимо принимать во внимание экологический аспект уже на стадии формирования транспортных систем и проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности на всех этапах их проектирования, строительства и эксплуатации.

Рассматривая транспортную систему как совокупность транспортных сетей и транспортных средств можно отметить, что и транспортные сети, и транспортные средства могут оказывать негативное влияние на окружающую среду. Так, при создании и развитии транспортных сетей проводятся большие объемы строительных работ, связанных с перемещениями грунта, нарушением естественного ландшафта, строительством мостов, путепроводов, водоотвода. Транспортные средства, которые пользуются данной транспортной сетью, вносят решающий вклад в загрязнение окружающей среды. В связи с чем в литературе встречается определение экология транспорта. [1]

Основные задачи экологии транспорта, обозначенные в учебнике для прикладного бакалавриата «Экология транспорта» Павловой Е.И., имеют следующие направления<sup>2</sup>: «определение характера и масштабов воздействия транспорта на окружающую среду, разработка стратегии охраны окружающей среды при функционировании транспорта, выделение перспективных направлений развития транспорта с учетом его экологизации, исследование вопросов управления экологической деятельностью на транспорте, снижение экологических рисков в транспортной деятельности».[3]

С целью минимизации вредного воздействия на окружающую среду каждым государством применяются законодательные нормативные акты, регулирующие

---

<sup>2</sup> Павлова Е. И. Экология транспорта. М.: Издательство Юрайт, 2019. 479 с.

деятельность перевозок. При этом оценка качества окружающей среды осуществляется на основании критериев, характеризующих состояние экосистемы в целом, а среди методов защиты окружающей среды применяются методы снижения мощности источников загрязнения, методы нейтрализации и улавливания вредных веществ системами очистки и методы нормирования качества окружающей среды.

Например Европейской экономической комиссией ООН в 1982 году были разработаны Правила № 49, действующие в настоящее время с некоторыми поправками и содержащие требования к качеству топлива, уровню выброса токсичных веществ двигателями внутреннего сгорания, срокам эксплуатации катализаторов и т.д. Также ЕЭК ООН были разработаны и введены в действие в 1982 году Правила № 51, устанавливающие предельные значения уровня шума для транспортных средств. Данные стандарты были приняты и в РФ, что стало основанием для обязательного предъявления экологического сертификата на российской таможне. [2]

Для регулирования уровня воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду многими странами были разработаны и реализованы программы по переводу железнодорожного транспорта с паровой тяги на электрическую. Практически все железные дороги электрифицированы, кроме некоторых стран с наиболее грузонапряженными маршрутами. Вопросы регулирования эмиссии отработавших газов дизелей локомотивов рассматривает Международный союз железных дорог – МСЖД (в его состав Россия вошла в 2006 году в лице ОАО «РЖД»), Агентство по охране окружающей среды и Европейский институт железнодорожных исследований. Международным союзом железных дорог составлена памятка – МСЖД-624, содержащая предельные значения выбросов и методы их измерений, обязательная для всех железных дорог – членов МСЖД. [2]

Помимо этого, с 2009 года вступила в силу Европейская директива 97/68/ЕС с дополнением 2004/26/ЕС в части экологических требований к локомотивным дизелям. По инициативе Европейского союза железнодорожной промышленности все железные дороги Европы были сертифицированы по единому специализированному отраслевому стандарту IRIS (International Railway Industry Standard), созданному на базе стандарта менеджмента качества ISO 9001 с дополнительными требованиями к железнодорожной отрасли, такими как ежегодный обязательный надзорный аудит органа по сертификации.

Экологические требования к гражданским воздушным судам устанавливаются Международной организацией гражданской авиации, в состав которой входят 190 государств, в том числе Россия. Членство в данной организации требует соблюдения страной положений документа «Международные стандарты и рекомендуемая практика», являющейся приложением к Конвенции о международной гражданской авиации. Международной организацией гражданской авиации был введен новый подход к экологическим характеристикам воздушных судов, закладываемым при проектировании воздушного судна. Также организацией были разработаны стандарты по шуму на местности для всех типов летательных аппаратов, изложенные в Приложении 16 «Защита окружающей среды» к Чикагской конвенции. В рамках Содружеств Независимых Государств экологические требования к воздушным судам регламентируются авиационными правилами АП-34 «Охрана окружающей среды».

Экологические требования к судам морского и речного флота изложены в «Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененной Протоколом 1978 г. к ней» (МАРПОЛ 73/78). Из российских законодательных актов выбросы загрязняющих веществ судами водного транспорта регламентируются ГОСТ Р 51249-99 «Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Выбросы веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения». Указанный

ГОСТ также распространяется на железнодорожные тепловозы и промышленные дизели.

В настоящее время в России разработаны многоплановые задачи обеспечения экологической безопасности в структуре системы государственного экологического контроля. Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года для решения задач в рамках цели 6 «Снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду» определены мероприятия, направленные на уменьшение вредного воздействия транспорта на воздушную и водную среду и на здоровье человека; применение транспортных средств с высокой топливной экономичностью на уровне мировых образцов и др.

Помимо уже обозначенных направлений Всемирным фондом природы (WWF) предложены к внедрению мероприятия, обозначенные как<sup>3</sup>: «совершенствование законодательства в области развития системы особо охраняемых природных территорий, сохранения биологического разнообразия, устойчивого лесопользования и рыболовства; развитие законодательства, содействующего ответственному использованию невозобновляемых природных ресурсов и низкоуглеродному развитию российской экономики; соблюдение положений основных международных соглашений в области охраны окружающей среды и управления природными ресурсами».[4]

Вместе с тем, по мнению автора, для решения проблем, связанных с экологией транспорта, необходим комплекс разносторонних мероприятий, включающий в том числе и изучение опыта самых экологичных стран, которые заботятся об экологии и здоровье населения, увеличение штрафов за несоблюдение нормативов вредных выбросов и утилизацию вредных отходов транспортной отрасли с нарушениями установленных правил, разработку мероприятий по развитию возобновляемой энергетики. Кроме того, важно определить программу по изменению отношения населения к природе и переходу к осознанной эксплуатации транспортных средств: с помощью СМИ показывать фактическое состояние окружающей среды, открыто публиковать статистику всемирных организаций с информацией об исчезающих видах животных и растений, сообщать о угрозе жизни животных, вызванной функционированием промышленной и транспортной отраслей и т.д.

#### Список литературы

1. Валеева Р.М. Международное право. Особенная часть. М.: Статут, 2017. 624 с.
2. Лапин В.Л., Мартинсен А.Г., Попов В.М. Основы экологических знаний инженера. М.: Экология, 1996. 176 с.
3. Павлова Е. И. Экология транспорта. М.: Издательство Юрайт, 2019. 479 с.
4. Экологическое регулирование – цель WWF, электронный ресурс, режим доступа: <https://wwf.ru/about/faq/> (дата обращения 20.03.2019).

---

<sup>3</sup> Экологическое регулирование – цель WWF, электронный ресурс, режим доступа: <https://wwf.ru>



## **Assessment of environmental risks to the health of the population of the southern Baikal region**

S. Ivanova

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: fotina.irk@gmail.com*

The Baikal region is industrially developed. There are various industries: forestry, petrochemical, metallurgical, fuel and energy, and others. The southern Baikal region is more affected by metallurgical production, the emissions of which have a negative impact on the health of the population living even at a considerable distance from the object of pollution.

The aim of the study was to assess non-carcinogenic risks to the health of the population living in the southern Baikal region. On the territory of this district there are large areas of forest ecological systems, and human settlements are removed from each other over long distances. A risk assessment was performed based on the calculation of the hazard ratio according to the method HQ R 2.1.10.1920-04. The results of the study showed that the emissions of aluminum production have a negative impact on the health of the population living not only in the immediate vicinity of the object of environmental pollution, but also at a considerable distance from large industrial centers. To improve the environment and reduce morbidity, comprehensive measures are needed to reduce the content of harmful chemicals in the air.

## **Оценка рисков для здоровья населения при употреблении сельскохозяйственной продукции, выращенной в зоне воздействия алюминиевого производства**

С.В. Иванова, И.А. Рябчикова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: rjabchik@bk.ru*

Значительная часть российского населения употребляет в пищу продукты, выращенные на своих приусадебных и дачных участках, которые нередко расположены вблизи крупных промышленных центров. При этом существует риск перорального поступления в организм человека токсичных веществ вместе с выращенной на загрязненных почвах сельхозпродукцией. Традиционно значительная часть населения России употребляет в пищу продукты, выращенные на своих приусадебных и дачных участках. Как правило, они расположены вблизи крупных городов и промышленных центров. Сегодня установлено, что территория загрязнения может простираться на 50–200 км от источников загрязнения. По данным российских исследователей, почти 11 % обследованных ими почв по содержанию тяжелых металлов относится к категории «опасные» и «умеренно опасные».

Цель работы – оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков для здоровья населения при употреблении сельскохозяйственной продукции (корне- и клубнеплоды), выращенной в зоне воздействия алюминиевого производства в районе Южного Прибайкалья в г. Шелехов. В 0,5–8 км зоне этого промышленного центра установлена чрезвычайно и высоко опасная категория гигиенического загрязнения агропочв соответственно фтором и бенз(а)пиреном (Б(а)П). В настоящее время, в этой зоне находятся три сельских поселения и более шести тысяч дачных участков, где суммарно на площади более 500 га производится сельскохозяйственная продукция. Систематический контроль за ее качеством, как правило, отсутствует.

Полученные результаты основе модели, разработанной U.S.EPA, свидетельствует о наличии риска для здоровья населения на исследуемой территории при употреблении в пищу овощей, выращенных на загрязненных почвах. Неканцерогенный риск превышает безопасный уровень более чем в четыре раза, а канцерогенный находится на границе между предельно допустимым и неприемлемым для населения уровнем риска. Неканцерогенный риск в большей степени обусловлен повышенным содержанием в почве и растительной продукции железа ( $HQ=2,47$ ) и никеля ( $HQ=0,88$ ), а канцерогенный – бенз(а)пирена ( $CR=1,09 \cdot 10^{-4}$ ).

Следует отметить, что суммарное значение коэффициента опасности при поступлении фтора ( $HQ=0,74$ ) в организм с корне- и клубнеплодами не превышает безопасного уровня, несмотря на то, что он является одним из приоритетных компонентов химического загрязнения почв вблизи выбросов источников электролитического производства алюминия.

Наиболее подверженными суммарному пероральному воздействию таких неканцерогенных веществ, как железо и никель, являются кроветворная и иммунная системы.

Несмотря на относительно невысокие полученные значения перорального риска следует учитывать, что они представляют собой лишь часть многосредового воздействия вредных веществ в зоне выбросов алюминиевого производства. В связи с этим необходим поиск решений по их снижению рисков.

### Список литературы

1. Barsova N., Yakimenko O., Tolpeshta I., Motuzov G. Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation // *Environmental Pollution*. 2019. 249. pp. 200–207.
2. Berasaluce M., Mondaca P., Schuhmacher M., Bravo M., Neaman A. Soil and indoor dust as environmental media of human exposure to As, Cd, Cu, and Pb near a copper smelter in central Chile // *Trace Elements in Medicine and Biology*. 2019. 54. pp. 156–162.
3. Wang M., Li X., He W.-y., Li J.-x., Yang X.-e. Distribution, health risk assessment, and anthropogenic sources of fluoride in farmland soils in phosphate industrial area, southwest China // *Environmental Pollution*. 2019. 249. pp. 423–433.
4. Franzaring J., Hrenn H., Schumm C., Klumpp A., Fangmeier A. Environmental monitoring of fluoride emissions using precipitation, dust, plant and soil samples // *Environmental Pollution*. 2006. 144 (1). pp. 158–165.
5. Yang Q., Li Z., Lu X., Duan Q., Bi J. A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment // *Science of The Total Environment*. 2018. 642. pp. 690–700.
6. Yadav K.K., Kumar V., Gupta N., Kumar S., Singh N. Human health risk assessment: Study of a population exposed to fluoride through groundwater of Agra city, India // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2019. 106. pp. 68–80.
7. Brougham K.M., Roberts S.R., Davison A.W., Port G.R. The impact of aluminium smelter shut-down on the concentration of fluoride in vegetation and soils // *Environmental Pollution*. 2013. 178. pp. 89–96.
8. Yang W., Lang Y.-H., Bai J., Li Z.-Y. Quantitative evaluation of carcinogenic and non-carcinogenic potential for PAHs in coastal wetland soils of China // *Ecological Engineering*. 2015. 74. pp. 117–124.
9. Tandelov Y.P. Fluorine in the soil-plant system, ed R Mineev. Krasnoyarsk, 2012. 146 p.

10. Arnesen A.K.M., Abrahamsen G., Sandvik G., Krogstad T. Aluminium-smelters and fluoride pollution of soil and soil solution in Norway // *The Total Environment*. 1995. 163 (1-3). pp. 39–53.
11. Белых Л.И., Рябчикова И.А., Серышев В.А., Смагунова А.Н. Оценка степени химического загрязнения почвенно-растительного покрова агроэкосистем Южного Прибайкалья // *Агрохимия*. 2006. 5. С. 78–89.
12. Осипова Н.А., Язиков Е.Г., Янкович Е.П. Тяжелые металлы в почве и овощах как фактор риска для здоровья человека // *Фундаментальные исследования*. 2013. 8(3). С. 681–686.
13. Zolfaghari G., Zohreh A.S.A., Sazgar A. Baseline heavy metals in plant species from some industrial and rural areas: Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment // *MethodsX*. 2018. 5. pp. 43–60.
14. Ghasemidehkordi B., Malekirad A.A., Nazem H., Fazilati M., Khaneghah A.M. Concentration of lead and mercury in collected vegetables and herbs from Markazi province, Iran: a non-carcinogenic risk assessment // *Food and Chemical Toxicology*. 2018. 113. pp. 204–210.
15. Saleem M., Iqbal J., Shah M.H. Non-carcinogenic and carcinogenic health risk assessment of selected metals in soil around a natural water reservoir, Pakistan // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014. 108. pp. 42–51.
16. Aendo P., Thongyuan S., Songserm T., Tulayakul P. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of heavy metals contamination in duck eggs and meat as a warning scenario in Thailand // *The Total Environment*. 2019. 689. pp. 215–222.
17. Taiwo A.M., Oyebode A.O., Salami F.O., Okewole I., Davidson N. Carcinogenic and non-carcinogenic evaluations of heavy metals in protein foods from southwestern Nigeria // *Food Composition and Analysis*. 2018. 7. pp. 60–66.
18. Varol M., Sünbü M.R. Multiple approaches to assess human health risks from carcinogenic and non-carcinogenic metals via consumption of five fish species from a large reservoir in Turkey // *The Total Environment*. 2018. 63. pp. 684–694.
19. Маринайте И.И., Горшков А.Г., Тарасенко Е.Н., Чикалина Е.В., Ходжер Т.В. Распределение полициклических ароматических углеводородов в природных объектах на территории рассеивания выбросов Иркутского алюминиевого завода (г. Шелехов, Иркутская обл.) // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2013. 2(21). С. 143–154.
20. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году» [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture/> (дата обращения: 10.04.2019).
21. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Москва: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2004. 273 с.
22. Помазкина Л.В., Лубнина Е.В. Мониторинг загрязнения пахотных почв и полевых культур в зоне выбросов Иркутского алюминиевого завода // *Агрохимия*. 2002. 2. С. 59–65.

## Organochlorine pollutants in recent lake sediments under specific conditions of anthropogenic impact

E. S. Kolpakova, A. V. Velyamidova, N. M. Kokryatskaya,  
N. V. Shvetsova, T. A. Koroleva

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, RAS*

*e-mail: kolpelen@yandex.ru*

As known, pentachlorophenol (PCP) and hexachlorobenzene (HCB), main and impurity components of the national commercial wood-preservation chemical (pentachlorophenol sodium salt, Na-PCP), are the priority pollutants of the Arkhangelsk region territory with the traditionally developed timber industry complex [1]. In the past, Na-PCP has been intensively used in the region for a long time for timber treatment, which led to pollution of soils at timber mill industrial sites and bottom sediments of nearby water reservoirs by organochlorines of wood-preservation chemical [2].

The hazard of PCP and HCB is largely determined by its high toxicity, resistance to degradation, capability to transboundary *transport*, accumulation in the environmental compartments and bioconcentration in higher trophic levels. Due to these properties PCP and HCB were included in the list of persistent organic pollutants according to the Stockholm Convention on POPs. The study of the distribution, behavior and transformation of these pollutants in natural ecosystems belongs to the set of practical measures to reduce its negative impact on the environment and human health.

Earlier, in 2002, a survey of the industrial site of the shutdown timber mill in the south of the Arkhangelsk region was conducted to identify the effects of Na-PCP usage [3]. It was found that 7 years after the wood-preservation discontinue areas of severe soil contamination with residual amounts of PCP and HCB developed at the industrial site; tendency of these pollutants to spread in the horizontal and vertical directions in soils was established. In the same year, a study of a nearby small shallow low-flow lake was conducted. This lake is part of a complex lake–river system and is hydrographically connected with the upstream Onega River (White Sea basin). High levels of PCP and HCB with the predomination of the latter were found in lake sediments. It has been shown that the formation of sediments pollution is caused by the transport of toxicants from polluted soils at the industrial site of the shutdown timber mill, adjacent to the lake shore [4].

In order to understand the further fate of persistent toxic organochlorine components of the wood-preservation chemical (Na-PCP), monitoring observations of its levels and distribution patterns in lake sediments were continued in 2012 and 2017.

Sampling of the upper layer of bottom sediments (0–10 cm) was performed according to GOST 17.1.5.01–80. Sample preparation for analysis was carried out in accordance with ISO 14154:2005 and Method 8081B (SW–846). Air-dry sediment samples were extracted by accelerated flow-through solvent extraction using hot mixture of hexane/acetone. Quantitation and identification of target organochlorines were performed by GC-ECD.

In 2012 (10 years after the first research and 17 years after the wood-preservation discontinue at the shutdown timber mill), significant amounts of toxic organochlorine components of Na-PCP were found in the silt sediments of the studied lake. The levels of PCP and HCB in bottom sediments were higher (46–189 ppb and 74–730 ppb, respectively) as compared to its levels in 2002 [5], which is related to the intensive leaching of these organochlorines from polluted soils at the industrial site in the past and in the present.

Highest HCB concentrations in sediments were located in the lake section near the district of a large local settlement (located in the vicinity of the timber mill industrial site) and in the spring region of a small river in the northwestern part of the lake. In the northern part of

the lake (in the section under the influence of the polluted industrial site) HCB sediment levels (74–103 ppb) were the lowest; whereas the PCP levels, on the contrary, reached high values (84–173 ppb). In the bottom sediments of this lake section, the concentration ratio of the above-mentioned toxic organochlorines was 1:1 almost everywhere. Levels of HCB in sediments dominated in other sections of the lake, 2–12 times higher than PCP levels. Most likely, such distribution is due to the difference in the physico-chemical properties of non-ionic highly lipophilic poorly soluble HCB and ionic PCP, as well as the differences in the material composition of silt sediments and in the hydrodynamic activity of water masses in different sections of the shallow lake with slow water exchange.

According to the results of the studies made in 2017, PCP and HCB were still present in lake sediments, although its levels significantly decreased everywhere down to 0.6–8.4 ppb and 12.5–58 ppb respectively. The spatial distribution of the PCP concentrations in recent bottom sediments remained mosaic, while the HCB concentrations were still localized in sections of the lakescape. The largest amounts of HCB were found in the silt sediments near spring region of the small river (58 ppb) and in the lake section under the influence of the timber mill industrial site (27 ppb).

All-in-all, the “specific” concentration ratio of HCB and PCP (from 2:1 to 24:1) remained, with a general decrease of contamination levels of recent bottom sediments. The same concentration ratio of these components of Na-PCP was determined in 2002 in lake and river sediments along the path of pollution transport with water masses from the “source” (industrial site of the shutdown timber mill) [6].

One of the reasons for the decrease of PCP and HCB concentration levels in lake sediments over the monitoring observation period may be the decrease in pollutant “stocks” in the soils in the lake catchment area (in particular, at the timber mill industrial site) as the result of more intensive transport into the aquatic environment in previous years; and residual amounts of Na-PCP components associated with the organo-mineral complex of the soil are less mobile by now [3]. In addition, these pollutants, which can be sorbed on the organic matter of natural matrices, could gradually be carried out on suspended particles with water masses of a small river flowing from the studied lake. The processes of microbial transformation of toxic organochlorines under various conditions of the aquatic environment cannot be ruled out as well.

So, over time HCB, which is characterized by high persistence in the environment, can still degrade under anaerobic conditions by the mechanism of reductive dechlorination to less chlorinated benzenes [7].

Microbial degradation/transformation is considered to be a rather effective mechanism of decomposition in the case of PCP, leading to the formation of chlorophenolic compounds (CPs) of varying degrees of toxicity and lipophilicity [8]. Indeed, over the monitoring observation period, the CPs levels in lake sediments increased by an order of magnitude. Initially (in 2012) highly chlorinated compounds dominated in the CPs composition (64–100%) in bottom sediments. Along with PCP, 3,4,5- and 4,5,6-trichloroguaiacol, 2,4,5-trichlorophenol were present in significant quantities. In recent lake sediments low-chlorinated compounds (2- and 4-chlorophenols, 2,4- and 2,6-dichlorophenols) dominated in the CPs composition (59-77%), as well as 2,4,5-trichlorophenol. Concentrations of previously dominant toxic PCP and its derivatives – methoxyphenols (trichloroguaiacol), decreased by an order of magnitude. Such a strong decrease in the concentrations of these compounds can be explained by the active flow of reductive dechlorination processes in the lake ecosystem under the influence of anaerobic microorganisms. It is confirmed by the presence of high hydrogen sulfide levels in the lake water and the predominance of reduced form in the composition of reactive iron [9].

Thus, the results of long-term monitoring observations suggest that the studied lake, which has been affected for a long time by the use of the national commercial wood-preservation chemical, is still the accumulator of toxic organochlorines, which can be transferred with the water masses further to the subarctic river Onega, thereby creating the threat of the pollutants distribution in the present and future.

The study was carried out using the funds of the Ministry of Education and Science of Russia project No. AAAA-A18-118012390167-1 “Izucheniye zakonmernostey biogeokhimicheskikh protsessov tsiklov khloro i sery v ekosistemakh Arktiki i Subarktiki pod vliyaniem prirodnykh i tekhnogennykh faktorov” and RFBR grant 18-05-70087\_Resursy Arktiki “Razrabotka innovatsionnykh osnov ispol'zovaniya torfyanykh resursov Arkticheskoy zony RF”.

### References

1. Troyanskaya A.F., Moseeva D.P., Rubtsova N.A. // *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2004. V. 12. № 2. P. 225–231.
2. Troyanskaya, A., Rubtsova, N., Moseeva, D., Punantseva, E. // *Organohalogen Compounds*. 2003. V. 62. P. 61–64.
3. Kolpakova E.S., Velyamidova A.V. // *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2019. № 3. P. 32–41.
4. Troyanskaya A.F., Velyamidova A.V. // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2009. № 2. P. 111–119.
5. Troyanskaya A.F., Kolpakova E.S., Velyamidova A.V. // *Vestnik MGOU. Yestestvennyye nauki*. 2013. № 1. P. 41–48.
6. Troyanskaya A.F., Velyamidova A.V. // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2009. № 1. P. 108–115.
7. Barber J., Sweetman A., Jones K. // *Euro Chlor*. 2005. 116 p.
8. Field J. A., Sierra-Alvarez R. // *Euro Chlor*. 2007. P. 15–33.
9. Titova K.V., Kokryatskaya N.M., Zhibareva T.A. // *Vestnik MGOU. Yestestvennyye nauki*. 2017. № 4. P.123–134.

## Теоретические основы определения результативности мероприятий в области техносферной безопасности

А.И. Копытова

*Томский государственный педагогический университет*

*[kopitovaai\\_21@mail.ru](mailto:kopitovaai_21@mail.ru)*

**Аннотация:** В статье раскрываются понятия техносферная безопасность, эффект и эффективность, систематизируются примеры мероприятий и возможные эффекты от их реализации в области охраны окружающей среды, промышленной безопасности и охраны труда, предлагается алгоритм расчета экономического обоснования планируемых мероприятий на предприятии.

**Ключевые слова:** мероприятия, техносферная безопасность, эффект, эффективность, охрана окружающей среды, промышленная безопасность, охрана труда.

### Введение

На предприятии обеспечиваются следующие виды безопасности: экологическая безопасность, охрана труда, промышленная безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС), пожарная безопасность. В статье техносферная

безопасность будет разделена на три блока: экологическая безопасность, охрана труда, и промышленная безопасность (включающая также пожарную безопасность и безопасность в ЧС).

Для определения экономической эффективности планируемых и внедренных мероприятий необходимо определить чистый доход, срок окупаемости и индекс доходности, согласно современным методикам инвестиционной оценки проектов.

Сложность возникает на самых первых этапах определения мероприятий по техносферной безопасности и установления эффектов при их реализации.

Каждое предприятие обязано реализовывать мероприятия в области техносферной безопасности согласно различным нормативно-правовым актам, но не во всех документах прописаны конкретные мероприятия. Они формируются на каждом предприятии индивидуально в зависимости от специфики производственного процесса и потребностей предприятия. Схематично мероприятия в области техносферной безопасности представлены на рис. 1. Более подробно с ними можно познакомиться в соответствующих нормативно-правовых актах.

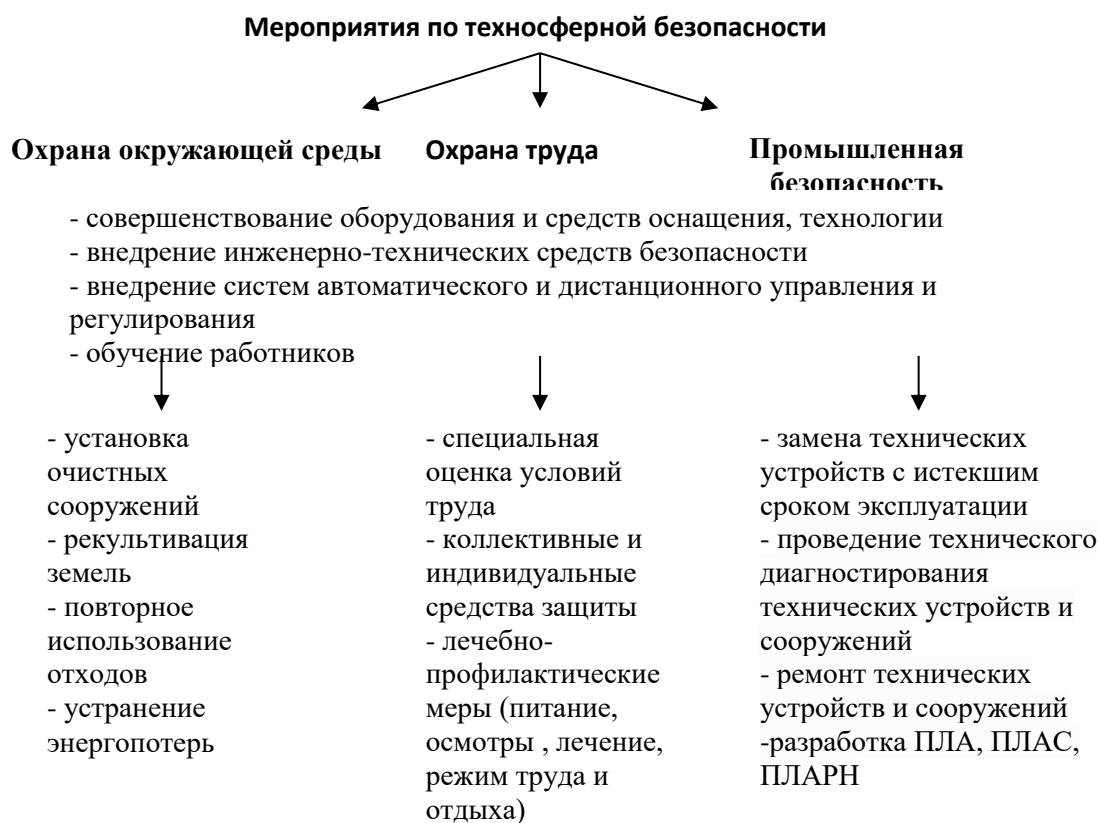


Рис. 1. Обобщенный перечень мероприятий в области техносферной безопасности

Выполнение мероприятий по техносферной безопасности приводит к появлению эффектов. Необходимо различать понятия эффект и эффективность. Эффект – это действие как результат, следствие чего-нибудь (по Ожегову С.И.). Эффект – достигаемый результат в его материальном, денежном, социальном (социальный эффект) выражении (по Райзбергу Б.А.) [1].

Эффективность – относительный эффект, результативность процесса, операции, проекта, определяемые как отношение эффекта, результата к затратам, расходам, обусловившим, обеспечивавшим его получение (по Райзбергу Б.А.). Таким образом, можно сделать вывод, что эффект – это результат, а эффективность – это оценка результата.

Для оценки эффективности результатов мероприятий по техносферной безопасности используются: инженерно-технические показатели, социальные показатели, социально-экономические показатели, экономические показатели [2].

С обобщенной схемой эффектов при реализации мероприятий в области техносферной безопасности можно познакомиться на рис. 2.

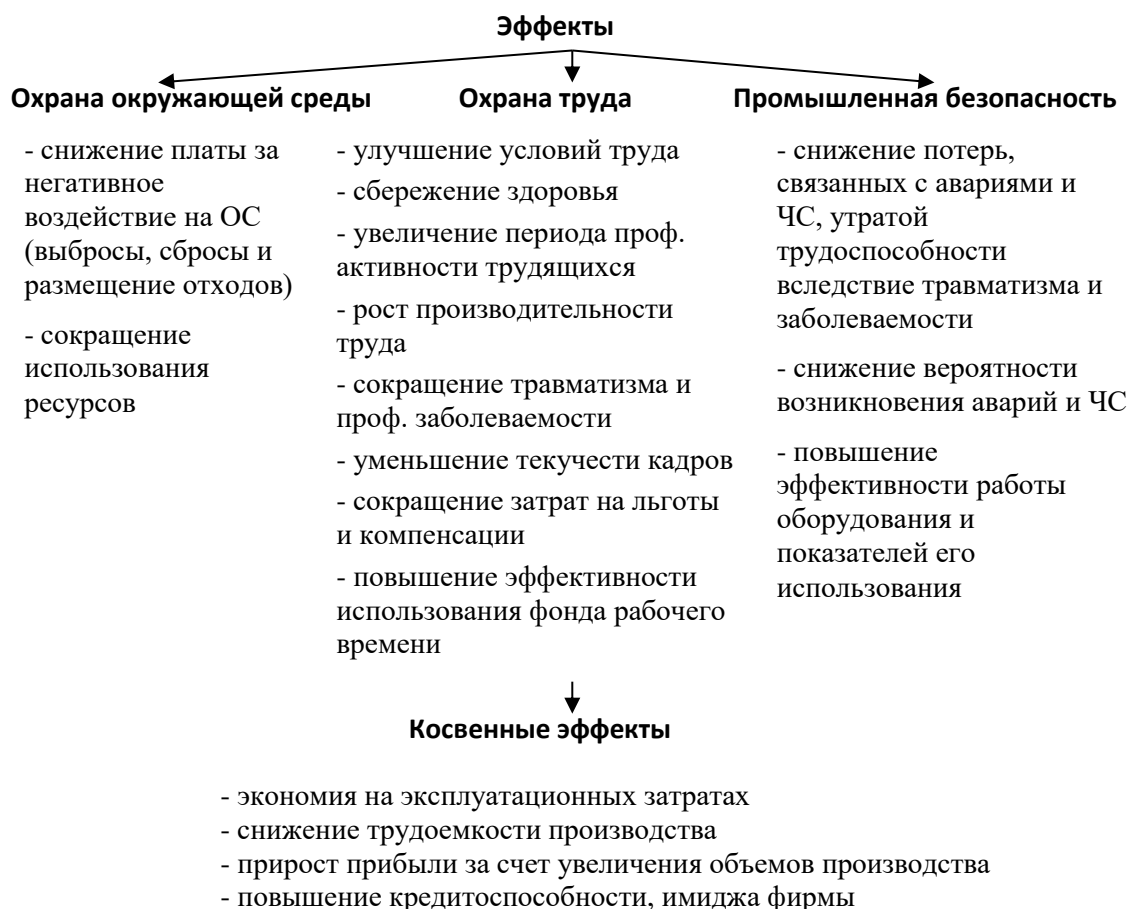


Рис. 2. Возможные эффекты при реализации мероприятий в области техносферной безопасности

Следует иметь в виду, что с помощью одного показателя нельзя оценить эффективность того или иного мероприятия, поэтому при расчёте анализируют и ряд показателей обусловленных конкретным мероприятием по техносферной безопасности. В ходе анализа могут появиться косвенные эффекты: эффекты из других областей техносферной безопасности или эффекты не связанные с техносферной безопасностью.

Для оценки результатов от реализации мероприятий государственными органами власти и учеными разработано множество методик. Однако некоторые социальные и экономические показатели невозможно учесть из-за отсутствия рекомендаций по их расчету, поэтому специалисты на предприятиях прибегают к примитивным методикам расчета.



Суммарный годовой экономический результат от конкретного мероприятия по техносферной безопасности будет определяться как сумма всех экономических результатов, которые возможно получить от реализации данного мероприятия. Срок учета экономических результатов от реализации мероприятий различен, он может быть равен сроку службы товара, оборудования, может иметь периодический характер [1; 3; 4; 5].

Для экономического обоснования планируемых мероприятий на предприятии в области техносферной безопасности необходимо соблюдать определенный порядок:

1. Составить список мероприятий по всем направлениям обеспечения техносферной безопасности на предприятии.
2. Выявить существенные мероприятия (наиболее важные мероприятия, которые необходимо внедрить в первую очередь).
3. Определить действующую методику по расчету эффекта от реализации мероприятия.
4. Произвести расчет эффекта от реализации мероприятия.
5. Определить срок учета эффекта в экономических расчетах.
6. Составить смету затрат на выполнение планируемых мероприятий.
7. Рассчитать экономическую эффективность внедрения мероприятия современными методами.

Заключение:

Обеспечение техносферной безопасности на предприятии является неотъемлемым процессом производства товаров работ, услуг, на финансирование которого выделяются минимальные денежные средства. Осознание не только инженерно-технических, но и социальных, и экономических эффектов от внедрения мероприятий позволит стимулировать внедрение мероприятий на предприятии и финансировать их реализацию. Представленная классификация возможных мероприятий и эффектов по обеспечению экологической, промышленной безопасности и охраны труда определяет направление работ на предприятии, а разработанный алгоритм – порядок выполнения.

### Список литературы

1. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. "Современный экономический словарь. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. (ИНФРА-М, 2011) // Консультант-Плюс : справ.-правовая система.
2. Болкина, А. А. Экономика безопасности труда: метод. указания / А. А. Болкина. – Ухта : УГТУ, 2013. 94 с.
3. Экология и экономика природопользования: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / под ред. Э.В. Гирусова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 607 с.
4. Экономика и социология труда. Теория и практика : учебник для бакалавров / под. Ред. В.М. Масловой. - М. : Изд-во Юрайт, 2014. 539 с.
5. Экономика природопользования : учебник для бакалавров /В.Г. Глушкова, С.В. Макар. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2013. 588 с.

## **Идентификация и оценка опасностей электротехнического персонала на складах нефтепродуктов**

Д.М. Костин, Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова*

*e-mail: 2081976@mail.ru, sbv47@mail.ru, shadrinrobert@gmail.com*

Статистические данные красноречиво свидетельствуют о безусловном преобладании «человеческого фактора» (игнорирование требований охраны труда, несоблюдение их по незнанию, в силу усталости, отсутствия знаний и опыта, проч.) над иными причинами несчастных случаев на производстве, более того, установлена зависимость численности происшествий с тяжелыми последствиями от количества опасных действий работников. Как правило, речь идет о показателях от 85 до 95 инцидентов из 100. Данные зарубежных исследователей аналогичны российским: до 80 и более процентов причин происшествий на объектах поднадзорных Ростехнадзору – действия людей. Эта закономерность положена в основу современных систем менеджмента охраны труда, которые включают: дифференциацию, категорирование, градацию опасных условий труда; дифференциацию опасных действий работников.

В работе рассматриваются основные результаты исследования потенциально возможных видов опасных действий работников, занятых эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом электрооборудования на складах нефтепродуктов. В ходе исследования рассматривались вопросы достижимости «нулевого травматизма», опыт специалистов компаний DuPont и других, показавший основной причиной происшествий действия людей.

Для управления этим параметром, как одним из средств охраны труда, предложено использовать дифференциацию факторов, порождающих производственный травматизм с использованием методологии риск-менеджмента.

Для работников, осуществляющих эксплуатацию, обслуживание и ремонт оборудования на складах нефтепродуктов методом экспертных оценок, с учетом нормативных актов по охране труда, был составлен перечень профессий персонала складов нефтепродуктов и перечень опасных действия персонала с указанием категории возможных последствий и степени тяжести в баллах от «0» до «10», определенные как среднее арифметическое экспертных оценок.

Полученные результаты были положены в основу справочника разрабатываемой автоматизированной системы персонифицированного учета опасных действий работников, занятых на работах по эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрооборудования на складах нефтепродуктов.

Результаты работы получены в рамках НИР по гранту для ученых ИжГТУ имени М.Т. Калашникова №20.06.01/18СБВ на тему «Разработка способов повышения эффективности систем управления охраной труда отдельных групп персонала промышленного предприятия».

### **Список литературы**

1. Ванюков А.В. Эффективное управление производственными рисками – залог успеха бизнеса. Опыт компании «Дюпон» // Справочник специалиста по охране труда. 2007. № 8. С. 27–31.

2. Методические рекомендации по проведению поведенческого аудита безопасности (ПАБ). Утверждены решением Межведомственной комиссии по охране труда Республики Башкортостан от 22 сентября 2017 года № 56 Методические рекомендации по проведению поведенческого аудита безопасности (ПАБ)

[Электронный ресурс]. URL: [http://mintrudrb.ru/upload/docs/metod\\_pab.pdf](http://mintrudrb.ru/upload/docs/metod_pab.pdf) (дата обращения: 11.04.2019).

3. Анализ производственного травматизма [Электронный ресурс]. URL: <https://websot.jimdo.com/обучение/учебный-курс/анализ-производственного-травматизма/> (дата обращения: 11.04.2019).

4. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 4. С. 101–103.

5. Роструд опубликовал перечень типовых нарушений обязательных требований трудового законодательства с классификацией по степени риска причинения вреда работнику [Электронный ресурс]. URL: <https://websot.jimdo.com/2017/12/26/83/> (дата обращения: 11.04.2019).

6. Обзор документа [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71744542/#1111> (дата обращения: 11.04.2019).

7. О результатах внедрения передового опыта по проведению поведенческих аудитов для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в муниципальном предприятии муниципального образования город Салехард [Электронный ресурс]. URL: [dtszns.ru/files/trudovie\\_otnosheniya/Rezultat%20vnedreniya.doc](https://dtszns.ru/files/trudovie_otnosheniya/Rezultat%20vnedreniya.doc) (дата обращения: 11.04.2019).

8. Стандарт ОАО «НК «Роснефть» Лидерство в области промышленной безопасности и охраны труда. Утвержден Приказом ОАО «НК «Роснефть» от 25 июля 2014 г. № 363. М.: 2014.

9. Методика выявления, оценки и минимизации рисков в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды. ООО «Газпром ПХГ. М.: 2011.

10. Кузнецова Е. Международная практика применения административных и уголовных санкций за нарушения требований охраны труда // Кадровик. Трудовое право для кадровика. 2009. № 6. С. 58–64.

## **Обнаружение наноразмерных частиц загрязняющих веществ с помощью хронопикоамперметрии**

Е. Ларионова, С. Романенко, А. Кагиров, М. Вилесов, К. Бразовский, С. Ким

*Томский политехнический университет*

*e-mail: evl@tpu.ru, svr@tpu.ru*

В современном промышленном производстве повсеместно применяются материалы в форме наноразмерных частиц. За последние 15 лет объем высокотехнологичной продукции, выпускаемой с применением таких материалов, вырос в 25–30 раз, однако параллельно резко обострилась проблема загрязнения окружающей среды наночастицами.

Обнаружение и измерение параметров таких частиц в естественной среде является сложной научно-технической задачей, решение которой требует применения высокочувствительных аналитических методов. Электрохимические методы обнаружения и измерения параметров наноразмерных частиц представляют большой интерес с точки зрения возможности создания экспресс-методов мониторинга загрязнения окружающей среды, однако для этого требуется оборудование с предельной чувствительностью.

Нами был разработан прототип программно-аппаратного комплекса для детекции и измерения параметров частиц в коллоидных растворах на основе метода

хронопикоамперметрии. Измерительная схема построена на основе потенциостата с тремя электродами и входным током смещения не более 20 фА при комнатной температуре. Среднеквадратичное значение шума тока, приведенное ко входу, не более 30 фА в полосе частот от 1 Гц до 20 кГц, диапазон измерения тока  $\pm 1$  нА, динамический диапазон, ограниченный шумом, не менее 90 Дб, ширина полосы пропускания по уровню -3 Дб не менее 20 кГц. Диапазон регулирования потенциала  $\pm 5$ В с шагом 0,15 мВ, разрешающая способность измерения входного тока 30 фА, относительная погрешность измерения после калибровки не превышает 5 %. Установка потенциала производится с помощью цифро-аналогового преобразователя с разрешающей способностью 16 бит, измерение входного тока осуществляется аналого-цифровым преобразователем с такой же разрешающей способностью. Управление измерительным комплексом осуществляется с помощью оригинального программного обеспечения собственной разработки.

Программно-аппаратный комплекс были проведены измерения параметров тестовых коллоидных растворов серебра. В качестве референтного был использован ртутно-сульфатный электрод, вспомогательный хлорсеребряный электрод, рабочий электрод был выполнен из углеродного волокна диаметром 7–12 мкм. Electrodes погружались в измерительную ячейку цилиндрической формы объемом 30 мл. Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе в измерительную ячейку помещался буферный раствор - цитрат натрия в объеме 15 мл без наночастиц серебра. На вход потенциостата подавалось напряжение 0,7 В и регистрировалась хронопикоамперограмма в течение 3–5 сек, после чего входное напряжение обнулялось. Затем в раствор добавлялось 50 мкл коллоидного раствора серебра и проводилось повторное измерение с аналогичными параметрами.

На хронопикоамперограмме буферного раствора с добавлением наночастиц серебра обнаруживаются импульсы входного тока амплитудой 10–30 пА и продолжительностью 1–25 мсек. Для измерения концентрации наночастиц могут быть использованы статистические параметры распределения Пуассона, размеры наночастиц определяются на основе статистического анализа площади импульсов.

Аналитические возможности хронопикоамперометрии (предел чувствительности, погрешность определения концентрации и размеров наночастиц) зависят как от технических характеристик потенциостата, так и от параметров электрохимической ячейки. Нижний предел обнаружения наночастиц при комнатной температуре ограничивается входным током шума потенциостата и шумового тока измерительной ячейки. При проведении измерений в буфером растворе цитрата натрия фоновый шумовой ток измерительной ячейки при нулевом потенциале относительно референтного электрода в полосе частот от 1 Гц до 20 кГц составил 0,8 пА (среднеквадратичное значение), что в 27 раз превышает уровень шума входного усилителя тока в этой же полосе частот.

Таким образом, существует принципиальная возможность детекции и измерения параметров наноразмерных частиц с помощью хронопикоамперметрии. Экспериментально было показано, что данный метод может обеспечить малое время измерения и высокую чувствительность при снижении уровня собственного шума измерительной ячейки.

## **Управление риском аварии при эксплуатации нефтепроводов через водные объекты**

Е. Ларионова, С. Романенко, А. Пацук  
*Томский политехнический университет*  
*e-mail: evl@tpu.ru, svr@tpu.ru*

В работе заданы характеристики пяти модельных подводных переходов нефтепроводов, у которых варьируются количество дефектов с предельным сроком эксплуатации не более 1 года на участке трассы и размер дефекта.

В работе предложено дерево событий при истечении нефти из поврежденного дюкера. Исходя из значений условных вероятностей, определен наиболее вероятный сценарий развития аварии, который заключается в загрязнении водной среды нефтепродуктами без взрыва и возгорания.

Для модельных подводных переходов нефтепроводов рассчитаны вероятность аварии, количество истекающей нефти, ущерб, риск при истечении нефти из поврежденного дюкера. Получено, что риск может достигать 28 048,46 руб/км год.

В работе предложено ввести мероприятие по снижению риска: применение автоматизированного скринингового контроля для выявления утечек нефти при аварии на подводных переходах нефтепроводов.

Для оценки эффективности мероприятия по снижению риска оценили срок окупаемости. Получено, что окупаемость варьируется от 5,9 до 6,5 лет. Дополнительно оценен риск возникновения аварии после введения мероприятия.

Таким образом, в работе показана методика управления риском на примере аварии на подводных переходах нефтепроводов. Предложенный подход может быть использован для управления риском аварии на опасных производственных объектах.

## **Оценка экологических рисков чрезвычайных ситуаций на примере производства фтористого водорода**

Е. Ларионова, И. Рубцова  
*Томский политехнический университет*  
*e-mail: evl@tpu.ru*

В данной работе проводили оценку риска здоровья населению г. Зеленогорска при наиболее опасном сценарии аварии на АО «ПО «ЭХЗ» с выбросом фтористого водорода 1400 г/с. В работе показано, что концентрация фтористого водорода в г. Зеленогорске будет достигать значение 2,8 мг/м<sup>3</sup>. Данная концентрация превышает ПДКм.р. и референтное значение концентрации фтористого водорода при острых ингаляционных воздействиях. В зону риска при заданной аварии на территории г. Зеленогорска при повышенных порывах ветра с западного направления в первую очередь попадает 21-й микрорайон, число пострадавших в данном микрорайоне может достигать до 500 человек.

Результаты работы могут быть использованы при оценке риска здоровью населения для острых ингаляционных воздействиях при прогнозировании чрезвычайных ситуаций при производстве, хранении и/или транспортировке фтористого водорода и других опасных веществ

## **Влияние пылевых выбросов кремниевого производства на условия труда**

М.С. Леонова, С.С. Тимофеева

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: leonova@istu.edu*

Современное металлургическое производство сопровождается образованием значительного количества пылевых возгонов, которые оказывают негативное воздействие на состояние здоровья и трудоспособность рабочего персонала, способствует быстрому износу оборудования данных предприятий, поскольку чаще всего количество пыли в воздухе рабочей зоны превышает уровень ПДК. Также сотни тонн выбрасываемой пыли в атмосферу наносят вред окружающей среде близлежащих предприятий. Поэтому актуальной задачей является разработка комплексных мероприятий по улучшению условий труда и минимизации загрязнения окружающей среды.

Пыль является основным загрязнителем воздуха рабочей зоны и образуется она на всех участках, где осуществляется технологический процесс производства металла. Таким образом, при производстве 1 тонны кремния образуется до 900 кг пыли. Вдыхание такой пыли работниками литейного цеха может способствовать развитию ряда опаснейших заболеваний дыхательных органов.

Целью данной работы явилось исследование пылевых отходов кремниевого производства и анализ условий труда работников данного предприятия для разработки мероприятий по снижению пылевой нагрузки и улучшению условий труда.

Представлены результаты исследований дисперсного состава пылевых выбросов кремниевого производства. С помощью рентгенофазового метода анализа показано, что в составе пыли кремниевого производства в основном присутствует аморфный кремнезем, а также кремний и карборунд

По результатам химического анализа определено, что данный вид отходов содержит в среднем 86 % ценного компонента  $\text{SiO}_2$ . Результаты гранулометрического анализа состава пыли газоочистки кремниевого производства показали, что в пыли присутствуют частицы, размер которых колеблется в диапазоне от 0,1 до 600 мкм. Большая часть частиц имеет размер  $-50,00 + 100,00$  мкм. Частицы данного размера легко вдыхаются эксплуатирующим персоналом и достаточно быстро проникают в легкие и поражают легочные ткани.

По результатам оценки условий труда кремниевого предприятия по данному фактору выявлено, что все рабочие места электротермического отделения относятся к вредным условиям, и соответствуют классу условий труда – 3.2, а допустимый стаж работы в данных условиях составляет 6 лет

Анализ приведенных выше данных показывает, что пыль газоочистки кремниевого производства содержит значительное количество ценного компонента  $\text{SiO}_2$ , а образующиеся объемы позволяют использовать данный материал в качестве кремнеземсодержащего сырья. Поэтому для эффективного решения экологических проблем и улучшений условий труда работников кремниевого производства необходимо разрабатывать инновационные технологии рециклинга мелкодисперсных кремнеземсодержащих отходов и других способов их утилизации.

### **Список литературы**

1. Mann D.A. The effects of utilizing silica fume in portland cement pervious concrete // Masters Abstracts International. 2014. Vol. 53–04. P. 98.

2. Inyang H.I., Bae S. Impacts of dust on environmental systems and human health // *J Hazard Mater.* 2006. 132. v–vi.
3. Rappaport S.M., Goldberg M., Susi P., Herrick R.F. Excessive exposure to silica in the US construction industry // *Ann. Occup. Hyg. Mar.* 2003. 47(2). pp. 111–122.
4. Encyclopedia of occupational health and safety (ILO) // Geneva “Silica”. 1993. 2. pp. 2023–2043.
5. Леонова М.С. Разработка технологии подготовки шихты из техногенного сырья для производства кремния : дис... канд. техн. наук: 05.16.02. Иркутск, 2017. 202 с.
6. Мурзинов В.Л., Манохин В.Я., Иванова И.А. Модель идентификации процесса запыленности воздуха рабочей зоны в литейном производстве // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.* 2011. № 74(10). С. 1–12.
7. Azari M.R., Rokni M., Salehpour S., Mehrabi Y., Jafari M.J., Moaddeli A.N., Movahedi M., Ramezankhani A., Hatami H., Mosavion M.A., Ramazani B. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran // *Tanaffos.* 2009. 8. pp. 43–50.
8. Проблемы диагностики начальной формы профессионального флюороза у работников современного производства алюминия / О.Л. Лахман, О.Л. Калинина, Ю.В. Зобнин, С.К. Седов // *Сибирский медицинский журнал.* 2013. № 6. С. 137–140.
9. Zawilla N., Taha F., Ibrahim Y. Liver functions in silica-exposed workers in Egypt: possible role of matrix remodeling and immunological factors // *Int J Occup Environ Health.* 2014. 20. pp. 146–156.
10. Mannelte A., Steenland K., Attfield M., Boffetta P., Checkoway H., DeKlerk N., Koskela R.S. Exposure-response analysis and risk assessment for silica and silicosis mortality in a pooled analysis of six cohorts // *Occup Environ Med.* 2002. 59. pp. 723–728.
11. European aerosol phenomenology – 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe / J. P. Putaud [et.al] // *Atmospheric Environment.* 2010. Vol. 44. № 10. pp. 243–253
12. Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects / Abderrahim Nemmar, Marc F. Hoylaerts, Peter H.M. Hoet, Benoit Nemery // *Toxicology Letters.* 2004. Vol. 149. № 1-3. p. 243–253.
13. Кондратьев В.В. Способы улавливания и характеристика пылевой фазы производства кремния: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. 77 с.
14. Lumens M.E., Spee T. Determinants of exposure to respirable quartz dust in the construction industry // *Ann. Occup. Hyg.* 2001. 45(7). pp. 585–595.
15. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Оценка ретроспективных профессиональных рисков на алюминиевых предприятиях Иркутской области // *Вестник ИрГТУ* № 10 (93) 2014. С. 114–119.
16. Martin S.C., Larivière C. Community health risk assessment of primary aluminum smelter emissions // *J Occup Environ Med.* 2014. 56. pp. 33–39.

## **Анализ системы контроля радиационной обстановки на территории Томской области**

М.С. Лисичкина

*Томский политехнический университет*

*e-mail: msl11@tpu.ru*

Использование ядерной энергии в мирных и военных целях делает приоритетным обеспечение радиационной безопасности человека и среды его обитания.

Решение проблем ядерного наследия и обеспечения ядерной безопасности населения и окружающей среды на тысячелетия – серьезная техническая, экономическая, а главное, социальная задача.

Для предотвращения возможного негативного влияния радиационного фактора существует система мониторинга окружающей среды.

Целью данной работы является исследование радиационной обстановки на территории Томской области.

Радиационный мониторинг проводится на постоянной основе для оценки обстановки территории, подвергающейся радиоактивному воздействию.

На территории Томской области ведется постоянный контроль атмосферного воздуха, почвы и водных ресурсов. Работы по радиационному контролю приземного слоя атмосферного воздуха, с применением стационарных постов, выполняются с целью получения фактических данных о содержании радиоактивных веществ.

База автоматизированной системы контроля радиационной обстановки содержит данные о 16-ти постах, находящихся на территории Томской области. Данные отображаются в постоянном режиме, а также имеется функция получения информации из архивных данных.

Согласно этим данным, средняя мощность дозы гамма-излучения составила 0,08–0,09 мкЗв/ час, что соответствует фоновому уровню для региона [2]. Проводя анализ по месяцам, можно прийти к выводу, что преследуется закономерность: с весны по лето мощность дозы увеличивается, а с наступлением осени – снижается. Это может быть связано с:

1. Поднятием уровня вод в паводковый период, которые могут переносить радионуклиды с донных отложений.

2. Увеличением температуры воздуха, почвы, воды.

По результатам радиационного мониторинга, проводимого на территории Томской области, среднегодовые концентрации радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха находятся на уровнях, близких к фоновым значениям. Сумма альфа-активных нуклидов – в 56–69 раз меньше допустимой среднегодовой объемной активности, а сумма бета-активных нуклидов – на 4 порядка меньше [1].

Радиационная обстановка на территории Томской области не представляет угрозы как для человека, так и для среды его обитания. Это объясняется выполнением комплекса превентивных мероприятий, в том числе и проведением постоянного радиационного мониторинга.

### **Список литературы**

1. Отчет по экологической безопасности АО «Сибирский химический комбинат» за 2018 год.

## **Laser cleaning as an alternative electrodeposition pretreatment**

X. Liu

*Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China*

*e-mail: liuxiaoming@nuaa.edu.cn.*

This study aimed to simplify jet electrodeposition pretreatments and improve its prospect for automatic application. A pretreatment method based on laser cleaning and laser texturing instead of the traditional electrodeposition pretreatment technology was proposed. The effects of laser energy density on the mechanical properties of electrodeposited coatings were evaluated. The topography, oxidation, adhesion, and hardness of the coating were characterized. Results indicated that with an increase in pulsed laser energy density, the mechanical properties of the coating initially exhibited strength and subsequently showed



weakness. The laser thermal effect changed the topography of the substrate, forming a regular annular superimposed molten pool topography. This occurrence resulted in a mechanical interlock with a corresponding coating topography to improve the bond strength. When laser energy density increased from 0J/cm<sup>2</sup> to 4J/cm<sup>2</sup>, the adhesive force of the coating increased from 10.6 N to 32.5 N, and the microhardness increased from 345 HV to 515 HV.

### References

1. Wei Z., Shen L.D., Qiu M.B., Tian Z.J., Jiang W. Effects of flexible friction on the properties of nanocrystalline nickel prepared by jet electrodeposition // *Surf Coat Tech.* 2018. 333. pp. 87–95.
2. Zhao K.L., Shen L.D., Qiu M.B., Tian Z.J., Jiang W. Preparation and Properties of Nanocomposite Coatings by Pulsed Current-Jet Electrodeposition // *Int J Electrochem Sc.* 2017. 12. pp. 8578–8590.
3. Shen L.D., Wang C., Tian Z.J., Jiang W., Zhao K.L. Study on the Properties of Jet Electrodeposited Nickel Coating by Rotating Interlacing Method // *Int J Electrochem Sc.* 2018. 13. pp. 1831–1843.
4. Liu X., Shen L.D., Qiu M.B., Tian Z.J., Wang Y.H., Zhao K.L. Jet electrodeposition of nanocrystalline nickel assisted by controllable friction // *Surf Coat Tech.* 2016. 305. pp. 231–240.

## Environmental risks of the salt refinery of OJSC Tyretsk Solerudnik and the development of measures to reduce them

O. Nikitina

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: nikitina@istu.edu*

The analysis of the impact of the salt factory on the environment. It is established that the main sources of pollution are production processes: crushing, screening, grinding and transportation of salt. The intensity of dust formation depends on many factors: the physicomaterial properties of the salt being processed, such as fragility, fineness and humidity; method of moving and enrichment of salt; air movement and humidity, as well as airtightness of dust emitted equipment.

The proposed device to reduce the environmental risks of the salt factory.

## Mathematical modeling of oil pollution in the river in case of damage to the pipeline

V. Perminov, S. Romanenko

*Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: perminov@tpu.ru, svr@tpu.ru*

Rivers are the main source of water supply. At present, water purification methods are still not sufficiently effective, especially in cases of emergency emissions of various substances. In connection with the assessment of the state of the aquatic environment, the methods of describing the distribution of contaminants in water bodies are of interest. This article presents a mathematical model of the process of heat and mass transfer, velocity fields, temperature and concentration of polluting components in a certain section of the river. The developed methods for predicting the levels of distribution of contaminants entering the aquatic environment can be used to control the quality of river water, including subject to

accidental release of various substances into the reservoir. Pollutants can enter the water from the catchment area, with sewage, as well as a result of emergency salvo emissions from accidental breaks in oil pipelines. Contaminants can either be dissolved in water and then spread downstream, or transported in the form of suspended particles under the influence of the flow of a river. The latter in some cases may sink to the bottom of the river and then rise from the bottom, for example, under adverse weather conditions, when the flow characteristics change. As a result of the analysis of existing models of pollution of the aquatic environment, a mathematical model based on solving equations for turbulent diffusion was constructed within the framework of continuum mechanics. This takes into account the configuration and depth of the river, its flow rate, ambient temperature, parameters of emission sources (coordinates, dynamics and composition of emissions). With this approach, it is possible to include additional factors that need to be taken into account when calculating environmental pollution. Using the laws of continuum mechanics, a boundary-value problem has been posed to describe the heat and mass transfer of pollutants in a river. The paper deals with the spatial problems of convective heat and mass transfer of pollutants in a river. The source of pollution is modeled by a surface source of mass of heated substances released as a result of a volley release for some time. It is believed that the flow has a developed turbulent character, and to describe convective transfer under the influence of a river flow, the three-dimensional Reynolds equations for a turbulent flow are used. This problem was solved numerically. Discrete analogue was obtained on the basis of the finite volume method. The system of algebraic equations obtained as a result of discretization was resolved using the SIP method. To define the configuration of the river, the method of fictitious areas was used; in the control volumes of the computational domain, outside the river, the initial values of the functions were specified and did not change in the course of the calculations, and the velocity components were set equal to zero. As a result of numerical calculations, spatial distributions of the fields of velocity, temperature, and concentrations of the components of contaminants at different times were obtained. Using the mathematical model presented in this paper, we can study the dynamics and spatial pattern of water pollution under the influence of various external conditions (water temperature, river flow rate, etc.), as well as the parameters of the source of pollution.

## **Исследование производственных рисков Иркутской области**

А.М. Подкорытова, Е.А. Хамидуллина

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: elena.irk.mail@list.ru*

Иркутская область располагает достаточно богатыми ресурсами, и как следствие, в регионе хорошо развита промышленность: лесное хозяйство, добыча полезных ископаемых, строительство и транспортировка, большое разнообразие обрабатывающих производств. Все отрасли требуют тщательного контроля в области безопасности труда. В регионе в последние годы наблюдается снижение производственного травматизма. Однако он по-прежнему остается выше среднего по России, что говорит о существующих недостатках и необходимости совершенствования системы управления охраной труда и системы управления профессиональными рисками.

Цель представляемой статьи – исследование статистических закономерностей изменения уровня производственных рисков в Иркутской области и выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние на эти изменения.

В работе использовали методы статистического анализа такие как ретроспективный анализ, построение контрольных карт Шухарта, регрессионный анализ. Ретроспективный анализ включал период 2011–2017 и выполнялся в целом по Иркутской области, а также по отраслям промышленности на основании данных Иркутского регионального отделения Фонда социального страхования Российской Федерации (ФСС) и Государственной инспекции труда в Иркутской области. Контрольные карты Шухарта строили, используя информацию ФСС за период 2004–2017 с разбивкой пострадавших по кварталам соответствующего года, по смертельному травматизму и за период 2010–2017 также с разбивкой по кварталам – по несмертельному травматизму.

На основании анализа построенных карт и выявления точек за верхней и нижней границами на карте средних значений делали вывод о случайности/системности причин причинения ущерба здоровью работников. Однофакторный линейный регрессионный анализ использовали для выявления зависимостей уровня производственного травматизма от затрат на мероприятия по охране труда.

В качестве исходных данных были использованы данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области о затратах на мероприятия по охране труда в целом по региону, а также по таким затратам как приобретение средств индивидуальной защиты (СИЗ), обучение работников вопросам охраны труда, затраты на лечебно-профилактическое питание (ЛПП), на проведение медицинских осмотров работников, а также по количеству проверок государственной инспекцией труда. Оценку значимости моделей выполняли по F-распределению, построенные модели приняты со значимой вероятностью 95 %.

Показано, что в целом по Иркутской области риски травмирования и гибели работников на производстве имеют тенденцию к снижению на протяжении 2011–2017. Но лишь с 2014 наблюдается рост соотношения случаев травмирования к случаям гибели, что свидетельствует о реальном снижении тяжести травматизма. Статистическое моделирование методом построения контрольных карт Шухарта показало, что для несмертельного травматизма следует говорить о наличии систематических причин и соответственно о необходимости их выявления.

По смертельному травматизму отмечена статистическая управляемость рисками и естественная вариабельность, присущая случайным процессам.

Построение моделей линейной зависимости уровня производственного травматизма от затрат на мероприятия по охране труда выявило наличие высокой обратной связи между риском производственного травматизма и затратами на обучение по охране труда.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости повышения заинтересованности работодателей в качественном обучении по охране труда, а также о значимости оптимизации расходов на обеспечение производственной безопасности.

### **Список литературы**

1. Abel Pinto, Rita A. Ribeiro, Isabel L. Nunes. Risk Analysis. 2013. 33(3). P. 409.
2. Cynthia Jardine, Chris M. Furgal. Journal of Toxicology and Environmental Health. 2003. Part B. 6(6). P. 569.
3. Floris Goerlandta, Nima Khakzadc, Genserik Reniers. Safety science. 2017. 99. P. 127.
4. Andrew Rae, David Provan. Safety science. 2019. 111. P. 119.
5. Genserik Reniers, Yannick Anthone. Safety science. 2012. 50(7). P. 1445.
6. Pedroni N., Zio E., Pasanisi A., Couplet M. Risk Analysis. 2017. 37(7). P. 1315.

7. Yuhan Niua, Weisheng Lua, Fan Xuea, Diandian Liua, Ke Chena, Dongping Fangb, Chimay Anumba. Safety science. 2019. 111. P. 219.
8. Aneziris O.N., Topali E., Papazoglou I.A. Reliability Engineering & System Safety. 2012. 105. P. 36.
9. Campolieti M., Hyatt D.E. Industrial and Labor Relations Review. 2006. 59(3). P. 438.
10. Mark Best, Dunkan Neuhauser. Quality and Safety in Health Care. 2006. 15(2). P. 142.
11. Astrid Schneider, Gerhard Hommel, Maria Blettner. Dtsch Arztebl Int. 2010. 107(44). P. 776.
12. José Manuel Tomás, Amparo Oliver, Maria Rodrigo. Psicothema. 2005. 17(1). P. 154.
13. Fang D.P., Xie F., Huang X.Y., Li H. International Journal of Project Management. 2004. 22(1) P. 43.
14. Irum Shahzadi, Aysha Javed, Syed Shahzaib Pirzada, Shagufta Nasreen and Farida Khanam. European Journal of Business and Management. 2014. 23(6). P. 159.
15. Melnikova D.A., Alekina E.V., Yagovkin G.N., Voropaeva L.V. Life safety. 2019. 4. P. 18.
16. Fang J.S., Ford D.M., Mannan M.S. J Hazard Mater. 2004. 115(11). P. 17.

## **Природный резервуар – как геологическое тело для хранилища запасов гелия**

Л.А. Рапацкая, М.Е. Тонких, А.О. Устюжанин

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: rapalarisa@yandex.ru, mtonkikh@mail.ru, al.ust7@yandex.ru*

В настоящее время главные мировые ресурсы и запасы гелия сосредоточены в США, Алжире, России и Катаре. Степень концентрации гелия на месторождениях Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия) дают России значительные преимущества перед другими странами на мировом рынке этого ценного ресурса. Однако для поддержания долгосрочных экономических интересов, необходимы технологии аккумуляции больших объемов гелия в Восточной Сибири.

Подземная технология хранения, впервые нашла решение в США во второй половине XX века. С 1973 года газогелиевое месторождение Клиффсайд стало использоваться исключительно как объект для хранения и продажи гелиевого концентрата [1]. В России такая технология хранения была применена в 1979 году в Оренбургской области. Здесь для хранения гелиевого концентрата использовались подземные выработки в пластах каменной соли [2].

Уникальные по масштабам и условиям локализации соляные флюидоупоры усольской свиты могут решить проблему аккумуляции гелиевого концентрата в Восточной Сибири [3,4,5].

Анализ структурно-литологических особенностей состава природных резервуаров – как геологических тел, изучение палеофациальных условий накопления соленосных флюидоупоров позволяют рассматривать их как объекты хранения гелиевого концентрата.

В статье приведены результаты научно-исследовательской работы по определению структурно-литологических особенностей состава природных резервуаров – как геологических тел месторождений Ангаро-Ленской нефтегазоносной провинции в пределах Байкитской, Катангской и Непско-Ботуобинской нефтегазоносных областей. Для определения палеофациальных условий накопления соленосных флюидоупоров были использованы фондовые и опубликованные

материалы по бурению и геофизическим исследованиям Юрубчено-Тохомского НГК, Ковыктинского ГК, Чаяндинское НГК и других месторождений.

Таким естественным хранилищем для закачки и сохранения запасов гелия могут служить природные резервуары – геологические тела, представляющие собой ассоциацию горных пород, в которой могут содержаться и циркулировать флюиды. Поэтому особо важное значение приобретает проницаемость покрышек в природных резервуарах, способных удерживать гелий в течении длительного времени.

В статье изложены результаты исследований, характеризующие литологический состав, мощности и условия формирования покрышек, как региональных флюидоупоров в природных резервуарах на юге СП. Таким региональным флюидоупором могут служить отложения усольской свиты нижнего кембрия, входящей в вендкембрийский нефтегазоносный комплекс.

Восточно-Сибирский венд-кембрийский бассейн вмещает 1,5–2,5 млн м<sup>3</sup> солей и является одним из четырех крупнейших соленосных бассейнов–супер-гигантов [18]. Самым крупным временным максимумом количественного распределения солей является V–Є<sub>2</sub>, что находит отражение в площадном распространении этого бассейна и суммарных толщинах пластов каменной соли усольской свиты и ее аналогов. Благоприятные условия, для регионального формирования природных резервуаров – будущих объектов хранилищ, в геологическом прошлом, были созданы самой природой. Теперь же необходимо использовать результаты геолого-геофизических исследований для установления их герметичности, выдержанности по мощности пласта и площади простираения структуры, установить наличие тектонических нарушений в разрезе.

Создание подземных хранилищ гелиевого концентрата является одной из важнейших задач освоения месторождений Восточной Сибири. Природные резервуары венд-кембрийского нефтегазоносного комплекса, с мощным соленосным флюидоупором – усольской свитой, имеющей региональное распространение на юге СП, стали аккумуляторами для богатейших запасов углеводородов Восточной Сибири. Благодаря своим уникальным структурно-литологическим особенностям, благоприятным палеофациальным условиям формирования эти геологические тела перспективны и как объекты для хранения запасов гелия.

### Список литературы

1. Hamak J.E., Gage B.D. Helium Resources of the United States, 1991 Bureau of Mines IC-9342. US Department of the Interior, 1993. 10 p.
2. Хан С.А., Игошин А.И., Теплов М.К. и др. Опыт подземного хранения газообразного гелиевого концентрата на Оренбургском гелиевом заводе // Газовая промышленность. 2012. № 684. С. 28–31
3. Бондарев В.Л., Чугунов А.В., Саркисова М.А. Перспективы хранения природного газа, обогащенного гелием, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Вести газовой науки. 2015. № 3 (23). С. 63–67.
4. Коротков С.Б., Франчук А.А., Семёнова Е.В. Галогенные флюидоупоры Ковыктинского кластера газодобычи Иркутской области // Вести газовой науки. 2017. № 3 (31). С. 298–306.
5. Франчук А.А., Коротков С.Б., Семёнова Е.В. Геолого-геофизические характеристики солесодержащих флюидоупоров Сибирской платформы // Вести газовой науки. 2017. № 3(31). С. 162–172.
6. Leachman W.D. Helium Minerals. New York: Yearbook, 1989. pp. 503–508.
7. Якуцени В.П. Сырьевая база гелия: состояние, перспективы освоения и использования // Минеральные ресурсы России. 2017. № 2. С. 10–22

8. Фукс А.Б. Состав и свойства пластовых углеводородных систем южной части Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции в зависимости от термобарических условий // Геология нефти и газа. 1998. № 3. С. 35–38
9. Постникова О.В. и др. Природные резервуары рифей-венд-кембрийского осадочного бассейна юга Сибирской платформы: особенности строения и закономерности размещения // Геология нефти и газа. 2010. № 6. С. 54–64
10. Моисеев С.А., Фомин А.М., Топешко В.А., Белова Е.В., Гордеева А.О., Константинова Л.Н., Кузнецова Е.Н. Литолого-фациальное районирование венд-нижнекембрийских отложений южных и центральных районов Сибирской платформы // Конф.: GeoSiberia 2007 – International Exhibition and Scientific Congress. 2007.
11. Рапацкая Л.А., Вахромеев А.Г. Рифейды Сибирской платформы и их нефтегазоносность. Изд-во ИРНТУ, 2018. 271 с.
12. Хан С.А. Изучение диффузии гелия в каменной соли // Газовая промышленность. 2011. № 4. С. 20–23
13. Folk R.L., Pittman J.S. Length-slow chalcedony: a new testament for vanished evaporites // J. Sed. Petrol. 1971. Vol. 41. P. 1045–1058.
14. Bouma A.H. Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation. Amsterdam-New York: Elsevier, 1962. 168 p.
15. Сараев С.В. Литолого- фациальная характеристика усольской свиты (нижний кембрий) и ее возрастных аналогов преденисейского осадочного бассейна Западной Сибири // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 6. С. 1173–1188.
16. Павлов В.Э., Шацилло А.В., Петров П.Ю. Палеомагнетизм верхнерифейских отложений Туруханского и Оленекского поднятий, Удинского Присянья и дрейф Сибирской платформы в неопротерозое // Физика Земли. 2015. № 5. С. 107–139.
17. Розанов А.Ю. Палеогеография и палеобиогеография раннего кембрия // Вестник Академии наук СССР. 1985. № 11. С. 80–90
18. Беленицкая Г.А. Природные соляно-нефтяные узлы – глобальные центры надежд и угроз (на примере бассейна Мексиканского залива) // Региональная геология и металлогения. 2014. № 59. С. 97–114.

## **Экспресс-метод на основе спектроскопии диффузионного отражения для определения ионов железа в водных объектах**

С. В. Романенко<sup>1</sup>, А. В. Гераскевич<sup>1,2</sup>, Е. В. Ларионова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

e-mail: svr@tpu.ru

### **Введение**

Селективное и точное определение концентраций железа в водных объектах является актуальной задачей. В результате химического и биохимического окисления железо(II) переходит в железо(III), которое находится в природных водах в виде соединений с растворенными неорганическими и органическими соединениями [1]. Содержащая железо вода даже при контакте с кислородом приобретает характерную окраску, имеет металлический привкус и неприемлема для технического и питьевого применения.

Фотометрические методки, широко используемые для количественного определения ионов железа, сочетают с предварительным концентрированием определяемого компонента для увеличения их чувствительности. Различные комбинации органических [2] и неорганических [3,4] сорбентов и органических

реагентов позволяют определять концентрации различных ионов металлов, в том числе  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в водных объектах.

Несмотря на достоинства данного метода, он не пригоден для проведения рутинных анализов вследствие долгой и трудоемкой пробоподготовки, а также неудобства при работе с порошкообразными образцами.

Необходимость модификации существующих методов и автоматизации сорбционно-спектроскопического анализа определила цель данной работы. На примере методики сорбционно-фотометрического определения общего железа [5] нами предложен более экспрессный метод, позволяющий сократить пробоподготовку и уменьшить время проведения анализа, при этом сохраняя низкий предел обнаружения компонента.

### **Экспериментальная часть**

В качестве сорбента для концентрирования определяемого компонента использовались пластинки для тонкослойной хроматографии (силикагель, нанесенный на полиэтилентерефталатную основу в виде слоя толщиной 90–120 мкм и закрепленный специальным связующим – силоксаном). Этот неорганический сорбент удобен в работе из-за отсутствия набухания и собственной окраски. Также он обладает высокой химической и механической устойчивостью и, что немало важно, высокой удельной поверхностью. Пластины обладают устойчивостью к воздействию кислой среды, однако при  $\text{pH} = 10$  наблюдается отделение слоя сорбента от полимерной основы.

В качестве реагентов, образующих окрашенные комплексы с ионами железа, использовались феррозин и феррон, поскольку данные реактивы обладают высокой чувствительностью. Однако их закрепление непосредственно на поверхности сорбента из водного раствора затруднено вследствие взаимного отталкивания сульфогрупп реагентов и поверхности гидроксильных групп. Для решения этой проблемы поверхность сорбента предварительно обрабатывалась полигексаметиленгуанидином. Закрепленный ПГМГ, являясь сильным основанием, создает на поверхности силикагеля положительно заряженный полимерный слой, с которым взаимодействуют сульфогруппы реагентов, в результате чего происходит их закрепление на сорбенте.

Пластинки размером  $3 \times 1$  см предварительно вымачивались в воде и обрабатывались 7% раствором соляной кислоты при перемешивании для равномерного нанесения реагентов. Далее, последовательно модифицированные ПГМГ и органическими реагентами, пластинки помещались в пробирки с 5 мл раствора железа(III) определенной концентрации. Для определения железа(II) в пробирку также вносили 1 мл раствора солянокислого гидроксиламина с концентрацией 0,1 М и NaOH до  $\text{pH}=3$ . Обработанные пластинки высушивали при комнатной температуре, после чего проводилось измерение коэффициента диффузионного отражения.

### **Результаты и их обсуждение**

В работе определена константа комплексообразования реакции взаимодействия феррона с поверхностью пластинок, обработанных ПГМГ. Значение константы составляет 2364. Также рассчитана сорбционная емкость пластинок, равная  $2,28 \text{ мкмоль/см}^2$ .

Было определено необходимое время контакта пластинок, модифицированных ПГМГ и ферроном, с растворами железа(III) различной концентрации. Полученные данные представлены на рисунке 1.

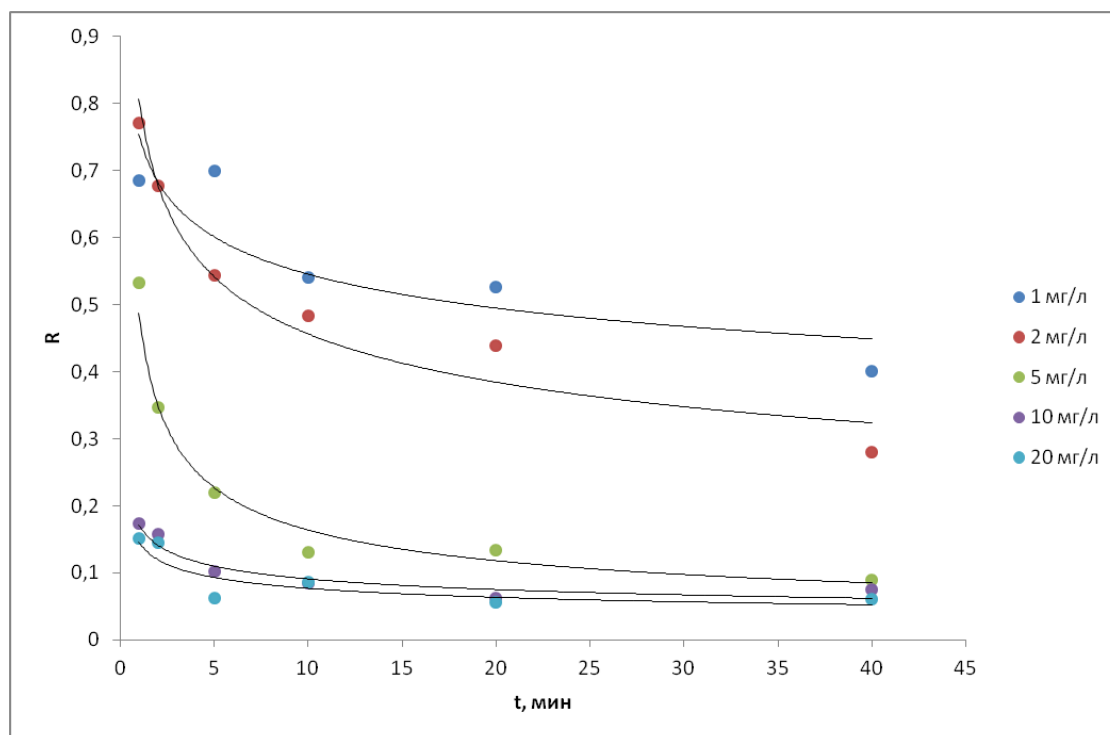


Рисунок 1. Исследование кинетики сорбции при различных концентрациях железа(III)

Как видно из графика, необходимо в среднем 10 минут для установления сорбционного равновесия и равномерного окрашивания пластинок.

Градуировочный график, построенный по пяти точкам в координатах  $\Delta F(R) - C_{Fe(III)}$ , описывается уравнением:

$$\Delta F(R) = 0,402 \cdot C_{Fe(III)} \quad (r^2 = 0,977).$$

Линейность графика сохраняется во всем исследуемом диапазоне концентраций.

### Выводы

На данный момент одно из основных требований к системам мониторинга – возможность автоматизированного слежения за параметрами водной среды. Это означает, что необходимо свести время пробоподготовки и проведения анализа к минимуму. Использование сорбционно-спектроscopicкого метода позволяет решить эту проблему.

Главное преимущество предварительного концентрирования определяемого компонента заключается в возможности уменьшения объема образца и снижения предела обнаружения за счет увеличения концентрации исследуемого вещества в малом объеме. Замена порошкообразных сорбентов на пластинки позволяет упростить процедуру анализа и сократить время его проведения. Также предложенный подход дает возможность разработать специальное компактное устройство для проведения сорбционно-спектроscopicкого анализа определяемых компонентов на пластинках.

### Список литературы

1. Будников Г.К. // Соросовский образовательный журнал. 1998. №5. С. 23–29.
2. Maloney M. P. // Analyst. 1980. V. 105. P. 1087–1097.
3. Zaporozhets O. A. // Talanta. 2002. V. 58 № 5. P. 861–868.
4. Лосев В. Н. // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. № 7. С. 32–36.
5. Дидух С. Л. // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73. № 3. С. 189–197.



## Обработка статистических данных о производственном травматизме в Удмуртской Республике методами нечеткой логики

Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

e-mail: sbv47@mail.ru, shadrinrobert@gmail.com

Для обеспечения снижения уровней профессиональных рисков необходимы достоверное знание и объективный учет ряда критериев, имеющих косвенную связь с уровнем травматизма. Существующие методы не способны дать точную оценку и прогноз уровня травматизма, поскольку большинство методов включают определенные критерии и математические расчеты, но не дают достоверной информации. В связи с этим существует необходимость выявления математической модели, отражающей влияние всех критериев на уровень травматизма.

В работе рассмотрено применение нечеткой логики и метода Мамдани для анализа статистической информации показателей производственного травматизма Удмуртской Республики, дано обоснование применения этого метода против классических методов моделирования.

Моделирование проводилось для Удмуртской Республики. В качестве исходных данных использовалась статистика производственного травматизма и социально-экономических показателей за 2000–2016 годы по региону ( $L$  – среднесписочная численность работающих (человек);  $m_1$  – число пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом (человек);  $m_2$  – число пострадавших со смертельным исходом (человек);  $m_3$  – число работающих, имеющих профессиональные заболевания (человек);  $N$  – число дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом;  $S$  – средства, израсходованные на мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего (рублей);  $d$  – доля работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, от общего числа работающих в исследуемых видах экономической деятельности, %;  $e$  – количество обученных по охране труда в организациях Удмуртской Республики (человек);  $I$  – инвестиции в основной капитал в фактически действовавших валовой ценах (млрд.руб.);  $V$  – валовой региональный продукт (млрд.руб.);  $V_p$  – валовой региональный продукт на душу населения (руб.)) [6-10].

Логические правила задавались по типу:

$R_1$ : ЕСЛИ  $x_1$  это  $A_{11}$ ...И... $x_n$  это  $A_{1n}$ , ТО  $y$  это  $B_1$

$R_m$ : ЕСЛИ  $x_1$  это  $A_{11}$ ...И... $x_n$  это  $A_{mn}$ , ТО  $y$  это  $B_m$

где  $x_j, j = \overline{1, n}$  – имена входных переменных;  $y$  – имя выходной переменной;  $A_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$  – определенные функции принадлежности.

В качестве лингвистической переменной использовался каждый из показателей. Для переменной были введены 4 термина: низкий (*Low*), ниже среднего (*Belov average*), выше среднего (*Above average*), высокий (*High*). Для написания использовался квантификатор «И».

Разработка алгоритма проводилась в среде matlab. В приложении *fuzzy logic* были заданы 11 показателей:  $L, m_1, m_2, m_3, N, S, d, e, I, V, V_p$ , на выходе задан интегральный показатель, отражающий уровень травматизма –  $T$ .

Для лингвистической переменной числа пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом задан диапазон (477; 2780).

В работе подробно представлены этапы разработки алгоритма анализа показателей производственного травматизма.

Первый этап – составление правил. В качестве лингвистической переменной был задан каждый из показателей. Для переменной были введены 4 термина: низкий, ниже среднего, выше среднего, высокий. Для написания правила использовали квантификатор «И».

Второй этап – подбор и задание функций принадлежности. Методом подбора задавались 4 функции принадлежности.

Третий этап – вывод результата.

Применили гауссовские функции принадлежности, в количестве 4 с заданием термов низкий, ниже среднего, выше среднего, высокий. Функции пересекались в точке 0,5.

Получен результат по проверке работы и реагирования системы на изменение каждого из показателей – определена тенденция снижения интегрального показателя производственного травматизма по годам, что позволяет объективно планировать мероприятия по охране труда.

Произведен вывод поверхности интегрального показателя путем задания осей  $X$  и  $Y$  двумя определенными показателями и выявлена тенденция поведения интегрального показателя с ростом количественного значения показателей. Поверхность соответствовала допустимому логическому выводу, что говорит о возможности и корректности задания и применения гауссовских функций принадлежности.

В дальнейшем в качестве показателя рекомендуется учесть человеческий фактор для более точного анализа.

### Список литературы

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 августа 2014 г. № 524н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области охраны труда».

2. Асадулаев Р.Г. Нечеткая логика и нейронные сети: учебное пособие. Белгород, 2017. 309 с.

3. Нечеткие множества. Нечеткая логика [Электронный ресурс]. URL: <http://rain.ifmo.ru/cat/data/theory/unordered/fuzzy-logic-2006/article.pdf> (дата обращения: 08.01.2019).

4. Процедуры активизации, аккумуляции, дефаззификации. Методы дефаззификации: метод центра тяжести, метод биссектрисы площади, метод левого и правого модальных значений. Основные алгоритмы нечеткого вывода. Алгоритм Мамдани, алгоритм Сугено, алгоритм Цукамото [Электронный ресурс]. URL: [доступа: http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/4-4-6.pdf](http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/4-4-6.pdf) (дата обращения: 08.01.2019).

5. Тарасян В.С. Пакет Fuzzy Logic Toolbox for Matlab : учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. 112 с.

6. Пономарев М.И., Тененев В.А., Якимович Б.А. Анализ систем данных с неопределенностью: учеб. пособие для студентов вузов. Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2014. 288 с.

7. Доклад «Состояние условий и охраны труда в Удмуртской Республике и меры по их улучшению» // Министерство труда Удмуртской Республики [Электронный ресурс] – URL: <http://mintrud.udmurt.ru> (дата обращения: 08.01.2019).

8. Официальная статистика // Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике [Электронный ресурс]. URL: <http://udmstat.gks.ru> (дата обращения: 08.01.2019).

9. Основные показатели социально-экономического развития Удмуртской Республики // Министерство экономики Удмуртской Республики [Электронный ресурс]. URL: <http://economy.udmurt.ru> (дата обращения: 08.01.2019).

10. Валовой региональный продукт по Удмуртской Республике за 1998–2016 гг. [Электронный ресурс]. URL: [http://udmstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/udmstat/resources/08e9d5804cdf9dd8b0b6fb2658754fe4/ВПП+по+УР+за+1998-2016.pdf](http://udmstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/udmstat/resources/08e9d5804cdf9dd8b0b6fb2658754fe4/ВПП+по+УР+за+1998-2016.pdf) (дата обращения: 09.11.2018).

11. Динамика производственного травматизма по федеральным округам и субъектам Российской Федерации за 2012–2016 гг. (по данным Росстата) [Электронный ресурс]. URL: [http://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/attachent\\_1\\_.pdf](http://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/attachent_1_.pdf) (дата обращения: 10.11.2018).

12. Debnath J., Biswas A., Sivan P., Sen K.N., Sahu S. Fuzzy inference model for assessing occupational risks in construction sites // *Int J of Industrial Ergonomics*. 2016. Vol. 55. pp. 114–128.

13. Иббазар Е., Караşан А., Себи С., Кахраман С. A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system // *Safety Science*. 2018.

14. Gallab M., Bouloiz H., Alaoui Y.L., Tkiouat M. Risk Assessment of Maintenance activities using Fuzzy Logic // *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 148. pp. 226–235.

15. Rivero L.C., Rodríguez R.G., Ma Del R. Pérez, Mar C., Juárez Z. Fuzzy Logic and RULA Method for Assessing the Risk of Working Procedia Manufacturing. 2015. Vol. 3. pp. 4816–4822.

## **Прогнозирование показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Удмуртской Республике**

Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин, Е.С. Гайнатуллина

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова*

*e-mail: sbv47@mail.ru, shadrinrobert@gmail.com, zamanova\_katerin@mail.ru*

Удмуртская Республика является динамично развивающимся регионом. Происходит постепенная стабилизация промышленного производства, устойчиво функционирует рынок труда. Все это позволяет сформировать стратегическое направление политики, в котором идея безопасности труда становится доминирующим фактором социального благополучия. Предварительный анализ состояния условий труда в Удмуртской Республике показал, что одной из основных причин высокого уровня травматизма является низкая эффективность, несовершенство системы управления безопасностью труда.

В современных условиях управленческие решения должны приниматься на основе тщательного анализа имеющейся информации. Для решения подобных задач предназначены статистические методы прогнозирования.

Анализ статистических данных дает возможность установить динамику травматизма на предприятии и выявить определенные связи и зависимости. Выявление дальнейшей тенденции производственного травматизма является актуальной проблемой, на основании решения которой может проводиться планирование предупредительных мероприятий по производственному травматизму.

Для проведения данного исследования были собраны статистические данные по показателям повреждения здоровья и социально-экономические показатели, оказывающие влияние на риски повреждения здоровья работников за период с 2000 по 2017 год.

После того, как собраны все необходимые данные они подвергаются первичной обработке. На первом этапе происходит процедура исключения ложных данных, которая позволяет выяснить, присутствуют ли в имеющейся статистической совокупности такие данные или нет. Для этого имеющиеся значения совокупностей располагаются в порядке возрастания от минимального значения к максимальному. После упорядочения совокупности рассчитываются отклонения минимальных и максимальных значений случайной величины от ее среднего значения.

После процедуры первичной обработки исходная совокупность опытных результатов подвергается статистическому анализу, который также проводится в несколько этапов. На первом этапе следует проверить гипотезу о нормальности распределения исследуемой совокупности опытных данных.

Следующим этапом статистического анализа является проверка значимости коэффициента корреляции двух совокупностей опытных данных. Проверка выполняется двумя способами: с помощью критерия Стьюдента и с помощью критерия Фишера-Снедекора.

На основе анализа статистических данных выполнена прогнозная оценка показателей травматиза и профессиональной заболеваемости в республике до 2022 года.

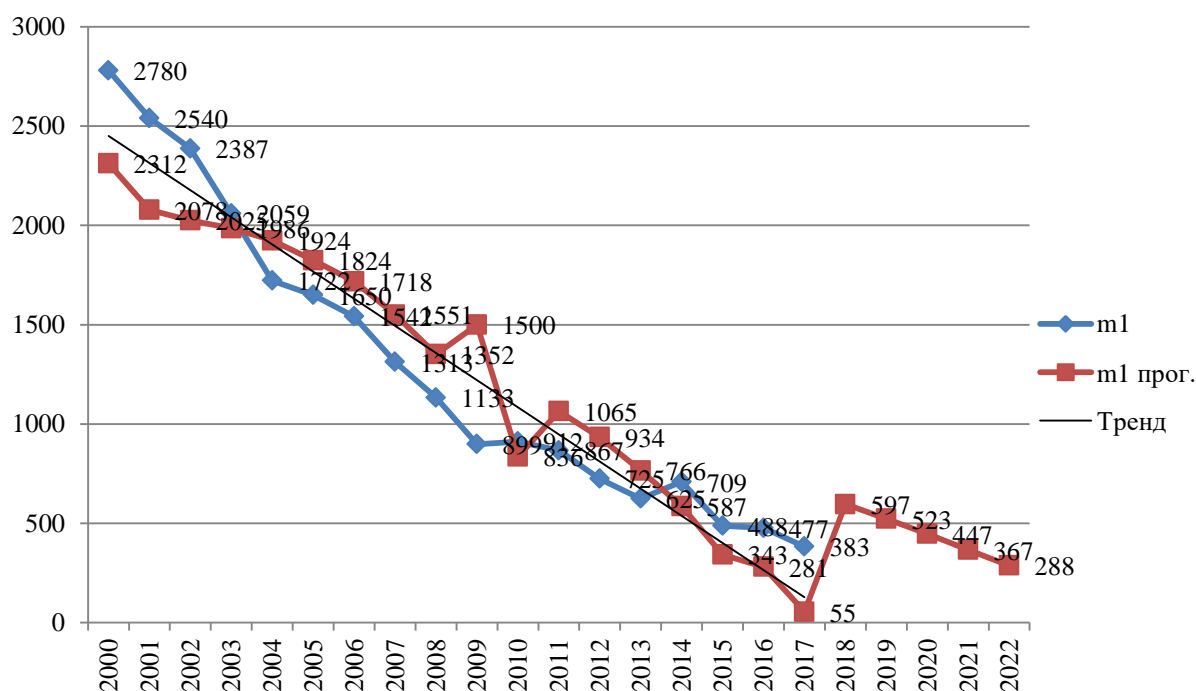


Рисунок 1. Результаты прогнозирования числа пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом на 2018–2022 гг.

Результаты работы получены в рамках НИР по грантам для ученых ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, шифры № 20.04.01/18СБВ, 20.06.01/18СБВ.

### Список литературы

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ).

2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.04.2014, с изменениями от 05.05.2014) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 13.04.2014).

3. Федеральный закон № 125-ФЗ от 24.07.1998 года «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

4. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования.

5. ГОСТ Р 12.0.007-2009. Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.

6. Статистические методы прогнозирования показателей производственного травматизма : монография / Б.В.Севастьянов, Р.О.Шадрин, В.А.Лисин., Е.Б. Лисина. Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2016.

7. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel: учеб. пособие. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТИ-УПИ», 2005.

8. Лялькина Г.Б. Математическая обработка результатов эксперимента: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013.

9. Севастьянов Б.В. Организация и управление охраной труда в Удмуртской Республике: монография / Б.В.Севастьянов, Р.О.Шадрин. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2011.

10. Основные показатели социально-экономического развития Удмуртской Республики за январь – декабрь 2016 года // Министерство экономики Удмуртской Республики [Электронный ресурс]. URL: <http://economy.udmurt.ru/> (дата обращения: 24.05.2019).

11. Официальная статистика // Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике [Электронный ресурс]. URL: <http://udmstat.gks.ru/> (дата обращения: 24.05.2019).

12. Разработка стратегии социально-экономического развития Удмуртской Республики на период до 2025 года от 29 сентября 2009 года // Правительство Удмуртской Республики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.udmurt.ru/> (дата обращения: 24.05.2019).

## **Исследование и повышение эффективности мониторинга шумовой нагрузки и минимизации профессиональных рисков в условиях воздействия производственного шума**

В. Сердюк, О. Владимирова, Д. Алешков, Е. Бедрина

*Омский государственный технический университет*

*e-mail: bedrina\_ea@mail.ru*

Современный уровень развития технических средств позволяет реализовывать масштабные и непрерывные подходы к определению уровней шума, воздействующих на работающего. Однако слаборазвиты ИТ-технологии сбора данных о шумовых характеристиках рабочей зоны и селитебной территории, на основании которых представляется возможным осуществлять прогностические оценки рисков воздействия шума на человека, не ограничиваясь результатами специальной оценки условий труда, производственного контроля и экологического мониторинга. Цель работы состоит в оценке возможности осуществлять сбор данных о распределении уровней шума в

пределах рабочей зоны, селитебной территории и возможности определения зон высоких уровней профессионального риска по фактору производственный шум посредством смартфонов. Была разработана методика сбора данных о распределении уровней шума в пределах рабочей зоны, селитебной территории, на основе которой был разработан программный продукт регистрации и обработки данных о характере шума. В результате использования специального программного продукта была показана возможность построения пространственного распределения уровней производственного шума на строительной площадке в режиме реального времени. Непрерывный сбор метаданных о характере шума позволяет уточнить уровни профессиональных рисков, обусловленных воздействием шума и осуществить выбор мероприятий по управлению этими рисками

## **Обеспечение безопасности труда на основе метода «Кривая Бредли»**

В.С. Сердюк, В.В. Кулешов, Н.О. Ковальковская  
*Омский государственный технический университет*  
*e-mail: kow-nad2009.92@mail.ru*

Впервые понятие «культура безопасности» возникло в результате анализа аварий в атомной энергетике. При этом серьезной причиной для пересмотра подхода к вопросам безопасности явилась авария на Чернобыльской АЭС. Стало очевидным, что стандартного механического исполнения инструкций для обеспечения безопасной работы недостаточно. Необходимо также учитывать такие параметры как психология людей, понимание собственных действий и их последствий, а также степень заинтересованности и вовлеченности сотрудников.

Первые принципы культуры безопасности были предложены международным агентством по атомной энергетике в 1991 году в виде отчета INSAG-4. Позже ее начали внедрять и адаптировать в свою производственную деятельность крупнейшие мировые компании [1].

В научных кругах вопросы развития культуры безопасности начали активно обсуждаться в конце прошлого века. Per Holmgren, автор статьи «Развитие Культуры Безопасности – Бесконечный Процесс» [2] отметил, что для достижения высокого уровня безопасности в организации необходимо постоянное развитие культуры безопасности. На современном этапе развития промышленности исследуемая тема стала чрезвычайно актуальной. В последнее время вопросы культуры безопасности стали одними из главных в области управления безопасностью труда в организациях, а также повышения качества и эффективности производства.

В последнее время вопросы культуры безопасности рассматривали в своих работах многие авторы. В работе [3] говорится, что фундаментальная основа обеспечения безопасности – это формирование, поддержание и развитие культуры безопасности. Так же отмечено, что согласно мировому опыту установлена взаимосвязь между приверженностью работников к следованию требованиям безопасности труда и возникновением аварий и несчастных случаев на производстве. Следовательно, обеспечение высокого уровня безопасности зависит от поведения всех работников организации.

Наряду с этим, в работе [4] отмечено, что зрелая культура безопасности рассматривается в качестве важного средства обеспечения безопасности. Результаты исследований подтвердили, что низкий уровень заболеваемости имеется в организациях с высоким уровнем зрелости культуры безопасности. При этом, проведенные исследования [5] показали, что для формирования и повышения уровня

культуры безопасности необходимо учитывать взаимодействие национальных ценностей и уровня приверженности безопасности как сотрудников управляющего звена, так и работников.

На сегодняшний день, среди популярных методов определения зрелости культуры безопасности можно выделить следующие: метод «Кривая Бредли», модель зрелости культуры безопасности М. Флеминга и модель П. Хадсона [6]. В рамках данной работы для управления безопасностью труда выбран метод «Кривая Бредли». Его особенностью является наглядное представление взаимосвязи уровня культуры безопасности с уровнем охраны труда, вовлеченностью сотрудников, их взаимозависимости и взаимной поддержке [7]. К его преимуществам относится простота, доступность, применение как для негативных, так и благоприятных последствий. Данный метод имеет простую схему, отображающую основную взаимосвязь уровня травматизма и производительности, имеющиеся этапы, для которых можно разработать меры по управлению безопасностью.

Целью исследования является проведение анализа метода «Кривая Бредли» и обоснование эффективности внедрения данного метода для дальнейшей разработки и совершенствования программы безопасности труда в машиностроительной отрасли.

Для оценки эффективности внедрения метода «Кривая Бредли» авторами проведено исследование по изучению существующей культуры безопасности на предприятиях машиностроительной отрасли. Наряду с этим, для оценки уровня микротравматизма у работников, авторами проводилось анкетирование.

Опасные ситуации на производстве могут привести к микротравмам, несчастным случаям и к возникновению смертельного случая. Эта закономерность отражена на пирамиде Г. Гейнриха [9]. Следовательно, если в организации остаются без внимания нарушения требований охраны труда, то это обязательно приведет к аварийным ситуациям.

Проведенное авторами исследование позволило получить следующие результаты: в исследуемых цехах машиностроительного производства по результатам обработки анкет зафиксировано около 750 микротравм. В данный момент на законодательном уровне отсутствует механизм по учету микротравм и их регистрация не обязательна.

Микротравмы являются предвестником травм с потерей трудоспособности. Результаты проведенного исследования подтвердили, что уровень безопасности труда в организациях находится на втором этапе – «Зависимом». Это обусловлено тем, что в организациях управление безопасностью производится в виде контроля и надзора за исполнением требований охраны труда. Основным видом для мотивации выполнения требований является поощрение и наказание. Работники периодически проходят обучение по охране труда. Поэтому для достижения «нулевого травматизма», необходимо уделять особое внимание профилактике микротравм как на индивидуально-личностном, так и на организационном (командном) этапах. Это необходимо с целью снижения уровня травматизма и дальнейшего повышения уровня культуры безопасности.

Метод управления безопасностью труда «Кривая Бредли» позволил наглядно представить взаимосвязь уровня культуры безопасности с уровнем охраны труда, вовлеченностью сотрудников, уровнем их взаимозависимости и взаимной поддержке в исследуемых организациях машиностроительной области. Таким образом, подтверждена эффективность применения метода «Кривая Бредли» в машиностроительной отрасли.

Проведенное исследование показало, что в исследуемых организациях уровень культуры безопасности находится на втором этапе – Зависимом. Для дальнейшего развития культуры безопасности в организации, была преобразована существующая система управления безопасности.

Результаты исследования позволили выделить важность регистрации микротравм для дальнейшего анализа и предотвращения травматизма, а также прогноза и устранения причин, которые способствуют возникновению аварий и несчастных случаев. Таким образом, учет микротравм позволяет более эффективно бороться с травматизмом. Они используются как индикаторы (предшественники) при выявлении источников профессиональных рисков.

Эти предварительные данные открывают новые возможности для разработки эффективной программы безопасности труда в машиностроительной отрасли. Основные проблемы на данном этапе заключаются в сложностях совершенствования культуры безопасности на отечественных организациях. Планируя изменения, руководители должны осознавать: никакие стандарты не будут работать, если не изменить установки и поведение людей. Основная причина заключается в их низкой приверженности к безопасности. Необходим качественный переход от зависимого к осознанному поведению работников, от сокрытия – к открытости, от страха быть наказанным – к проактивным действиям по предупреждению происшествий. Такой переход возможен только при целенаправленной работе на всех уровнях предприятия – от первого лица компании до рабочего персонала.

### **Список литературы**

1. Знакомимся с культурой безопасности Газпром добыча Ямбург [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mpogazprom.ru/novosti/znakomimsya-s-kulturoy-bezopasnosti> (дата обращения: 14.05.2019).
2. Holmgren P. Developing Safety Culture-A Never Ending Process // IFAC Proceedings Volumes. 1995. Т. 28. № 15. P. 291–294.
3. Шабанова В.Н. Формирование культуры безопасности у персонала АО «Концерн РосЭнергоА // Институт психологии российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2018. № 3. С. 201–214
4. Stemn E. et al. Examining the relationship between safety culture maturity and safety performance of the mining industry // Safety science. 2019. Т. 113. P. 345–355.
5. Tear M. J. et al. Safety culture and power: Interactions between perceptions of safety culture, organisational hierarchy, and national culture // Safety Science. 2018. P. 13–22.
6. Hudson, P. T. W. Safety management and safety culture: the long, hard and winding road // Occupational health and safety management systems. 2001. P. 3–32.
7. The Bradley Curve – A New EH&S Culture Model // Journey to EH&S Excellence. 2006. P. 3–12
8. Минтруд России [Электронный ресурс]. URL: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/261> (дата обращения: 14.05.2019).
9. Методика расследования и учета микротравм, полученных работниками в процессе производственной деятельности (утв. решением Межведомственной комиссии по охране труда).



## **Оценка микротравматизма на основе комплексного показателя безопасности**

В.С. Сердюк, В.В. Кулешов, Н.О. Ковальковская, Ю.С. Белоусова

*Омский государственный технический университет*

*e-mail: kow-nad2009.92@mail.ru*

Современный этап развития научно-технического прогресса требует более глубоких представлений в вопросах производственного травматизма, переоценки старых и выработки новых критериев профилактики их оценки. Это связано с непрерывно возрастающим энергетическим, материально-экономическим, информационным потенциалом производственных комплексов и систем, а так же применением новых наукоемких технологий.

Анализ производственного травматизма в подавляющем большинстве организаций России производится только на основании расчета стандартных показателей несчастных случаев. Он позволяет лишь ориентировочно оценить степень опасности системы. Такой подход не дает информации о характере возникающих несчастных случаев, их последствиях. Следовательно, Он имеет низкую эффективность при решении проблемы активного управления безопасностью в технической системе.

Закономерно возникает необходимость в оптимизации задач активного управления профилактикой производственной безопасности путем внедрения программы по снижению микротравматизма.

Целью работы являлся анализ микротравматизма на машиностроительных предприятиях Омской области.

При анализе микротравм используется показатель частоты. При его подсчете применяется принцип отдельного анализа. Технологические процессы делятся на основные этапы. Показатель частоты рассчитывается отдельно для каждого элемента (средства труда, вида оборудования, инструмента) с учетом времени, затраченного на весь технологический процесс. Одна и та же микротравма может быть учтена при подсчете показателя как для этапа технологического процесса, так и для оборудования, если четко назвать причину микротравмирования затруднительно. Когда возможно определить, что причиной микротравмы, например, стало несовершенство технологического процесса, а средство труда никак не влияло на случай, микротравму относят к этапу технологического процесса. Практика показала, что подобных примеров мало. Показатель тяжести нетрудоспособности рассчитывать нецелесообразно, так как микротравма не влечет за собой потери трудоспособности. Дополнительно при расчете показателя частоты вводится новая единица – время, затраченное на работу в определенный период (в часах).

Выявлены наиболее типичные микротравмы это – нарушение целостности кожного покрова (ссадины, порезы). Их причиной является неиспользование средств индивидуальной защиты (СИЗ), а так же низкий контроль требований безопасности со стороны руководства. Причиной неприменения СИЗ послужило – неудобство их использования при работе. Вторыми по распространенности микротравм явились ушибы. Их причина является не соблюдения правил охраны труда. Работники травмировались из-за оставленного на рабочем месте инструмента, игнорирования оградительных сооружений.

Авторами предложен порядок мониторинга микротравм (далее – Порядок). Разработка Порядка основана на принципе – «простота исполнения». В первую очередь при получении микротравм пострадавшему должна быть оказана первая помощь, после чего он может продолжить работу. Пострадавший не должен уделять много времени и отвлекаться на оформление документов по поводу микротравмы. Учитывая это, при разработке мониторинга у работника должна быть относительная свобода: работник,

получивший микротравму, сообщает о ней устно либо письменно в свободной форме, ответственному лицу в течение всей смены или сразу по ее окончании. Заявить он может как напрямую в службу охраны труда, так и непосредственному руководителю (бригадиру, начальнику участка, производителю работ). Тот, в свою очередь, в течение двух дней доводит сведения до службы охраны труда. Вся информация заносится в специальный журнал учета микротравм. Собранная информация обрабатывается службой охраны труда и руководителем. Основное внимание отводится обстоятельствам микротравмирования и средствам труда, которые привели к травмированию. Авторами была разработана карта наблюдений микротравм.

Авторами предлагается использовать комплексный показатель безопасности [8] для оценки микротравматизма в организации. Комплексный показатель безопасности может использоваться для планирования мониторинга микротравматизма, а также для оценки улучшений после выполнения планов корректирующих действий. Успешные планы корректирующих действий помогут исключить в будущем инциденты и несоответствия, что приводит к пропорциональному сокращению (или исключению) несчастных случаев.

Комплексный показатель безопасности позволяет установить численные критерии допустимости риска для событий «верхнего уровня» и далее развернуть их по остальным слоям. Устойчивость соотношений в пирамиде Гейнриха [1] позволяет оценить вероятностные характеристики нарушений безопасности «верхнего уровня». В качестве основного показателя предлагается использовать интенсивность серьезных травм в единицу времени (рисунок 1).

Результатом введения системы мониторинга микротравм будет значительное снижение травматизма на производстве, и как следствие сокращение потерянных рабочих дней.

Таким образом, на основании полученной информации и по результатам исследования полученных микротравм в машиностроительной отрасли, были выявлены причины микротравматизма, подготовлены корректирующие мероприятия, направленные на минимизацию производственного микротравматизма, что позволит сократить потери трудового времени и финансовые затраты организации.



Рисунок 1. Комплексный показатель безопасности по пирамиде Г. Гейнриха

Эти предварительные данные открывают новые возможности для разработки эффективной программы безопасности труда на основе мониторинга в машиностроительной отрасли.

### Список литературы

1. Heinrich H., Petersen D., Ross N. Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach. fifth ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

2. Карнаух Н.Н., Артамонов А.С., Шамишев С.Е. Опыт управления охраной труда и промышленной безопасностью в ООО «Проктер энд Гэмбл – Новомосковск» // Безопасность жизнедеятельности. 2004. 10. С. 12–21.
3. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Охрана труда на предприятиях Нижегородской области и совершенствование работы по профилактике травматизма // Экология и безопасность жизнедеятельности: Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. 2006. С. 200–203.
4. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма // Современные наукоемкие технологии. 2008. 7 (4). С. 101–103.
5. Симонова Н.И., Низяева И.В., Назаров С.Г., Журавлева Е.А., Кондрова Н.С., Степанов Е.Г., ... и Цырулин, А.В. Сравнительный анализ результатов оценки профессионального риска на основе различных методических подходов // Медицина труда и промышленная экология. 2012. 1. С. 13–19.
6. Климова Е.В., Рыжиков Е.Н. Снижение производственного травматизма путем совершенствования системы управления охраной труда // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2017. 1.
7. Чижменко Н.И. Микротравматизм на железнодорожном транспорте // Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы. 2017. С. 102.
8. Тишанин А.Г., Лapidус В.А., Копысов О.А., Усольцев А.Н. Методика управления безопасностью на основе Гейнриха. Методы менеджмента качества. 2011. 11. С. 4–8.
9. Приказ Минтруда России № 438н от 19 августа 2016 г. «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71413730/> (дата обращения: 25.06.2019).
10. Петровский Б.В. Большая медицинская энциклопедия. 1974.

## **Problems of ecological safety of pharmaceutical manufactures and voltamperometric control of some medicine drugs**

G. Slepchenko, O. Mezentseva, V. Kruykovskiy

*Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: slepchenkogb@mail.ru*

Industrial wastewater from pharmaceutical production may contain organic solvents, catalysts, additives, by-products, raw materials, and active pharmaceutical substances, which presents serious difficulties for their processing.

The ease of spreading drug contamination in water bodies, the negative impact on hydrobiota and, finally, the possibility of ingress of medicinal substances and intermediates in drinking water suggest that water contamination with drugs is the most dangerous. All this explains the special attention to the problem of water pollution by pharmaceutical substances, on which many countries of the world are concentrated. Once in the environment, pharmaceutical substances may undergo certain changes under the influence of both biotic and abiotic factors. As a rule, medicinal substances undergo degradation, losing their original activity. However, a number of compounds are not only resistant to natural destruction, but also able to change their activity with the formation of physicochemical transformants that represent a potential danger to living organisms and humans.

Electrochemical methods of analysis, in particular, voltammetry, are widely used to determine the content of various organic substances for environmental monitoring. Along with the indisputable advantages of the method, there are certain limitations on its use in analytical laboratories. In most cases, when determining the number of organic substances, a mercury-film is used as a working electrode. The main disadvantage of using this type of

electrodes is the toxicity of mercury; therefore, the search and development of new selective mercury-free electrodes is an important task. The analysis of the literature and the conducted studies show the promising application of organic modifiers on various carbon substrates (glassy carbon, impregnated graphite) in the analysis of environmental objects using the methods of anodic inversion, adsorption, and cathode voltammetry.

We have conducted studies on the choice of operating conditions for the voltammetric determination of a number of medicinal substances, on the basis of which methods for the quantitative chemical analysis of air, water and soil samples for the content of these substances will be metrologically certified.

Using the new class of tosylate salts, arediazonium (ADT), organo-modified graphite and glassy carbon electrodes were first proposed for determining selected drugs, various factors were studied (time and method of contact, concentration of tosylate salts, arediazonium, etc.), and a technique for modifying the electrode for definitions of pharmaceutical substances, such as: halonal (5 – ethyl – 5-phenyl-1-o-fluorobenzoylbarbituric acid), halodif (1 – [(3-chlorophenyl) (phenyl) methyl] urea) and meldonium (3 – (2.2, 2-trimethylhydrazine) propionate).

The surface of the modified working electrode was studied by probe microscopy, it was determined that when the modifier concentration was 10 mg / dm<sup>3</sup> and the electrode exposure time was 5–7 seconds, an ensemble ultramicroelectrode system was formed on the surface, which increases the sensitivity of the test substances. ADTs of various structures were considered as modifiers: without a substituent, with a carboxyl, amino, and nitro substituent. The choice of a specific modifier (namely, a substituent in the structure of arediazonium salt) depends on the chemical structure of the analyte. It has been established that when modifying an ADT electrode without a substituent for determining meldonium and halodif, it is more preferable in view of the highest sensitivity and reproducibility, whereas for barbituric acid derivatives (halo), the use of a glassy carbon electrode modified with ADT with a carboxyl substituent is proposed.

In the future, it is assumed the use of organo-modified electrodes to expand the range of defined organic substances, including those used as medicinal.

## **Защита водных объектов от загрязнения с использованием отходов от выращивания подсолнечника**

В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова, А.В. Куталова

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

*e-mail: htie@mail.ru*

Фенолы являются одними из наиболее распространенных загрязнений, поступающих в водные объекты со стоками различных предприятий: нефтеперерабатывающих, коксохимических, лесохимических, анилинокрасочных и др. Фенолы – весьма токсичные соединения, и могут вызывать не только отравление организмов, но и значительно изменять режим биогенных элементов и растворенных в воде газов, прежде всего кислорода и углекислого газа.

Одним из наиболее эффективных методов очистки воды от фенолов является сорбционный, который позволяет достичь на выходе из очистных сооружений концентраций, допустимых для сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения. Однако зачастую применение данного метода ограничивается высокой стоимостью применяемых адсорбентов и необходимостью тщательной предварительной подготовки воды. В этой связи перспективным направлением совершенствования систем очистки фенолсодержащих сточных вод является замена традиционных сорбентов на более доступные, которые могут быть получены из различного сырья, в том числе отходов

растениеводства. Такой подход позволяет вовлекать вторичные материальные ресурсы, отличающиеся высокой степенью экологической безопасности.

Такие материалы могут быть использованы как в нативном виде, так и модифицированном для увеличения эффективности протекания сорбции. В частности, рисовая шелуха и солома применялись авторами [1] в качестве адсорбента для очистки воды от фенола. Лузга подсолнечника и гречихи обрабатывалась различными растворами минеральных кислот и щелочей [2, 3], солому пшеницы авторы [4] активировали методом пиролиза при добавлении угольной золы. Шелуха риса, модифицированная методом пиролиза с последующей обработкой раствором КОН, может быть использована для адсорбции фенола из воды в широком диапазоне концентраций [5, 6]. Авторами [7] предложен сорбент на основе хитозана, прошедший магнитную обработку. К одним из последних поколений сорбентов можно отнести материалы из углеродных нанотрубок, синтезированных с использованием различных катализаторов [8, 9].

Целью настоящей работы являлось разработка сорбентов на основе стеблей подсолнечника для очистки сточных вод от фенолов.

С целью повышения их сорбционной емкости они были подвергнуты различным видам модификации: карбонизации при температуре 200 °С, обработке гидроксидом натрия (500 мг/л) и оксалатом аммония (0,5 н).

В ходе исследований было выяснено, что для карбонизированной губчатой ткани невозможно определить параметры механической прочности и суммарного объема пор вследствие очень рыхлого состояния материала, рассыпающегося на мелкие фракции даже при незначительном механическом воздействии. Все остальные образцы сорбентов имеют высокую механическую прочность (98–99) %. Максимальный суммарный объем пор отмечен для нативной губчатой ткани – 21,2 г/г, в то время как для внешней оболочки стеблей он находится в диапазоне 4,5–7,8 г/г. Зольность нативной лузги несколько выше по сравнению с модифицированными материалами и составляет 2,8 %, что, вероятно, объясняется вымыванием растворимых соединений при химической активации и их переходом в газообразную фазу при пиролизе.

Влажность всех материалов оказалось примерно одинакова – в пределах от 6 % до 10 %, за исключением оболочек стебля, модифицированных раствором гидроксида натрия. Также зафиксирована существенная разница в насыпной плотности материалов – внутренняя часть оказалась легче внешней оболочки более чем в 5 раз.

Максимальные значения емкости были отмечены для стеблей, модифицированных гидроксидом натрия (104,4 мг/г), изотерма сорбции при этом имеет вид L3 по классификации Гильса, что говорит о наличии наряду с микропорами также и мезопор. Адсорбент АГ-3 показал максимальную емкость, несколько уступающую стеблям в нативной форме (64,8 мг/г).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что стебли подсолнечника могут быть использованы для удаления из воды фенола, при этом целесообразна их обработка раствором гидроксида натрия.

Изучение сорбционной емкости в динамических условиях в процессе исследования сорбционных характеристик сорбентов необходимо не только для определения их емкости по отношению к извлекаемому веществу, но также для того, чтобы оценить возможность их практического применения.

Установлено, что эффективность обесфеноливания воды в динамических условиях выше при использовании в качестве загрузки стеблей в нативном виде и достигает 84 %. При использовании модифицированных стеблей максимально извлечь

фенол удалось лишь на 69 %. После регенерации максимальная эффективность очистки для нативных стеблей понизилась до 50 %, для модифицированных – до 34 %.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: для очистки воды от фенола можно применять материалы на основе нативных стеблей подсолнечника, для проведения регенерации необходим подбор других растворов.

### Список литературы

1. Abaide E.R., Dotto G.L., Tres M.V., Zabet G.L., Mazutti M.A. Adsorption of 2-nitrophenol using rice straw and rice husks hydrolyzed by subcritical water // *Bioresource Technology*. 2019. P. 25–35.
2. Gao L., Goldfarb J.L. Solid waste to biofuels and heterogeneous sorbents via pyrolysis of wheat straw in the presence of fly ash as an in situ catalyst // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2019. Vol. 137. P. 96–105.
3. Shen Y., Zhang N. Facile synthesis of porous carbons from silica-rich rice husk char for volatile organic compounds (VOCs) sorption // *Bioresource Technology*. 2019. P. 294–300.
4. Shen Y., Zhang N., Fu Y. Synthesis of high-performance hierarchically porous carbons from rice husk for sorption of phenol in the gas phase // *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 241. P. 53–58.
5. Salari M., Dehghani M.H., Azari A., Motevalli M.D., Shabanloo A., Ali I. High performance removal of phenol from aqueous solution by magnetic chitosan based on response surface methodology and genetic algorithm // *Journal of Molecular Liquids*. 2019. Vol. 285. P. 146–157.
6. Wang B., Li F., Yang P., Yang Y., Hu J., Wei J., Yu Q. In Situ Synthesis of Diatomite-Carbon Nanotube Composite Adsorbent and Its Adsorption Characteristics for Phenolic Compounds // *Journal of Chemical and Engineering Data*. 2019. Vol. 64. Issue 1. P. 360–371.
7. Ahsan M.A., Jabbari V., Islam M.T., Turley R.S., Dominguez N., Kim H., Castro E., Hernandez-Viezcas J.A., Curry M.L., Lopez J., Gardea-Torresdey J.L., Noveron J.C Sustainable synthesis and remarkable adsorption capacity of MOF/graphene oxide and MOF/CNT based hybrid nanocomposites for the removal of Bisphenol A from water // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 673. P. 306–317.
8. Сомин В.А., Осокин В.М., Комарова Л.Ф. Сорбенты на основе лузги подсолнечника для очистки воды от соединений меди // *Ползуновский вестник*. 2014. № 3. С. 257–258.
9. Сомин В.А., Бетц С.А., Комарова Л.Ф. Использование отходов растениеводства при очистке воды от фенола // *Вода: химия и экология*. 2016. № 4 (94). С. 48–53.
10. ГОСТ 4388-72. Колориметрическое определение массовой концентрации меди с диэтилдитиокарбаматом натрия.

## **Обоснование параметров рекультивации нарушенных земель при разработке россыпей**

Б.Л. Тальгамер, Н.В. Мурзин, Д. Батжаргал

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: go\_gor@istu.edu*

В течение последнего года вышли два Постановления Правительства РФ №800 от 10.07.2018 и №244 от 07.03.2019 о проведении рекультивации земель, в которых указывается, что проекты рекультивации земель осуществляются после обследования земель, включающего съемку поверхности, полевые и лабораторные исследования состояния пород и почв, инженерно-геологические изыскания. Требования вышеуказанных Постановлений позволяют более обоснованно принимать технические решения по рекультивации нарушенной поверхности с учетом фактических, а не проектных данных.

Следовательно, разработке проекта рекультивации земель предшествует достаточно продолжительный период обследования земель. Значительно сократить сроки обследования техногенного рельефа позволяет использование дистанционного зондирования и лазерного сканирования [1,2]. При подготовке исходного материала для проектирования рекультивации нарушенных земель на объектах россыпной золотодобычи осуществлялась аэросъемка местности с последующей компьютерной обработкой полученной информации.

Опыт проведения полевых работ на отработанных россыпных месторождениях выявил значительные расхождения между фактическим состоянием нарушенных земель и приведенным в проектах горных работ. При этом, несколько неожиданно, фактическое состояние нарушенных земель характеризовалось лучшими показателями для их восстановления, чем устанавливалось проектными решениями.

Целью работы является анализ опыта проектирования рекультивации нарушенных земель на объектах золотодобычи.

В работе представлен последний опыт проектирования рекультивации нарушенных земель на объектах россыпной золотодобычи после проведения обследования территории и исследования пород, слагающих поверхностный слой.

Произведено сопоставление фактического состояния нарушенного рельефа с техногенным рельефом запроектированным в технической документации на разработку россыпных месторождений.

Проанализированы причины расхождения фактических и проектных данных, изучены условия естественного восстановления растительности на техногенных землях после разработки россыпей. Приведены результаты наблюдений за естественным восстановлением растительности на нарушенных землях в пределах рыхлых отложений. Даны рекомендации по установлению углов выколаживания рекультивируемой поверхности в зависимости от длины склонов и перепада высотных отметок между подножием и гребнем техногенных насыпей.

Проведено сравнение результатов проектирования рекультивации нарушенных земель на основе предварительного обследования нарушенных земель с данными проектов горных работ. Дано обоснование путей сокращения объемов рекультивационных работ.

Исключение работ по выколаживанию небольших насыпей и засыпке мелких впадин (высотой или глубиной до 3,0 м) с углами откосов 28–35° существенно сократит объемы работ по рекультивации. При этом в условиях естественного восстановления растительности это не приведет к заметному ухудшению самозарастания нарушенной

поверхности. Более того, учитывая, что рекультивация начинается чаще всего после завершения добычных работ (спустя несколько лет от начала эксплуатации россыпи) сплошное выколаживание поверхности приведет к уничтожению уже закрепившейся растительности на участках, нарушенных в первый период разработки запасов, и таким образом существенно задержит естественное восстановление растительного покрова.

С учетом указанных выше факторов в разработанных нами проектах рекультивации нарушенных земель объемы работ были уменьшены по сравнению с данными проектов горных работ в среднем на 70 % с одновременным сокращением сроков выполнения этих работ до одного сезона.

### Список литературы

1. Meshal M. Abdullah, Rusty A. Feagin, Layla Musawi, Steven Whisenant, Sorin Popescu. The use of remote sensing to develop a site history for restoration planning in an arid landscape // *Restoration Ecology*. 2016. Vol. 24. Iss. 1. P. 91–99.

2. Zenkov I.V., Yuronen Yu.P., Nefedov B.N., Baradulin I.M. Remote sensing in estimation of forest ecosystem generation at crushed stone quarries in Siberia // *Eurasian mining*. 2016. Vol. 1. P. 50–54.

3. Временная инструкция по рекультивации земель, нарушенных при отработке многолетнемерзлых россыпей Северо-Востока СССР/ВНИИ-1. Магадан, 1990. 86 с.

4. Eßer G., Janz S., Walther H. Promoting biodiversity in recultivating the rhenish lignite-mining area // *World of Mining-Surface and Underground*. 2017. Vol. 69 (6). P. 327–334.

5. Ngugi M.R., Neldner V. J., Doley D., Kusy B., Moore D., Richter C. Soil moisture dynamics and restoration of self-sustaining native vegetation ecosystem on an open-cut coal mine // *Restoration Ecology*. 2015. Vol. 23(5). P. 615–624.

6. Patyk-Kara N.G. Cenozoic placer deposits and fluvial channel systems on the Arctic shelf of Siberia // *Economic Geology*. 1999. Vol. 94. Iss. 5. P. 707–720.

7. Экологические последствия горнодобывающих работ на россыпных месторождениях и целесообразные направления рекультивации нарушенных земель в различных природных зонах Дальнего Востока: Отчет о НИР / Перм. гос. ун-т. № ГР 81093241. Пермь, 1984.

8. Разработка рекомендаций по биологической рекультивации земель, нарушенных горнодобывающими работами на россыпных месторождениях «Енисейзолото». Экологические последствия горнодобывающих работ в долинах Красноярского края: отчет о НИР Перм. гос. ун-т.-№ ГР 01850067770; Инв. № 02860058508. Пермь, 1985.

9. Естественное восстановление почвенно-растительного покрова на территориях отработанных россыпей: отчет о НИР / Перм. гос. ун-т. № ГР 01850067770. Инв. № 0287.000.7875. Пермь, 1986.

10. Разработка классификации и биологических методов рекультивации земель, нарушенных подразделениями производственного объединения «Уралзолото»: Отчет о НИР (заключ.) Перм. гос. ун-т.-N ГР 76026176; Инв. № 5943882. - Пермь, 1980.

11. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных при разработке россыпных месторождений золота предприятиями Лензолото, Перм. гос. ун-т. Пермь, 1993. 12 с.

12. Зубченко Г.В., Сулин Г.А. Рациональное использование водноземельных ресурсов при разработке россыпей. М.: Недра, 1980. 238 с.

13. Томаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М. и др. Экология и охрана природы при открытых горных работах. М.: Изд-во МГИ, 1994. 418 с.

14. Дороненко Е.П. Рекультивация земель нарушенных открытыми разработками. М.: Недра, 1979. 263 с.



15. Паюсова Е.А., Морозова В.В. Зональные аспекты техногенеза и экологическая эффективность рекультивации при разработке россыпей // Проблемы техногенеза и рекультивации при разработке многолетнемерзлых россыпей. Магадан: ВНИИ-1, 1987.

16. Чемезов В.В., Коврыжников В.Л. Землепользование и рекультивация нарушенных земель при разработке месторождений золота и алмазов. Пособие по разработке проектов рекультивации нарушенных земель. Иркутск: Изд-во ОАО «Иргиредмет», 2007. 330 с.

17. Коваленко В.С. Рекультивация нарушенных земель на карьерах. Ч. 1: Основные требования к рекультивации нарушенных земель. М.: МГГУ, 2003. 41 с.

18. Рекультивация нарушенных земель при разработке россыпных месторождений Забайкалья / Мязин В.П., Овешников Ю.М. др. Методические указания. Чита: ЧитГТУ, Читаоблкомэкология, ООО «Экосервис», 1998. 82 с.

19. Нормы технологического проектирования горнотехнической рекультивации земель, нарушенных горными работами в составе проектов россыпной золотодобычи дражным и открытым способами. Иркутск, 1989. 312 с.

20. Методические указания по составлению проектов рекультивации отработанных нарушенных земель и землевание малопродуктивных угодий (проект). Ч. 1 и 2. Мытищи: ГИЗР, 1989. 241 с.

21. Временные указания по разработке рабочих проектов нарушенных (нарушаемых) земель. М.: Росземпроект, 1983. 43 с.

22. Временная инструкция по производству рекультивации земель, нарушенных дражными работами на предприятиях объединения «Енисейзолото». Иргиредмет, Иркутск, 1986. 27 с.

## **Использование программы расчета пожарного риска для оптимизации затрат на выполнение противопожарных мероприятий**

В.В. Телегин, Б.В. Севастьянов, Р.О. Шадрин

*Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова*

*e-mail: vofking@rambler.ru, sbv47@mail.ru, shadrinrobert@gmail.com*

Вопросы пожарной безопасности на предприятиях и в местах с массовым пребыванием людей являются одними из приоритетных вопросов техносферной безопасности в Российской Федерации. Это подтверждается постоянным обновлением нормативно-правовой базы в области пожаровзрывозащиты, регулярно проводимыми учениями по эвакуации сотрудников и персонала, периодическим обучением (раз в 3 года) руководителей предприятий и структурных подразделений по программе пожарно-технического минимума. Не смотря на вышеперечисленные меры, пожары, влекущие за собой человеческие жертвы, большой материальный и социальный ущерб, все еще происходят, что подтверждает актуальность снижения уровня пожарного риска.

В ходе организации безопасного функционирования объектов экономики собственники сталкиваются с проблемой выполнения требований обеспечения пожарной безопасности. Это связано с выполнением мероприятий, влекущих за собой крупные финансовые и материальные затраты, которые могут повлечь за собой временное приостановление экономической деятельности, вытекающее из строительных работ.

Целью работы являлся анализ законодательно установленных требований пожарной безопасности на объектах экономики и в местах с массовым пребыванием людей и возможности их взаимозаменяемости.

Показаны сложности приведения зданий и сооружений в соответствие с действующими требованиями пожарной безопасности, связанные с материальными затратами и возможной остановкой деятельности предприятия, в качестве наименее затратного варианта предложено использование расчета индивидуального пожарного риска.

Расчет пожарного риска осуществляется в соответствии с утвержденными МЧС РФ методиками и связан с выполнением сложных математических вычислений. Для упрощения выполнения расчета разработаны ряд программных продуктов, в том числе Fenix+ 2, используемый в работе. Он позволяет рассчитывать пожарный риск после введения исходных данных по зданию или сооружению и количеству пребывающих в нем людей используя 3D моделирование объекта. Рассчитанный индивидуальный пожарный риск, в случае соответствия установленному приемлемому значению в  $10^{-6}$  освобождает собственника от мероприятий по пожарной безопасности сроком на 3 года. В случае несоответствия, используя Fenix+ 2 возможно внесение изменений в сценарий развития пожара с помощью компенсирующих инженерных мероприятий, добиваясь таким образом приемлемого уровня пожарного риска.

Таким образом, благодаря расчету пожарного риска собственник объекта может экономить средства, необходимых для обеспечения пожарной безопасности, при этом не нарушая требования нормативно-правовых документов и сохраняя необходимый уровень пожарной безопасности для персонала, как в функционирующих зданиях, так и в проектируемых.

Результаты работы получены в рамках НИР по грантам для ученых ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, шифры № 20.04.01/18СБВ, 20.06.01/18СБВ

### Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. (с изм. и доп., внесенными Федеральным законом от 29.07.2017 № 244-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ. (с изм. и доп., внесенными Федеральным законом от 29.07.2017 № 216-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Безопасность машин и оборудования. Термины, определения и основные показатели безопасности [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 54123-2010. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ. (с изм. и доп., внесенными Федеральным законом от от 29.07.2017 № 216-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Об утверждении правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 07.04.2009 г. № 304 (с изм. и доп., внесенными Постановлений Правительства РФ от 15.08.2014 № 816). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. (с изм. и доп., внесенными Федеральным законом от 29.07.2017 № 244-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 30.06.2009 № 382. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

## Оценка экологического риска горных предприятий по интегральному показателю пылевыведения

С.С. Тимофеева, М.А. Мурзин

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: timofeeva@istu.edu, misha0009@mail.ru*

Иркутская область известна в России, как один из богатейших регионов, где добываются полезные ископаемые, такие как бурый и каменный уголь, железная руда, россыпное и рудное золото, строительные материалы (гранит, мрамор, гипс) и многие другие. На территории области успешно работают предприятия горнодобывающего комплекса. Ежегодно на территории региона Роснедра и Иркутскнедра выдают лицензии на пользование недрами. Возрастание числа недропользователей в значительной степени увеличивает экологическую нагрузку на атмосферный воздух, водные ресурсы, плодородные земли, на объекты растительного и животного мира, следовательно, создает экологические опасности или риски [1–3].

В настоящее время под экологической опасностью понимают любое изменение параметров функционирования природных, технических или природно-технических систем, приводящее к ухудшению качества компонентов окружающей среды за границы установленных нормативов [4].

Причиной изменения параметров качества компонентов окружающей среды могут быть два принципиально различных источника: природные процессы и явления, определяющие эволюцию окружающего мира, второй – деятельность человека. Мерой экологического риска является математическое ожидание ущерба определяемого для всего комплекса экологически опасных факторов, проявляющихся на данной территории [5–8].

В связи с этим в качестве количественной меры экологического риска можно использовать показатель, одновременно учитывающий вероятность наступления неблагоприятного события и возможную величину причиненного им ущерба как непосредственно компонентам геосфер, так и человеку. Экологический риск может быть приемлемым, допустимым и чрезмерным.

Целью настоящей работы явилась разработка методики оценки экологических рисков, создаваемых горнодобывающими предприятиями по интегральному показателю пылевыведения.

В качестве объектов исследования были выбраны наиболее крупные горнодобывающие предприятия Иркутской области, имеющие стратегическую значимость для данного региона в экономическом плане, такие как филиал ООО «Компания «Востсибуголь»: «Разрез Азейский» (бурый уголь), «Разрез Черемховский» (каменный уголь); ООО «Трайлинг» (каменный уголь); ОАО «Коршуновский ГОК» (железная руда); ОАО «Высочайший» (золотоносная руда), Ангасольский щебеночный завод (филиал ОАО «Первая нерудная компания (гранит), ЗАО «Нукутский гипсовый карьер» (гипс).

Самым распространенным процессом, присутствующим на всех этапах разработки месторождения, начиная от его подготовки и строительства, вскрышных работ, ведения добычных работ и заканчивая комплексом рекультивации земель, является процесс пылеобразования. Увеличение объема добычных работ неизменно сопровождается интенсификацией процессов пылеобразования [9–10].

На исследованных предприятиях с использованием программного комплекса Golden Software Surfer были оценены зоны распространения пылевого загрязнения от

источников под действием движения воздушных масс, рассчитаны индексы загрязнения атмосферы пылью, пылевая нагрузка на персонал, эколого-экономический ущерб по известным методикам [22, 23].

Для оценки экологического риска горных предприятий по пылевому фактору предложен интегральный показатель экологического риска по пылевому фактору  $K_{ЭР}$ , который представляет собой сумму удельных выбросов пыли в атмосферу, площадь зоны пылевого загрязнения и допустимого стажа работы в условиях запыленности рабочей среды.

$$K_{ЭР} = УИЗА + УЗПЗ + УПН, \quad (1)$$

где  $УИЗА$  – удельный индекс загрязнения атмосферы от пыли в зоне ведения горных работ, определяемый как отношение фактического индекса загрязнения атмосферы к степени загрязнения, характеризуемой как «слабозагрязненная» (данная степень выбрана в виду возможности самовосстановления окружающей среды после устранения источника загрязнения);

$УЗПЗ$  – удельный территориальный (социальный) риск распространения пыли в зонах ведения горных работ, определяемый как отношения площади зоны пылевого загрязнения до ПДК к площади санитарно-защитной зоны;

$УПН$  – удельный допустимый стаж работы персонала в зоне ведения горных работ, определяемый как отношение допустимого стажа работы при допустимой ПДК запыленности рабочей среды к допустимому стажу при существующей запыленности;

С помощью данного показателя появляется возможность оценивать уровень риска в конкретной административно-территориальной единице субъекта, относительно региона в целом. В табл.1 приведены результаты оценки экологической опасности горных предприятий.

Таблица 1. Оценка экологической опасности горных предприятий на основании комплексного показателя экологического риска

Наименование предприятия	Интегральный показатель экологического риска по пылевому фактору	Уровень экологической опасности
филиал «Разрез «Азейский»	16,11	Чрезвычайный
Ангасольский щебеночный завод	10,24	Высокий
ООО «Трайлинг»	10,16	Высокий
филиал «Разрез «Черемховский»	10,06	Высокий
ОАО «Коршуновский ГОК»	6,9	Средний
ЗАО «Нукутский гипсовый карьер»	6,11	Средний
ОАО «Высочайший»	6,1	Средний

Использование данного показателя, несмотря на его условность, позволяет сравнить экологическую обстановку в районах функционирования горных предприятий и определить соответствующий комплекс мер для снижения экологических рисков. Как видно из таблицы 1, высокий уровень экологического риска выявлен в основном в районах функционирования горных предприятий, специализирующихся на добыче угля и гранита. В первую очередь, это связано со спецификой ведения горных работ (добываемого сырья, протяженности горных выработок, ветровых характеристик в районах данных месторождений), а так же технологии ведения добычных работ и применяемой для этого техники.

В результате оценки нами подтвержден неоспоримый факт – пылевое загрязнение носит катастрофический характер и оказывает негативное воздействие не только посредством загрязнения частицами пыли атмосферного воздуха, но и близлежащих территорий, подвергая загрязнению также водные и земельные ресурсы, нарушая естественные процессы существования флоры и фауны, вызывая необратимые последствия здоровья человека.

Применение и развитие предложенной методики позволит сопоставить экологические риски разнообразных горных предприятий, что ранее было невозможно в силу принципиальных различий между ними. В свою очередь, использование методики дает четкое представление о районах наиболее подверженных неблагоприятному воздействию горнодобывающего комплекса. Подобное районирование позволит выделить зоны экологической опасности, которые станут целевыми для внедрения мероприятий по снижению экологических рисков.

### Список литературы

1. Chemezov E.N., Delets E.G. Dust control in open pit mining Bulletin of the Scientific // Center for the Safety of Work in the Coal Industry. 2017. 1. pp. 42–46.
2. Gasaynieva A.G., Gasaynieva M.G. On atmosphere pollution by fine dust and on its impact on human health // Don Engineering Bulletin. 2017. 4 (47). pp. 173.
3. Rogalis V.S., Pavlenko M.V., Shilov A.A. Combination of the coal dust and radiation effects on the health of miners // Mining Research and Information Bulletin (scientific and technical journal). 2016. 3. pp. 109–120.
4. Ishtiaq M., Jehan N., Khan S.A. Potential harmful elements in coal dust and human health risk assessment near the mining areas in Cherat, Pakistan // Environmental Science and Pollution Research. 2018. 25(15). pp. 14666–14673.
5. Gorlenko N.V., Timofeeva S.S. Assessment of environmental damage from oil sludge to land resources in the Irkutsk region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 229. 012019.
6. Sairanen M., Selonen O. Dust formed during drilling in natural stone quarries // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2018. 77:3. pp. 1249–1262.
7. Burmistrova T.B., Artemova L.V., Yanshina E.N. Radiological and clinical features of modern forms of silicosis from exposure to high-fibrogenic quartziferous dust // Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2017. 9. 30-31.
8. Tworek P., Tchorzewski S., Valouch P. Risk Management in Coal-Mines – Methodical Proposal for Polish and Czech Hard Coal Mining Industry // Acta Montanistica Slovaca. 2018. 23. pp. 72–80.
9. Kashuba N.A. On new approaches to assessing the impact of dust on the respiratory organs // Hygiene and Sanitation. 2018. Vol. 97. № 3. pp. 264–268.
10. Cheberyachko S.I., Radchuk D.I. Unsolved problems of protecting miners from dust // Safety and Labor Protection. 2016. 4. (69). pp. 75–77.
11. Chakraborty M.K., Ahmad M., Singh R.S., Pal D., Bandopadhyay C., Chaulya S.K. Determination of the emission rate from various opencast mining operations // Environmental Modelling and Software. 2012. 17. pp. 467–480.
12. Kremenev O.G. Particle size distribution of dust in the atmosphere of the air supply and ventilation openings of the coal mine // Bulletin of the Scientific Center for the Safety of Work in the Coal Industry 2016. 3. pp. 110–118.
13. Chakradhar B. Fugitive Dust Emissions from Mining Areas // Journal of Environmental Systems 2014. 31(3). pp. 279–288.

14. Zhang L. Ecological Risk Assessment of Yulin Coal Mining Area: Based on the PETAR Method // *Advanced Materials Research* 2013. Vol. 726-731. pp. 1115–1120.
15. Papichev V.I., Proshlyakov A.N. Assessing the hazard of dust from quarry sources affecting soil // *Mining Research and Information Bulletin (scientific and technical journal)* 2017. 2. pp. 315–327.
16. Лужков Ю.А., Тимофеева С.С. Влияние технологических процессов и горно-транспортного оборудования добычи угля на экологическую нагрузку Черемховского района // *Горное оборудование и электромеханика*. 2008. 3. С. 38–41.
17. Korshunov G.I., Kovshov S.V., Safina A.M. Methods of controlling dust in open pit mining. Current state of physical and chemical research // *European Research*. 2017. 1 (24). pp. 9–11.
18. Yastrebova K.N., Moldovan D.V. A comprehensive solution to improve the atmosphere of the quarry area after major blasts // *Labor Safety in Industry* 2016. 1. pp. 30–32.
19. Petrova K.I. Assessment of dust hazard in mining enterprises // *Mining Research and Information Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017. 5. pp. 413–417.
20. Patra A.K., Gautam S., Kumar P. Emissions and human health impact of particulate matter from surface mining operation-A review // *Environmental Technology and Innovation*. 2016. 5. pp. 233–249.
21. Perera I.E., Sapko M.J., Harris M.L., Zlochower I.A., Weiss E.S. Design and development of a dust dispersion chamber to quantify the dispersibility of rock dust // *Journal of loss prevention in the process industries*. 2016. 39. pp. 7–16.
22. Тимофеева С.С., Медведева С.А. Экология техносферы. Москва: Форум: ИНФРА-М, 2014. 160 с.
23. Тимофеева С.С. Методы и технологии оценки экологических рисков. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2017. 240 с.

### **Специализированный пожарный извещатель для раннего обнаружения самовозгорания угля**

С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов, С.С. Тимофеев, С.И. Латышева

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: sstimofeeva@mail.ru*

Угольная промышленность является одной из основных составляющих топливно-энергетического комплекса и экономики России. При этом специфика отрасли такова, что предприятия, связанные с добычей, хранением, транспортировкой и использованием угля, являются источниками экологических и других рисков. Многочисленными исследованиями установлено, что значительная часть угольных аварий, связанных с пожарами и взрывами, приводящая к наиболее масштабным жертвам, значительному материальному и экологическому ущербу, в той или иной мере происходит в результате самовозгораний угля.

Для предотвращения угрозы самовозгорания угля, возникающей в процессе его самонагревания, а также для разработки устройства, способного своевременно выявить признаки такой угрозы, необходимо иметь четкое представление об этих процессах. Однако уголь является достаточно сложным объектом для исследования. В силу большого разнообразия как своих физических и химических свойств, так и различных внешних условий на разных стадиях его жизненного цикла, все еще недостаточно описаны процессы его самонагревания и самовозгорания, существующие модели имеют в основном вероятностный характер, до сих пор не существует общепризнанной

теории, объясняющей эти процессы. Тем не менее, методы обнаружения самовозгораний угля постоянно совершенствуются и дают свои результаты. Все, без исключения, методы обнаружения пожаров основаны на том, что любые явления, в том числе процессы самонагрева и самовозгорания, сопровождаются физическими проявлениями этих процессов – в данном случае это изменение температуры, газового состава, появление дымовых частиц, наличие электромагнитного излучения различных диапазонов и другие. Для разработчика извещателя главным является критическое значение измеряемого параметра, которое свидетельствует о начавшемся пожаре, однако динамика развития процесса самонагрева также является важной характеристикой этого процесса и может позволить сделать выводы о вероятности перехода самонагрева угля в его самовозгорание.

В последние годы широкое распространение получили извещатели общего назначения, характеризующиеся как мультикритериальные и мультисенсорные, благодаря их более высокой эффективности за счет уменьшения времени обнаружения пожара и лучшей защиты от ложных срабатываний [1–7]. Такой подход вполне может быть применен и оправдан для изготовления не только для извещателей общего назначения, но и специализированных извещателей. Необходимость разработки именно специализированного извещателя обусловлена тем, что эндогенные пожары имеют существенные отличия от экзогенных и извещатели общего назначения в данном случае не могут обеспечить необходимого уровня пожарной безопасности.

Цель настоящей работы – представить конструкцию и принцип работы специализированного мультисенсорного извещателя аспирационного типа, разработанного Тимофеевой С.С., Смирновым Г.И [8].

В статье рассмотрена конструкция разработанного сотрудниками ИРНТУ пожарного извещателя, позволяющая фиксировать признаки начинающегося самовозгорания угля и других веществ, склонных к самовозгораниям еще до фактически начавшегося пожара - на стадии самонагрева.

Главной особенностью извещателя является то, что измерение температуры и забор проб воздуха производится непосредственно в местах, наиболее подверженных риску самовозгорания. Кроме того, прибор является энергонезависимым благодаря оригинальной конструкции источника электропитания, а измерение нескольких параметров пожароопасной среды значительно повышает надежность и достоверность обнаружения самовозгорания.

Извещатель имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с используемыми устройствами:

1. Контроль измеряемых параметров осуществляется непосредственно внутри массы сыпучего горючего материала благодаря помещению туда чувствительного элемента, контролирующего температуру и воздухозаборника для других чувствительных элементов, находящихся в вынесенной измерительной камере, посредством конструктивного элемента извещателя, что повышает точность и надежность работы извещателя.

2. Электропитание устройства обеспечивается посредством термоэлектрического генератора, вырабатывающего электроэнергию благодаря разности температур между нагретой массой контролируемого образца и более холодной окружающей средой, что в совокупности с использованием радиопередатчика в качестве формирователя тревожных сообщений обеспечивает его автономность и мобильность.

3. Возможность точной настройки прибора (соотношение уровней температуры, концентрации дымовых частиц и индикаторных газов) может позволить выявлять очаги

самовозгорания еще на стадии самонагрева для каждого конкретного вида контролируемого вещества.

### **Список литературы**

1. Членов А.Н., Буцынская Т. А., Журавлев С. Ю., Николаев В. А. Об эффективности функционирования мультикритериального пожарного извещателя // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 12. С. 55–60..
2. Малашкина В.А., Лобазнов А.В. Сравнение методов обнаружения ранней стадии возгораний. /Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. №7. С. 79–89.
3. Рябов А.О., Рашоян И.И. Перспективы конструирования дымовых пожарных извещателей // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2014. № 3 (29). С. 77–81.
4. Кицак А.И., Луцник А.П., Есипович Д.Л., Конон В.Н., Кавальчук И.В., Протасевич О. А., Третьяк И.Б. Конструкция и алгоритм работы лазерного комбинированного пожарного извещателя //Приборы и методы измерений. 2017. Т. 8. № 1. С. 15–22.
5. Двухдиапазонные дымовые извещатели – Новый уровень точности обнаружения [Электронный ресурс]. URL: [http://secandsafe.ru/stati/pojarnaya\\_bezopasnost/dymovoe\\_izveschateli](http://secandsafe.ru/stati/pojarnaya_bezopasnost/dymovoe_izveschateli) (дата обращения: 04.07.2019).
6. А.с. 1681021 СССР, МПК E21 F5/00. Способ обнаружения очагов самовозгорания / Портола В.А., Гуттер А.А., Лагутин В.И. (СССР). 4736068/03; заявлено 07.09.89; опубл. 30.09.91, Бюл. 36. С. 3.
7. Пирометрический датчик координат очага возгорания: пат. 2318242 Рос. Федерация: МПК7 G 08 B 17/12 / Сыпин Е.В. и др.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО Алт. гос. тех. ун-т им. И.И.Ползунова. №2006137378/09; заявл. 23.10.06; опубл. 27.02.08.
8. Пат. 2580816 РФ, МПК G08B 17/10, G08B 17/117, G08B 19/00; заявитель и патентообладатель Иркутский государственный технический университет. № 2015108099/08; заявл. 06.03.2015; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10. 10 с.

## **Вклад лесных и торфяных пожаров в загрязнение атмосферы на территории Иркутской области**

С.С. Тимофеева, С.С. Тимофеев, В.В. Гармышев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: timofeeva@istu.edu, misha0009@mail.ru*

При анализе статистических данных установлено, что на территории Иркутской области ежегодно в среднем возникает более 1,3 тыс. природных пожаров, в результате которых выгорают десятки тысяч гектаров лесных массивов и угодий.

Исследованиями [1–9] установлено, что дым и токсичные продукты горения, выделяемые в результате природных пожаров относятся к наиболее опасным факторам, так как приводят к отравлению и гибели людей, и загрязнению природной среды. Только с одного гектара горящего леса в атмосферу выбрасывается от 80 до 100 т дымовых частиц и 10–12 т смеси таких газов, как оксид углерода, диоксид углерода, оксиды серы и азота, ацетальдегид, ацетон, акролеин, причем дым лесных пожаров состоит из капель смолы, водяных паров, газообразных веществ и сажи.

Установлено, что залповые выбросы в атмосферу экотоксикантов, образующихся при природных пожарах, вносят дополнительный вклад в загрязнение



окружающей среды, что оставляет в последние годы более 10 % от общего количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу Иркутской области от стационарных источников загрязнения [10,11].

Целью настоящего исследования является оценка вклада лесных и торфяных пожаров в загрязнение атмосферы на территории Иркутской области.

Исходными данными для настоящего исследования явились статистические данные о лесных и торфяных пожарах, полученные из официальных источников.

На основании статистических данных, а также мониторинга последствий лесных, торфяных пожаров, изучения процессуальных документов по расследованию и описанию пожаров нами были рассчитаны количественные показатели сгоревших природных материалов на территории Иркутской области за 2011–2018 гг.

При сравнении индексов загрязнения от стационарных источников (расчет выполнен по данным ежегодных докладов о состоянии окружающей среды в Иркутской области) и лесных, торфяных пожаров установлено, что вклад лесных и торфяных пожаров достигает 23,0–9,6 %, среднее значение за 8 лет 16,8 %. Установлено, что за период 2011–2018 гг. в среднем в результате лесных, торфяных пожаров в атмосферу ежегодно выбрасывалось до 259,12 тыс. тонн загрязняющих веществ

Лесные и торфяные пожары вносят существенный вклад в загрязнение атмосферы Иркутской области. Кроме загрязнения атмосферы реализуются и другие неблагоприятные экологические последствия. В частности, при торфяных пожарах горение происходит медленно из-за отсутствия кислорода и распространяется не так быстро, как на поверхности, происходит формирование выгоревших пустот и существует вероятность провалиться в прогоревший торф. Лесные и торфяные пожары приводят к уничтожению лесов на огромных территориях и могут быть одной из возможных причин катастрофического наводнения в Иркутской области в июне 2019 г.

### Список литературы

1. Топливно-энергетические ресурсы Иркутской области // Винокуров М.А., Суходолов А.П. Экономика Иркутской области [Электронный ресурс]. URL: [http://irkipedia.ru/content/toplivno\\_energeticheskie\\_resursy\\_irkutskoy\\_oblasti\\_vinokurov\\_ma\\_suhodolov\\_ap\\_ekonomika](http://irkipedia.ru/content/toplivno_energeticheskie_resursy_irkutskoy_oblasti_vinokurov_ma_suhodolov_ap_ekonomika) (дата обращения: 01.06.2019).
2. Keeley J.E. Fire Management Impacts on Invasive Plants in the Western United States Impactos de la Gestión de Fuego sobre Plantas Invasoras en el Oeste de Estados Unidos // *Conservation Biology*. 2006. 20 (2). pp. 375–384.
3. Keeley J.E. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage // *International Journal of Wildland Fire*. 2009. 18 (1). pp. 116–126.
4. Keeley J.E., Pausas J.G., Rundel P.W., Bond W.J., Bradstock R.A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits // *Trends in Plant Science*. 2011. 16 (8). pp. 406–411.
5. Westerling A.L.R. Increasing western US forest wildfire activity: sensitivity to changes in the timing of spring // *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2016. 371, 20150178.
6. Page S.E., Hooijje A. In the line of fire: the peatlands of Southeast Asia Phil // *Trans. R. Soc. B*. 2016. 71(1696). 20150176.
7. de L. Dantas, V., Batalha, M.A., Pausas, J.G., Fire drives functional thresholds on the savanna–forest transition // *Ecology* 2013. 94 (11). pp. 2454–2463.
8. Flannigan M.D., Krawchuk M.A., de Groot W.J., Wotton B.M., Gowman L.M., Implications of changing climate for global wildland fire // *International Journal of Wildland Fire*. 2009. 18 (5). pp. 483–507.
9. Giglio L., Randerson J., Van der Werf G., et al. Assessing variability and long-term trends in burned area by merging multiple satellite fire products // *Biogeosciences*. 2010. 7 (3). pp. 1171–1186.

10. Тимофеева С.С., Гармышев В.В. Экологические последствия лесных пожаров // Экология и промышленность России. 2017. 21 (3). С. 46–49.

11. Тимофеева С.С., Гармышев В.В. Методика оценки неучтенной экологической нагрузки на атмосферу, создаваемую пожарами в Иркутской области // Вестник ЗабГУ. 2016. 22 (1). С. 48–55.

### **The best available technologies in oil production**

E. Khamidullina, V. Uvarovskii

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: elena.irk.mail@list.ru*

The article justifies the need to use new environmentally-friendly, resource- and energy-efficient technologies in oil production. The implementation of such technologies reduces the negative effects on the environment. In international practice, they are referred to as the best available technologies (BAT). The article analyzes the technologies for oil production which could be recommended for implementation in Siberian business.

### **Post-treatment of anaerobic digestate using composting technology**

Y. Zeng

*Shandong University, Qingdao, China*

*e-mail: yangzeng@sdu.edu.cn*

The influences of practical parameters upon composting of digestate were investigated. The yardsticks for evaluation were digestate stabilization, nitrogenous emissions mitigation and self-heating potential. The results suggest choosing an "active" bulking agent like dry wood chips (WC) which served as free-water and nitrogen sink through composting. At an optimal volumetric WC: digestate mixing ratio of 4:1, nearly 90 % of the initial  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  were fixed, which reduced significantly nitrogenous emissions. This mixing ratio also improved the stabilization and self-heating potential. Using small particle size WC increased narrowly  $\text{O}_2$  consumption and reduced  $\text{NH}_3$  emission. Storing used WC prior to recycling reduced 40 %  $\text{N}_2\text{O}$  emission compared to directly recycled WC. Recycling compost helped to decrease  $\text{NH}_3$  emission, but quadrupled  $\text{N}_2\text{O}$  emission. The optimal aeration rate ( $15 \text{ L h}^{-1} \text{ kg OM}_0$ ) which was lower compared to composting of organic waste, was enough to ensure the  $\text{O}_2$  supply and ameliorate the self-heating potential through composting of digestate.

### **Economic and environmental impacts of different types of environmental regulation**

Z. Qi

*Chongqing University, Chongqing, China*

*e-mail: zhuqicqu@163.com*

To combat the negative externalities of the environment, China has implemented different types of environmental regulations. Based on the review of literature and policies analysis three types of environmental regulations, i.e., the command-and-control regulations, the market-based regulations, and the information disclosure ones. Then, by collecting data and using a series of indicators, this paper conducts a research on China's current economic

and environmental situation. Furthermore, following the construction of spatial econometric model, the current research investigates and compares the economic and environmental effects of these three types of regulations.

The report results turn out that :(1) different types of environmental regulation have different time cycles. The environmental effects of command-controlled regulation are greater than those of other types, which are mainly negative to the economy. The effect of market-based regulation is not obvious in China, and this is because it requires a longer period of time, and (2) Spatial data show that the effect of environmental regulation varies in different regions of China, , indicating that the operation of environmental regulation tools is related to the stage of regional economic development.

## References

1. 李永友,沈坤荣.我国污染控制政策的减排效果——基于省际工业污染数据的实证分析 // 管理世界. 2008. 07. pp. 7–17.
2. 金刚,沈坤荣.以邻为壑还是以邻为伴?——环境规制执行互动与城市生产率增长 // 管理世界. 2018. 34(12). pp. 43–55.
3. 叶琴,曾刚,戴劲劼,王丰龙.不同环境规制工具对中国节能减排技术创新的影响——基于285个地级市面板数据 // 中国人口·资源与环境. 2018. 28(02). pp. 115–122.
4. 张国兴,高秀林,汪应洛,郭菊娥,汪寿阳.中国节能减排政策的测量、协同与演变——基于1978-2013年政策数据的研究 // 中国人口·资源与环境. 2014. 24(12). pp. 62–73.
5. 李建军,刘元生.中国有关环境税费的污染减排效应实证研究 // 中国人口·资源与环境. 2015. 25(08). pp. 84–91
6. Barbera A.J., McConnell V.D. The impact of environmental regulations on industry productivity: direct and indirect effects // J. Environ. Econ. Manag. 1990. 18 (1). pp. 50–65.
7. Chen S., Golley J. “Green” productivity growth in China's industrial economy // Energy Econ. 2014. 44. pp. 89–98.
8. Li B., Wu S. Effects of local and civil environmental regulation on green total factor productivity in China: A spatial Durbin econometric analysis // Journal of Cleaner Production. 2016. pp. 1–12.
9. Ren S., Li X., Yuan B., Li D., Chen X. The effects of three types of environmental regulation on eco-efficiency: A cross-region analysis in China // Journal of Cleaner Production, 2016. pp. 1–11.
10. Jin Li Hu, Shi Chuang Wang. Total-factor Energy Efficiency of Regions in China // Energy Policy. 2006. 34. pp. 3206–3217.
11. Xie R.H., Yuan Y.J., Huang J.J. Different Types of Environmental Regulations and Heterogeneous Influence on “Green” Productivity: Evidence from China // Ecological Economics. 2017. 132. pp. 104–112.

## Оценка риска угрозы здоровью населения г. Томска при ингаляционном воздействии вредных веществ

К. Чернышкина, А. Вторушина, Ю. Анищенко

*Томский политехнический университет*

*e-mail: karinachernyshkina@gmail.com*

Для оценки качества атмосферного воздуха и влияния его на здоровье населения были проанализированы данные государственных докладов по выбросам загрязняющих веществ за 2014-2018 гг., и данные, представляемые службой мониторинга ОГБУ «Облкомприрода».

Оценка риска здоровью населения проводилась согласно методике Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии загрязняющих веществ», с помощью расчета коэффициента опасности. Расчеты проводились для рекреационных зон по десяти загрязняющим веществам, поступающим ингаляционным способом.

Результаты расчета показали, что значения индекса опасности превышают безопасный уровень для меди, что говорит о риске угрозы здоровью.

Общий показатель канцерогенного эффекта обусловлен наличием примесей канцерогенного характера: формальдегид, фенол и бенз(а)пирен, которые представляют теоретический дополнительный канцерогенный риск получения онкологического заболевания.

Влияние формальдегида на человека: мигрень, болезни глаз и отек легких.

Среднегодовая концентрация формальдегида по городу составила 0,015 мг/м<sup>3</sup>. Максимальная из разовых концентрация 0,449 мг/м<sup>3</sup> (9 ПДК) отмечена в Советском районе.

Основным источником возникновения бенз(а)пирена являются ТЭЦ, котельные, нефтехимические производства, городские свалки, выхлопы автотранспорта.

Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена составила 0,7 ПДК. Максимальная из среднемесячных концентрация – 2,3 ПДК. [2]

Фенол представляет собой бесцветные кристаллы, обладает специфическим запахом.

Среднегодовая концентрация фенола по городу составила 0,001 мг/м<sup>3</sup> (0,2 ПДК). Максимальная из разовых концентраций (3,1 ПДК) была обнаружена в Ленинском районе.

Общий канцерогенный риск составил  $2,23 \cdot 10^{-3}$ .

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии проводится на основе расчета индекса опасности. При отдельных маршрутах поступления химического вещества в организм человека критерием риска является суммарный индекс опасности.

По данным расчета индекс опасности составил 10,99, включающий суммарные индексы опасности: для кровеносной системы – 0,23, для органов дыхания – 10,57, для ЦНС – 0,19.

При коэффициенте опасности превышающем единицу вероятность развития у человека вредных эффектов возрастает пропорционально увеличению индекса опасности.

Для жителей г. Томска существенное воздействие химических веществ оказывается на органы дыхания и имеет тенденцию к ежегодному увеличению заболеваемости населения, что подтверждается данными Томскстата.

## **Evaluation of the influence on the atmosphere of local aircraft enterprise and capability to reduce its emissions**

E. Shevchenko

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: elena-shevchenko@bk.ru*

Boiler house has not equipment for the treatment of exhaust gases, therefore, on the boiler we must install powder-gas purification equipment.

Boiler house runs on fuel oil. Chemical analysis of solid particles captured on fuel oil boilers shows that the content of sulphur trioxide in them is hundreds of times higher than in the gas flow. Another feature of the captured particles is their high hygroscopic and fire hazard. Therefore, it is recommended to install inertial ash collectors on boilers burning fuel oil.

We offer to install on the boiler house battery cyclones for waste gas purification.

It is the cheapest in construction and easy to operate equipment. The efficiency of capture in them is 60–80 %.

### **Анализ системы смазок шарошечных долот**

А.Н. Шевченко, С.Ю. Красноштанов, М.В. Рууз, В.А. Перфильев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: pva@ex.istu.edu*

Буровые работы являются неотъемлемой частью мероприятий, связанных как с добычей рудных, не рудных полезных ископаемых (ПИ) и нефтегазового сырья, так и с мероприятиями, направленными на их поиск.

По ряду объективных причин наибольшее распространение получил механический способ разрушения горного массива. К этому способу относятся такие виды бурения как: ударно-вращательное (крепость буримых пород  $f = 6\div 14$  по шкале М.М. Протодяконова), вращательно-шарошечное (крепость буримых пород  $f = 4\div 14$ ) и вращательно-режущее (крепость буримых пород до  $f = 8$ ). Данные виды позволяют проводить буровые работы, как в самых мягких, так и в самых твердых породах, при выборе соответствующего породоразрушающего инструмента. Вращательно-шарошечное бурение позволяет перекрыть значительный диапазон пород по крепости, что является определяющим фактором, обуславливающим их значительную долю, достигающую до 80–85 % от всех объемов буровых работ [1,3]. Тенденции указывают на то, что объемы буровых работ будут увеличиваться. При этом стоит отметить, что шарошечное бурение является одним из дорогих видов бурения, что напрямую связано со стоимостью шарошечных долот. При шарошечном бурении затраты на долота могут превысить стоимость самого бурового станка в несколько раз за 10 летний цикл эксплуатации [2,4,5] т. е. затраты на буровой инструмент могут достигать до 50 % в общей себестоимости добычи ПИ. Учитывая выше изложенное, формируется задача, направленная на повышение эксплуатационной стойкости бурового инструмента и, как следствие, снижение экономических затрат.

Целью работы являлась оценка надежности и работоспособности шарошечных буровых долот в зависимости от условий эксплуатации.

Установлено, что на сегодняшний день основной причиной выхода из строя подшипникового узла является – разрушение тел качения и дорожек в результате абразивного износа. Этот износ обусловлен проникновением (мелкодисперсных) частиц разрушенной горной породы в подшипниковый узел. Требуется более детально

разбираться в вопросах работоспособности существующих систем смазки шарошечных долот и герметизации подшипниковых узлов, а также искать новые конструктивные решения, направленные на исключение проблем, возникающих в процессе эксплуатации шарошечного долота.

Трехшарошечное долото, со всеми своими недостатками продолжает оставаться самым универсальным и массовым породоразрушающим инструментом.

Разрабатывались и внедрялись различные конструктивные решения. Некоторые из них прошли испытание временем и успешно применяются в долотостроении. Другие не пошли в производство по причине сложности внедрения, либо по причине сложности самой конструкции долота, что неминуемо ведет к повышению стоимости и без того не самого дешевого инструмента. Все эти этапы развития и совершенствования позволили определить наиболее работоспособную конструкцию подшипникового узла шарошечного долота, состоящего из: большого роликового подшипника, замкового шарикового подшипника, подшипника скольжения и опорной пяты (расположение элементов от основания шарошки). Современное состояние исследований направленных на повышение качества долот и их работоспособности, подтверждает зависимость надежности долота от ресурса подшипниковых узлов. Повышение живучести принятой схемы компоновки трехшарошечного долота кроется в улучшении системы смазки. Предпочтение следует отдать применению систем с принудительной подачей смазывающего материала к парам трения. Провести изыскания направленные на улучшение изоляции, либо полной герметизации опоры от внешней среды. Реализация полностью герметизированной опоры осложняется экстремальными условиями эксплуатации бурового инструмента: высокими контактными напряжениями, высокой абразивностью внешней среды, высокими температурами. Все это требует разработки специфических уплотнительных устройств, способных функционировать в указанных условиях. В свою очередь такие устройства будут требовательны к технологии и качеству их изготовления. Необходимо обеспечить максимальную точность изготовления на всех этапах производства долота с целью минимизации возможных перекосов и нарушений соосности элементов. Это в свою очередь неминуемо влечет удорожание и без того недешевого бурового инструмента. Применение буровых долот с герметизированными опорами (усложнение конструкции долота и повышение стоимости инструмента) может быть целесообразно для проведения глубоких скважин: добычных, технологических, разведывательных [28]. С небольшой долей концевых операций в общем временном интервале, отводимым на проходку скважины. Подъем бурового става с больших глубин, для замены долота, является трудоемкой операцией. Необходимо добиваться того, чтобы проходка скважины выполнялась одним долотом, требуемая работоспособность которого может быть обеспечена за счет герметизации подшипниковых опор [29].

Буровзрывные скважины, как правило, имеют небольшие глубины и существенно большее количество концевых операций, связанных со спуском – подъемом бурового става и перемещением бурового станка, поэтому осуществить замену вышедшего из строя долота становится возможным без дополнительных простоев, совместив операцию смены долота с одной из концевых операций. Наиболее перспективными долотами для производства данных скважин видится инструмент с принудительной системой смазки и с отводом отработанного материала через зазор между шарошкой и опорой в забой скважины.

Вопрос о применении долот с герметизированными опорами в буровзрывных работах может быть экономически неоправданным и требует дополнительного изучения.

## Список литературы

1. Бовин К.А. Анализ эксплуатации техники бурения взрывных скважин на карьерах Красноярского края и Хакасии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S38. С. 135–143.
2. Выбор и рациональная эксплуатация буровых инструментов и станков на карьерах : монография / под общ. ред. В. Д. Буткина, А. В. Гилёва. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. 236 с.
3. Методы расчетов прочности при проектировании рабочих органов буровых станков / А.В.Гилёв, А.О. Шигин, С.В. Доронин, Н.Н. Гилёва // Современные наукоемкие технологии. 2011. № 1. С. 132–134.
4. Напряжения и стойкость шарошечных долот при бурении сложноструктурных массивов горных пород / А.О. Шигин, А.В. Гилев, А.А. Шигина // Горный информационноаналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 4. С. 325–333.
5. Катанов Б.А. Основные причины износа шарошечных долот и пути его снижения / Б.А. Катанов // Горные машины и автоматика. 2003. № 2. С. 13–14.
6. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах / Под ред. В.А. Перетолчина. М.: Недра, 1993. 286 с.
7. Перетолчин В.А., Страбыкин Н.Н., Долгун Я.Н. Анализ причин выхода шарошечных долот из строя и пути повышения их стойкости // Труды ИПИ, вып. 49, Иркутск, 1968.
8. Проектирование адаптивных рабочих буровых станков для сложноструктурных горных массивов: монография / А.О. Шигин. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 156 с.
9. Повышение эффективности эксплуатации буровой техники на горных предприятиях : монография / А.В. Гилёв, А.О. Шигин, В.Т. Чесноков, И.Р. Белорезов. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 372 с.
10. Разработка и стендовые испытания радиального уплотнения опор шарошечных долот для средних и повышенных частот вращения / Исмаков Р.А., Могучев А.С.И. Но.В., Матвеев Ю.Г., Попов А.Н., Ле Хыу Т // Нефтегазовое дело. 2005. № 3. С. 71–77.
11. Совершенствование конструкции опор и вооружения шарошечных долот для условий наклонно-направленного бурения скважин / Булюкова Ф.З., Могучев А.И. // Научные исследования и инновации. 2011. Т. 5. № 1. С. 60–61.
12. Разработки по совершенствованию герметизации и систем смазки опор высокооборотных шарошечных долот / Матвеев Ю.Г., Попов А.Н., Исмаков Р.А., Блинков О.Г., Могучев А.И., Самоходов Ю.И. // Записки Горного института. 2001. Т. 148–1. С. 161–163.
13. Разработка и совершенствование принудительных расходных систем смазки опор шарошечных долот / Исмаков Р.А., Матвеев Ю.Г., Могучев А.И. // Нефтегазовое дело. 2003. № 1. С. 95–103.
14. Разработка герметизирующего устройства опоры шарошечного долота для наклонно-направленного бурения скважин / Чернов С.В., Могучев А.И. // Сборник: 59-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. 2008. С. 124.
15. Qiu Y.L., Li S.B, He W., Han C.J. Application of Multi-Layer Composite Membrane in Tricone Bit Bearing // Advanced Materials Research. 2011. Vol. 314–316. pp. 62–65.
16. Rzycki M., Rajchel G. The analysis of technology of drilling with roller bits on the Carpathian foreland area in the years 1995-2011 // AGH Drilling, Oil, Gas. 2014. Vol. 31. no. 1. p. 135.
17. Yashkym R., Slipchuk A. Assessment of reliability and criteria for improving the quality of rock cutting equipment of tricone drilling bits for well-boring especially hard rock

// Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New solutions in modern technologies. 2019. Vol. 0. no. 5(1330). pp. 77–85.

18. Kershenbaum Y.M., Kaminskii Y.A., Amdur M.A. Improving the durability of the roller bearing for drill bit supports // Chemical and Petroleum Engineering. 1974. Vol. 10. no. 6. pp. 537–538.

19. Xu Z.X., Jia Y., Zhou J., Wu C., Liu Y. Hybrid Drill Bit Combining Fixed-Cutter and Roller-Cone Elements Exceeds Expectations in Challenging Application in Tarim Basin, China // IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference, 2014.

20. Rafezi H., Hassani F. Tricone bit health monitoring using wavelet packet decomposed vibration signal // 5th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT). 2018.

21. Ghosh R., Schunnesson H., Kumar U. Evaluation of operating life length of rotary tricone bits using Measurement While Drilling data // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2016. Vol. 83. pp. 41–48.

22. Das M.K., Sarkar S., Choudhary B.S. Experimental and numerical analysis of rotary tricone drill bit and its wear prediction // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2018. Vol. 40. no. 8.

23. Maurer W.C. Patent search and review on roller-bit bearings seals and lubrication systems. [State-of-the-art]. 1975.

24. Curry. Use of Torque Analysis To Determine Tricone Bit Bearing Failure // Proceedings of SPE Annual Technical Conference and Exhibition. 1987.

25. Hightower W.J. Proper selection of drill bits and their use // Proceedings of SPE Mechanical Engineering Aspects of Drilling and Production Symposium. 1964.

26. Drill bit seal // Sealing Technology. 2013. Vol. 2013. no. 1. P. 14.

27. Miller T.W., Cheatham J.B. Rock/Bit-Tooth Interaction for Conical Bit Teeth // Society of Petroleum Engineers Journal. 1971. Vol. 11. no. 02. pp. 162–170.

28. Nixon M.S., Walter J.C. Unique Rock Bit Cutter Fabrication Technology Provides Bit Design, Performance, and Reliability Breakthroughs // SPE Annual Technical Conference and Exhibition. 1993.

29. Schmidt S.R., Wittry A.E., Burr B.H., Kelly J.L. Metal Bearing Seal Technology Improves Drilling Efficiency of Rolling Cutter Bits in High-rpm North Sea Applications // SPE/IADC Drilling Conference. 1991.

## **Проблема экологической безопасности питьевой воды в Иркутской области и Южной Финляндии**

Т.И. Шишелова<sup>1</sup>, В.В. Федчишин<sup>2</sup>, L.I.A. Pulkkinen<sup>2</sup>, P. Matti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

<sup>2</sup>*Хельсинкский университет, Финляндия*

*e-mail: i03@istu.edu*

Качество питьевой воды, потребляемой населением Иркутской области выше, чем в среднем по стране. Но, как показал анализ, население Иркутской области не обеспечено в полном объеме эффективными системами коммунальной инфраструктуры. Системы водоснабжения и водоотведения имеют значительную степень износа, что в конечном итоге, снижает качество питьевой воды. В целом по Иркутской области удельный вес проб воды не соответствует гигиеническим требованиям санитарно-химических показателей: в централизованных источниках водоснабжения отклонение составляет 7,1 %, в децентрализованных источниках – 26,4 %. Особенно не удовлетворяет требованию питьевая вода, поступающая из



подземных водных источников для сельского населения. Отмечаются случаи злокачественных новообразований у населения.

Решение задачи по обеспечению населения качественной питьевой водой осуществляется в рамках государственной программы «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года». В рамках Государственной программы Иркутской области «Развитие здравоохранения» на 2019–2024 гг. [1] разработан перечень мероприятий по реконструкции и модернизации систем водоснабжения с перспективой до 2025 года. Повсеместно на водозаборных сооружениях области проводятся работы по модернизации оборудования обеззараживания воды с применением новых технологий [2], например мембранных биполярных электролизеров, что позволяет отказаться от применения химического хлора.

В Финляндии проблема централизованного водоснабжения и водоотведения не столь актуальна, однако аналогичные работы по обеспечению населения качественной питьевой водой широко проводятся в Финляндии [3] и, на наш взгляд, более строго регламентированы.

В Финляндии водоснабжение в основном осуществляется из подземных источников. Грунтовые воды менее подвержены загрязнению микробами или промышленными отходами и гораздо дешевле, чем поверхностная вода. Практически вся территория страны расположена на старых, прочных скальных породах. Самый густонаселенный регион Финляндии, Уусимаа, лежит на Южно-Финляндской гранитной свите, для которой характерен мелкий верхний слой почвы, а гранитная порода во многих местах выступает из него. Также отличительной особенностью Финляндии является мелководье, поэтому в настоящее время производится закачка грунтовых вод из скважин, пробуренных в глубоких гранитных породах. Однако естественная радиоактивность гранита, содержащего относительно большое количество урана, является проблемой.

Цель работы – сравнительный анализ качества воды в Иркутской области и Южной Финляндии по показателям радиационной безопасности и разработка рекомендации по очистке от радиоактивных компонентов путем сорбции на композиционном материале на основе слюды и стекла – микалекс.

Показана эффективность композитного материала микалекс, получаемого методом горячего прессования мелкогабаритной слюды и легкоплавкого стекла [10,11] для ослабления излучения. Предложенный композитный материал обладает хорошими электрофизическими и механическими свойствами, выдерживает сложную технологическую обработку и прессование, рекомендуется нами также для использования при захоронении радиоактивных отходов.

Настоящим исследованием установлено:

- Население Иркутской области не обеспечено в полном объеме эффективными системами водоснабжения и водоотведения, что в конечном итоге снижает качество воды;
- Серьезную проблему населения Прибайкалья и Южной Финляндии составляет загрязнение ураном и его изотопами;
- Для улучшения качества воды необходимо уменьшить концентрацию урана (радона) в воде и регулярно производить тестирование на радиоактивность;
- Обоснована необходимость контроля химического состава грунтовых вод в районе хранения низкоактивных отходов АЭХК;
- Проведенный анализ показал, что в Прибайкалье обнаружены многочисленные участки территорий с радиоактивным загрязнением со значительным превышением радиоактивного фона. Кроме того, на территории Байкальского региона и его периферии выявлены площади с повышенным содержанием урана в воде;
- Острая экологическая проблема заражения питьевой воды в Южной Финляндии потребовала разработать новые высоко-объемные методы мониторинга микробиологического анализа воды;

• Проведенные исследования и анализ научной литературы показал возможность использования слюды для очистки воды от радионуклидов и радиационной защиты, захоронению радиационных отходов.

### Список литературы

1. Государственная программа Иркутской области «Развитие здравоохранения» на 2019–2024 гг. – Паспорт Государственной программы Иркутской области «Развитие здравоохранения» на 2019–2024 гг. Утв. Правительством Иркутской области: Постановление от 6 ноября 2018 г. № 816-пп.

2. Samarkina E.V. Prospect for utilization of technogenous mica deport wastes in the Irkutskregion / Samarkina E.V., Leonov S.B., Rush E.A. // J. Recyklace odpdii, Ostrava, 1998. № 2. P. 121–131.

3. Harisankar Sreenivasan, Paivo Kinnunen, Eetu-Pekka Heikkinen, Mirja Illikainen Thermally treated phlogopite as magnesium- rich precursor for alkali activation purpose // Minerals Engineering. 2017. no. 113. pp. 47–54.

4. Березняк Е.П. Радиационная стойкость темноцветных минералов, входящих в состав гранитов / Е.П. Березняк, Л.А. Саенко, Э.П. Шевякова // Вестник ХНУ. 2010. № 915. С. 44–47.

5. Tan B. Next-generation Sequencing (NGS) for Assessment of Microbial Water Quality: Current Progress, Challenges, and Future Opportunities // Frontiers In Microbiology. 2015. № 6.

6. Бугуславский А.Е., Гаськова О.Л., Шемелина О.В. Миграция урана в грунтовых водах района шламоохранилищ Ангарского электролизного химического комбината // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. № 20. С. 515–529.

7. Гребенщиков В.И. и др. Уран и торий в почвенном покрове Иркутско-Ангарской промышленной зоны (Прибайкалье) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. №7. С. 93–104.

8. Гребенщиков В.И. Распределение радиоактивных элементов в окружающей среде Прибайкалья (Сообщение 1. Уран) / В.И. Гребенщиков, Н.А. Китаев, Э.Е. Лустенберг, В.И. Медведев, И.С. Ломоносов, А.Н. Карчевский // Сибирский экологический журнал. 2009. С. 17–28.

9. Бондаренко В.И. Использование отходов слюды для очистки воды на объектах теплоэнергетики / В.И. Бондаренко, Г.В. Лукина, Е.В. Самаркина // Вестник ИРГСХА. 2012. № 51. С.104–111.

10. Шишелова Т.И. Использование композиционных материалов на основе слюды для захоронения радиоактивных отходов / Т.И. Шишелова, В.Г. Житов // XXI век. Техносферная безопасность. 2017. Т. 2. № 1. С.86–92.

11. Шишелова Т.И., Шульга В.В. Физико-химические основы производства композитных материалов на основе слюд // Журнал Фундаментальные исследования. 2016. № 3. С. 538–541 с.

12. Неклюдов И.М., Шевякова Э.П., Березняк Е.П., Уваров В.Л., Саенко Л.А., Борц Е.А. // ВАНТ, Серия Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. 4(89). 60(2006).

13. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение / И.М. Неклюдов [и др.]. 2006. № 60. С. 11–13.

14. Leonov S.B., Martynova T.M., Syemshchikov S.E., Fedchishin V.V. Investigation into waste water purification from acetic acid residues / Natural zeolites in the National Economy of Russia. Abstracts of papers to the Intern. Scientific and practical Conf. 1996. pp. 70–71.

15. Gunatilake U.V. Изготовление высокогидрофильного фильтра, с использованием природных и гидротермально обработанных наночастиц слюды для

эффективного разделения отработанного масла и воды / U.B. Gunatilake, J. Bandara // *Journal of environmental management*. 2017. № 188. С. 96–104.

16. Pazos M. Carolina. New insights into surface – functionalized swelling high charged micas: Their adsorption performance for non-ionic organic pollutants / M. Carolina Pazos // *Journal of industrial and engineering Chemistry*. 2017. № 52. С. 179–186.

17. Федчишин В.В. Подвижность носителей заряда в полимерных и слюдяных электретах / В.В. Федчишин, Г.К. Новиков // *Известия ВУЗов. Физика*. 2014. №12. Т.57. С. 26–30.

18. Mobility of charge carriers in polymer and mica electrets / Novikov G.K., Fedchishin V.V. // *Physics Journal*. 2015. No.12. pp. 26–30.

19. Sreenivasan Н. Термообработанный флогопит в качестве богатого магнием прекурсора для целей активации щелочи / Н. Sreenivasan, Р. Kinunen // *Mineralsengineering*. 2017. № 113. С. 47–54.

## **Секция 5. Зеленая химия**

### **Section 5. Green Chemistry**

#### **Platinum-containing nanocomposites based on humic substances from therapeutic mud**

G. Aleksandrova, M. Lesnichaya, G. Dolmaa, B. Sukhov, D. Regdel, B. Trofimov

*A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry of SB RAS*

*e-mail: alexa@irioch.irk.ru*

The search for new functional materials is one of the defining characteristics of modern science and technology. Metal nanoparticles, in particular, platinum nanoparticles can possess a wide range of properties that can be used for many practical applications. Platinum has high corrosion resistance and numerous catalytic applications including automotive catalytic converters and petrochemical cracking catalysts.

Previously, first time we studied characteristic of water-soluble silver and gold containing nanocomposites with a variable amount of the metal component based on reducing and stabilizing matrix of humic substances isolated from various deposits in Mongolia. The humic substances of therapeutic mud have the greatest reducing and stabilizing ability among the investigated objects.

Due to potential technological interests of platinum nanoparticles, the synthesis and study of nanoparticles was a very active field of research during last years. In particularly, these studies of nanostructured materials show a strong dependence of their properties on size and shape. For example, the size effect on the catalytical efficiency is known, and the perspective effect on catalysis by the shapes of metal nanoparticles is anticipated and under investigation.

In the present, we report on the result of synthesized Pt-containing nanocomposites based on humic substances. The composition and properties of humic substances isolated from brown coal in Mongolian deposits are established. The methodology of obtaining platinum-containing nano biocomposites using a matrix of humic substances is described and their composition and structure are characterized by a complex of modern physicochemical methods, such as X-ray energy dispersive spectral microanalysis, infrared spectroscopy, ultraviolet spectroscopy, X-ray diffraction analysis, scanning electron microscopy.

#### **Esterification of tall oil fatty acids by n-butanol in the presence of ion exchange resins**

A. Govorin, N. Konovalov, N. Gubanov

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: govorin.aleksandr@yandex.ru*

Studies of the process of esterification of tall oil fatty acids with n-butanol. Ion exchange resins of three types were used as a catalyst. The research is aimed at the development of technology for the production of motor oils and additives to them on the basis of tall oil fatty acids esters.

Fatty acids of tall oil of the Bratsk pulp and paper mill of the mixed type (deciduous and coniferous breeds of wood) which parameters are given in table 1 were used for synthesis of esters. The analysis of the obtained samples was carried out in the Research center – quality control Department "Angarsk petrochemical company".

For the synthesis of esters by esterification reaction with n-butanol, we used fatty acids of tall oil of mixed type, having higher values in density, viscosity, viscosity index, acid number and produced at the enterprise in large quantities

The esterification reaction of tall oil fatty acids with n-butanol (ratio 1:3 by weight) was carried out at a temperature of 100-115 °C for 110–130 minutes before the cessation of water release. As a catalyst, ion exchange resins of 3 types in an amount of 5 % by weight of fatty acids were used. As a result, an intermediate product was obtained. A low acid number (>0.05 mg KOH/g) indicates an almost complete conversion of the acid into an ester.

The use of butyl esters of tall oil fatty acids as motor oils is limited by their low kinematic viscosity, but in other parameters, butyl esters of the gastrointestinal TRACT significantly exceed the motor oil of Motul Specific 0W-30. It is also known from the literature that: "tall oil fatty acid Esters can be used as lubricants with good biological decomposition (approximately 98 % in 21 days – according to the test CEC L-33-A-93) and non-toxicity»

### References

1. Popova L.M. Kurzin A.V. Chemistry and technology of organic substances on the basis of the by-products of the pulp and paper industry, St. Petersburg.: studies'. the manual is / HSE SPb GUPTA. SPb., 2016. 61 p.

2. Kogan V. B., Trofimov A. N. Production of carboxylic acids based on wood. M.: "Forest industry", 1977. 256 p.

### Перспективы применения дигидрокверцетина в неврологии

Е. Гусев, В. Шпрах, М. Мартынов, В. Бабкин, Л. Остроухова

*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН*

*e-mail: babkin@irioch.irk.ru*

Экстрактивные вещества из биомассы лиственницы являются природными биологически активными препаратами, обладающими антиоксидантными, сосудистыми и регенераторными свойствами, и широко применяются в медицине.

В области неврологии для лечения ранних форм сосудистых заболеваний головного мозга целесообразно широко использовать препарат Диквертин, созданный на основе экстрактивного вещества из древесины лиственницы - биофлавоноида дигидрокверцетина.

Дигидрокверцетин обладает антиагрегантным, гиполипидемическим, антиоксидантным, вазоактивным и ноотропным действием и оказывает существенное влияние на механизмы развития церебральной ишемии. Учитывая активность и эффекты действия Диквертина, препарат может применяться в комплексной терапии острой сосудистой мозговой недостаточности, а также для ее вторичной профилактики. Перспективным представляется использование Диквертина при ишемической болезни сердца, облитерирующем атеросклерозе артерий нижних конечностей и сахарном диабете как с целью терапии этих заболеваний, так и для профилактики возникающих при них осложнений.

## Фитосорбент на основе сосновых опилок

А. Денисенко

Сибирский федеральный университет

*e-mail: nadanova@mail.ru*

Одним из результатов деятельности человека, является образование отходов лесоперерабатывающего производства, которые производятся в больших количествах, а также практически не утилизируются. В России таких отходов скапливается около 300 млн м<sup>3</sup>. Поэтому проблема переработки и утилизации данного сырья актуальна на сегодняшний день.

Данный отход можно рассмотреть, как сорбционный материал, прежде модифицированный путем пропитки роданидом аммония. Данный способ модификации заключается в пропитке раствором и нагревом до 170 °С и выдерживанием в течение 1,5 ч. Избыток роданида аммония отмывали водой, контролируя его содержание по реакции с хлоридом железа (III).

В результате синтеза при повышенной температуре на поверхности фитоматериала (сосновые опилки), основу которого составляет целлюлоза, образуются группы тимочевины [NH]<sub>2</sub>–(CS)–[NH]<sub>2</sub>.

В процессе исследования полученных результатов, можно увидеть по таблице 1, что степень сорбции по тяжелым металлам проходит достаточно хорошо, после регенерации сорбента.

Таблица 1. Степень сорбции и десорбции при разных концентрациях азотной кислоты

Металлы	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	75,248	84,530	47,169	27,262	97,846	99,124	98,703	99,381
Zn	37,673	46,761	47,290	35,162	51,388	64,078	64,607	68,638
Cd	24,548	46,630	50,849	38,466	76,712	88,110	86,137	88,712
Bi	89,370	96,010	75,000	58,727	99,835	99,827	99,809	99,908
Hg	99,587	99,775	99,733	99,159	99,047	95,134	99,029	99,485
Te	36,909	75,276	64,382	52,423	90,651	91,511	91,884	92,458
In	36,572	77,974	60,601	46,349	99,817	99,794	99,776	99,900

Так же при сорбции и десорбции происходит внутригрупповое разделение металлов таких как медь, цинк, ртуть, мышьяк, телур и индий. В связи с групповым разделением данных металлов можно утилизировать, а также повторно использовать данный сорбент после регенерации, перед этим отмыв его

## **Каталитическая конверсия жидких отходов переработки биомассы в условиях, соответствующих требованиям "зеленой химии"**

Е. Колобова, Е. Пакриева, Д. Герман, А. Григорьева, А. Горбунова, Л. Прати,  
С. Карабинеиро, Н. Богданчикова, А. Пестряков

*Томский политехнический университет*

*Университет Милана*

*Университет Лиссабона*

*Национальный автономный университет Мексики*

*e-mail: pestryakov@tpu.ru*

Селективное окисление спиртов, которые в больших количествах содержатся в продуктах переработки биомассы, в ценные карбонильные и карбоксильные соединения, играет важную роль в тонком органическом синтезе и имеет большое промышленное значение [1]. Традиционно, реакции окисления проводят с использованием стехиометрических окислителей, таких как  $\text{KMnO}_4$ , реагент Джонса, пиридин-дихромат и др., которые приводят к образованию большого количества токсичных отходов [2]. В связи с этим, в методах переработки биомассы все большее внимание уделяется гетерогенным катализаторам на основе благородных металлов с возможностью их повторного использования, а также применению экологически чистых и дешевых окислителей, таких как молекулярный кислород или воздух, в мягких условиях, соответствующих требованиям «зеленой химии» [3].

В настоящее время показано, что нанесенные золотые катализаторы в жидкофазном окислении спиртов отличаются высокой активностью, высокой селективностью и лучшей устойчивостью к дезактивации по сравнению с катализаторами на основе Pt и Pd [4].

В настоящей работе было проведено комплексное сравнительное исследование нанозолотых катализаторов, нанесенных на сложные оксиды, включающее в себя изучение структурных, электронных, а также каталитических свойств этих систем в процессах жидкофазного окисления ряда спиртов (фенилэтанол, глицерин и т. д.) и НМФ. Подробно рассмотрено совместное влияние ряда параметров – содержания золота, природы модификатора и атмосферы предварительной обработки – на формирование активной поверхности золотосодержащих катализаторов и, как следствие, на их каталитические характеристики (активность и селективность) в процессе окисления спиртов и НМФ. Определены параметры, позволяющие целенаправленно влиять на активность и селективность золотосодержащих катализаторов в процессе окисления спиртов и НМФ. Была установлена прямая корреляция между каталитической активностью и содержанием  $\text{Au}^+(\text{Au}^{\delta+})$  ионов. На основе полученных данных была экспериментально доказана катионная природа активного центра.

Исследовано влияние кислотно-основных свойств носителя на стабилизацию активных центров золота. Показано, что функциональные группы поверхности носителя (Бренстедовские и Льюисовские кислотные и основные центры) выступают не только как инструмент формирования и стабилизации  $\text{Au}^+$  центров, но также участвуют в процессе конверсии спирта, в частности, определяют селективность процесса (образование кислоты или эфира).

### **Список литературы**

1. Corberán V.C, González-Pérez M.E., Martínez-González S., Gómez-Avilés A. Appl. Catal. A. 2014. 474. pp. 211–223.

2. G. Tojo, M. Fernández. Oxidation of primary alcohols to carboxylic acids: a guide to Current Common Practice, (Ed.: G. Tojo). Springer, New York, 2006.
3. N. Dimitratos, J.A. Lopez-Sanchez, G.J. Hutchings. Chem. Sci. 2012. 3(1). pp. 20–44.
4. E. Pakrieva, E. Kolobova, G. Mamontov, N. Bogdanchikova, M. H. Farias, L. Pascual, V. Cortés Corberán, S. Martínez Gonzalez, S.A.C. Carabineiro, A. Pestryakov. ChemCatChem 2019. 11. pp. 1615–1624.

## **Зеленые технологии в рекультивации земель предприятий угольной промышленности**

И.В. Кузнецова, С.С. Тимофеева

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: irishka\_lisichka93@mail.ru*

Ресурсный потенциал угольной промышленности России превышает 1,1 трлн т угля, из них только оцененных запасов – 235 млрд т. Больше половины (61 %) разведанных запасов углей пригодны для добычи высокоэффективным открытым способом, 88 % которых сосредоточены в Сибирском федеральном округе. Ежегодно, в результате угледобычи нарушаются естественные ландшафты на больших территориях и наносится непоправимый ущерб окружающей среде. Помимо того, нарушенные земли сами становятся источниками загрязнения воды, почвы, атмосферы, прилегающих угодий, что свидетельствует о масштабе ущерба, наносимого угледобывающими предприятиями природной среде и народному хозяйству.

Иркутская область располагает значительными ресурсами и запасами углей. Прогнозные ресурсы угля составляют 27,9 млрд т. Разведанные балансовые запасы угля (14,7 млрд т) представлены главным образом каменными углями (11,7 млрд т). Обеспеченность запасами угля в области при существующих уровнях добычи составляет 600 лет.

Цель настоящего исследования - сравнительный анализ отечественных и зарубежных разработок методов рекультивации земель с использованием зеленых технологий, позволяющих повысить эффективность восстановления агроландшафтов на основе системного подхода, обеспечивающего стабилизацию качества и сбережение формируемых почвенных ресурсов и оценка возможности их применения в Иркутской области

В статье представлен обзор наиболее популярных методов рекультивации земель с использованием зеленых технологий, позволяющих повысить эффективность восстановления на основе системного подхода.

В работе рассмотрены направления рекультивации и применяемых технологий в отечественных разработках и зарубежном опыте. Отмечено, что приоритетными направлениями рекультивации нарушенных земель в угольной промышленности являются: сельскохозяйственное, лесохозяйственное и санитарно-гигиеническое. Отмечено, что качество рекультивированных территорий не всегда находится на должном уровне, что создает трудности при последующем их использовании. Основными причинами низкого качества рекультивации являются отсутствие на стадии разработки проектов рекультивации необходимого объема исходных данных о составе и свойствах почвогрунтов и породной массы отвалов, недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне, отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий.

Определены проблемные вопросы в сфере рекультивации и перечень мероприятий по улучшению состояния охраны земельных ресурсов. В работе показано, что для улучшения состояния в сфере охраны земельных ресурсов в угольной



промышленности необходимо совершенствование применяемых технологий горных работ в целях снижения их землеемкости, соединение в единый комплекс вскрышных работ на разрезах с техническим этапом рекультивации, применение пожаробезопасных технологий формирования породных отвалов, повышение качества проектов рекультивации и выполнения рекультивационных работ.

Для улучшения ситуации в сфере охраны земельных ресурсов в угольной промышленности необходимо:

- постоянное совершенствование технологий горных работ в направлении снижения их землеемкости, максимально возможного размещения вскрышных пород разрезов во внутренних отвалах;

- соединение в единый комплекс вскрышных работ и отвалообразования на разрезах с техническим этапом рекультивации;

- совершенствование применяемых и разработка новых более эффективных способов технической и биологической рекультивации с учетом природно-климатических условий;

- выполнение проектов рекультивации нарушенных земель на основе полного объема исходных данных, в том числе данных о составе и свойствах горных пород и почвогрунтов;

- применение в проектах рекультивации породных отвалов, сложенных склонными к самовозгоранию горными породами, технологий формирования, обеспечивающих одновременно с отсыпкой горной массы осуществление мероприятий по профилактике самовозгорания и проведение рекультивационных работ;

- расширение исследований по изучению экологического состояния нарушенных и рекультивированных земель, динамики изменения свойств и режимов формирующихся экосистем, созданию искусственных ландшафтов различного назначения.

### Список литературы

1. Глинина О.И. Угольная промышленность в России: 295 лет истории новые возможности // Уголь. 2017. № 10. С. 4–10.

2. Государственный доклад «Об охране окружающей среды в Иркутской области в 2018 году». Иркутск: Форвард, 2018 г. 249 с.

3. Постановление Правительства Иркутской области от 12.11.2018 №828-пп «Об утверждении государственной программы «Экономическое развитие и инновационная экономика на 2019–2024 годы».

4. Некрасова А.Е. Рекультивация нарушенных земель на примере породного отвала обогатительной фабрики шахты «Капитальная» Кемеровской области // Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2016 г.). М.: Буки-Веди, 2016. С. 23–26.

5. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. – Владивосток: Дальнаука, 2007. 99 с.

6. Патент 2093974 РФ, МПК А01В 79/02. Способ рекультивации посттехногенных и отдаленных территорий на Крайнем Севере / Арчегова И.Б., Маркарова М.Ю., Громова О.В. Патентообладатель Институт биологии Коми научного центра УрО РАН. № 95119144/13; заявл. 09.11.1995

7. Ganihar S.R. Nutrient Mineralization and Leaf Litter Preference by the Earthworm *Pontoscolex corethrurus* on Iron Ore Mine Wastes // Restoration Ecology. 2003. № 11 (4). P. 475–482.

8. Ye Z.H., Wong J.W.C., Wong M.H. [et al.]. Revegetation of Pb/Zn Mine Tailing, Guangdong Province, Cina. Restoration Ecology. 2000. № 8 (1). pp. 87–92.

9. Уфимцев В.И. Использование сточных вод (ОСВ) в целях рекультивации Абагурского шламоохранилища // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Вып. 3. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2008. С. 59–61

10. Kermaghan G., Hambling B., Fung M. [et al.]. In Vitro Selection of Boreal Ectomycorrhizal Fungi for Use in Reclamation of Saline-Alkaline Habitats // Restoration Ecology. 2002. № 10 (1). pp. 43–51.

11. Корниязова Н.А., Неверова О.А., Зырянова К.А. Влияние гуматов калия и натрия на ростовые процессы овса, произрастающего в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский» // Ботанические чтения: мат-лы науч.-практ. конф. Ишим: Изд-во ИГПИ им. Ершова, 2013. С. 75–77.

12. Макеева Н.А. Изучение влияния гуматов натрия на динамику роста овса в условиях породного отвала угольного разреза // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.

13. Макеева Н.А. Оценка продукционных процессов овса в условиях внесения гуматов калия и натрия на породный отвал // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.

14. Красавин А.П., Катаева И.В., Останин А.В. [и др.]. Опыт ускоренной рекультивации нарушенных земель с использованием микроорганизмов // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1992. С. 128–135.

### **Endogenous phthalates in plants and their alleged participation in defense response against phytopathogenes**

L. Maksimova, A. Enikeev, J. Omelichkina, A. Semenov, T. Shafikova

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS*

*e-mail: vendys@yandex.ru*

Phthalates (esters of o-phthalic acid) are best known as products of the chemical industry. For a long time, they were considered purely xenobiotics and pollutants. To date, however, a lot of information has appeared on the presence of biogenic phthalates in organisms of various phyla. Direct evidence of phthalate biosynthesis from labelled precursors has been obtained. Phthalates have been detected in plants taken from natural habitats as well as in closed experimental systems with controlled growth conditions – in plants and cell cultures grown in vitro. It should be noted that in situ plants were of different phyla, different ecological specializations and grew in different regions of Russia (Crimea, Siberia). In some studies, the antimicrobial activity of phthalates against gram-positive and gram-negative human pathogens has been found; their cytotoxic properties have been detected. Moreover, the ability of cells to excrete phthalates into the extracellular environment under stress has been disclosed. That may have biological significance in the interaction of various organisms. Fairly recently, experimental data on the participation of phthalates in suppressing the growth of phytopathogenic microorganisms have become available. The facts suggest that plants use these substances as protective compounds. Biofilm formation is known to determine the display of virulence of pathogens increasing their hardiness to plant resistance factors and blocking the xylem flux. It should be noted that the effect of phthalates on phytopathogenic bacteria was practically not studied earlier. According to our data, adding dibutyl phthalate to the culture medium of bacteria reduced the intensity of biofilm formation both in the biotroph *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* and in the necrotroph *Pectobacterium carotovorum* ssp. *carotovorum*. It is important to note the fact that in such a case there was an increase in the growth of bacterial cultures. The effect was similar when using di-2-ethylhexyl phthalate. On the data obtained, it can be assumed that phthalates are involved in the protection of plants from infections suppressing the process of biofilm formation of bacterial phytopathogenes – the initial stage of plant colonization. Meanwhile, phthalates have been found in the cells of phytopathogenic bacteria. When growing *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* in Petri dishes in minimal medium with a dibutyl phthalate gradient of 0-60 µg/l, growth of bacteria was observed towards the gradient

concentration increase. That indicates the physiological reaction of bacteria to the presence of phthalates. Rather ambiguous results suggest that the physiological and biochemical role of phthalates can be much more complex and not be limited to the participation of plant organisms in the protective process.

### Атомэкономный синтез хлорпропенилсульфонов в отсутствие растворителя

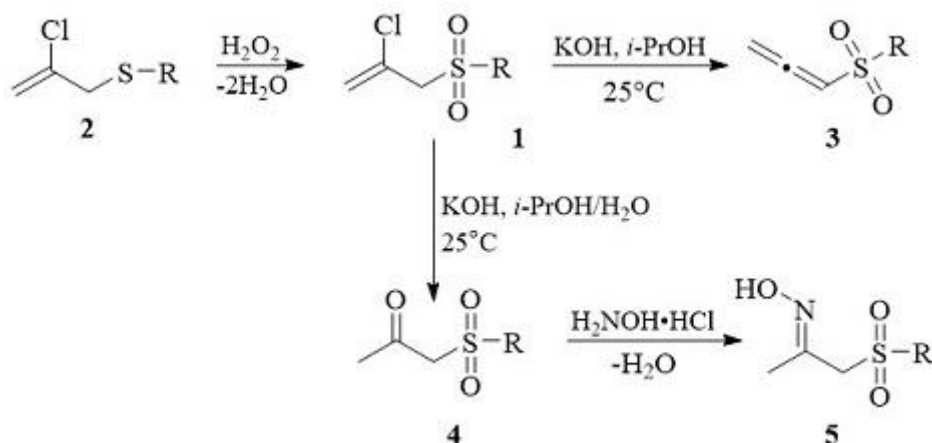
V. Nikonova, A. Kaliev, N. Korchevin, I. Rozentsveig

Иркутский институт химии им. Фаворского СО РАН

e-mail: vachrina@irioch.irk.ru

С использованием подходов зеленой химии нами предложен метод получения хлорпропенилсульфонов *1*, содержащих реакционно-способную хлорпропенильную группу рядом с сульфонильным фрагментом. Синтез целевых продуктов осуществляют действием  $H_2O_2$  в отсутствие растворителя на доступные хлорпропенилсульфиды *2*. Такой подход ранее был применен для получения сульфонов разнообразного строения. Однако наличие хлорпропенильной группы, которая достаточно легко подвергается дегидрохлорированию, существенно расширяет синтетический потенциал получаемых сульфонов, которые ранее таким методом не были получены.

Выход сульфонов составляет 47–94 %. Их дегидрохлорирование воздействием раствора KOH в изопропиловом спирте при комнатной температуре приводит к алленилсульфонам *3* (выход ~ 70 %), содержащим реакционно-способную алленильную группу. Проведение дегидрохлорирования в присутствии воды позволяет получить в одну стадию ацетонилсульфоны *4* с выходом 70–76 %. Электрофильность углерода карбонильной группы в этих соединениях за счет индукционного влияния сульфонильного фрагмента существенно повышена. В частности, показано, что они легко реагируют с гидроксиламином с образованием соответствующих оксимов *5* – прекурсоров таких важных продуктов, как пирролы.



Сульфонильная группа в органических сульфонах, оказывая сильное индукционное влияние на соседние атомы, способствует протеканию реакций, приводящих к практически важным продуктам. С учетом этого методы синтеза сульфонов постоянно совершенствуются. Тем не менее, большинство из них базируется на окислении соответствующих сульфидов с использованием различных окислителей. Наиболее приемлемым из них является пероксид водорода, применение которого осуществляется обычно в среде растворителей и при введении катализаторов.

## **Применение метода математического моделирования для повышения ресурсоэффективности химических производств на примере процесса сульфирования линейных алкилбензолов**

M. Pasyukova, I. Dolganova, I. Dolganov, A. Solopova, A. Bunaev

*Томский политехнический университет*

*e-mail: maria.pasyukova11@gmail.com*

Процесс сульфирования – одна из стадий производства линейной алкилбензолсульфокислоты (АБСК) – основного компонента биоразлагаемых анионных ПАВ. Мировой спрос на моющие средства растет год от года, объемы производства необходимо наращивать, при этом наиболее эффективно с точки зрения использования природных ресурсов и экономики. Метод, позволяющий это осуществлять – математическое моделирование.

Рассматриваемый процесс сульфирования линейных алкилбензолов (ЛАБ) проводят в многотрубном пленочном реакторе. Тонкая органическая пленка стекает по внутренней поверхности узких вертикальных трубок, газовоздушная сульфидирующая смесь поступает в трубное пространство, диффундирует в пленку, одновременно продвигая ее по поверхности трубок вниз.

В ходе протекания побочных реакций этой и предыдущих стадиях образуются тетралины, сульфоны и другие субпродукты, образующие в совокупности высоковязкий компонент, который, в свою очередь, нарушает целостность и равномерность течения пленки, ведет к снижению качества конечного продукта. Для его удаления при достижении критической концентрации в 0,034 % масс. необходима остановка процесса и промывка реактора. Основная цель исследований – увеличение эффективности производства за счет уменьшения образования высоковязкого компонента и увеличения продолжительности непрерывной работы реактора.

Для математического описания процесса использовали модель реактора идеального вытеснения с учетом радиальной диффузии. Для исследования были использованы данные с действующей установки сульфирования.

Расчеты на модели показали, что продолжительность непрерывной работы реактора может быть увеличена без риска получения некондиционного продукта, за счет повышения эффективности использования сырья при оптимальных технологических параметрах.

Также было проведено исследование влияния конструкционных особенностей реактора на эффективность протекающего процесса. Для этого на модели изменяли число и диаметр трубок многотрубного реактора, при сохранении объема трубного пространства. Так при увеличении диаметра трубок реактора происходит увеличение выхода АБСК в течение всего межпромывочного цикла. Данный результат объясняется тем, что при увеличении диаметра трубок режим течения пленки имеет тенденцию к переходу в турбулентную область, что увеличивает диффузию  $SO_3$  в ЛАБ и среднюю скорость течения пленки жидкости. Так, при увеличении диффузии снижается образование несulfированного остатка, в пользу образования целевого продукта, при увеличении скорости течения пленки же снижается образование сульфонов и тетралинов.

Таким образом, при проведении расчетов на математической модели процесса сульфирования, выявлена зависимость продолжительности межпромывочного цикла от конструкционных параметров реактора. Увеличение диаметра трубок в пленочном реакторе сульфирования ЛАБ положительно влияет на продолжительность межпромывочного цикла, за счет снижения образования высоковязкого компонента, а также увеличивает выход целевого продукта и его качество.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-38-00487 «Разработка фундаментальных основ повышения ресурсоэффективности отечественной технологии получения линейной алкилбензосульфокислоты – биоразлагаемого поверхностно-активного вещества – на основе прогнозирования активности реакционной среды химически сопряженных стадий смешения и катализа».

## **Energy-efficient and environmentally-friendly flexible electronics by photochemical processing**

R. Rodriguez, A. Lipovka, P. Postnikov, G. Murastov, A. Khalelov, E. Dorozhko,  
I. Amin, M. Trusova, J.-J. Chen, M. Chehimi, E. Sheremet

*Tomsk Polytechnic University*

*e-mail: rodriguez@tpu.ru*

Graphene and other carbon-based nanomaterials are expected to make breakthroughs in new technologies. 1 Particularly, graphene oxide (GO) allow a new range of applications including robotics, sensors, wearables, power generation, electronics, catalysis, and chemical protection. However, GO is typically obtained by using strong acids and oxidizing agents that compromise graphene exceptional properties. In addition to explosion risks and high-toxicity, conventional chemical methods involve the degradation of the graphene properties. In this contribution, as an alternative to GO, we propose a new method for developing energy-efficient and environmentally friendly graphene-based laser-irradiated flexible electronics. Our graphene material has all the advantages of GO such as water dispersibility, and even more, the electrical conductivity can be tuned as a function of laser irradiation processing. 2 The exfoliation of graphite with the formation of modified graphene sheets is followed by the laser-beam irradiation that result in increased electrical conductivity due to the photochemical and photothermal elimination of aryl groups. This photonic processing is much cleaner than the conventional chemical method and more energy-efficient than the thermal annealing method conventionally used to reduce graphene oxide. As proof-of-concept, we demonstrate this novel, green, and energy-efficient technology for the development of flexible devices including temperature, pressure, and chemical sensors.

### **References**

1. Wang S., Oh J.Y., Xu J., Tran H., Bao Z. *Acc. Chem. Res.* 2018. 51 (5). pp. 1033–1045.
2. Rodriguez R.D., Murastov G.V., Lipovka A., Fatkullin M.I.; Nozdrina O., Pavlov S.K., Postnikov P.S., Chehimi M.M., Chen J.-J., Sheremet, E. *Carbon.* 2019.

## **Influences of nanoparticles on heat transfer and pyrolytic deposition of n-decane at supercritical pressure**

Z. Han

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: hithanzhixiong@126.com*

Heat transfer efficacy during traveling through the cooling channel plays an important role in the regenerative cooling system of hypersonic aircraft, which coupled with oxidation deposition at 250–450 °C, and pyrolytic deposition at cracking temperature [1]. Nanoparticles have been payed much research attention due to their unique chemical and functional characteristics, including heat transfer enhancement, stronger catalytic activities than common catalyst [2]. In this work, heat transfer and pyrolytic deposition of n-decane, surrogate of

endothermic hydrocarbon fuel, are experimentally investigated in cooling channel at supercritical pressure of 3MPa with the addition of suspended nanoparticles ZnO, ZSM-5, ZSM-5@Co<sub>M</sub> and ZSM-5@Ni<sub>M</sub>. Results reveals that 0.2wt% ZnO enhances heat transfer of n-decane at non-cracking temperature by modifying flow regimes and the enhancement is weakened with bulk fluid temperature increases. Oppositely, the others reveal little effect on heat transfer enhancement at low temperature. The later three nanoparticles work at cracking temperature resulted in 15% - 25% increase of heat sink due to the selectivity of nano-catalyst to some key products, such as ethylene and propylene [3]. The initial cracking temperature of n-decane with ZSM-5, ZSM-5@Co<sub>M</sub> and ZSM-5@Ni<sub>M</sub> decreases approximately 20 - 30 °C. Compared to thermal decomposition, the low-molecular-weight alkene production rate of n-decane with nanocrystalline zeolites are relatively high at the same pyrolytic temperature, especially for propylene, which is the crucial precursor of pyrolytic deposition [4]. Therefore, ZSM-5@Co<sub>M</sub> effectively suppressed coke deposition on the external surface of catalysts and the inner wall of cooling channel at elevated temperatures attributed to the modification of Brönsted/Lewis acidity by Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Additionally, NiO modified ZSM-5 exhibits similar influence on reducing the thickness of the coke, decelerating the formation of additional free radicals by affecting monomolecular beta cleavage reaction. Thus, the present work provides a practical implication for enhancing heat transfer and reducing coking deposition of cryogenic propellant in cooling channel.

### References

1. Pei X.-Y., Hou L.-Y. *Fuel*. 2016. 167. pp. 68–74.
2. Alipour S.M. *Chin. J. Catal.* 2016. 37. pp. 671–680.
3. Wang Z., Guo Y.-S, Lin R.-S. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 2009. 85. pp. 534–538.
4. Liu G.-Z., Wang X.-Q., Zhang X.-W. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 2013. 104. pp. 384–395.

## Synthesis and study of biodegradable proton-exchange membranes for pem fuel cells

A. Chesnokova, S. Zakarchevskiy, T. Zhamsaranzhapova, R. Usmanov, Y. Pozhidaev

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: belweder@yandex.ru*

The fuel cell represents a promising way of generating electrical power from a variety of fuels, which converts the chemical energy of a fuel and oxidant directly into electrical power. Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFC) are an environment-friendly and high efficient alternative of conventional energy sources [1-2].

A key component of PEMFC is a proton conducting membrane. It has two main functions – providing of proton transfer from anode to cathode and separation of fuel and oxidizing agent [3].

The PEMFC can be operated using various types of fuel, including hydrogen, natural gas, biogas, alcohols, and other organic compounds, the oxidizing agent of is usually oxygen of the air [2].

Commercially available membranes, such as Nafion, have good mechanical properties and high conductivity. However, the high cost of the membranes leads to an increase in the cost of the fuel cell [4]. There is also an urgent need to dispose of the membrane after the end of its life cycle. The use of more efficient and cheaper proton-exchange membranes in PEMFC will lead to cost reduction and widespread application of these power sources. The use of biodegradable components in the composition of the membranes will contribute to their more efficient disposal. Therefore, the objective of this work is the synthesis and study of new proton-exchange membrane materials for sustainable energy conversion and fuel cell applications with eco-friendly process.

C. Ion exchange capacity was measured by the back titration method (GOST 17552-72).<sup>o</sup>The synthesis of proton-exchange membranes was carried out in accordance with the principles of "green chemistry" using a biodegradable polymer – polyvinyl alcohol. Sulfosuccinic acid was used as a crosslinker. The membranes were doped with zeolites of ZSM and BEA types. Proton conductivity of synthesized membranes was measured by impedance spectroscopy in the temperature range of 30-80

A convenient method for the synthesis of proton-exchange membranes based on polyvinyl alcohol, sulfosuccinic acid and zeolites was developed and main physicochemical characteristics of the samples were investigated. The samples obtained are characterized by proton conductivity of the order of  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  S cm<sup>-1</sup>. The membrane with the addition of zeolite BEA has lower activation energy for the proton transfer process than the sample with ZSM zeolite – 18.56 and 26.17 kJ / mol, respectively. Water absorption of the synthesized samples is 19.5 % and 40 % for samples with the addition of zeolites ZSM and BEA, respectively. The ion exchange capacity of the membrane sample with zeolite ZSM additive was 1.22 mg · eq / g, and for the membrane doped with zeolite BEA – 1.28 mg · eq / g.

The results show that the obtained protonconductive membranes possess similar physicochemical characteristics compare with commercial Nafion membranes ("DuPont", USA). The advantage of the developed membranes is lower production cost and environmental friendliness. In this regard, the proposed membranes are promising materials for use in PEMFC. The use of fuel cells as sources of electricity will significantly reduce the harmful effects on the environment and increase the performance properties of energy systems based on them.

### References

1. Barbir F. PEM Fuel Cells: Theory and Practice. Academic Press, 2012. 518 p.
2. Zhao TS., Kreuer K-D., Nguyen T.: Advances in Fuel Cells. Elsevier, 2007. 499 p.
3. Yaroslavtsev A.B. Perfluorinated ion-exchange membranes // Polymer Science. Series A. 2013. 55(11). pp. 674–698.
4. Kraysberg A., Ein-Eli Y. Review of Advanced Materials for Proton Exchange Membrane Fuel Cells // Energy Fuels. 2014. 28. 12. pp. 7303–7330.

## **Cadmium-induced oxidative stress, histopathology, and transcriptome changes in the hepatopancreas of freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*)**

Y. Zhang

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: yuzhang429@126.com*

Cadmium (Cd) is a common contaminant in environment. Crayfish are considered suitable for indicating the impact of heavy metals on the environment. However, there is limited information on the mechanisms causing damage to the hepatopancreas of *Procambarus clarkii* exposed to Cd. We exposed adult male *P. clarkii* to 2.0, 5.0, and 10.0 mg/L Cd for 24, 48, and 72 h to explore Cd toxicity. Afterwards, we measured bioaccumulations in the hepatopancreas and determined malondialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione S-transferase (GST). Additionally, the hepatopancreas histopathology was analyzed and the transcriptome analysis of the *P. clarkii* hepatopancreas under Cd stress was conducted. The results revealed that hepatopancreas could accumulate Cd in a time- and dose-dependent manner. Cd induced significant changes in MDA content and antioxidant enzyme activity. Severe histological alterations were observed in crayfish hepatopancreas. After 72 h exposure to 2.0, 5.0, and 10.0 mg/L Cd, transcriptome analysis identified 1061, 747, and 1086 differentially expressed genes (DEGs), respectively. Exposure to 5.0 mg/L Cd inhibited heme binding, tetrapyrrole binding, iron ion

binding and activity of oxidoreductase and sulfotransferase, while exposure to 10.0 mg/L Cd enhanced the export of matters from nucleus. In the hepatopancreas treated with 10.0 mg/L Cd, pathways related to diseases and immune system were significantly enriched. Meanwhile, 31, 31, 24, 7, and 12 identified DEGs were associated with the oxidation-reduction process, immune system, ion homeostasis, digestion and absorption, and ATPases, respectively. Our study provides comprehensive information for exploring the toxic mechanisms of Cd and candidate biomarkers for aquatic Cd risk evaluation.

### References

1. Al Kaddissi S., Legeay, A., Elia, A.C., Gonzalez, P., Floriani, M., Cavalie, I., Massabuau, J.C., Gilbin, R., Simon, O. Mitochondrial gene expression, antioxidant responses, and histopathology after cadmium exposure // *Environ. Toxicol.* 2012. 29. pp. 893–907.
2. Martín-Díaz M.L., Tuberty S.R., McKenney Jr C.L., Blasco J., Sarasquete C., Delvalls T.A. The use of bioaccumulation, biomarkers and histopathology diseases in shape *Procambarus clarkii* to establish bioavailability of Cd and Zn after a mining spill // *Environ. Monit. Assess.* 2006. 116. pp. 169–184.
3. Wei K.Q., Yang J.X. Oxidative damage of hepatopancreas induced by pollution depresses humoral immunity response in the freshwater crayfish *Procambarus clarkia* // *Fish. Shellfish Immunol.* 2015. 43. pp. 510–519.

## Pyrolysis behavior of supercritical n-decane over nano nickel oxide MDOfield commercial HZSM-5

W. Zhou

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: Zhouweixing@hit.edu.cn*

Endothermic pyrolysis process of hydrocarbon fuel has great potential in the cooling usages [1]. But the issues of unsatisfied heat sink and severe coking limit the further development [2]. We made the nano NiO hybrid thin layers wrap on the commercial HZSM-5 (denoted as ZSM-5@NiO) by incipient-wetness impregnation method, and got the significant modulation ability for the acidity properties of HZSM-5. The experimental results shows that the as-prepared catalysts can improve the heat sink of supercritical cracking of n-decane from 3.8 MJ/kg at 728 °C to 4.6 MJ/kg at 780 °C, and higher than the HZSM-5 for 3MJ/kg at 687 °C as a comparison catalyst, here the temperature is the highest temperature at the moment when the experiment pipe was block by coke. It is also found that ZSM-5@NiO generated more gas products which was positively correlating with the heat sink. The synergistic effect between NiO and HZSM-5 dramatically lowers the overall acidity of composite and results in effective anti-coking properties. Present work demonstrates that the introduction of nanostructured metal oxides into HZSM-5 will synergistically adjust the acidity of composite, finally providing deep insights for the design and fabrication of catalysts for hydrocarbon fuel cracking.

### References

1. Yong L., Feng S., Gongnan X., Jiang Q. *Appl. Therm. Eng.* 2018. 142. pp. 695–708.
2. Forooghi P., Weidenlener A., Magagnato F., et al. *Int J Heat Fluid Flow.* 2018. 69. pp. 83–94.



## **Секция 6. Экологическая биотехнология, зеленая экономика: проблемы и перспективы**

### **Section 6. Biotechnology Contribution for Sustainability**

#### **Использование ризосферных микроорганизмов в биоремедиации почв, загрязненных нефтью**

Л. Беловежец, М. Третьякова, Ю. Маркова, А. Левчук, С. Адамович,  
Е. Оборина, И. Ушаков

*Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН*

*e-mail: lyu-sya@yandex.ru*

Микробная ремедиация почв является одним из наиболее перспективных методов очистки почвы от нефти и нефтепродуктов. С целью поиска перспективных нефтеструктуров из ризосферы растений, произрастающих на нефтезагрязненных почвах, нами были выделены бактерии, в короткие сроки эффективно разрушающие нефть и принадлежащие к родам: *Rhodococcus*, *Acinetobacter* и *Pseudomonas*. Была показана их способность выживать и разлагать нефть при высоких и экстремально высоких ее концентрациях, а также при низких положительных температурах. На основе выделенных микроорганизмов была сформирована ассоциация из трех наиболее активных штаммов. Однако ее применение нежелательно без выяснения процессов, происходящих с нефтью во время микробной деструкции. В качестве маркерных соединений нами были выбраны ароматические компоненты нефти, представленные моно- и полициклическими ароматическими углеводородами. По появлению в среде культивирования низкомолекулярных фенольных соединений нами были показаны основные пути деструкции ароматических соединений, используемые исследуемыми микроорганизмами. Так, все штаммы разлагают их по наиболее среди микроорганизмов распространенному метаболическому пути, интермедиатом которого является пирокатехин, а штаммы *Pseudomonas* 90, *Rhodococcus* 108 и *Acinetobacter guillouiae* 114 дополнительно используют альтернативный путь окисления, протекающий с образованием протокатеховой кислоты. Нами также исследовано микробное разложение модельных соединений нефти, таких как нафталин, фенантрен, антрацен, нафтол, и их смеси. Установлено, что все исследованные штаммы способны утилизировать эти соединения, с образованием группы метаболитов, среди которых идентифицированы фталевая и протокатеховая кислоты и пирокатехин. Убыль модельных соединений составила от 30 до 70 % в течение 10 дней. Еще одним аспектом этой работы было применение стимуляторов роста микроорганизмов, в качестве которых использовались протатраны, синтезированные путем реакций биогенных гидроксипропиламинов с арилхалькогенилуксусными кислотами. Интересно, что присутствие протатранов в питательной среде не только ускоряло рост микроорганизмов, но и изменяло скорость разложения модельных соединений нефти и спектр интермедиатов. Предположительно, протатраны способны взаимодействовать с мембраной микробной клетки, изменяя проницаемость каналов и скорость проникновения веществ через мембрану.

Таким образом, нами создана ассоциация микроорганизмов, способная эффективно и в короткие сроки разлагать сырую нефть. Показано, что все штаммы

разлагают модельные соединения нефти, а внесение стимулятора роста приводит к изменениям с скорости и направлении ее деструкции.

## **Исследование низкотемпературных свойств смесей дизельное топливо – биодизельное топливо – низкотемпературная присадка**

N. Belozertseva, M. Kirgina, I. Bogdanov, A. Balzhanova

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова*

*e-mail: belozertsevanatasha@mail.ru*

Сегодня, многие развитые государства уделяют большое внимание альтернативной энергетике. Одним из самых популярных видов альтернативного топлива является биодизельное топливо, производство которого динамично развивается в наши дни. Кроме того, производство биодизеля является способом утилизации пищевых и производственных отходов, таких как отработанные масла.

Основной целью работы является определение наиболее предпочтительного сырья для производства биодизельного топлива с оптимальными низкотемпературными свойствами и оценка возможности применения полученных видов топлив в условиях холодного климата.

Для проведения испытаний были выбраны наиболее распространенные в России растительные масла: подсолнечное, кукурузное, льняное, горчичное и рыжиковое масло. В лабораторных испытаниях использовались только нерафинированные масла. Из вышеперечисленных растительных масел были синтезированы методом переэтерификации биодизельные топлива. Реакции переэтерификации проводились в избытке этилового спирта при температуре 75 °С в течение 6 часов, в качестве катализатора использовался гидроксид калия.

Полученное биодизельное топливо представляет собой смесь моноалкильных эфиров жирных кислот. Как для сырья (различные растительные масла), так и для полученных продуктов было определены молекулярная масса, плотность (при 15 °С), кинематическая и динамическая вязкости (при 20 °С).

Также для полученных смесей этиловых эфиров жирных кислот были определены низкотемпературные характеристики (температура помутнения и температура застывания). Полученные результаты позволили выявить, что наилучшими низкотемпературными характеристиками обладает продукт, полученный из горчичного масла, худшими – продукт, полученный из подсолнечного масла.

После исследования полученных продуктов была поставлена цель исследования возможности применения биодизельных топлив в смеси с нефтяными дизельными топливами в условиях холодного климата. Для достижения данной цели были приготовлены смеси биодизельное топливо – дизельное топливо с различным содержанием биодизеля в смеси, а именно 5 % мас., 10 % мас. и 20 % мас. Добавление максимум 20 % мас. обоснованно тем, что применение подобного типа смесевоего топлива не повлечет конструкционных изменений двигателя.

Смеси были приготовлены на основе продуктов, полученных из горчичного масла (наилучшие низкотемпературные свойства) и подсолнечного масла (худшие низкотемпературные свойства).

Для полученных смесей биодизельное топливо – дизельное топливо также были определены температуры помутнения и температуры застывания и выявлено, что с увеличением содержания биодизельного топлива низкотемпературные характеристики

смеси ухудшаются. В смеси биодизельное топливо – дизельное топливо были добавлены низкотемпературные присадки для получения товарных дизельных топлив, соответствующих требованиям современных стандартов.

## **Desorption of microorganisms with hydrophobized surfaces**

I.A. Bogdanova, E.Yu. Konovalova, A.B. Kupchinskiy, G. O. Zhdanova

*Irkutsk State University*

*E-mail stomd@mail.ru*

One of the most promising areas in the fight against oil pollution is the use of microorganisms. When eliminating oil pollution, an important task is the selection of surfactants that facilitate the interaction of oil-oxidizing microorganisms with oil products. Dispersion of hydrophobic substances, in particular petroleum hydrocarbons, dramatically increases their surface. In turn, this significantly increases the area of interaction of hydrophobic compounds with oxygen and oil-oxidizing microorganisms. In this work, the effect of humic substances on the aggregate state of various hydrophobic substances is studied. The bioagents were taken strains: *Yarrowia lipolytica* and *Bacillus thuringiensis*. Sodium dodecyl sulfate, melanin and humates were chosen as classic surfactants. As sorbing surfaces, slides that were pretreated with silicone or paraffin were used in the work. Experiments have shown that in the presence of sodium dodecyl sulfate, the sorption of cells and spores of microorganisms significantly decreased. With longer exposures, the concentration of cells and spores on the glasses not only did not increase, but even decreased. Moreover, the higher the content of sodium dodecyl sulfate, the weaker the cells and spores of the microorganisms were bound to the hydrophobic surface, and the rate of desorption was higher. It was shown that humates at certain concentrations, like twin, dispersed diesel fuel and fuel oil, and also reduced the amount of cell adhesion.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-29-05213 мк «Механизмы комплексного взаимодействия почв с нефтью, нефтепродуктами и поверхностно-активными веществами в процессах нефтезагрязнения и биоремедиации»

### **Introduction**

The main source of energy at the moment is oil and petroleum products. Therefore, in the context of growing energy consumption, oil pollution is a significant problem. The basis of natural mechanisms of oil decomposition and the most effective and environmentally friendly biotechnological methods of liberation from hydrocarbons are microbiological processes. Petroleum products in the inhibitory substance are hydrophobic. Therefore, the transformation of oil pollution by microorganisms is closely related to their ability to interact with hydrophobic substrates. In soils in one quantity or another, humic substances are always present. It was previously assumed that one of the possible mechanisms underlying the biological effects of humic derivatives is their ability to act as surface active agents [2, 3]. In this regard, the effect of humates on the desorption of microorganisms from hydrophobic surfaces was studied [4].

### **Materials and equipment**

For research, spores of *B. thuringiensis* strain [1] and yeast cells, *Y. lipolytica*, were taken. As sorbing surfaces, slides were used in the work, which were pretreated with silicone or paraffin. At the first stage, a drop of a suspension of microorganisms was applied to hydrophobized glasses. After 30 minutes, the glasses were rinsed twice by dropping them into a glass of water (control). Then placed in solutions with different concentrations of sodium

dodecyl sulfate or humate 0.5 g/l; 1.0 g/l; 1.5 g/l and 2.0 g/l [5]. At certain intervals, the surface of the adsorbent was microscopic with a 40 \* objective, both before and after appropriate treatment. Counting the cells and spores of microorganisms remaining attached to the hydrophobic surfaces of the adsorbent was performed in ten fields of view with finding the average value.

All experiments were performed in at least 5 independent experiments with 3 parallel measurements in each. Conclusions are made on the basis of the results of statistical processing with the probability of an error-free forecast  $P > 0.95$ .

### Results and discussion

The experiments showed that in the presence of humate there was a significant decrease in the number of cells of microorganisms adhered to the surface of the glasses. For example, after 3 hours, Powhumus humate solutions at a concentration of: 1.5 g / L reduced the number of *Y. lipolytica* cells on waxed surfaces by 19%, and 2.0 g / L by 41% with respect to the control. The increase in exposure time was accompanied by a decrease in the number of attached *Y. lipolytica* cells and *B. thuringiensis* spores to the hydrophobic surface. At all used humate concentrations, after 24 hours, the number of cells on the model surface coated with paraffin significantly decreased. At concentrations: 1.5 and 2.0 g / l, *Y. lipolytica* cells were not detected at all after 24 hours. In the case of siliconized glasses, a similar decrease in the number of *Y. lipolytica* cells was observed in the presence of Powhumus. For example, after 3 hours at a concentration of 1.0 g / l, the number of cells fell by 46%, and at a concentration of 1.5 g / l by 52% compared with the control (water). A day later, with a humate content of both 1.5 and 2.0 g / l, the siliconized glass surfaces were already free of *Y. lipolytica* cells. A similar pattern with *Y. lipolytica* was observed with *B. thuringiensis*. With an increase in concentration to 2 g / l after 24 hours, spores of *B. thuringiensis* strain were no longer found on the glass surface.

At the next stage, we studied the effect of one of the most characteristic surfactants - sodium dodecyl sulfate on desorption from siliconized and paraffin-coated glasses. It was found that three hours after the start of exposure in concentrations: 0.5; 1.0; 1.5; and 2.0 g/l, the number of cells attached to the surfaces of hydrophobized glasses was significantly reduced. An increase in the exposure time was also accompanied by a decrease in the number of attached *Y. lipolytica* and *B. thuringiensis* cells to the hydrophobic surface. After 24 hours from the start of the exposure, the number of cells on the model surface coated with paraffin was significantly reduced. At a concentration of sodium dodecyl sulfate 2 g/l, the cells on the glasses were absent.

The results of experiments with silicone sealant also showed a significant decrease in the number of cells of the culture of *Y. lipolytica* and spores of *B. thuringiensis*. After 24 hours, the number of *Y. lipolytica* and *B. thuringiensis* cells adhered to the surface of hydrophobized glasses significantly decreased in all the presented concentrations of sodium dodecyl sulfate.

It should be noted that a decrease in the number of attached cells and spores of the studied microorganisms was recorded in the control. But in the absence of humate and sodium dodecyl sulfate, the desorption rate was incomparably lower than in their presence.

In the work, as a humic substance, "Powhumus" was used, which is a sodium salt of humic substances. Therefore, in order to find out whether the "Powhumus" effect is related, the effects of sodium chloride (NaCl) on sorption were studied by the humic nucleus or sodium cation.

The experiments showed that in the presence of NaCl, a significant decrease in the number of microorganism cells adhered to the glass surface did not occur. An increase in exposure time was also not accompanied by a decrease in the number of attached *Y. lipolytica*

cells and *B. thuringiensis* spores to the glass surface. At all NaCl concentrations used in the work, no significant increase in desorption was observed. Therefore, humic substances are responsible for the described effects.

### **Conclusion**

In certain concentrations (0.5; 1.0; 1.5; 2.0 g per l), humate, although with a slightly lower intensity, like surface-active substances such as sodium dodecyl sulfate, enhanced the desorption of cells of the microorganisms *Y.lipolytica* and spores *B .thuringiensis*, from surfaces hydrophobized with paraffin and silicone. Sodium chlorine in concentrations: 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 g per liter did not affect the desorption of microorganisms.

The obtained materials indicate that biological desorption processes are based on the ability of humic substances to act as surfactants.

### **References**

1. Wei J. Z. et al. Bacillus thuringiensis Crystal proteins that target nematodes // Proc. Natl. Acad. Sci. 2006. Vol. 100. – P. 2760-2765.
2. Kapellos G.E. Microbial Strategis for Oil Biodegradation// Modeling of Microscale Transport in Biological Processes, Academic Press, pp. 19-39, 2017.
3. Салем К.М. [и др.] Биорекультивация нефрезагрязненных почв гуминовыми препаратами // Экология и промышленность России, 2003.- с. 19-21.
4. Стом Д. И. [и др.] Влияние препаратов гуматов на эмульсии и пленки нефтепродуктов // Журнал фундаментальных и прикладных исследований: изд-во Астраханский университет, 2009. – С. 76 – 81.
5. ГОСТ Р 50595-93 // Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде.

## **Ecologically safe technology of enrichment of bread with selenium**

T. Katsurba

*Irkutsk National Research Technical University*

*e-mail: gd-vk@mail.ru*

One of the most important directions of Russia's policy is to create a system of healthy nutrition. The provinces deeply deficient of selenium include not only the North-Western regions of the Russian Federation, but also Buryatia, Chita and Irkutsk regions, and others. The presence of selenium in the blood serum of the adult population of the Angara region has an average value of  $74.8 \pm 2.9$  mcg/liter (norm 160 mcg/liter). It is known that the deficiency of selenium in the human body significantly increases the likelihood of various diseases. One of the environmentally friendly ways of introducing selenium into bread can be the usage of a baking improver – malt flour obtained on the basis of malt-germinating technology using a solution of sodium selenite when soaking the grain. This method makes it possible to obtain selenium in a form easily absorbable in the body: selenium-methionine, selenium-cysteine.

The aim of the research was to study the effect of selenium-enriched malt flour on the quality of bread and on the content of selenium in the finished product, and to determine the content of selenium in the finished product.

For the production of malt, three types of cereals zoned in the Irkutsk region were used: spring upright two-row barley of the "Acha" variety, spring soft wheat "IREN", winter rye of the "Bukhtarminskaya" variety. The germination of malt was carried out on a mini-apparatus at a laboratory. The soaking of grain was carried out using an aqueous solution of

sodium selenite 0.033 mg/l. In the experimental versions, the wheat flour was replaced with the malt flour in the proportion of 2.5 % of the total mass.

The concentration of selenium in the resulting bread was 120 mcg/kg of dry weight. It is established that the consumption of 300 g of fresh bread baked using selenium-enriched malt can provide up to 60 % of the daily nutritional need for selenium. Interrelations between technological indicators of the quality of bread and the content of selenium in the selenium-containing malt flour are revealed.

The results indicate the prospect of using selenium-enriched malt in the production of bakery products. An environmentally friendly technology of obtaining selenium-enriched malt and its use in breadmaking is introduced.

## **Инновационные технологии в производстве хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий**

V. Filatov, S. Paschuk, A. Pritchina, O. Voskanyan, T. Bulavina

*Moscow state University of technologies and management named after K. G. Razumovskiy  
(First Cossack University)*

*e-mail: filatov\_vl@mail.ru*

В данной статье проведен обзор отраслевого опыта по разработке инновационных технологий в производстве хлебобулочных, макаронных, и кондитерских изделий. Проанализированы инновационные технологии, разработанные в российских институтах, университетах и предприятиях хлебобулочной, макаронной и кондитерской промышленности, в частности ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии, Кубанским Государственным Технологическим Университетом, Белгородском университетом потребительской кооперации, Московском государственном университете технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ). Установлено, инновационная восприимчивость предприятий отрасли является низкой, что препятствует внедрению разработок. Система государственного заказа ориентирована на приобретение продукции по низким ценам. Несмотря на то, что в отрасли разработан широкий ассортимент лечебных, профилактических и функциональных хлебобулочных, макаронных, и кондитерских изделий на основе инновационных технологий.

## **Биоэкономика Иркутской области: состояние и перспективы развития**

Е.Ю. Панасенкова, С.С. Тимофеев

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

*e-mail: pey@istu.edu, samtim@mail.ru*

Современное человечество волнует множество проблем, одной из которых является демографическая и продовольственная безопасность. По прогнозным оценкам к 2030 г. численность населения планеты возрастет до 8,3 млрд человек по сравнению с 6,5 млрд в 2005 г. Рост народонаселения [1], повышение уровня жизни населения и доходов на душу населения будет способствовать увеличению спроса на природные ресурсы, в частности пищевые, водные, кормовые, энергетические. В то же время ожидается снижение объема доступных природных ресурсов, что усугубляется серьезными климатическими аномалиями.

Страховая статистика числа последствий, вызванных природными аномалиями, а следовательно ущерба, который подлежит возмещению, за последние сорок лет вырос в три раза. Погодные аномалии реализуются в виде волн тепла или холода, смерчей,

ливней, наводнений, засуха и т.д. Наводнения, засухи, суровые зимы разрушают сельское хозяйство, приводят к голоду и эпидемиям. Штормы, ураганы, проливные дожди не щадят ничего на своем пути, заставляют людей уходить из разоренных мест.

Примером такого события является наводнение в Иркутской области в конце июне 2019 года, когда пик паводка максимальный уровень реки Ия в городе Тулун поднимался до отметки 14 метров (при критической отметке 700 см), реки Ока в селе Ухтуй – на 10 метров, реки Уда в Нижнеудинске – на 2,5–3 метра, реки Белая в поселке Мишелёвка – на 2,5метра. Затоплено почти 11 тысяч жилых домов в 107 населенных пунктах, треть построек не подлежит восстановлению. В шести районах Иркутской области был введен режим ЧС. Ущерб от наводнения оценивается как минимум в 29 миллиардов рублей.

На территории Иркутской области, Красноярского края бушуют лесные пожары, площадь которых постоянно увеличивается, отмечается смог от пожаров на территории СФО.

Все эти проблемы требует от человечества изменить свое отношение к природным ресурсам и экономике и принимать незамедлительные меры выхода из кризиса, переходя на путь устойчивого развития.

В июне 2009 г. 34 странами была подписана Декларация зеленого роста, которая заявляет, что эти страны будут «укреплять прилагаемые ими усилия для внедрения стратегий зеленого роста как в рамках принимаемых ими мер для выхода из кризиса, так и за их пределами, признавая, что понятия «зеленый» и «рост» могут быть неразрывно связаны» [2]. «Зеленый» рост (greeneconomic growth) – новая парадигма развития, ориентированная на модель экономического роста, которая является экологически и социально устойчивой. В частности, предлагается учитывать сопутствующий экономическому росту ущерб, наносимый окружающей среде, и другие аналогичные потери национального богатства. Зеленый рост должен катализировать инвестиции и инновации, которые лягут в основу устойчивого роста и приведут к возникновению новых экономических возможностей [3].

Трансформация экономики стран ведется в четырех основных направлениях: вода и санитария, зеленые города, устойчивые территории и устойчивая энергия.

Доминирующая до настоящего времени во многих странах линейная модель экономики, базирующаяся на принципе «изъять – произвести – выбросить», была основой социально-экономического развития со времен промышленной революции [4]. Однако нарастающий дефицит сырьевых и энергетических ресурсов, волатильность цен на товарных рынках, усиливающееся загрязнение окружающей среды, включая массивные выбросы парниковых газов, повышение температуры и загрязнение различными отходами морских акваторий, угрожающие необратимыми климатическими изменениями, рост площадей, занимаемых полигонами производственных и бытовых отходов и т. п. подтолкнули к переосмыслению традиционной модели экономики.

Все большее внимание привлекается к концепции циркулярной экономики, в основе которой лежит цепочка «изъять – произвести – повторно использовать». Под циркулярной экономикой специалистами понимается экономика, которой свойствен восстановительный и замкнутый характер [5]. Для нее характерна минимизация потребления первичного сырья и объемов перерабатываемых ресурсов, которая сопровождается снижением отходов, направляемых на захоронение, при одновременном сокращении площадей, занимаемых соответствующими полигонами и неорганизованными свалками.

В этом ключе в Странах ЕС развивается циркулярная биоэкономика [6]. Биоэкономика – это экономика, которая используют возобновляемые биологические

ресурсы суши и моря для производства продовольствия, биоматериалов, биоэнергии и биопродуктов [7]. Она включает в себя производство биологических продуктов и их преобразование в продовольствие, корма, биопродукты и биоэнергию [8].

Она охватывает такие отрасли как сельское и лесное хозяйство, рыболовство, пищевое и целлюлозно-бумажное производство, а также отдельные направления химической, биотехнологической и энергетической промышленности [9].

Она обладает мощным инновационным потенциалом благодаря вовлечению широкого спектра наук, передовых и производственных технологий [10].

Лесной сектор, является ключевым элементом для развития биоэкономики [11].

Так биомасса, остающаяся после лесозаготовительных работ, крупнейший источник возобновляемого сырья для производства энергии в Европе. По данным ряда исследований [12], в течение следующих десятилетий из расположенных на территории ЕС лесов можно ежегодно получать примерно по 200 млн м<sup>3</sup> древесной биомассы (что соответствует 400 ТВт·ч энергии) [13].

В России развитие биоэкономики определяется государственной программой – Комплексной программой развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года, которой предусмотрено достижение цели создания глобально конкурентоспособного сектора биоэкономики, который наряду с nanoиндустрией и информационными технологиями, должен стать основой модернизации и построения постиндустриальной экономики; достижение долгосрочной цели – выходу в 2020 году на объем биоэкономики в России в размере около 1 % ВВП и в 2030 году – не менее 3 % ВВП.

Целью работы являлась оценка состояния биоэкономики в Иркутской области с точки зрения использования возобновляемых ресурсов леса и ее доли валового регионального продукта.

В работе проанализирована статистическая информация о лесных ресурсах Иркутской области с точки зрения возобновляемости, прежде всего недревесных ресурсов, грибов, дикоросов и т. д.

Рассмотрев Иркутскую область с точки зрения биоэкономического пути развития, можно сделать вывод о перспективности данного направления.

Развитие региона возможно не только за счет имеющихся минеральных ресурсов, а также возобновляемых биологических ресурсов. Правительство Иркутской области на данный момент уже разрабатывает Проект стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2030 года, включающий в себя вопросы развития сферы воспроизводства, заготовки, переработки и сбыта биологических ресурсов [21].

В Сибирском федеральном округе уже существуют примеры положительного опыта в реализации подобных проектов. В Томской области реализована государственная программа «Развитие сферы заготовки и переработки дикорастущего сырья в Томской области на 2013–2015 годы».

Ресурсный потенциал Иркутской области, высокий спрос на продукты питания и биологически активные добавки из дикоросов способствуют развитию устойчивой системы сбора, заготовки и переработки лесных недревесных, а также лесных (грибы, ягоды, кедровый орех, черемша, папоротник) пищевых ресурсов и лекарственного сырья. Это позволит внести существенный вклад в развитие экономики региона и повышение занятости жителей, особенно в сельской местности и на отдаленных территориях.

Географическое соседство со странами Азии и ее транспортная доступность дает Иркутской области возможность выхода на гигантские азиатские рынки потребителей, осознающих ценность природных продуктов. Иркутская область обладает всеми



необходимыми ресурсами для того, чтобы удовлетворить этот возрастающий потребительский спрос и вступить в конкурентную борьбу за зарубежные рынки.

### Список литературы

1. Mosher S.W. The Population Problem // Population Control, pp.1–118.
2. Родионова И.А., Липина С.А. Зеленая экономика в России: модель и прогнозы развития // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–24. С. 5462–5466.
3. Курс на зеленый рост. Резюме для лиц, принимающих решения Май 2011. OECD. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oecd.org/greengrowth/48634082.pdf> (дата обращения: 01.07.2019).
4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Серия 5: Экономика. 2017. №2.
5. Отчет Фонда Эллен МакАртур по экономическому анализу циклической модели экономики [Электронный документ]. URL: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Exec-Summary\\_CE\\_Russian\\_TCE\\_Vol1.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Exec-Summary_CE_Russian_TCE_Vol1.pdf) (дата обращения: 01.07.2019).
6. Realising the circular bioeconomy. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. Available at: <http://dx.doi.org/10.1787/31bb2345-en>.
7. Review of the 2012 European Bioeconomy Strategy [Электронный документ]. URL: [https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/review\\_of\\_2012\\_eu\\_bes.pdf](https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/review_of_2012_eu_bes.pdf) (дата обращения: 04.03.2019)
8. Viaggi D. What is the bioeconomy // The bioeconomy: delivering sustainable green growth. 2018. pp. 8–32.
9. Birner R. Bioeconomy Concepts // Bioeconomy. 2017. pp. 17–38.
10. Viaggi D. Technology and innovation in the bioeconomy // The bioeconomy: delivering sustainable green growth. 2018. pp. 33–58.
11. Mustalahti I. The responsive bioeconomy: The need for inclusion of citizens and environmental capability in the forest based bioeconomy // Journal of Cleaner Production. 2018. 172. pp. 3781–3790.
12. Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward. Climate Change and Law Collection. Available at: [http://dx.doi.org/10.1163/9789004322714\\_cclc\\_2017-0192-001](http://dx.doi.org/10.1163/9789004322714_cclc_2017-0192-001).
13. Bioeconomy development in EU regions. Mapping of EU Member States' / regions' Research and Innovation plans & Strategies for Smart Specialisation (RIS3) on Bioeconomy [Электронный документ]. URL: [https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/publications/bioeconomy\\_development\\_in\\_eu\\_regions.pdf](https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/publications/bioeconomy_development_in_eu_regions.pdf) (дата обращения: 05.03.2019).
14. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году [Электронный документ]. URL: [http://irkobl.ru/sites/ecology/ГД\\_2017.pdf](http://irkobl.ru/sites/ecology/ГД_2017.pdf) (дата обращения: 04.03.2019).
15. «Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019) [Электронный документ]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/) (дата обращения: 04.03.2019)
16. Лесной план Иркутской области. Утвержден постановлением Губернатора Иркутской области от 09.02.2009 №23-п «Об утверждении Лесного плана Иркутской области» [Электронный документ]. URL: <http://irkobl.ru/sites/alh/documents/lesplan/lesplan1.pdf> (дата обращения: 05.03.2019).
17. Оценка потребностей и возможностей компаний и обзор наиболее успешного опыта по многоцелевому использованию лесных ресурсов на региональном уровне в

Сибири // С.Н. Мороз; под общ. ред. Н.М. Шматкова, Н.В. Трофимовой, В.А. Сипкина, WWF России. М., 2016. 59 с.

18. Информация к заседанию Общественного Совета при Законодательном Собрании Иркутской области по вопросу «Об организации закупок и переработке дикорастущих плодов и ягод» [Электронный документ]. URL: [http://www.irk.gov.ru/social/resolution/Информация по закупке плодов и ягод.pdf](http://www.irk.gov.ru/social/resolution/Информация%20по%20закупке%20плодов%20и%20ягод.pdf) (дата обращения: 06.03.2019).

19. Акклиматизация и воспроизводство ценных видов рыб в ангарских водохранилищах // С.Ф. Понкратов, Ю.В. Панасенков. Иркутск: Изд-во Иркут.гос.ун-та, 2008. 139 с.

20. Отчет агентства по туризму Иркутской области о проделанной работе за 2018 год [Электронный документ]. URL: [http://irkobl.ru/sites/tour/report/отчет на сайт 04.03.2019.pdf](http://irkobl.ru/sites/tour/report/отчет%20на%20сайт%2004.03.2019.pdf) (дата обращения 05.03.2019).

21. Проект стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2030 года [Электронный документ]. URL: <http://irkobl.ru/sites/economy/socio-economic/project2030/> (дата обращения 06.03.2019).

## **Effects of Turbulence Intensity and Double Ignition on Flame Propagation Characteristics and Thermal Efficiency of CNG Engine**

Y. Miao

*Jilin University, Changchun, China*

*e-mail: 1477150923@qq.com*

**Abstract.** In order to meet the requirement of low carbonization, improving the indicating thermal efficiency of CNG-DI engine is an important way. The combustion process and fluid flow in a CNG-DI engine which was modified from a 2.0L diesel engine are calculated by multi-dimensional computational fluid dynamics (CFD) code AVL FIRE. The calculation model have been validated by experimental results of CNG-DI optical engine firstly. Based on the simulation model, the flame propagation characteristics and indicated thermal efficiency of CNG fuel were studied respectively from the following two aspects: Two combustion chamber structures were selected to compare the influence of turbulence intensity on the flame propagation process. And double ignition is adopted to change flame propagation velocity in flat top combustion chamber and analyze the influence of increasing intake swirl on flame propagation characteristics of double ignition. The result shows that the shape of the combustion chamber has a great influence on the turbulence characteristics and concentration field distribution characteristics. The increase of turbulence intensity accelerates the flame propagation process, but the excessive turbulence intensity leads to fracture of flame surface, resulting in insufficient local combustion. Residual fuel leads to a decrease in combustion efficiency which leads to a decrease in indicated thermal efficiency. The double ignition method can not only increase the flame front area, but also form a driving effect between the two flames. When the intake swirl ratio is increased, the driving effect is more obvious, which further increases the flame propagation speed. Moreover, the combustion is more sufficient and the indicating thermal efficiency is improved.

### **References**

1. Roopesh Kumar Mehra, Hao Duan, Romualdas Juknelevičius, Fanhua Ma, Junyin Li, Progress in hydrogen enriched compressed natural gas (HCNG) internal combustion engines - A comprehensive review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. 80. pp. 1458–1498.

2. Jingeun Song, Minhu Choi, Sungwook Park, Comparisons of the volumetric efficiency and combustion characteristics between CNG-DI and CNG-PFI engines // *Applied Thermal Engineering*. 2017. 121. pp. 595–603.
3. Mirko Baratta, Nicola Rapetto, Mixture formation analysis in a direct-injection NG SI engine under different injection timings // *Fuel*. 2015. 159. pp. 675–688.
4. McGee J. et al. Evaluation of a direct-injected stratified charge combustion system using tracer PLIF // SAE tech paper. 2004. 01-0548.
5. Jesús Benajes, Ricardo Novella, Jose Manuel Pastor, Alberto Hernández-López, Sage L. Kokjohn, Computational optimization of the combustion system of a heavy duty direct injection diesel engine operating with dimethyl-ether // *Fuel*. 2018. 218. pp. 127–139.
6. McGee J. et al. Evaluation of a direct-injected stratified charge combustion system using tracer PLIF // SAE tech paper 2004-01-0548. 2004.
7. Chongmin Wu, Kangyao Deng, Zhen Wang, The effect of combustion chamber shape on cylinder flow and lean combustion process in a large bore spark-ignition CNG engine // *Journal of the Energy Institute*. 2016. 89. pp. 240–247.
8. Kato K. et al. Development of engine for natural gas vehicle // SAE tech. paper 1999-01-0574. 1999.
9. Dhananjay Kumar Srivastava, Avinash Kumar Agarwal, Combustion characteristics of a variable compression ratio laser-plasma ignited compressed natural gas engine // *Fuel*. 2018. 214. pp. 322–329.
10. Cho H.M., He B.-Q. Spark ignition natural gas engines—a review // *Energy Convers Manag*. 2007. 48. pp. 608–618.

## **Fe–N–C nanocatalysts synthesized by alkali precipitation for high-efficiency electrocatalytic oxygen reduction reaction**

J. Ma, Y. Song

*University of Science & Technology Beijing, China*

Hydrogen-air fuel cell is a promising green energy for the next-generation vehicle and other applications scenarios due to its high energy densities and environmental friendly. [1] The main shortcoming is sluggish multiple electron transfer processes of the oxygen reduction reaction (ORR). [2] M–N–C nanomaterials (M: Transition metal) have triggered enormous research interests for their excellent catalytic performance and low-cost. [3] [4] In this study, a novel and simple KOH precipitation strategy is elaborately designed to synthesize Fe nanoparticles anchored on N-doped carbon nanospheres using the cheap phenanthroline and carbon black as the N and C precursor (denoted as Fe–N–C nanocatalysts). By further acid and heat treatments, this Fe–N–C material exhibits a catalytic performance comparable to commercial Pt/C. This present synthetic strategy will provide new inspiration to the fabrication of various high-efficiency non-precious-metal catalysts for diverse applications.

### **References**

1. Nie Y., Li L., Wei Z. Recent advancements in Pt and Pt-free catalysts for oxygen reduction reaction // *Chemical Society reviews*. 2015. 44. pp. 2168–2201.
2. Yang Z., Zhao C., Qu Y., Zhou H., Zhou F., Wang J., Wu Y., Li Y. Trifunctional Self-Supporting Cobalt-Embedded Carbon Nanotube Films for ORR, OER, and HER Triggered by Solid Diffusion from Bulk Metal // *Advanced materials*. 2019. 31. e1808043.
3. Chen Y., Li Z., Zhu Y., Sun D., Liu X., Xu L., Tang Y. Atomic Fe Dispersed on N-Doped Carbon Hollow Nanospheres for High-Efficiency Electrocatalytic Oxygen Reduction // *Advanced materials*. 2018. e1806312.

4. Zhou T., Xu W., Zhang N., Du Z., Zhong C., Yan W., Ju H., Chu W., Jiang H., Wu C., Xie Y. Ultrathin Cobalt Oxide Layers as Electrocatalysts for High-Performance Flexible Zn-Air Batteries // *Advanced materials*. 2019. e1807468.

## Developing sustainable electrocatalysis materials by understanding structure-activity-durability relationships

D. Geng

*University of Science and Technology Beijing, Beijing, China*

*e-mail: dgeng@ustb.edu.cn*

Fuel cells and electrolyzers have gained world-wide interest as future clean technologies for energy conversion and energy storage. However, their large-scale commercialization is largely hindered due to the high price and the insufficient durability of the precious-metal catalysts under operating conditions.

The Electrocatalysis and Functional Materials Research Laboratory headed by Prof. Dr. Dongsheng Geng at University of Science and Technology Beijing was established in July 2016. Our research is focused on the development and characterization of new functional materials for electrocatalysis, which is the key topic for electrochemical energy conversion. The goal is to understand the relationship between structure-activity-durability for various electrochemical reactions such as oxygen reduction, oxygen evolution, hydrogen evolution, CO<sub>2</sub> reduction etc. and provide fundamental insights into these reaction mechanisms and kinetics of electrochemical processes by combining the advanced high-resolution microscopic and spectroscopic techniques.

In one study, we developed a facile hydrothermal strategy to prepare defect-rich 1T-MoS<sub>2</sub>/carbon nanotubes (1T-MoS<sub>2</sub>/CNTs) composite, which enables a higher electrocatalytic performance of hydrogen evolution reaction (HER) with a small Tafel slope of 54 mV dec<sup>-1</sup> and a very low overpotential of 173 mV at current density of 10 mA cm<sup>-2</sup>. Moreover, density functional theory (DFT) calculations show the density of states (DOS) for defect 1T-MoS<sub>2</sub> displays semiconducting nature; whereas defect 1T-MoS<sub>2</sub>/CNT system shows metallic behavior. In addition, the defect 1T-MoS<sub>2</sub>/CNT shows lower free energy change for hydrogen adsorption ( $\Delta G_{H^*}$ ) than the defect 1T-MoS<sub>2</sub>, pure 1T-MoS<sub>2</sub> and 1H-MoS<sub>2</sub>. We believe that the excellent HER performance should be attributed to synergy effects between 1T-MoS<sub>2</sub> and CNTs, including relatively-high active sites, defect-rich structures, and high electronic conductivity of the 1T-MoS<sub>2</sub>/CNTs and the strong interaction between the 1T-MoS<sub>2</sub> and CNTs. Thus, this work provides a novel and simple venue for designing 1T-MoS<sub>2</sub>/CNTs composites in the applications of energy storage.

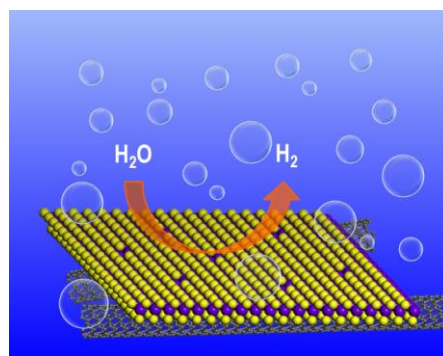


Figure 1. Synergistic effects from interfacial engineering of 1T-MoS<sub>2</sub> and CNTs give the composite higher activity and stability towards HER

### References

1. Geng D., Chen Y., Chen Y., Li Y., Li R., Sun X., Ye S., Knights S. High oxygen-reduction activity and durability of nitrogen-doped graphene // *Energy & Environmental Science*. 2011. 4(3). pp. 760–764.

2. Meng X., Wang X., Geng D., Ozgit-Akgun C., Schneider N., Elam J.W. Atomic layer deposition for nanomaterial synthesis and functionalization in energy technology // *Materials Horizons*. 2017. 4(2). pp. 133–154.

3. Jayabal S., Saranya G., Wu J., Liu Y., Geng D., Meng X. Understanding the high-electrocatalytic performance of two-dimensional MoS<sub>2</sub> nanosheets and their composite materials // *Journal of Materials Chemistry A*. 2017. 5(47). pp. 24540–24563.

## **Fostering green innovation in functional materials and surface engineering**

L.W.M. Lau

*University of Science and Technology Beijing, Beijing, China*

*e-mail: leolau@ustb.edu.cn*

The Center for Green Innovation (CGI) at the University of Science and Technology Beijing was established in 2016 to promote excellence in interdisciplinary research, with a particular emphasis on developing advanced materials for the application in energy conversion device and surface engineering. CGI has already built a world-class research platform which includes a unique integrated equipment-cluster facilitating atomic layer deposition (ALD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), and hyperthermal-particle-bombardment, for in-situ preparation and characterization of novel low-dimension functional materials. CGI has published >20 articles with impact factors of 11–22.



Figure 1. Surface Dynamics Equipment Cluster of CGI@USTB

### **References**

1. From surface science research to high-impact knowhows—Exemplars of Surface Science Western // *Surface Interface Analysis* 2017. 49. pp. 1292–1297

2. Nanopolygons of monolayer MS<sub>2</sub>: best morphology and size for HER catalysis // *Nano Letters* 2017. 17. pp. 368–376.

3. Resolving surface chemical states in XPS analysis of first row transition metals, oxides and hydroxides: Cr, Mn, Fe, Co and Ni // *Applied Surface Science*. 2011. 257. pp. 2717–2730.

## **Design and optical analysis of a novel high-flux refracting concentrating solar simulator**

W. Wang, Y. Shuai

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: solarwangwei@163.com, shuaiyong@hit.edu.cn*

To improve the application range and reduce the cost of the concentrating solar simulators, a novel high-flux refracting concentrating solar simulator is designed in this paper. The solar simulator based on an array of 7 commercially available xenon-arc lamps coupled with paraboloid mirror and Fresnel lenses as the optical concentrator. The standard paraboloid mirror unit model is obtained by calculating the structural parameters and optical properties. Meanwhile, the influence of different structural parameters on the optical properties of the paraboloid mirror unit is analyzed. Based on the nonuniformity of the irradiator, the Monte Carlo ray-tracing technique is applied to optimize the standard paraboloid mirror surface and simulate the flux distribution of this novel solar simulator. The paraboloid mirror unit model with uniform output energy is obtained. Furthermore, the high-flux solar simulation is carried out with the paraboloid mirror unit as the basic component design work, access to high irradiance and high radiation uniformity of the energy output. The research work of this paper aims to create the experimental conditions for the study of high-temperature solar thermal, thermochemical and advanced high-temperature material testing.

## **High-Flux Solar-Driven Thermochemical Dissociation of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O**

Y. Shua, B.G. Lougou, H. Tan

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: shuaiyong@hit.edu.cn, bachguelou@yahoo.fr, tanheping@hit.edu.cn*

Solar thermochemical technique is used concentrated solar radiation as high temperature heat source to drive chemical reaction. During the process, the solar energy is converted into fuels with the assistance of thermochemical reaction, which is largely employed in hydrogen production and greenhouse gas emission reduction fields. The concentration properties and thermal conversion characteristics are studied during the two-step solar thermochemical redox cycles. A novel solar thermochemical reactor is proposed to volumetrically utilize concentrated solar radiation flux to produce syngas. The thermochemical reaction performance could be more improved by using NiFe-Aluminate porous oxide material due to the higher heat and mass transfer within the reaction medium. Inside the reactor, the reaction is controlled by chemical diffusion, gas diffusion, and surface exchange. The economic feasibility of solar-to-fuel energy conversion efficiency is strongly based on a better control of reactor operating conditions with respect to the chemical reactions involved. The research results of this study have important practical application values for the development of high-temperature solar thermal chemical fuel conversion technology.

# Microbial electrochemical systems centered wastewater treatment technology: Superiority and Challenges

Y. Feng

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: yujief@hit.edu.cn*

Microbial electrochemical systems (MES) have been regarded as a promising wastewater treatment technology for its remarkable advantages, such as energy self-sustainability, wide applicability and functional diversity. However, MES still need to make applicable changes and find suitable niches to show its superiority than other wastewater treatment technologies. The understanding of the electron transfer mechanism, the key materials development, and the operational control of the system, et al. were the core parts for system fabrication. The initial construction investment was also a great challenge for MESs. With highly integrated construction, the reactor of MES could be built by combining this system with traditional wastewater treatment process. Here we reviewed our works about the fundamental research and technology development of MES, and introduce the latest pilot-scale application of MES for municipal wastewater treatment.

As a fundamental research, microbial extracellular electron transfer was investigated by three levels: the electron transfer process from cell to the electrode, the interspecies direct electron transfer process, and the electro transfer process in hybrid biofilm. The process was conducted separately with the assist of carbon quantum dots, biochar, and multiwalled carbon nanotube. This work could be meaningful to reveal how the functional bacterial works on anode, and shed light on accelerating the performance of electrochemical active bacteria.

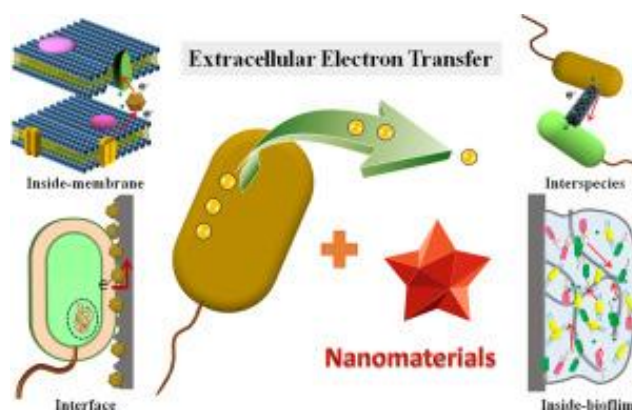


Figure 1. Extracellular electron transfer process in MEC

A series of electrode materials with less-expensive and high performance were designed and developed, including carbon-based anode, 3D graphene aerogel anode, N-doped activated carbon, and porous carbon-based cathode. Also, some electrode treatment methods were developed, like hydrophilicity modification, graphene/carbon nanotube adoption. These materials could sustain a better electrochemical performance and stability over long-term operation which provided a solid support for their application.

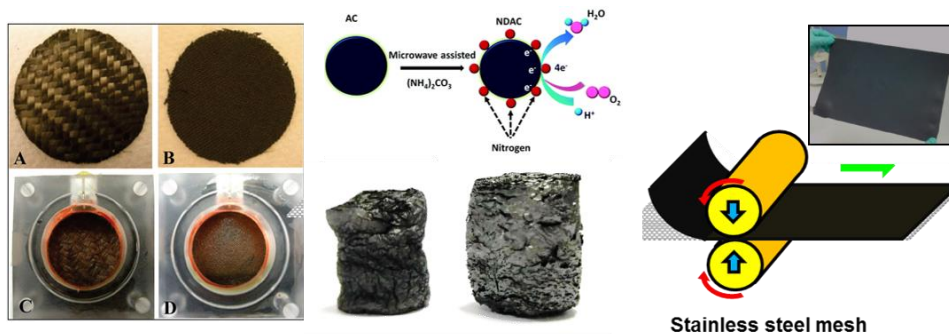


Figure 2. Less expensive carbon-based materials

By applying the materials, we developed some new configurations for potential application of wastewater treatment. In MESs system, organic pollutants were nearly completely oxidized to  $\text{CO}_2$  in anaerobic anode chamber by microorganisms. However, low conductivity, high influent COD concentration and hard-degraded substance could influence the performance of MESs. We developed several MES-centered configurations. In a baffled air-cathode MESs with five modules in serial flow, the performance of upstream modules started to be affected by the accumulation of volatile fatty acid with influent COD up to  $5000 \text{ mg L}^{-1}$  (Glucose,  $>5\text{g/L}$ ). To extend the application scope for high strength sewages, a continuous stirred microbial electrochemical reactor (CSMER) was developed for the effective COD removal and degradation of complicated organic pollutions. In addition, a 100-liter MES stacked by five air cathode modules, fed with brewery wastewater was designed. The pollutant removal in the combined systems was improved by current control, flow modes and electrode combinations.

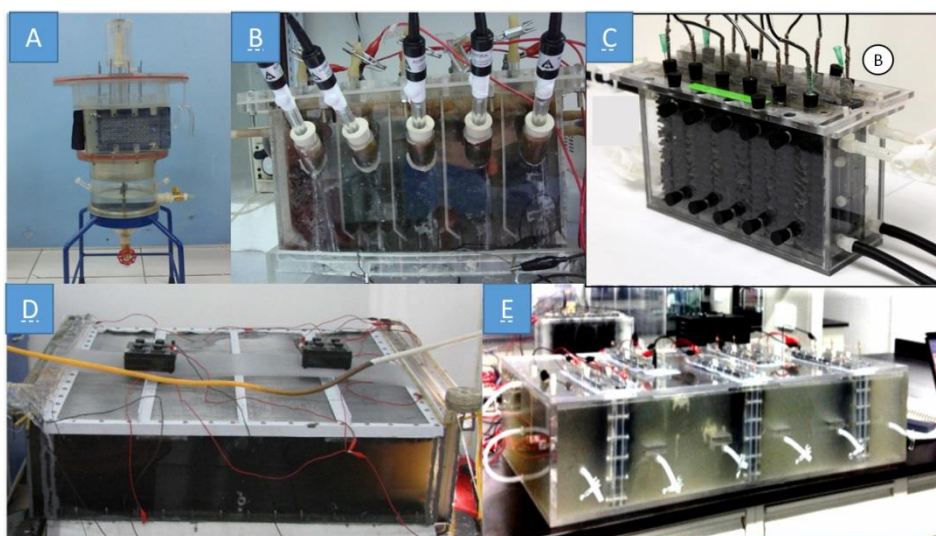


Figure 3. Scaling up system for wastewater treatment, A-Continuous stirred microbial electrochemical reactor(CSTR-MES); B-Baffled air-cathode MES (BAMES); C-Stackable and separate accessible carbon brushes electrodes MES; D-Stackable horizontal MFC; E-Self sustainable multi-module BES

Based on these fundamental research, a multi-module pilot reactor was constructed with a total liquid volume of  $1.2 \text{ m}^3$ , and operated in the actual operating condition of a municipal wastewater treatment plant, fed with effluent of the primary clarifier. The reactor was assembled in compact design with separate accessible carbon brushes electrodes. Both normal biocathode and alternating hydrophobic and hydrophilic coating biocathode were applied for comparison with raw wastewater. The effluent quality met the first grade A



standard of discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant in China (GB 18918-2002).

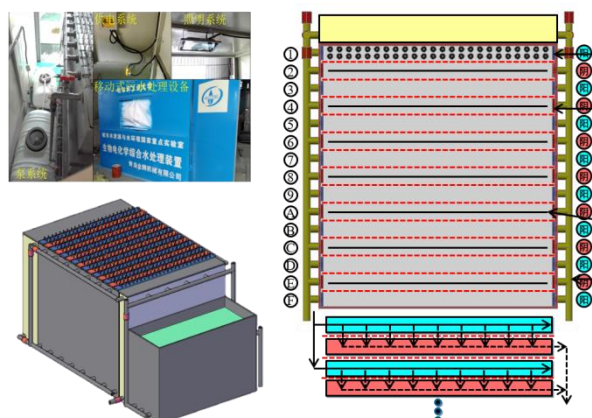


Figure 4. The mobile wastewater treatment system and the electrode modes

## References

1. He W. The effect of flow modes and electrode combinations on the performance of a multiple module microbial fuel cell installed at wastewater treatment plant // *Water Research*. 2016. 105. pp. 351–360.
2. Xin Wang. Use of carbon mesh anodes and the effect of different pretreatment methods on power production in microbial fuel cells // *Environmental Science and Technology*. 2009. 43(17). pp. 6870–6874.
3. Dong Y. A 90-liter stackable baffled microbial fuel cell for brewery wastewater treatment based on energy self-sufficient mode // *Bioresource Technology* 2015. 195. pp. 66–72.
4. Yujie Feng. Continuous electricity generation by a graphite granule baffled air-cathode microbial fuel cell // *Bioresource Technology*. 2010. 101(2). pp. 632–638.
5. Yujie Feng. A horizontal plug flow and stackable pilot microbial fuel cell for municipal wastewater treatment. *Bioresource Technology*. 2014. 156. pp. 132–138.

## Microfluidics and its application in environment

K. Sun

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: ksun@hit.edu*

With the rapid development of micro-electromechanical systems (MEMS), the appearance of biochip, which is a multidisciplinary field intersecting engineering, physics, micro electrics and molecule biology, has become the great one among the recent high technologies. Microfluidic chips integrated with components such as micropump, microvalve and micromixer are getting more and more perfect powerful. Here we introduce two parts of our works based on microfluidics.

Capacitively coupled contactless conductivity detection (C4D) is an innovative approach to avoid the problems of labour-intensive, time-consuming and insufficient accuracy of plate count as well as the high-cost apparatus of flow cytometry (FCM) in bacterial counting. We developed a novel electrode-integrated PCB-based C4D device, which supports the simple and safe exchange of capillaries and improves the sensitivity and repeatability of the contactless detection. Furthermore, no syringe pump is needed in the detection, it reduces the system size and more importantly avoids the effect on the bacteria due to high pressure. The recovered bacteria after C4D detection at excitation of 25 Vp-p and 60–120 kHz were

analysed by flow cytometry, and the survival rate higher than 98 % was given. It was verified that C4D detection did not influence the bacterial activity. Moreover, different bacteria concentrations from  $10^4$  cells/ml to  $10^8$  cells/ml in DI water and different concentration of PBS dilution were measured, and the effects on bacterial and C4D from background solutions were discussed. In contrast to common methods used in most laboratories, this method may provide a simple way technical solution for some in situ detection of bacterial cultures.

Chemotaxis is the response ability of motile cells to chemicals gradients in environment and the migration toward higher concentration of the chemoattractant or lower concentration of the repellent. This mechanism is a basic nature of microorganisms to adapt to the environmental changes. The research of microbial chemotaxis is of great significance in utilizing bacteria to solve environment problems, controlling the pathogen infection, and development of microbial industrial projects. We have fabricated a microfluidic chip to generate the concentration gradient of the chemotaxis in the channel of the chip, and to detect and quantify the bacterial chemotaxis. The value of fluorescence intensity was measured at the position of 2 mm to the main channel entrance. By comparing the diffusion of the fluorescent agent at different flow rates, the flow rate of the chemotactic / buffer solution was  $80 \mu\text{L} / \text{h}$ , and the flow rate of the bacteria was  $40 \mu\text{L} / \text{h}$  (the flow rate was 1.24 in the channel) as the optimum flow rate for the chemotaxis experiment. The results showed that the degree of responses of *E. coli* to different chemotaxis was different, and the trend of aspartic acid was higher than that of serine and leucine, which was mainly due to the differences in the induction of the agent, so that the degree of response of bacteria to different chemotaxis is different.

Microfluidic devices could also become powerful culture, screening, single-cell sequence, *in-situ* and analytical tools for microorganisms and related applications.

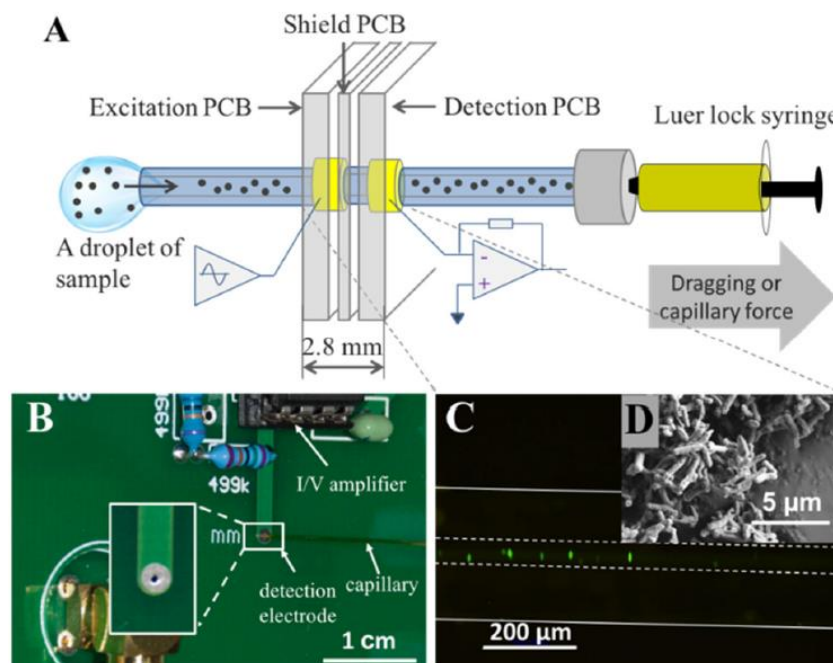


Figure 1. A – Schematic illustration of capacitively coupled contactless conductivity detection (C4D) device on detecting bacterial concentration. B – The printed-circuit-board (PCB) based electrodes. C – Fluorescence-labeled *Escherichia coli* in capillary. D – Scanning electron microscope (SEM) image of *E. coli*, the length of which on average is about  $2 \mu\text{m}$

## References

1. Xiaoyan Zhang, Zheyu Li, Yu Zhang, Xiaoqian Zang, Kosei Ueno, Hiroaki Misawa, Kai Sun. Bacterial Concentration Detection using a PCB-based contactless Conductivity Sensor // *Micromachines*. 2019 10(1). P. 55.
2. Xiaowei Jin, Zheyu Li, Pianpian Xu, Xiaoyan Zhang, Nanqi Ren, Vitaliy V. Kurilenko, Kai Sun. Advances in Microfluidic Biosensors Based on Luminescent Bacteria // *Chinese Journal of Analytical Chemistry*. 2019. 47(2). pp. 181–190.
3. Kai Sun, Zheyu Li, Shijie You, Xiaoyan Zhang, Nanqi Ren, Spatiotemporal fractionation of two DNA fragments by microfluidic devices // *Microfluid Nanofluid*. 2015. 19(2). pp. 291–298.
4. Zheyu Li, Kai Sun, Misato Sunayama, Ryoko Araki, Kosei Ueno, Masumi Abe, Hiroaki Misawa. On-chip fraction collection for multiple selected ssDNA fragments using isolated extraction channels // *Journal of Chromatography A*. 2011. 1218(7). pp. 997–1003.
5. Zheyu Li, Kai Su, Misato Sunayama, Ryoko Araki, Kosei Ueno, Masumi Abe, Hiroaki Misawa. A simultaneous space-sampling method for DNA fraction collection using a comb structure in microfluidic devices // *Electrophoresis*. 2011. 32(23). pp. 3392–3398.

## Adsorption of estrone with few-layered boron nitride nanosheets: kinetics, thermodynamics and mechanism

G. Liu

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: Liuguohong7@126.com*

Boron nitride Nanosheets (BNNSs) was fabricated with a method of heating the mixture of boric acid and urea in N<sub>2</sub> atmosphere and used to remove estrone (E<sub>1</sub>) from water. The obtained BNNSs exhibited a higher surface area of 896 m<sup>2</sup>/g, a large pore volume of 0.76 cm<sup>3</sup>/g, and only few layers (0.398 nm) with the boric acid and urea ratio of 1:80. The layer number of BNNSs decreased from 15 to 4 with the mole ratio of boric acid and urea decreasing from 1:20 to 1:80, which was identified by SEM, TEM, AFM and BET measurements. More importantly, BNNSs presented an outstanding adsorption performance for estrone with the adsorption capacity of 249.15 mg E<sub>1</sub>/g BNNSs. The adsorption process could be best fitted by pseudo second-order kinetic model and the equilibrium data at different temperatures were well fitted by Langmuir isotherm model. The thermodynamics analysis revealed that E<sub>1</sub> adsorption on BNNSs was spontaneous ( $\Delta G = -29.33 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), enthalpy-retarded ( $\Delta H = 29.75 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), entropy-driven ( $\Delta S = 198.26 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ), and mostly chemical adsorption. The adsorption rates of E<sub>1</sub> in water were sharply enhanced with thinner BNNSs as adsorbents and removal efficiency by BN-60 regenerated after 6 times was above 95 %, it was shown that the surface areas, mesopores and remarkable structure played important roles in the adsorption process. The firmness of E<sub>1</sub> onto BNNSs and the stability of adsorption efficiency made BNNSs as a potential adsorbent for efficient removal of E<sub>1</sub> from wastewater.

## References

1. Cai Q.R., Du A.J., Gao G.P., Mateti S., Cowie B.C.C., Qian D., Zhang S., Lu Y.R., Fu L., Taniguchi T., Huang S.M., Chen Y., Ruoff R.S., Li L.H. Molecule-Induced Conformational Change in Boron Nitride Nanosheets with Enhanced Surface Adsorption // *Adv. Funct. Mater*. 2016. 26. pp. 8202–8210.

2. Nag A., Raidongia K., Hembram K.P.S.S., Datta R., Waghmare U.V., Rao C.N.R. Graphene Analogues of BN: Novel Synthesis and Properties // *Acs Nano*. 2010. 4. pp. 1539–1544.
3. Ren Y.X., Nakano K., Nomura M., Chiba N., Nishimura O. A thermodynamic analysis on adsorption of estrogens in activated sludge process // *Water Res.* 2007. 41. pp. 2341–2348.

## **Research on the relationship between consumption and total quality management activities of enterprises**

C. Chu

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: ivycc1995@163.com*

As China enters a new era of socialist development, the role of total quality management in promoting China's economy to leap into high-quality development has gradually emerged. Consumption as the terminal of production and operation of enterprises is inseparable from the relationship of total quality management activities. Through the combing and analysis of the existing total quality management theory, this paper establishes the relationship between consumption and enterprise total quality management activities from three different levels: quality management evaluation system, enterprise performance and corporate ethics. Based on the perspectives of consumers, enterprises and governments, this paper proposes preliminary policy recommendations for the improvement of total quality management activities and the improvement of product quality level.

### **References**

1. Roberts J.A. Profiling Levels of Socially Responsible Consumer Behavior: A Cluster Analytic Approach and Its Implications for Marketing // *Journal of Marketing Theory and Practice*. 1995. 4(3). pp. 97–114.
2. Rahman S.B.P. Soft TQM, hard TQM, and Organisational Performance Relationships: An Empirical Investigation // *Omega*. 2005. 33(1). pp. 73–83.
3. Murmura F., Bravi L. Exploring customers' perceptions about Quality Management Systems: an empirical study in Italy // *Total Quality Management & Business Excellence*. 2018. 29(11–12). pp. 1466–1481.
4. Raischi N., Smolevscaia M., Fedorciucova S. The Social Responsibility in Insurance of Consumer Protection in Terms of Quality Management Activity of Trade Enterprise of the Supply Chain Level // *Economy Transdisciplinarity Cognition*. 2012. 15(1). pp. 213.
5. Deming W.E. *Quality, productivity, and competitive position*. Massachusetts Institute of Technology: Center for Advanced Engineering Study, 1982.
6. Yang Shizhong, Hu Yangyang, Zhao Teng. Quality Control vs Quality Innovation: A New Model of Quality Cost Management // *Economics and Management Research*. 2019. (2). pp. 123–134.
7. Jiang Peng, Su Qin, Song Yongtao, et al. Empirical Research on Quality Management Practice and Enterprise Performance Model under Different Scenarios // *Management Review*. 2010. (11). pp. 111–119.
8. Wang Xuecong, Tang Xiaoqing. Research on Customer Satisfaction in Quality Management // *Computer Integrated Manufacturing Systems-CIMS*. 2001. 10. pp. 61–64.
9. Du Su, Chen Jin. Corporate Ethics and Product Quality // *Journal of Zhejiang University(Social Sciences)*. 1997. 3. pp. 65–69.

10. Yu Ji'an, Yang Bin. Corporate Social Responsibility, Quality Ethics and Strategy // *Science and Technology Management Research*. 2015. 16. pp. 251–257.
11. Kang Jun. Quality, the Cornerstone of Corporate Social Responsibility // *Shanghai Quality*. 2019. 1. pp. 64–67.
12. Liang Wei, Liu Ting, Yan Xi. Industry Competition, Consumption Upgrading and Product Quality // *Management Modernization*. 2017. 6. pp. 22–24.

## **Evaluation of regional green development level and study of influencing factors**

Y. Yafen

*Harbin Institute of Technology, Harbin, China*

*e-mail: yyf130629@163.com*

With the aggravation of resource constraints and environmental pollution, the issue of green development has received unprecedented attention. Under the constraints of resources and environment and the promotion of sustainable development concepts, how to evaluate the level of regional green development, explore the factors affecting regional green development and accelerate the promotion of energy conservation and emission reduction are of great research significance for the realization of sustainable development.

Based on the connotation and elements of sustainable development, combined with the current situation of China's regional development and the practical basis of green development, this paper focuses on sorting out relevant theories and literatures on green development and green economy, constructs an evaluation index system of the comprehensive effect of regional green development. Furthermore, this paper provides relevant policy suggestions for promoting sustainable development.

### **References**

1. Borel-Saladin J.M., Turok I.N. The Green Economy: Incremental Change or Transformation? // *Environmental Policy & Governance*. 2013. 23(4). pp. 209–220.
2. Costanza R., Daly H.E. Natural capital and sustainable development // *Conservation biology*. 1992. 6(1). pp. 37–46.
3. Hamdouch A., Depret M.H. Sustainable Development and the Territorial Dynamics of the 'Green Economy': Actors, Scales and Policies // *Social Science Electronic Publishing*, 2010
4. Jacobs M. The limits to neoclassicism: towards an institutional environmental economics // *Social theory and the global environment*. 2013. pp. 75–99.
5. Makower J., Pike C. Strategies for the green economy: opportunities and challenges in the new world of business // *Plenty*. 2008. 133(17). pp. 77–78.
6. Rennings K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics // *Ecological economics*. 2000. 32(2). pp. 319–332.
7. Speck S. Energy and carbon taxes and their distributional implications // *Energy Policy*. 1999. 27(11). pp. 659–667.
8. Zhu S., He C., Liu Y. Going green or going away: Environmental regulation, economic geography and firms' strategies in China's pollution-intensive industries // *Geoforum*. 2014. 55(55). pp. 53–65.
9. Xu Xian-chun, Ren Xue, Chang Zi-hao. Big data and green development // *China Industrial Economics*. 2019. 4. pp. 5–22.
10. Hu An-gang, Zhou Shao-jie. Green development: Functional definition, mechanism analysis and development strategy // *China Population, Resources and Environment*. 2014. 24(01). pp. 14–20.

11. Xie Xiong-biao, Wu Yue, Yan Liang. Enterprise green development path and policy suggestions under the background of digital age. *Ecological Economy*. 2015. 31(11). pp. 88–91.
12. Hu Angang. *Innovating green development in China*. Beijing: China Renmin University Press, 2012.

## **Review of semiconductor pulsed power switches**

L. Liang

*Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China*

*e-mail: lianglin@hust.edu.cn*

Pulsed power technology is a kind of special power supply technology. It stores the energy in long time and releases it in short time, then gets the extreme high peak power. In the civil and industrial areas, it could be applied for the treatment of waste gas and water, treatment of solid waste, synthesis of nanopowders, biological and medical technology, etc. Pulsed power switch is the key element of the pulsed power system. Because of the development of semiconductor technology and the advantage of semiconductor switches, pulsed power switch tends to turn into semiconductor. In this report, the semiconductor pulsed power switches are reviewed, including the serial special types of switches proposed by Russian scientists firstly, the RSD(reversely switched dynistor) of microsecond range, the DSRD(drift step recovery diode) of nanosecond and the FID(fast ionization dynistor) of picoseconds, and the main stream of power electronic devices IGBT applied in the pulsed power areas. The semiconductor material includes the traditional silicon and the wide bandgap silicon carbide. The operation principle, key technology, characteristics evaluation, application status and prospect for each sort of switches are illustrated in this report.

### **References**

1. Gorbatyuk A.V., Grekhov I.V., Nalivkin A.V. Theory of quasi-diode operation of reversely switched dinistors // *Solid-State Electronics*. 1988. 31(10). pp. 1483–1491.
2. Grekhov I.V., Efanov V.M., Kardo-Sysoev A.F., et al. Power drift step recovery diodes (DSRD) // *Solid-State Electronics*. 1985. 28(6). pp. 597–599.
3. Lin Liang, Yuxiong Shu, Ludan Zhang, et al, Orthogonal Optimization Design for Structural Parameters of SiC Reversely Switched Dynistor // *The 28th International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs (ISPSD)*. 2016. pp. 491–494.
4. Lin Liang, Quan Wei, Yuehui Yu. Two-dimensional numerical model and turn-on performance simulation of reversely switched dynistor // *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2014. 29(1). pp. 522–528.
5. Brylevskiy V., Smirnova I., Gutkin A., et al. Delayed avalanche breakdown of high-voltage silicon diodes: Various structures exhibit different picosecond-range switching behavior // *Journal of Applied Physics*. 2017. 122. 185701.
6. Mohsenzade S., Zarghany M., Kaboli S. A Series Stacked IGBT Switch With Robustness Against Short-Circuit Fault for Pulsed Power Applications // *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2017. 33(5). pp. 3779–3790.
7. Hinojosa M., O'Brien H., Van Brunt E., et al. Solid-state Marx generator with 24 KV 4H-SiC IGBTs // *IEEE Pulsed Power Conference*, 2015.

## **Human cell consumption of radiation energy**

C. Song

*University of Science and Technology Beijing, Beijing, China*

*e-mail: chingsong962005@sas.ustb.edu.cn*

Synthetic biology is an emerging enabling technology to meet the challenges for human survival and prosperity. Here we report our on-going study lasting a few years of characterizing a light-driven proton pump in human mitochondria using synthetic biology theory and methods. This technology has a potential to energize human cells beyond chemical energy, for a variety of applications from pharmaceutical production to space travel.

## **Evidence-based Proposition about preventing radiation damage**

H. Wu, W. Shaoxuan

*Huazhong University of Science and Technology, Hubei, China*

*e-mail: hsingtzu@hust.edu.cn, 1796566343@qq.com*

There are many operating nuclear power plants in the techno-sphere and radiation released from a severe nuclear accident could harm the environment. Therefore nuclear safety plays an important role in techno-sphere safety. All nuclear power plants have equipped sufficient safety systems in case of emergency. However, to the best of the authors' knowledge, there is no effective way to prevent radiation from being released to the environment once all safety systems fail, such as the Fukushima nuclear accident. Radiation comes from radioactive isotopes that released from a nuclear reactor core, and here we propose a novel and evidence-based method to naturally trap most radioactive isotopes within a certain area to avoid radiation damage outside the certain area. We suggest that a nuclear power plant should be surrounded by a forest since scientific reports show radioactive isotopes released from severe nuclear accidents tend to be preserved in a forest ecosystem with low output ratios [1, 2]. Key elements of the forest are also identified. For example, evergreen species would be better options than deciduous species [3] and Fungi contribute substantially to the long-term retention of radioactive nuclides [4]. This approach guarantees that radioactive isotopes will be locked within the forest area after the occurrence of a severe nuclear accident and therefore secure safety outside the forest.

### **References**

1. François Goor, Yves Thiry. Processes, dynamics and modelling of radiocaesium cycling in a chronosequence of Chernobyl-contaminated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations // *Science of The Total Environment*. 2004. Vol. Issues 1–3. pp. 163–180.
2. Tadafumi Niizato, Hironobu Abe, Katsuaki Mitachi, Yoshito Sasaki, Yasuo Ishii, Takayoshi Watanabe. Input and output budgets of radiocesium concerning the forest floor in the mountain forest of Fukushima released from the TEPCO's Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2016. Vol. 161. pp. 11–21.
3. Toshihiro Yoshihara, Hideyuki Matsumura, Shin-nosuke Hashida, Toru Nagaoka. Radiocesium contaminations of 20 wood species and the corresponding gamma-ray dose rates around the canopies at 5 months after the Fukushima nuclear power plant accident // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2013. Vol. 115. pp. 60–68.
4. Steiner M., Linkov I., Yoshida S. The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2002. Vol. 58. Iss. 2–3. pp. 217–241.

## **Performance analysis and optimization of a household radiant cooling/heating system integrated with fresh air supply**

Y. Yin<sup>1,2</sup>, Y. Wang<sup>1</sup>, X. Zhang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing China*

<sup>2</sup>*Engineering Research Center of BEEE of Ministry of Education, China*

With the ever-accelerated development of urbanization, the energy consumption on building cooling/heating is increasing rapidly, and thus the energy-saving renovation of air-conditioning systems has occupied an important position. For heat pump driven air-conditioning (HPAC) systems, those applied for household with small scale generally have poor energy-saving performance, which urgently needs to be addressed.

Employing temperature and humidity independent control (THIC) systems integrated with liquid desiccant dehumidification is sufficiently effective for energy conservation in air-conditioning. However, the hot-cold offset and concentrated-diluted offset in liquid desiccant loop would deteriorate the system performance and restrict their utilization potentiality especially for small-scale air-conditioning systems. This paper proposed a household THIC air-conditioning system, in which the fresh air moisture is preliminarily removed by high-temperature chilling water and then deeper removed by liquid desiccant. The cooling capacity loss resulting from the hot-cold offset was significantly alleviated with the decrease in the required solution flow rate from regenerator to dehumidifier. Further to cope with the dehumidification capacity loss resulting from the concentrated-diluted offset, the system was developed into the formation of intermittent solution delivery. The working procedures and control methods for the developed system were specified, and a quasi-dynamic model was introduced to evaluate its one-day performance. The results showed that the developed system holds satisfactory dehumidification capacity and controllability in a typical summer day in Nanjing and improves the system COP by 25.8–30.1 % compared to the conventional system. The results can help to design energy-efficient and capacity-sufficient HPLD building radiant cooling/heating system.

## **Научные основы обеспечения экологической безопасности территорий как основа устойчивого развития городов**

Е. Котлярова

*Донской государственный технический университет*

*e-mail: ekkot.arch@gmail.com*

В настоящее время современный город претерпевает значительные инфраструктурные изменения, которые приводят к изменениям состояния окружающей среды. Значительное влияние на состояние окружающей среды оказывают не только промышленные предприятия, но и объекты учебно-воспитательного назначения, здания социального обслуживания населения и здравоохранения, сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности и временного пребывания. Связано это, прежде всего, с тем, что в современном городе все больше места занимают селитебные зоны, вытесняя промышленные. Действующие промышленные зоны активно выносятся за черту города, но это не является долгосрочным решением проблемы ввиду роста и последующего объединения урбанизированных территорий в агломерации. В то же время заброшенные территории активно подвергаются восстановлению для последующего использования их в качестве объектов общественного назначения, что



по-прежнему позволяет рассматривать их в качестве источников негативных воздействий на окружающую среду.

Проблема негативных воздействий различного характера на окружающую среду от функционирования объектов общественного назначения в настоящее время является особенно актуальной. Особое место среди таких объектов занимают торгово-развлекательные комплексы, представляющие собой уникальный симбиоз различных зон, что делает их объектами с обширным перечнем негативных факторов, влияющих на окружающую среду. Для решения данной проблемы на первом этапе исследования нами было выполнено изучение существующих научных подходов к оценке состояния окружающей среды и выбор научной основы для последующих исследований. Полученные результаты на выполненном этапе исследования могут быть положены в основу совершенствования существующей научной базы с целью минимизации недостатков имеющихся подходов.

По результатам выполненного этапа исследований можно сделать вывод, что достижение экологической безопасности крупных городов возможно только при совершенствовании существующей научно-методической базы в области предварительной оценки уровня воздействий на окружающую среду и подбора соответствующих мероприятий. Бесспорно, подобный подход способен приблизить достижение общемировой цели в области устойчивого развития городов, сделав комплексную оценку влияния на окружающую среду воздействующих факторов более информативной и точной.

#### **Список литературы**

1. Pacetti M., Passerini G. *The Sustainable City VII: Urban Regeneration and Sustainability*. WIT Press, 2012. 1312 p.
2. Беспалов В.И., Котлярова Е.В., Бондаренко А.С. Научно-методические основы обеспечения экологической безопасности территорий в условиях урбанизации // *Инженерный вестник Дона*. 2019. № 1.
3. Нефёдов В.А. *Как вернуть город людям*. М.: Искусство-XXI век, 2015. 160 с.
4. Ледащева Т.Н., Пинаев В.Е. Обзор зарубежных публикаций по вопросам оценки современного состояния окружающей среды и оценки воздействия на окружающую среду // *Науковедение*. 2017. № 1 (Том 9).

### **Applying large volume plasma discharges in water to cleaning of lakes and marshes**

C. Zhang

*Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China*

*e-mail: zch852@126.com*

With the rapid development of industry and continuous expand of the scale of the city, large amounts of nitrogen and phosphorus emissions into the water body, which cause an overproduction of the algae and a eutrophication. Recently, the frequency and severity of cyanobacterial blooms in freshwater-lakes are growing rapidly.

A range of physical, chemical, and biological reactions can be initiated by the pulsed power supply discharging in water. The strong electric field, high current, UV rays, free radicals and high-pressure shock waves will be generated, which can be used to rupture the bubbles in the cyanobacteria cells. As an advanced oxidation technology, pulse discharge

method is more and more popular because of its high processing efficiency, non-selectivity and non-secondary pollution. The main components of the method applied to cyanobacteria-removal are high voltage pulse power supply, discharge reactor and discharge mode.

### References

1. Pinguet S., Dupéroux, J., Delmote, P., Bieth, F., Bischoff, R. Short-Pulse Marx Generator for High-Power Microwave Applications // *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2013. 41. pp. 2754–2757.
2. Rezanejad, M., Sheikholeslami, A., Adabi, J. High-Voltage Pulsed Power Supply to Generate Wide Pulses Combined With Narrow Pulses // *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2014. 42. 1894–1901
3. Zhang, C.H., Namihira, T., Kiyan, T., Nakashima, K., Katsuki, S., Akiyama, H., Ito, H., Imaizumi, Y. Investigation of Shockwave Produced by Large Volume Pulsed Discharge Under Water. In *Proceedings of 2005 // IEEE Pulsed Power Conference*, 13–15 June 2005.

## Laser methane remote detector

B. Yang

*Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China*

*e-mail: bxyang@nuaa.edu.cn*

The detection and measurement of methane concentrations using the characteristic optical absorption of the methane is important for both understanding and monitoring a variety of phenomena from industrial processes to environmental change <sup>[1]</sup>. Our work focus on the Laser Methane Remote Detector, which is designed based on Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy technology (TDLAS) <sup>[2]</sup>. The device operates on a sharp absorption wavelength unique to methane, the strength of the absorption is related to the concentration of methane present (by the Lambert-Beer Law) <sup>[3]</sup>. The detector is easy to operate and is highly selective to methane, with high sensitivity, good accuracy (~10ppm), and a low rate of false alarms. It can detect methane leaks up to 200 meters away. The detector will be of great help in increasing the efficiency and quality of online inspections, and will make it safe and easy to perform inspections in unreachable areas, such as pipes under bridges, vertical pipelines along tall buildings and long pipelines behind locked gates, etc.

### References

1. Laj P. et al. Measuring atmospheric composition change // *Atmos. Environ.* 2009. 43. pp. 5351–5414.
2. Williams D.E. Conduction and gas response of semiconductor gas sensors. Chapter 4 in *Solid state gas sensors*, Ed P.T. Moseley and B.C. Tofield, Adam Hilger (Bristol). 1987.
3. Allen M.G. Diode laser absorption sensors for gas-dynamic and combustion flows // *Meas. Sci. Technol.* 1998. 9. pp. 545–562.

# **Study on the strategy of greening transformation for industrial buildings-taking Liaoyang paper machinery factory as an example**

B. Xue

*Dalian University of Technology, Dalian, China*

*e-mail: 350446817@qq.com*

Green building renovation has increasingly become the focus of attention in the construction industry around the world. China has also implemented a national policy of sustainable development, and low-carbon, ecological and green mode has become a strategic choice of urban development and transformation. Due to the differences of construction ages, structural forms and energy-using equipments, the strategies of transformation for existing industrial buildings are also different. Generally, in the process of greening transformation, the selection of appropriate technology should follow the principle that passive technology takes precedence over active technology. In this paper, a industrial buiding, Liaoyang Paper Machinery Factory, is greenly transformed as an example, and low-cost passive green technologies such as high-efficiency energy-saving doors and windows, adjustable external shading, roof greening, natural lighting, natural ventilation, etc. are taken into account. Meanwhile, optimization design using active technology like high-efficiency energy-saving HVAC system is added. This transformation strategy can provide reference for similar greening transformation design of industrial buildings.

## **References**

1. Schot J., Brand E., Fischer K. The greening of industry for a sustainable future: building an international research agenda // *Business Strategy & the Environment*. 1997. 6(3). pp. 153–162.
2. Liu Y., Li X., Li X., Liu L. Low carbon industrial park green infrastructure planning control strategies discussed. 2014.
3. Yu S.Q. Exploration on factors of old industrial building renovation and design practice // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017.
4. Guo X.M., Lin Y.X. On green strategy of the building industry: case study of vanke // *Advanced Materials Research*. 2012. pp. 512–515.
5. Research Group. A study on the green transformation of Chinese industry. China Industrial Economics. 2011.

Научное издание

**ЭНЕРГО-РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ В  
ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Сборник научных трудов  
II международной научной конференции  
«Энерго-ресурсоэффективность  
в интересах устойчивого развития»

**16–20 сентября 2019 г.**

Печатается с оригиналов, подготовленных авторами

Подписано в печать 09.09.2019.  
Формат 60 х 90 / 16. Усл. печ. л. 16,5.  
Тираж 500 экз. Зак. 55к.

Отпечатано в типографии Издательства  
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный  
исследовательский технический университет»  
664074, ул. Лермонтова, 83.