



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International  
Competence Centre for  
Mining-Engineering Education

# ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ-КОНКУРС  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

**18-20**  
**АПРЕЛЯ**  
**2018**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Международный форум-конкурс молодых ученых

18-20 апреля 2018 г.

*Сборник научных трудов*

*Часть II*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2018

УДК 00(55+62+66+33+50+54)  
ББК 2(26+33+60+66)  
П493

В сборнике помещены труды молодых исследователей, участников Международного форума-конкурса «Проблемы недропользования» 18-20 апреля 2018 г. Материалы сборника представляют интерес для широкого круга исследователей, ученых, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области поиска, разведки, добычи и переработки полезных ископаемых.

The Volume contains works of young researchers - participants of International Forum of Young Researchers «Topical Issues of Subsoil Usage», which was held at the St. Petersburg State Mining Institute from the 18<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> April 2018. The Volume can be of great interest for a wide range of researchers, scientists, university lecturers, specialists and managers of industrial enterprises and organisations as well as for businesspeople involved in exploration, prospecting, development and processing of minerals.

Редакционная коллегия: профессор *И.Б.Сергеев* (председатель), доцент *Л.С.Синьков*, доцент *Ю.М.Сицук*.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ</i> .....	4
<i>ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</i> .....	35
<i>ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ</i> .....	88
<i>МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ-КОНКУРСА СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА</i> .....	123

# **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

ANDERSEN, SHARON; KAMINSKI, SOPHIE; WALDMINGHAUS, ANTJE  
*Technische Universität Bergakademie Freiberg*

## **AGENDA 2030: CAN RATIONAL MANAGEMENT LEAD TO INCREASED SHAREHOLDER VALUE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE NATURAL RESOURCES SECTOR?**

### **1. Introduction**

The origin of innovative development is often understood as being rooted in the technology sector, and relating specifically to technology enabling economic and other kinds of development. In this paper an economic tool of a different kind is introduced: an innovative mindset within the management of a company, which leads to innovative development.

The economic tool which will be discussed is the Agenda 2030 issued by the UN in 2015 focusing on three dimensions of sustainable development: economic growth, social inclusion and environmental protection. It highlights these dimensions by formulating 17 Sustainable Development Goals (SDGs).<sup>1</sup> Can implementing the Agenda 2030 as an economic tool within a company lead to rational management of natural resources without contradicting the company's priorities of profit and increase of shareholder value?

The term "rational management" as it will be used in this paper is defined as making decisions which balance the company's shareholder value with its impact on the business environment. Rational Management is guided by the Agenda 2030 and measures its accomplishment in regard of the SDGs.

### **2. Extrinsic Motivation**

Companies in general must prioritize profit and increase of shareholder value. Conventionally it is assumed, that sustainable management of natural resources imposes higher costs and does not lead to a fulfilment of a company's priorities to increase their shareholder value. Often, extrinsic motivation drives company change because external stakeholders can negatively impact the company should it fail to comply. Looking at the mining and natural resource sector, two notable sources of extrinsic motivation to invest in sustainable development illustrate this: legal requirements and public pressure. Laws e.g. in the area of environmental issues or labour compel a company's management to adjust their operations, even though compliance might complicate the achievement of the company's targets. The European Union for instance implemented the Industrial Emissions Directive which governs the industrial activities of over 50,000 installations.<sup>2</sup> Public pressure e.g. from environmental protection groups, NGOs, consumers or local communities can additionally compel the management to prioritize public concerns. For instance, TOTAL SA states on their investor webpage as a headliner: "We integrate climate into our strategy"<sup>3</sup>, giving just one example of typical phrases used as a value proposition to be competitive on the market.

The examples show, that these motivations are able to bring about rational management to some degree, and thus promote the Agenda 2030 as legal and public demands must be satisfied up to a certain level. As a company responds to the demands, it may require innovation to adequately meet requirements and simultaneously increase shareholder value which leads to innovative development.

A more satisfying catalyst for innovative development however is intrinsic motivation, which can shift the conception and practices of the natural resource and mining sector from exploiting to supporting and from reactive to proactive. When companies seek to tackle problems with a long term perspective they on the one hand fulfill legal requirements and interest of public groups and on the other hand more importantly secure their market position.

### **3. Intrinsic Motivation**

Companies desire to increase shareholder value, and do this independent of external pressure. Even in a market designed with sufficient laws to trigger, encourage and channel responsible economic activities, market participants may additionally pursue sustainable solutions intrinsically motivated by the desire to secure long-term growth. Some CEOs have already realized that the SDGs present an enormous growth opportunity. Especially stating that "solving them will mitigate the risks that they pose to all businesses."<sup>4</sup>

Besides the profound understanding of the relevance of sustainable behaviour, the inevitable necessity for business is stressed: private investors constantly face several problems when doing business. For example, Sumitomo Corporation, a Japanese conglomerate which produces metal products experiences one of the major challenges for companies in the extractives sector: doing business while mitigating environmental risks. In their case, the mine's location in Madagascar, an island with unique biodiversity underscores the value of minimizing environmen-

<sup>1</sup> United Nations (no date, a), United Nations (no date, b)

<sup>2</sup> European Commission (2016)

<sup>3</sup> TOTAL SA (no date)

<sup>4</sup> Frascinella (2017)

tal damage. In the short term, this challenge could be put off, or superficially attended to so as to appease the government and the local population. In the long term, the matter is more complicated: the company would need to consider the impact of their mine from the outset of their operations and beyond.

An upfront decision must be made: Shall effort and time be spent to tackle the problem long-term or is a fast, short-term change more appropriate?

The connection between daily business problems and the SDGs is rarely straightforward. Nevertheless, considering the chain of effects, relevant correlations become more apparent. An intrinsic motivation exists to foster long term problem solving to ensure the company's wealth. Furthermore, comprehensive consideration of the correlation between business and its environment is necessary. Often, the long-term solution for a business-related problem also helps to fulfil the SDGs as a by-product while the investor remains the primary beneficiary. In the case of Sumitomo, they have a clear fiduciary duty to the Madagascar community around their mine to ensure that the surroundings are economically viable, ecologically stable and safe for human habitation throughout the period of mining operations and arguably, even after the mine ceases operations.<sup>5</sup> To meet this duty, the company has committed to several actions including moving their pipelines into areas that don't threaten critical habitats, taking steps to ensure plant life can be restored, forest protection, among other ways of abiding by the highest environmental standards.<sup>6</sup> Through this they ensure understanding of the local community, a supporting government, opportunities for partnerships (e.g. with other governments), limited environmental damages, reduced financial risks (e.g. those that arise from litigation, accidents related to environmental damage, etc.) and positive reputation. All this prevents future unknown costs arising from disregarding this issue and increase shareholder value.

The potential of these intrinsic motivations to drive innovative development cannot be underestimated. When a company fully understands its problems, economic tools such as the Agenda 2030 foster an innovative mindset in which there is no 'either or' option between increasing shareholder value and generating sustainable solutions. Companies rarely go beyond the minimum in complying with regulations and also respond to demanding trends only as long as it captures society's attention. They do however act swiftly and holistically where they identify that it furthers their pursuit of growth and security.

#### 4. Conclusion

In answering the question: "Can implementing the Agenda 2030 as an economic tool within a company lead to rational management of natural resources without contradicting the company's priorities of profit and increase of shareholder value?", the paper shows that if a company's management shifts from a short-term to a long-term perspective, it yields long-term benefits. These benefits increase its shareholder value, in keeping with its business priorities. This simultaneously engenders sustainable development, a fiduciary duty particularly applicable to the natural resources sector.

The developing world is linked to the extraction of natural resources, and as such is a relevant area to study. It is shown by using case studies from developing countries that innovative rational management can transform the sector from exploiting to supporting and from reactive to proactive.

#### Bibliography

1. European Commission (08.06.2016, accessed: 15.02.2018): *The Industrial Emissions Directive*, <http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>
2. Frascinella (12.10.2017, accessed: 15.02.2018): *Five compelling reasons why investors should engage with the SDGs: PRI, PwC*, <https://www.unpri.org/press-releases/five-compelling-reasons-why-investors-should-engage-with-the-sdgs-pri-pwc-report>
3. Sumitomo (04.2017, accessed: 15.02.2018): *The Ambatovy Project, One of the World's Largest Nickel Projects*, <http://www.sumitomocorp.co.jp/english/business/article/id=235>
4. TOTAL SA (no date, accessed: 15.02.2018): *Investors*, <https://www.total.com/en/investors>
5. United Nations (no date a, accessed: 12.12.2017): *Official Website SDGs*, <http://www.un.org/sustainabledevelopment/summit/>
6. United Nations (no date b, accessed: 12.12.2017): *Official Website Sustainable Development*, <https://sustainabledevelopment.un.org/>
7. United Nations Global Compact, KPMG (2016, accessed: 27.12.2017): *SDG Industry Matrix Energy, Natural Resources and Chemicals*, [https://www.unglobalcompact.org/docs/issues\\_doc/development/SDG-industry-matrix-enrc.pdf](https://www.unglobalcompact.org/docs/issues_doc/development/SDG-industry-matrix-enrc.pdf)

DIPL.-GEOÖKOL. JEANNETTE SAURBIER

---

<sup>5</sup> Sumitomo Corporation (2017)

<sup>6</sup> United Nations Global Compact, KPMG (2016)

# CIRCULAR PRODUCT DESIGN – EFFECTS AND LIMITATIONS THROUGH MINIATURIZATION

## 1 Introduction

The world started changing with the rising living standards in the 18th and 19th centuries. The “economic machine” creates and feeds a society of mass production and consumption. Therefore it uses resources: cheap energy and materials. This on money and economic growth focused cycle is wasteful at the expense of the environment (Ellen-MacArthur Foundation, 2015). For a long time, environmental problems were seen as uni-dimensional problems related to polluted air and dirty water, as well as waste or risks associated with chemicals. But today’s environmental problems are multi-faceted and non-linear. Global challenges and complex correlations obligate the world to understand and deal with an open-system approach and the need to change the ways of thinking and acting (Wimmer, 2010). With the aim of reducing environmental impacts the improvement of products, services and systems started.

## 2 Eco-design vs. Circular product design

Eco-design as a systematic approach allows a draft of environmentally friendly products. There are several strategies to reduce impacts on the life cycle of products on material level, possibilities to choose materials in principle, reduce quantities, improve techniques, transport, during use, and optimization of life cycle and end-of-life steps (Maris, 2014).

In fact, and in accordance with the principles of Circular Economy a product cannot become waste. But looking at the guiding principles for eco-design, all products will become waste at a certain point of time. Even the European Waste Framework Directive defines the terms in relationship with waste. Now there is the question if the underlying concepts, where these definitions are used, really incorporate with the idea of Circular Economy or if there should be new definitions, terms and thoughts about the closed-loop system and a Circular Product Design (den Hollander, 2017).

The new typology of circular product design combines approaches of eco design (design for recycling) with the new content of design for product integrity, containing design approaches for longer use, extended use and recovery. There is a differentiation between preventing and reversing obsolescence once at a product and component level and twice on the previous material level. The goal of design for product integrity is to prevent the economic value of products over time and minimization/elimination of environmental costs (den Hollander, 2017). So the most important task is to fractionize products into elements allowing exchange, replacement or extension for fast repairing and increased or restarted product use cycles (Halstenberg, 2015).

## 3 Effects and limitations through miniaturization

On the one hand minimization is a process for downscaling structures and on the other hand to become more efficient by keeping the structural shape. There are many reasons why developers of electrical equipment try to increase the amount of modules on a surface, centralized under the term “miniaturization”. Saving space, volume or weight, shortening signal paths, and last but not least increasing the number of functions. In the following passages effects and limitations of miniaturization are illustrated, subdivided into the categories for technical, economic and ecological consideration.

### 3.1 Technical

Positive effects are of course the smaller, lighter and high-performing structures and components. Limitations occur with regard to material and geometry so that technologies for micro-systems can only be used for special applications as high-duty integrated circuits (Ostendorf & König, 2015). Feasible and practical scales for industrial applications have to be defined to meet the needs of industrial development (Qin, 2006). In the field of precision mechanics limitations are at manufacturing level relating to cavities and section thickness of formed components (Piotter, 2016). Many components packed in a compact way can be interference-prone relating to electromagnetic compatibility or thermo-management (Geier, 2017).

### 3.2 Economic

Positive economic effects exist in the field of costs, less stock capacity, savings in raw material charge, packaging and supply. The limitations come with ways of market access, production scale, manufacturing costs, and the idea of Circular Economy. Small designs are often much more expensive than established sizes, which are receivable in high amounts on the market (Geier, 2017). Prices in production increase with structures getting smaller. Often only well-heeled companies are able to develop and run these engineering systems (Ostendorf & König, 2015). Depending on system cost and capability, as well as on the scale of production, manufacturing cost could increase. Compared to mass production with conventional equipment, purchasing special micro-factory equipment means a big matter of expense (Qin, 2006). With a certain size, some designs are no more exchangeable by repairing during production, leading to a greater extent of production wastage (Geier, 2017). Costs in the field of re-work occur in labor costs for highly qualified staff and with costs for adjusted processes, special equipment and appropriate working environment (Rückert, 2017).

### 3.3 Ecological

The main ecological effect of miniaturization is to reduce resource consumption, generating a smaller environmental impact than bigger designs. Limitations arise with high energy demands in production, difficult re-work

in use phase, remanufacturing at the end-of-life phase and significant losses through recycling techniques that are not able to recover small amounts. The rapid growth of efficiency results in products getting smaller and cheaper. This leads to extra consumption and with this higher environmental burden through production and increasing energy- and material consumption partly with toxic properties for packaging (Behrendt, 2010). If re-work is not possible, because small systems and compounds are not repairable when they are broken, they have to be disposed as electronic scrap. While generating more waste because of inefficient product design, besides there is an irrecoverable loss of material (Geier, 2017). High efficient components are integrated in various smart applications and are therewith obtainable for everybody. Even if the energy demand decreases for the use of miniaturized applications, energy required for infrastructure for information and communication technology (ICT) will increase (Behrendt, 2010). Smart technologies and ICT in everyday life come along with increasing electromagnetic radiation and effects on the organism (Behrendt, 2010).

#### 4 Conclusion and final thoughts

At first sight, miniaturization looks like solving many problems. Less resource consumption and still highly efficient electronics, less costs for packaging and decreasing environmental impacts. But having a deeper insight, limitations occur in technical, economic and ecological sectors. Meeting obstacles through material and geometry tasks, problems on manufacturing level, expensive and energy intensive production technologies, re-work challenges as well as environmental burden have to be mentioned. A review on product design showed, that miniaturization is not yet sustainable. The separation of product level and material level in the designing process may be debilitating. The new idea is to upgrade the strategies. A combination of both as a design for optimized minimization could be beneficial. Starting points and main parts for sustainable optimization of miniaturized components are material use and end-of-life-systems, where until now the most problems were registered. So the task is to develop a holistic approach to combine sustainability factors with miniaturization to survey the meaningful purpose and reduce limitations and negative aspects going along with keeping and improving advantages. Methods of Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) as Analytic Hierarchy Process (AHP) or Benefit Analysis may help to find efficient solutions for modularized, miniaturized components and products with regard to circular thinking of material and resources. Sustainable products for future generations have to be generated appropriate to targets. Within these targets technical, economic, ecological preferences have to be set.

#### References

- Behrendt, S. (2010). Integriertes Roadmapping. Nachhaltigkeitsorientierung in Innovationsprozessen des Pervasive Computing. IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Heidelberg: Springer.
- den Hollander, M. (2017). Product Design in a Circular Economy. Development of a typology of Key Concepts and Terms. Journal of Industrial Ecology. (S. 517-525).
- Ellen-MacArthur Foundation. (November 2015). Towards a Circular Economy. Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen-MacArthur Foundation. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf)
- Geier, J. (2017). Miniaturisierung der Bauteile kann mehr Ausschuss nach sich ziehen. Elektronik Praxis. <https://www.elektronikpraxis.vogel.de/miniaturisierung-der-bauteile-kann-mehr-ausschuss-nach-sich-ziehen-a-627569/index3.html>
- Halstenberg, F. (2015). Target-oriented Modularization. Addressing Sustainability Design Goals in Product Modularization. Procedia CIRP 29 (S. 603-608). Sydney, Australia: The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering.
- Maris, E. (2014). From Recycling to Eco-design. Handbook of Recycling. Chapter 27. (S. 421-427). Elsevier. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123964595000271>:
- Ostendorf, A., & König, K. (2015). Im Zeichen der Miniaturisierung. DFG Magazin forschung 2/2015. (S. 14-18). [http://www.dfg.de/dfg\\_profil/gesamtliste\\_publicationen/forschung\\_german\\_research/index.html](http://www.dfg.de/dfg_profil/gesamtliste_publicationen/forschung_german_research/index.html)
- Piotter, V. (2016). Miniaturisierung? Ja, bitte! DFG Magazin forschung 3/2016, (S. 24-27). [http://www.dfg.de/dfg\\_profil/gesamtliste\\_publicationen/forschung\\_german\\_research/index.html](http://www.dfg.de/dfg_profil/gesamtliste_publicationen/forschung_german_research/index.html)
- Qin, Y. (2006). Micro-forming and miniature manufacturing systems. Development needs and perspectives. Journal of Materials Processing Technology. Volume 177. Issues 1-3. (S. 8-18).
- Rückert, C. (2017). Wie klein darf's sein? Mehr Funktionen durch Miniaturisierung. [www.wiso-net.de](http://www.wiso-net.de)
- Wimmer, W. (2010). Ecodesign. The competitive advantage. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science + Business Media.

**JAKUB LISZCZ**

*Agh university of science and technology Kraków, Poland*



# **REPORTING AND ANALYSIS OF SMALL MANUFACTURE RETAIL AND SERVICE BUSINESS USING MICROSOFT**

## **1. Introduction**

Basic and fundamental target that every company, no matter small retailer or international enterprise wants to achieve is generating more profit and grow its business. Nowadays, the managers have huge variety of many different methods and tools to control and analyze the information about its functioning. Considering enormous concerns which have repeatedly bigger amount of money to spend on complicated ERP (Enterprise Resource Planning) systems, everything changes when smaller businessmen wants to have the possibility to control company situation. One of many solutions for that problem is Microsoft Office package including well-known to everyone, easy to use and powerful programs such as Word, Power Point or Excel which meets the expectations for reporting, visualizing and analyzing data.

## **2. What should the report consist of and how should it look like?**

One of the most famous philosophers and mathematicians- Pythagoras, said one day that “All things are numbers” which maybe cannot be related with all things and situations but while talking about small business and its financial results it definitely true. Numbers accompany almost every taken action and results achieved after them. Amount of invested money, income, profit, costs, number of customers, variety of offered products these are just few examples of numeric data that we can aggregate and analyze to draw conclusions.

Different people and institutions consider reports in different way depending on their goals, targets and specifics of the type of activity. While not entering into details of types of reports for various purposes, there are some common rules mutual for all briefings.

Many specialists and scientific researches points that useful and proper reports should be:

- **Objective-** it should show every information associated with presented topic. It is forbidden to avoid unwanted data that can may be not good for everyone but have impact for overall score. What is more, having objective data can broaden the point of view of the businessman or analyst. Frequent mistake is to consider statistics and results thinking only through only self-experience, paying no attention to possible new aspects.
- **Reliable-** all of the data presented on the reports should represent real state of condition. Only having the certainty about the reality presented via numbers, entrepreneur can make the right decision, that can be even crucial for further business activity.
- **Transparent-** person or system which generates the report should know what information would be suitable for the topic of analysis. What is more the layout of the brief must be clear enough to quickly get important info about the results. Too much data is as unnecessary as too little info, so report has to present balanced amount of numbers, charts etc.
- **Simple-** the only way to make sure that decision maker can quickly make right choice is to simplify the input for his work. Simplifying reports is nothing more than proper, user friendly layout, containing satisfactory components that cover all of the aspects on which satisfying outcome depends on.

Another fundamental question that has to be answered is what does the data give to us? According to the points shown above, numeric information give us the possibility of objective evaluation. Decisions based on reality and facts are much more successful than those one which are just an imagination or only an effect of experience, which is also important while analysis and drawing conclusions.

## **3. Do small companies should prepare reports?**

The answer for many businessmen is very simple- no. Unfortunately too often reports are unlikely associated with big enterprises and useless formalities that are only wealth for its own sake. Reality could be slightly different after doing regular reports for few years, months or even weeks our thoughts do not cover our results even in 50%. User friendly briefings can speed up making decisions and give the possibility to correctly react to the market and customers' needs.

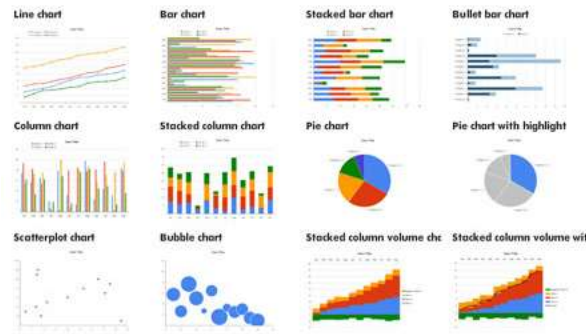
## **4. Microsoft Excel, true power within reach.**

Ideal solution for the small businesses which are very often not affordable for sophisticated computer systems or expensive program licenses there is one software that almost everyone know and use but does not appreciate its capabilities. That program is a part of Microsoft Office applications and its called Microsoft Excel- the most popular spreadsheet in the World. Besides rest of the programs from that package, Excel is compatible with much more such as ERP systems (e. g. SAP), developers applications for project management, accounting etc. What is more for the basic use it is very easy and because of the huge amount of tutorials, trainings and online guides it does not take much time to learn new options and practical functionalities.

## **5. Analytics for everyone.**

On the beginning we have to answer the question, what is the most effective form of data to analyze it? It is for sure the visualization of numeric information. The easiest way to visualize data in Excel is via different types of charts. Microsoft Excel offers many different types of charts to present data. Reasons to use one or another chart can

depend on the type of data, context of presentation etc. Examples of 2D charts to use in spreadsheets are shown on Pic. 1 below.

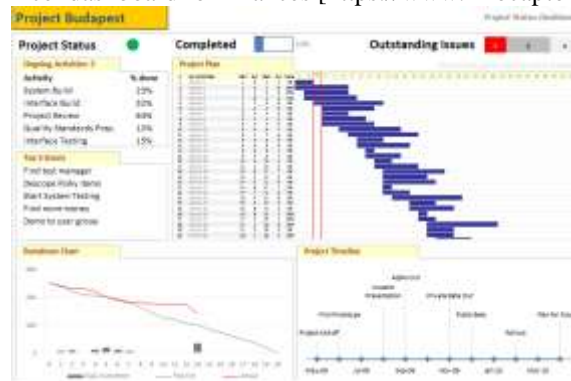


**Pic. 1** Examples of charts in Microsoft Excel [<http://djjr-courses.wikidot.com/ppol225-text:charts-and-diagrams>]

Gathering together different charts and tables with essential numbers crucial for making decisions and quick analysis Microsoft Excel gives users possibility to create special reports called dashboards. These are nothing else than combining the visualizations of data with highlighted numerical information to help businessman and decision makers. Examples of such dashboards are shown on Pic. 2 and Pic. 3 below.



**Pic. 2** Example of Excel dashboard for finances [<https://www.infocaptor.com/dashboard-gallery.php>]



**Pic. 3** Example of Excel dashboard for project management [<https://chandoo.org/wp/2009/10/06/project-status-dashboard/>]

## 6. Summary

Reports should be the obvious source of real information about current situation for every business no matter smaller or bigger. Creating simple but meaningful dashboards many businessmen could make their everyday decisions much easier and correctly contributing to the growth of business.

## PRODUCTION AND CONSUMPTION OF CRUDE OIL, HARD COAL AND NATURAL GAS IN POLAND (YEARS 2008-2015).

### Introduction

Consumption and resource allocation is one of the basic economical activity. Using available resources have a fundamental meaning for economy efficiency and economic growth. Nowadays, basic energy source which come from natural resources are: hard coal, crude oil and natural gas. In the other way we can call them primary energy.

Civilization development is depend on human skills how to use in a good way available energy sources. Contemporary civilization is based on exploiting non-renewable resource such as crude oil, hard coal and natural gas [1; s.78]. Primary energy is the sum of the energy content of naturally existing primary fuels and energy. Then we use them to produce derived energy the energy forms obtained through transformation processes (coke and semi-coke, liquid fuels, industrial gases, electricity and heat) [2].

### Purpose, range and methods of research

The research analyses the supply from domestic sources and domestic consumption of hard coal, crude oil (and oils from bituminous minerals), and natural gas (high-methane natural gas and nitrified natural gas) in Poland in years 2008-2015. The main purpose was to show changes in supply from domestic sources and domestic consumption of primary energy. In the research I used documental method [3]. The source data for research are taken from the Polish Central Statistical Office. I received the results using description.[4]. The results are shown descriptively and tabularly and in graphs.

### The results of research

There was a huge change in the political system in Poland in 1989. It pushed economy forwards but it also caused increase of using energy. Generally it is known that, the higher energy-consuming economy is the biggest wealth of the country. In the Word we can notice higher consuming of processing goods. To result from that we can say that contemporary consumption is high energy-consuming.

Table 1 shows the supply from domestic sources of hard coal, crude oil (and oils from bituminous minerals), and natural gas (high-methane natural gas and nitrified natural gas ) in Poland in years 2008-2015. Table 2 shows domestic consumption of them in Poland in the same years.

Table 1: Supply from domestic sources of hard coal, crude oil (and oils from bituminous minerals), and natural gas (high-methane natural gas and nitrified natural gas ) in Poland in years 2008-2015

Years	Hard coal	Crude oil	High-methane natural gas	Nitrified natural gas
2008	84344	755	3002	3408
2009	78065	687	3373	3578
2010	81150	686	3726	3753
2011	76448	669	3509	3896
2012	79813	730	3480	3972
2013	79153	1259	3340	3907
2014	73271	951	3352	3864
2015	72823	928	3171	3828

Source: Statistical Yearbook of Poland, The Central Statistical Office, Warsaw 2010, 2012, 2014 2016.

Table 2: Domestic consumption of hard coal, crude oil (and oils from bituminous minerals), and natural gas (high-methane natural gas and nitrified natural gas ) in Poland in years 2008-2015

Years	Hard coal	Crude oil	High-methane natural gas	Nitrified natural gas
2008	80415	21036	13036	3386
2009	73997	20282	12512	3576
2010	82162	22838	13680	3852
2011	79362	24169	13836	3957
2012	77358	25152	14533	3986
2013	77610	24203	14709	3940
2014	73125	24132	14259	3861

2015	72742	26108	14480	3820
------	-------	-------	-------	------

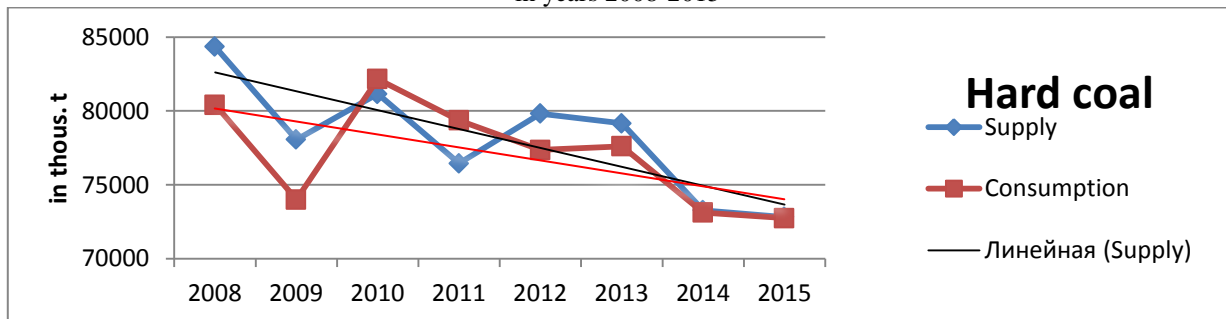
Source: Statistical Yearbook of Poland, The Central Statistical Office, Warsaw 2010, 2012, 2014 2016.

The data in table 1 and 2 show that supply from domestic sources and domestic consumption crude oil and natural gas was increasing, but hard coal was going down. It could be caused because of decreasing interested in hard coal. And the reason of that is ecological factor [1; s.117]. Combustion of hard coal is associated with large impurities and the production of carbon dioxide, which pollutes the atmosphere. More and more people are aware of such threats and are opting for ecological solutions. Thus, the demand for the raw material in question is much lower than it was a dozen or so years ago. Another significant factor contributing to the decline in hard coal production is the lower profitability of its extraction and very high gas competition which is much cheaper and more environmentally friendly [6].

Comparing table 1 to table 2 we can notice that domestic consumption of crude oil and high-methane natural gas is increasing while supply from domestic sources can make it in low level and that is why Poland need to import these materials. As far as supply from domestic sources of hard coal and nitrified natural gas is concerned it almost satisfy needs.

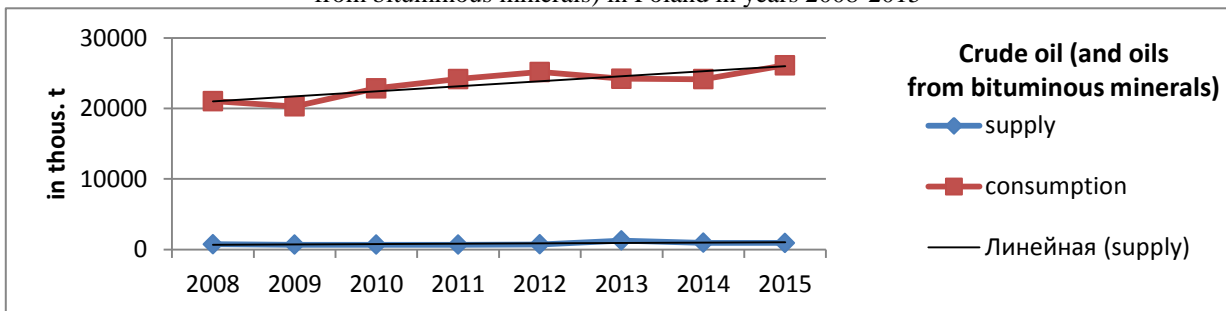
Graphs 1,2,3 and 4 are based on data from table 1 and 2. They show tendency of supply from domestic sources and domestic consumption of hard coal, crude oil (and oils from bituminous minerals), and natural gas (high-methane natural gas and nitrified natural gas) in Poland in years 2008-2015.

Graph 1: Tendency in the supply from domestic sources and domestic consumption of hard coal in Poland in years 2008-2015



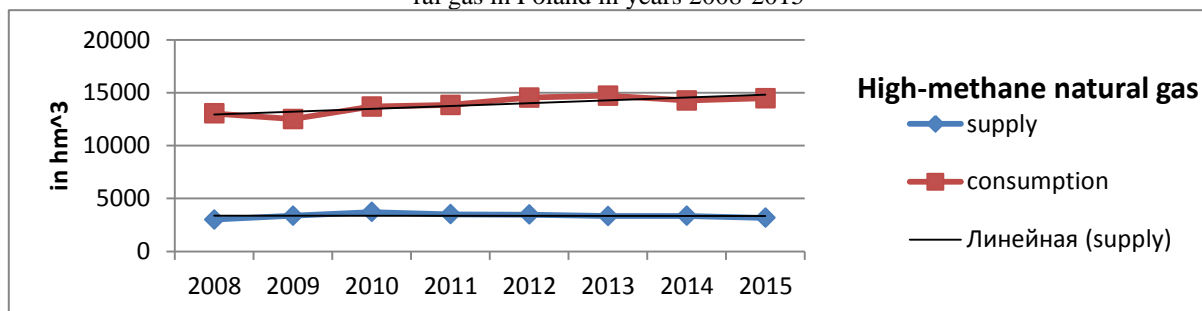
Source: Statistical Yearbook of Poland, The Central Statistical Office, Warsaw 2010, 2012, 2014, 2016.

Graph 2: Tendency in the supply from domestic sources and domestic consumption of crude oil (and oils from bituminous minerals) in Poland in years 2008-2015



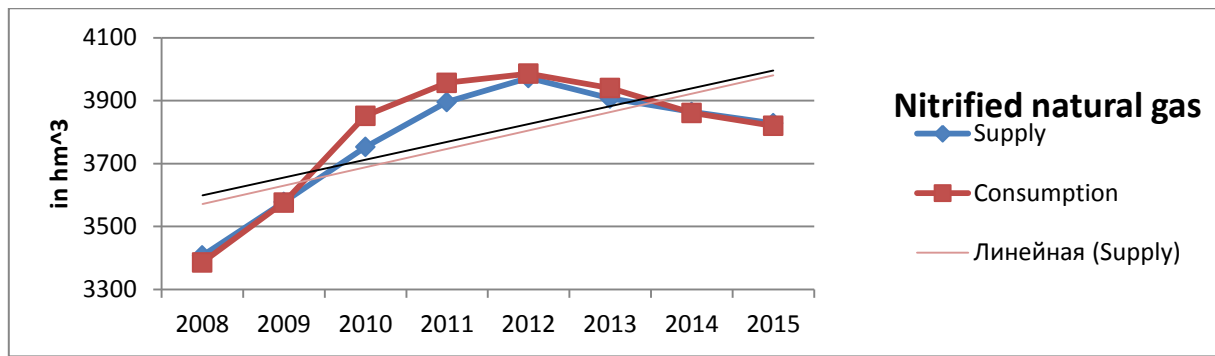
Source: Statistical Yearbook of Poland, The Central Statistical Office, Warsaw 2010, 2012, 2014 2016.

Graph 3: Tendency in the supply from domestic sources and domestic consumption of high-methane natural gas in Poland in years 2008-2015



Source: Statistical Yearbook of Poland, The Central Statistical Office, Warsaw 2010, 2012, 2014 2016.

Graph 4: Tendency in the supply from domestic sources and domestic consumption of nitrified natural gas in Poland in years 2008-2015



Source: Statistical Yearbook of Poland, The Central Statistical Office, Warsaw 2010, 2012, 2014 2016.

### Ending

Changes of supply from domestic sources and domestic consumption of hard coal, crude oil (and oils from bituminous minerals), and natural gas (high-methane natural gas and nitrified natural gas ) in Poland are connected with civilization and technological growth. Nowadays we care more about ecological issues. All of these factors cause that in Poland the structure of consumption of source energy are changing. The research confirm that less people use hard coal and more people are interested in using crude oil and natural gas in Poland in years 2008-2015 (because of higher calorific content) [1;118].

### References

- [1] Ekologiczne podstawy procesów gospodarowania, S. Czaja, A.Becla, wyd. AE we Wrocławiu, 2007.
- [2] Concise Statistical Yearbook of Poland 2007, The Central Statistical Office, Warsaw 2007.
- [3] Stachak S., 1997: Wstęp do metodologii nauk ekonomicznych. Książka i Wiedza. Warszawa
- [4] Wolny R. 2005 Metody diagnozowania rynku i jego elementów [w]: (red.) Kędziór Z. Badania rynku. Metody zastosowania. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne; 133.
- [5] Mały rocznik statyczny Polski 2010, 2012, 2014, 2016. GUS, Warszawa.
- [6] <http://www.kopalniapracy.pl/przyczyny-spadku-wydobycia-wegla-w-polsce>.

**OTGONSUKH DORJGOTOV, IDERSUREN BATKHUU, AMARSANAA BOR**  
*University of Finance and Economics, Ulaanbaatar city, Mongolia*

## TOTAL QUALITY MANAGEMENT: CREATING VALUE THROUGH CONTINUES QUALITY IMPROVEMENT

In the end of 20<sup>th</sup> century, increasing importance of TQM has become a well-accepted management theory as an integrated-system of management. Historical perspectives make points that TQM's various roles has been argued through huge numerous scholars during past decades. Basic tenets of TQM are viewed by the improving productivity (Powell, 1995), enhancing quality (Bemowski, 1992), zero defects and quality costing (Deming, 1982, 1986) and dedicating to total customer satisfaction. From views of the previous studies in TQM, it has been defined as "a customer-oriented philosophy of management that utilizes employee involvement in effectiveness and efficiency of the organization and its processes" (Partain, 1991). According to its proponents, TQM has been viewed as customer focused process, accomplished through all stakeholders in the organization being committed to achieve high performance, and emphasized communication between top management commitment and increased employee participation.

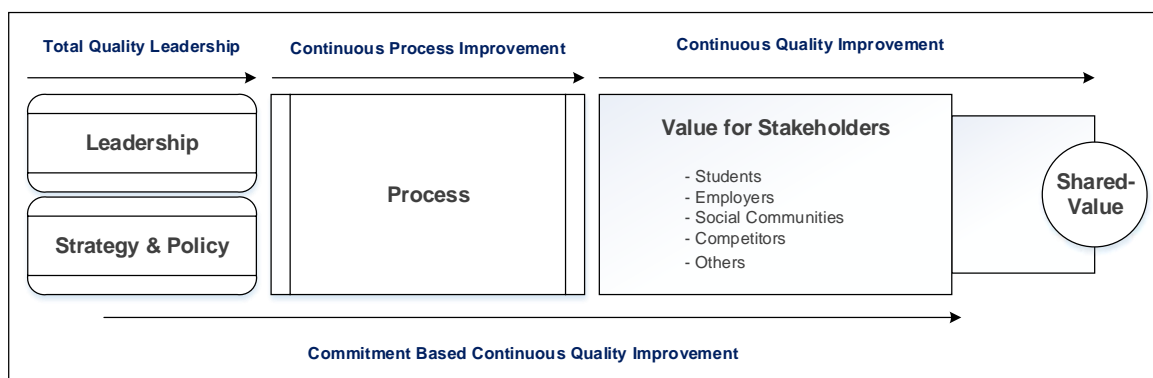
Recently TQM focus gets shifted to management new paradigms and philosophies. It means the best of value is created by peculiar and essential character of how to make something as unique. In other words, the meaning of quality implies degree of excellence to improve systems and processes by creating value is more comfortable with all stakeholders. For comprehensive understanding of this concept, there are a number of researchers have been provided frameworks of TQM. For instance, Continuous Quality Improvement (CQI), Total Quality Leadership (TQL), and Continuous Process Improvement (CPI) approaches have been considered to be more general to capture essence of quality improvements. Even though marginally familiar understandings with quality has been discussed since the end of the 70's and the beginning of the 80's (Crosby, 1979; Deming, 1982; Feigenbaum, 1961; Inshikawa, 1990; and Juran, 1995), most of the traditional concerns of quality improvement states measurable aspect of a product or service to meet and exceed customer expectations. It is challenging to support and enhance TQM with above noticed approaches for establishing an appropriate management framework or model.

The building excellence by processes got done is led by Total Quality Leadership Approaches that focuses on suggesting top value to customers. Even though changing customer requirements drive to build a strong long-term vision for an organization (Deming, 1982), the interrelated core value and concepts guide an excellence of

execution in quality improvements. It stresses a purpose of TQM is succeeded by sustained leadership, communication among elements, and total commitment by the top management which focus on the value. Moreover, the TQM leaders ensure that how to manage strategic policies and techniques for higher performance, inspire entire team to be innovative in a system development, and lead a role through effective involvement in communicating, planning and coaching among stakeholders. From these perspectives, in order to improve processes continuously, it requires to create “all in one team” environment with synergy, dedication, and efficiency.

Juran’s argument of quality improvement lies around 85 percent of the mistakes in any organization is the fault of management control in system. Fewer percent of organizations rigorously improve every system through TQM focus. Because the better quality will lead to lower costs and satisfied customer, TQM is illustrated as complex by continuous improvement, customer satisfaction, and employee involvement (Ravishankar and Santosh, 2014). Continuous Improvement is the most central and universal component of TQM, and it is defined as “an ongoing activity aimed at raising the level of organization-wide performance through focused incremental changes in processes” (Bassant and Caffyn, 1997; Wu and Chen, 2006). Despite previous many studies of continuous improvement, however, no clear connect the concept of CI with Continuous Process Improvements (CPI) and Continuous Quality Improvements (CQI) at same time. This paper attempts to begin development of such an integrated framework of TQM (Fig 1). This framework makes different sense from previous studies by the considering the shared-value identifies why any improvement should be continuous and how to do that better and faster.

**Fig 1. Integrated Framework of Total Quality Management**



According to TQM theory, the CPI creates positive and dynamic changes through analytical techniques, quantitative methods, and creativity of all its stakeholders to continuously increase customer satisfaction (Bessant et al., 1994). The CPI orientates to improve all the significant processes of the organization, and reduce costs, errors, waste, and customer complaints. CIP addresses a way of how to fit all components of processes within an organization for eliminating where potential all types of waste. Constantly pursuing CPI can engage total quality through the involvement of stakeholders from all organizational sides (Kossoff, 1993). This means sustained improvements of CPI occur through evolutionary involvement, in which case improvements are based on customers’ requirements and expectations that need to be met.

Over the decades, TQM movements are linked to form an integrated system with customer emphasis. Reaction of an integrated system or model in TQM is applied to continuously analyze as efforts are made to meet customer expectations. Customer involvement in CPI has resulted quality improvements. The link between CPI and quality has been expressed by the large number of researchers, and quality improvement is a result of CPI. It stresses CPI find solutions of systematic problems that are difficult to overcome without listening to the stakeholders (customers, employees, social communities, competitors). So, hereinafter, CPI and Continuous Quality Improvement (CQI) are used interchangeably.

It is important to know that managing quality in an overall way is a big deal for CQI. In order to find out right understanding of quality in continuous improvement, popular gurus of TQM have been expressed: it refers to “satisfying the needs of customer, present and future” (Deming, 1986), “fitness for use” (Juran, 1989), and “Continuously serving customers better and more economically, using the scientific method and team-work, and focusing on removal of all forms of waste” (Roberts, 1993). As evident in these definitions, it is all about putting the customer first to achieve goals. It is meaningful to consider customers are as an important part of quality improvement. Conway (1988) found that ‘customers define quality’, and in this paper, customer-focused CPI lead high quality improvement as continuous. This emphasis is needed to overcome the results of the process management in any organization (Juran & Gryna, 1980), and all types of organizations are necessary to know about customers’ voice and opinion must be needed (Kinsley, 1979).

This paper develops an integrated framework of TQM with Shared-Value that is being discussed recently in the old and narrow view of capitalism. Making a profit is largely a self-contained entity. It is not able to enhance the competitiveness of an organization in current advancing economic and social conditions without thinking in value terms. In order to create a distinctive value proposition that meets the needs and wants of the set of customers, most of organizations have designed the value chain through the set of activities including creating, producing, selling,



delivering, and supporting for decades. Integrating these parts in the value chain is considered to expanding economic progress

This means creating a value proposition is not yet overlooked around broad area because value is not just benefits alone. Porter and Kramer (2011) identified the connection between societal and economic progress. This perspective expands the previous concept of value creation process. To be competitive in market, most of firms focused on more and more products' sales by customers for past decades. However, facing growing competition shows that lower-cost, price competition, or return capitals to investors are not just only a way for value creation. Even though set of activities (e.g., creating, producing, selling, delivering, and supporting) configure a distinctive value proposition that meets the needs of a set of customers, fundamental societal needs affects value chains (Porter 2012).

In this paper, TQM is considered as a management paradigm that can be used for long-term success because it focuses on exceeding ever-changing customer expectations and continuous improvement of the quality. Like any other integrated systems in an organization, all components of TQM are important to think wider range of strategic visions and leadership. Total Quality Leadership has the power of how to continuously improve quality and productivity. It is also overlooked opportunities of a distinctive value proposition that meets customers' satisfaction by acceptable quality. Moreover, only stakeholders can determine the success or failure of its commitment to quality (Motwani, 1995). However, any value proposition not only creates demand for its products or services. It means social needs provide opportunities for making more profits.

This paper attempts to express TQM is a big deal that has been recognized in value creation process. Value creation process is the most important understanding in stakeholders' needs and want, and its current transformation establishes huge area in economic environment such as economic efficiency. Consequence of missed concepts of value creation for last periods, economic progress has been just considered only the way. Here is viewed and overlooked opportunities to meet both economic and societal needs must be together for value creation (i.e., shared-value). We believe that understanding of TQM focused on competitiveness with both economic and societal progress in economic environment.

#### References

- Bemowsky, K. (1992). The quality glossary. *Quality Progress*, 25(2), 18-29.
- Bessant, J., & Caffyn, S. (1997). High involvement innovation. *International Journal of*, 14(1), 7-28.
- Bessant, J., Caffyn, S., & Gilbert, J. (1994). Rediscovering continuous improvement. *Technovation*, 14(1), 17-29.
- Conway, D. A. (1988). The right way to manage. *Quality Progress*, 21(1), 14-15.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill.
- Deming, W. E. (1982). *Quality, productivity and competitive position*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Feigenbaum, A. V. (1961). *Total quality control*. New York: McGraw-Hill.
- Ishikawa, K. (1990). *Introduction to quality control*. Tokyo: 3A Corporation.
- Juran, J. M. (1989). *The quality function*. New York: McGraw-Hill.
- Juran, J. M. (1995). *A history of managing for quality*. Wisconsin.: ASQC Quality Press.
- Juran, J. M., & Gryna, J. M. (1980). *Quality Planning & Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Kinsley, G. (1979). Financial services marketers must learn package goods selling tools. *Advertising Age*, 50, 58-62.
- Kossoff, L. (1993). Total quality or total chaos? *HR Magazine*, 38(4), 131-134.
- Motwani, J. (1995). Implementing TQM in education: current efforts and future research. *Journal of Education for Business*, 71(2), 60-63.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating Shared Value: How to reinvent capitalism-and unleash a wave of innovation and growth. *Harvard Business Review*, 1-17.
- Powell, T. C. (1995). Total quality management as competitive advantage: a review and empirical study. *Strategic Management Journal*, 16(1), 15-37.
- Roberts, H. V. (1993). Using Personal Checklists to Facilitate TQM. *Quality Progress*, 51-56.

**PIKUŁA SANDRA MARIA**

*Wroclaw University of Environmental and Life Sciences*

## **TEAL ORGANIZATIONS – A REVOLUTIONARY INNOVATION IN HR MANAGEMENT**

Classical management theory is built on the division of labor, formal authority of the manager, the subordination of personal interests to the general interest, unity of command and management. Hierarchy and organizational structures play also the crucial role in effective management of the organization. The vision of teal organizations

completely changes the point of view on it. Human resource management in accordance with the vision of teal organizations assumes the lack of a hierarchical systems, as well as formal incentive systems. But even though, the efficiency, functions, not positions, self-regulation or self-regulation are more valuable in the process of evolution and achieving business goals.

#### **Aim and range of the topic analysis**

The main goal of this article is to present a concept of teal organization through the prism of innovative human resource management. This paper is based myself on the assumptions of Frederic Laloux and prof. Andrzej Jacek Blikle.

#### **The results**

Modern organizations look at management as a successive process of planning, organizing, leading, controlling the work of members of the organization as well as using all available resources of the organization to achieve the intended goals. What may combine the vision of teal organizations with the classic model of human resources management is the fact that both these views concern people who constitute the basic expenditure of each enterprise - they drive every company. The overriding goal of the company is the action through which we get the maximization of the involvement of members. Skillful use of talents, skills and strengths of employees draws attention to work on weak points of the organization. Frederic Laloux in his book "Work in a different way", set a vision of the teal organization, thus defining a new model, that is a self-managing organization in which there is no rigid hierarchy. In such an organization, the employee is a member of an organization that performs all functions and acts in a procedural way, that is, takes over responsibility for the initiated activities, which he treats as his own, projects. Human resources management according to Laoux is focused on motivation, which affects the increase in the expediency of actions taken by employees and the increase in the sense of weight and who thus become partners in the implementation of business processes.

Professor Andrzej Jacek Blikle formulated a few principles on which an enterprise should be based, in order to act in accordance with the vision of teal organizations, here are some of them: assuming that our main goal is to change the world for the better - a change to a better work environment; creating a company on partnership, trust and responsibility; elimination of competition for cooperation; elimination of incentive systems for the sense of satisfaction with the activities performed and the type of employee; elimination of management (issuing orders and controls) for self-organization of teams - making decisions by specialists rather than management; elimination of the hierarchical management structure in favor of the network process structure, where the strength of the relationship is based on trust and long-term contracts.

In the teal organization model, the emphasis is on self-regulation, that is, an activity that is consistent with the system of values, preferences, needs, where one of the drives to act is the interest or value and purpose of the goal. An important role is also played by the need for autonomy (impact on specific events) and the need for a relationship that in teal organizations satisfies the created space for exchanging experiences. In teal organizations, man as an active individual, can develop and realize goals important for him, affecting his well-being (in the sphere of mental, physical and social).

In teal organizations trust is the basis of success, employees have a real impact on the development of the company, perform functions that are tailored to their potential, and their change is not due to coercion but their own motivation, which is based on competence development. According to prof. Andrzej Blikle: "...You can neither entrust nor command, nor even show, when there are no conditions for it. Where there is no trust, it must be laboriously achieved by working primarily on building responsibility. There can be no trust without responsibility, but it is also difficult to build responsibility when there is a lack of trust. Paradoxically, a lack of trust in us frees us from a sense of responsibility towards him, which in turn deepens his lack of trust. And the loop is winding up". But trust is also a responsibility that must be understood in the right way. The professor distinguishes two types of responsibility: repressive and dignity. In the first situation, failure to comply with the obligation is punishable by repression or punishment. Dignity responsibility, on the other hand, means that the failure to meet obligations is connected with the loss of honor, which leads to feelings of shame. So it can be simplified to say that repressive responsibility is punishment and dignity is a shame. However, with regard to the second type of responsibility, shame will only appear if we either act unethically unacceptable or fail to keep our commitments. Regardless of whether this shame appears or not, in turquoise organizations dignity responsibility means a commitment to take two consecutive actions: to determine and remove (if possible) the consequences of failure; determination and removal (if possible) of the reasons for failure.

In teal organizations employees should constantly develop, share knowledge and experience and support in the performance of specific tasks. Communication becomes a key aspect of a well-functioning system of information flow and the creation of space in which employees exchange their acquired experiences, create new ideas or openly share their knowledge with no resistance. Thanks to this space, the sense and meaning of each employee increases, thus we can more effectively manage the company's development. The biggest challenge, however, may be the modification of the communication method itself, which means the change of existing habits and standards. The role of the manager, who becomes an authentic team leader and mentor, also changes. According to Frederic Laloux, the turquoise model of organization management is the next stage of development resulting from human consciousness. It is hard to disagree with the author's statement, because the entry of new generations into the labor market with a different work ethos and value system has become a fact. Managing organizations with a smooth flow



of human resources and a flexible approach to the adoption of roles can better adapt to the expectations of the work of representatives of this generation.

### **Conclusion**

Human resource management according to the concept of teal organizations gives a wide range of effective company operations. Skillfully use the talents and strengths of employees. Thanks to such a management system, we can change the world for the better, we can create companies based on partnership. Communication, development, autonomy, self-regulation, trust but also responsibility are the main components of the success of teal organizations.

### **Bibliography**

1. Frederic Laloux, Pracować inaczej, Wyd. 1, Wydawnictwo Studio EMKA, Warszawa 2015.
2. <http://www.moznainaczej.com.pl/>
3. <http://www.brainstorm.biz.pl/turkusowe-organizacje>

**TATSIANA PILIPTSEVICH**

*Technical University Bergakademie Freiberg, Germany*

## **POLYMETALLIC DEPOSITS – CHALLENGES IN THE JOINT EXTRACTION OF RESOURCES**

### **Introduction**

Nowadays the secure but at the same time sustainable metals supply has very high importance to various industries and society in whole. The increase of clean energies and information technologies worldwide results in a drastic rise of demand for metals, especially rare earths metals and many minor metals which are by-product of major ones. The extracting industries are facing the situation when the deposits of metals are not as high-graded as they have been in the past. The reason for that is the low possibility to discover new deposits of metals with high-grade of metals in the ore. But at the same time latest developments in the technologies still allow to extract minerals economically profitable from the deposits of much lower-grades, then those processed in the past [1]. And still stable metals supply stays the main challenge. For example, the supply of copper is already in the deficit, and zinc is predicted to become soon one of the critical metals in the market [1]. When it comes to the extraction from the polymetallic deposits containing critical metals, many inefficiencies occur. For example, if the extracting company could not receive the permission to extract all the contained in the deposit resources or did not have the technology to do so, the valuable metals stay in the waste rocks or tailings. This becomes one of the main environmental problems, initiated by mining.

Besides inefficiencies occurring in the industry of the polymetallic extraction the topic of joint metals mining has not been widely addressed by the scientists and the amount of literature and studies of the topic stays poor [2].

This short review aims to analyse the main economic challenges and problems of the joint extraction of resources from the polymetallic deposits. These will be further used for the development of the economic models of optimal joint metals extraction, selection of the most relevant target functions in the modelling.

### **Main challenges of joint metals extraction**

Along with specific challenges of joint metals extraction common economic problems of the mining industry influence the optimal extraction of several metals from the polymetallic deposit. Among these one should mention the government policies. W. Ascher claims that “poor resources practices typically stem from faulty government policies” [3]. He also have examined several case studies of wasting natural resources and distinguished in the following policy failures:

- underpricing natural resources or products derived from them (which promotes excessive and rapid resources extraction);
- overpricing natural resources (which discourages worthwhile resource exploitation and promotes conversion to less worthwhile resources);
- poor information (diverts decision makers from optimal strategies);
- unclear property rights (promotes rapid resource extraction and discourages resource development because insecurity about receiving future benefits);
- monopoly arrangements (encourage inefficiency due to lack of competition and distort resource prices).

Sometimes the state exploits resources in the following forms [3]:

- direct commands to over- or underexploit the resource base;
- under- or overcapitalisation of state agencies;
- poor investment decisions by state agencies.

I. Kolstad et al. [4] suppose that corruption is the main reason why resource-rich countries perform badly in economic terms and continue to extract their resources in an inefficient way. It is clear that these governmental policies leading to the inefficiencies in resources extraction are also valid for the extraction of the resources from the polymetallic deposits. Since in the case of polymetallic mines the picture is more complex due to, for example, more technologies for the extraction of several minerals or several metals markets, the problems can be even harder to determine and to optimise. For instance, when due to the absence of the permission from the government to extract the metals of interest, some of them stayed in the waste rock or tailings.

Along with failing governmental policies as reasons of inefficient extraction of metals, we can distinguish technological and management challenges.

The development of technologies for the extraction from the polymetallic deposits is currently probably one of the most burning questions. And still, mining sector doesn't invest significantly into research and development of new effective technologies [5]. Till nowadays many countries and mining sites have to deal with the consequences of inefficient mining technologies of the past. Gold mining from the reef in the Witwatersrand basin (Johannesburg) is a very good example of the extraction dependency on the technologies. Almost a hundred years ago the extraction of gold from the reef reached a recovery between 65 and 80%. As the price for gold dropped and the reef became lower-graded, surface burdens, outcrops, the resulting solid residues and tailings (from the inefficient flotation and concentration processes) were piled up in the tailing dumps. The waste still contained not only gold, but other metals too. Later in the middle of the nineties the company AngloGold developed the technology to extract the residuals from the tailings and the extraction is happening till nowadays.

As it has already been mentioned before, mining companies will have to deal with lower-grade deposits in the future [1] and still will have to provide the metals, the demand for which is increasing, especially in the developed countries. Besides that Mudd [6] states that there is overall tendency of increase in use and scale of open pit mining. These both aspects will lead to the rapid extent of waste rock or overburden. That clearly shows that mining companies should consider the recovery of resources from mining waste to minimise not only environmental consequences and costs for environmental remediation, but also to process less ore. B. Dold [7] notes that "according to the United States Environmental Protection Agency (EPA), water contamination from mining is one of the top three ecological-security threads in the world". That one more time underlines the significance of the shift of mining, especially technologically, towards the sustainability.

And last but not least, the management in mining should be mentioned. The described above aspects show how the conditions in the mining sector are rapidly changing. That means that the usual strategies might not work anymore or became inefficient and the new strategies should be developed. For example, each mine needs to be economically evaluated. The literature study shows that sufficient literature on the economics of optimal extraction of joint resources from the polymetallic deposits is still lacking, even though the topic attracts recently more and more attention. The paper of Pindyck [8] discusses the case, but it considers gas and helium extraction, which differs from the solid minerals extraction. Besides that it describes the two-staged extraction of the joint resources, during which at first a composite ore is extracted and afterwards it is processed for the extraction of the separate minerals. Currently engineers are considering the totally new concept of metals extraction from the polymetallic deposits. They are aiming to reduce the extraction processes to only one stage, at which right away the needed minerals will be extracted. As you can see, the development of new strategies and models for the extraction from polymetallic deposits needs to be done in order to optimise the production. Here the new economic models with relevant target functions can become very useful and improve the situation.

### **Conclusions**

The mentioned challenges in governmental policies, management and technologies of joint metals extraction along with diminishing ore grades and increased demand for most of the resources become the key drivers for the next steps towards the improvements:

- new instruments for controlling governmental policies, motivating governments to follow the sound resources policies;
- development of new long-term strategies for the mining industry and economic models of the extraction from the deposits with multiple minerals inside;
- special attention to what elements can be extracted, co-extracted, and/or separated from resultant process solutions and a longer-term view of what constitutes the mineral resource, criticality of metals;
- discarding waste and tailings that are benign, therefore decreasing the expenses of environmental remediation during mine closure;
- development of new separation and purification technologies for the recovery of all elements of interest in the joint production of the minerals;
- the development of new efficient technologies to extract a suite of elements instead of one, the most lucrative element, from complex polymetallic ores, concentrates, tailings and waste rock [1].

### **Literature**

1. H.R. Watling, Review of biohydrometallurgical metals extraction from polymetallic mineral resources, *Minerals*, 2015, 5, pp. 1-60.
2. Nassar, N., Graedel, T., Harper, E. 2015. By-product metals are technologically essential but have problematic supply.

3. W. Asher, Understanding why governments of developing countries waste natural resources, *Environment*, March, 2000, pp. 8-18.
4. I. Kolstad, T. Søreide, Corruption in natural resource management: Implications for policy makers, *Resources Policy*, December 2009, pp. 214-226.
5. P. Mitchell, J. Steen, Productivity in mining: a case for broad transformation, available online under: <http://www.ey.com/gl/en/industries/mining---metals/productivity-in-mining> (accessed on 01.10.2017)
6. G.M. Mudd, Sustainability and Mine Waste Management—A Snapshot of Mining Waste Issues. Available online: <http://users.monash.edu.au/~gmudd/files/2007-WasteMment-Sustainability-v-MineWastes.pdf> (accessed on 20.10.2017).
7. B. Dold, Sustainability in metal mining: From exploration, over processing to mine waste management. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2008, 7, 275–285.
8. R.S. Pindyck, Jointly produced exhaustible resources, *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 9, i. 4, 1982, pp. 291-303.

**Ю.В. БОХНО**

*Белорусский национальный технический университет*

## **УСЛУГИ ПРОМЫШЛЕННОГО ХАРАКТЕРА КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО СЕКТОРА**

Как отмечает С.Ю. Солодовников, «мировая и национальная экономика, как известно, это живые и очень быстро эволюционирующие системы» [1, с. 13]. Описывая особенности современной экономики, данный автор использует термин «пострыночная экономика», для которой характерны «радикальное изменение механизмов организации обмена между производителями и потребителями», а также «наличие высокоэффективного промышленного производства, значительное увеличение доли сектора услуг в ВВП, дальнейшее увеличение значения знаний для развития экономики, развитие интернет-технологий и новые (пострыночные) формы конкурентной борьбы» [2, с. 23].

Одна из наиболее заметных и обсуждаемых тенденций мирового хозяйства - изменения в структуре мирового хозяйства. По данным Всемирного банка доля услуг в мировом ВВП увеличилась с 64,2% в 2000 г. до 69% в 2015 г. [3]. Эта тенденция характеризует не только направление развития мировой экономики, но и национальных экономик разных стран. «Тенденция сокращения доли промышленного производства при одновременном увеличении доли сектора услуг в структуре ВВП и занятости, начавшаяся в середине 1950-ых гг. в США, сегодня носит глобальный характер, - пишет Ю.В. Мелешко, - и затрагивает не только наиболее экономически развитые страны (США, Германия, Япония, Великобритания), но и развивающиеся страны и страны с транзитивной экономикой, в том числе и Республику Беларусь» [4, с.66].

Однако следует принимать во внимание, что сектор услуг крайне неоднороден, а доминирование же услуг в структуре мирового ВВП и занятости не означает автоматически деиндустриализацию экономики, поскольку такой рост в значительной степени обусловлен активным развитием услуг промышленного характера. По данным проведенных в Германии исследований сегодня около 30% услуг являются промежуточным продуктом потребления для промышленного производства, при этом чуть меньше 23% услуг потребляется непосредственно обрабатывающей промышленностью [5, с. 19]. Ю.В. Мелешко по этому поводу отмечает: «Сегодня рост сферы услуг обеспечивается не столько за счет спроса домашних хозяйств на услуги как конечные потребительские товары, что было характерно для сервисизации экономики, начавшейся в середине XX века, или за счет финансово-спекулятивного сектора, а во многом за счет спроса на услуги промышленного характера, представляющие собой промежуточное потребление промышленного производства» [4, с.72]. Под услугами промышленного характера указанный автор предлагает понимать «хозяйственное блага в форме действия, обеспечивающее создание, развитие и функционирование технологий, связанных с разработкой, производством, реализацией и сервисным обслуживанием промышленной продукции» [4, с.65].

Финансово-экономический кризис 2008-2009 гг., носящий глобальный характер, показал уязвимость экономики, основывающейся на спекулятивных услугах. Большинство экономически-развитых стран, и в первую очередь США, начали проводить активную политику реиндустриализации и новой индустриализации, стимулируя развитие национальной промышленности, преимущественно высокотехнологичных и наукоемких ее отраслей. Народное хозяйство Республики Беларусь традиционно базируется на индустриальном секторе, на сегодняшний день не способном в полной мере отвечать вызовам четвертой промышленной революции. С.Ю. Солодовников пишет: «...в Республике Беларусь успешность модернизации эко-

номики прежде всего зависит от того, удастся ли создать в стране современный индустриальный сектор, т.е. перейти от массового производства до гибкого специализированного в ответ на технологические инновации»[6, с.4].

Четвертая промышленная революция, для которой характерны ««вездесущий» и мобильный Интернет, миниатюрные производственные устройства (которые постоянно дешевеют), искусственный интеллект и обучающиеся машины»[7, с. 10] кардинально меняет характер промышленного производства. В качестве ключевой отличительной черты четвертой промышленной революции К. Шваб выделяет формирование киберфизических систем, являющихся результатом синтеза различных технологий - «от расшифровки информации, записанной в человеческих генах до нанотехнологий, от возобновляемых энергоресурсов до квантовых вычислений» [7, с. 11]. Именно киберфизические системы, объединяющие все производственные процессы в одну сеть в режиме реального времени, самонастраивающиеся и самообучающиеся, лежат в основе «умных заводов».

Такие технологии четвертой промышленной революции, как беспилотные транспортные средства, 3D-печать, робототехника, новые материалы, новые способы сбора и анализа данных (BigData, DataScience), интернет вещей, позволяют организовать гибкий, интегрированный, информативный и оперативно управляемый процесс производства и реализации промышленной продукции. При этом гибкость и оперативность должна быть обеспечена как в части обеспечения информационного потока от потребителей к производителям или между подразделениями производства, так и в части обеспечения возможности разнообразия производства, например за счет использования станков с числовым программным управлением. «Новый тип промышленного производства, базирующийся на технологиях промышленного интернета вещей, больших данных (BigData), полной автоматизации производства, - пишет Ю.В. Мелешко, - позволяет не просто интенсифицировать производственный процесс (повысить производительность труда, снизить уровень брака), но и сформировать единую глубоко интегрированную цепочку создания стоимости, координирующую деятельность всех ее участников (от разработчиков и изготовителей до конечных потребителей), и при необходимости оперативно адаптирующуюся к новым потребностям рынка»[4, с. 74].

Новые технико-технические возможности организации промышленного производства кардинально меняют характер конкурентной борьбы на международных рынках. По справедливому мнению Ю.В. Мелешко «конкурентоспособность продукции в эпоху четвертой промышленной революции обеспечивается за счет использования инноваций, направленных, в первую очередь, на качественное изменение производимой продукции, а не на снижение затрат». В связи с этим указанный автор приходит к выводу, что особое значение в этих условиях приобретают «услуги по разработке и внедрению продукции в производство (НИОКР, дизайн и т.д.) и услуги, сопровождающие промышленную продукцию (маркетинговые услуги, проектирование, консалтинг, профессиональное обучение и т.д.)»[4, с. 74].

По мере того, как промышленное производство становится все более клиентоориентированным, в том числе за счет использования технологий четвертой промышленной революции, изменяется и значение услуг промышленного характера. Если раньше эти услуги относились к вспомогательным процессам производства, то сегодня все большее число занятых и все большая доля добавленной стоимости приходится на услуги промышленного характера. Эта тенденция получила название «терциализация промышленности». Исследования, проведенные экономистами, показали, что сегодня в среднем в обрабатывающей промышленности Германии доля услуг промышленного характера (по количеству занятых) составляет около 52%. При этом лидерами по количеству занятых в услугах промышленного характера являются фармацевтика (70,7%) и производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования (66,4%), то есть высокотехнологичные и наукоемкие отрасли промышленности [8].

В Республике Беларусь в 2015 г. доля таких услуг промышленного характера в затратах отраслей промышленности варьировалась от 4% (производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака) до 21% (производство машин и оборудования). Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что дальнейшая модернизация белорусского промышленного комплекса (в сторону развития наукоемких и высокотехнологичных производств, увеличения уровня клиентоориентированности и внедрения в производственный процесс технологии четвертой промышленной революции) будет способствовать перенесению «центра тяжести» промышленных предприятий с изготовления на услуги промышленного характера, за счет которых и будут формироваться основные конкурентные преимущества промышленной продукции»[4, с. 76].

#### Список использованных источников

1. Солодовников, С. Ю. Теоретико-методологические основы исследования взаимосвязи теории трудовой мотивации и динамики трудовых отношений / С. Ю. Солодовников, Т. В. Сергиевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Д, Экон. и юрид. науки. – 2016. – № 5. – С. 12-16.
2. Солодовников, С.Ю. Феноменологическая природа взаимообусловленности экономической конкурентоспособности и социального капитала Беларуси и Украины // сборник научных статей/ БНТУ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.редкол.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2015. – №3. – С. 23.
3. Services, etc., valueadded (currentUS\$)(NV.SRV.TETC.CD)[Электронный ресурс]// The WorldBank. – Режим доступа: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>.

4. Мелешко Ю.В. Значение услуг промышленного характера в повышении конкурентоспособности промышленных предприятий (в контексте четвертой промышленной революции)/ Ю.В. Мелешко// Экономическая наука сегодня: сборник научных статей/ БНТУ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.редкол.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2017. – №6. – С.64–78.
5. Edler, D. Die Industrie – ein wichtiger Treiber der Nachfrage nach Dienstleistungen/ D. Edler, A. Eickelpasch// DIW Wochenbericht. – 2013. – Nr. 34. – S. 16-23.
6. Солодовников, С.Ю. Тенденции и перспективы развития занятости и создания социально-научного сообщества в условиях модернизации транзитивной экономики: на примере Республики Беларусь / С. Ю. Солодовников // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Д, Экон. и юрид. науки. – 2015. – № 6.
7. Шваб, К. Четвертая промышленная революция/ К. Шваб. – М.: Эксмо, 2016. – 208 с.
8. Eickelpasch, A. Funktionaler Strukturwandel in der Industrie: Bedeutung produktionsnaher Dienstleistungen/ A. Eickelpasch// DIW Wochenbericht/ – 2014. – Nr. 33.2014. – S. 759–770.

**Е. А. ВЕРЕЖНИКОВА, А. Ю. МАКЕЕВ**  
*Донецкий национальный технический университет*

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

Цель: исследовать энергоснабжение на угольных шахтах и выявить способы его экономии.

Мировые запасы угля значительно превышают запасы других видов топлива. Рынок угля более конкурентоспособный, чем рынок нефти или природного газа, так как залежи угля практически равномерно расположены во всех странах мира.

Некоторые страны отказываются от добычи угля или уменьшают количество разрабатываемых месторождений, так как это отрицательно влияет на экологию, но полное прекращение работы отрасли во многих регионах невозможно из-за зависимости от угля в качестве топливного ресурса, так как добыча нефти и газа дефицитна. Вследствие этого уголь является топливно-энергетическим ресурсом, который должен обеспечить безопасность региона.

Для более рентабельного функционирования шахт необходимо, в первую очередь, снизить потребление всех энергетических ресурсов, которые необходимы при добычи угля.

Угольная шахта требует постоянного увеличения объемов электропотребления, которое вызвано непосредственно ростом добычи угля, техническим переоснащением предприятия, а также постоянным ухудшением горно-геологических условий, например: приток шахтной воды, увеличение выделения метана, протяженность транспортных выработок и т. д.

Уменьшить электропотребление можно за счет повышения производительности и ритмичности работы шахты, разработки и внедрения мер по снижению расхода электроэнергии, например, с помощью аппаратуры, обеспечивающей контроль за регламентируемой нормой загрузки технологического оборудования, сокращения работы установок и машин на холостом ходу. Количественная оценка эффективности использования электроэнергии на шахте при интенсификации производства основана на представлении потребляемой шахтой активной энергии в виде двух составляющих:

– первая – электрическая энергия, не зависящая от количества добытого угля, которую потребляют вентиляторные, водоотливные и другие установки, непосредственно не связанные с процессами его выемки и доставки. На долю таких установок приходится до 70 % общего потребления электроэнергии в шахте;

– вторая – электроэнергия, зависящая от количества добытого угля и потребляемая забойными машинами, подземным конвейерным транспортом, скиповым подъемом и другими машинами и механизмами. Четкая организация процесса добычи, соответствующая горно-геологическим условиям выемки угля, а также технически обоснованная рациональная шахтная транспортная артерия углепотока – решающие факторы эффективной деятельности предприятия.

Регионы, в которых угледобывающая отрасль является неотъемлемой частью экономики, должны относиться к энергосбережению, как к важнейшему направлению хозяйственной деятельности всех угледобывающих предприятий, так как происходит беспрерывное удорожание топливно-энергетических ресурсов.

Для поддержания жизнеспособности шахты независимо от того производится добыча угля или нет требуются значительные, свыше 70 % общего расхода, энергозатраты — на вентиляцию, дегазацию, водоотлив и др.

Распределение расхода электроэнергии по объектам потребления на шахтах центрального района Донбасса за 2012 год при общем потреблении электроэнергии 776,468 млнкВт·ч в год показано на рисунке 1.

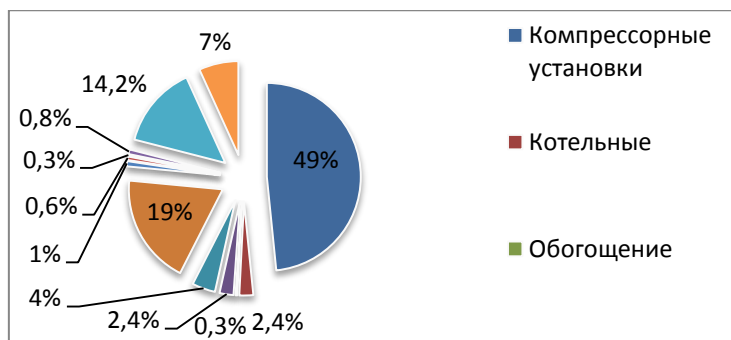


Рисунок 1 – Распределение расхода электроэнергии по объектам потребления на шахтах ЦРД в 2012г.

Для сравнения приведем структуру распределения расхода электроэнергии по объектам потребления на шахтах Минэнергоугля Украины в 2012 год при общем потреблении электроэнергии 3487,387 млн кВт·ч в год показано на рисунке 2.

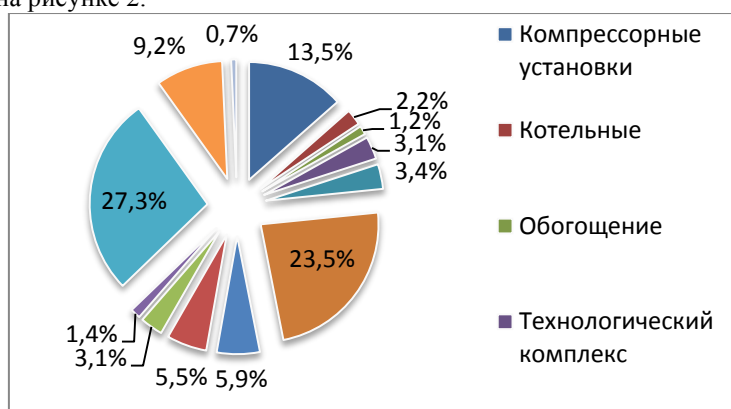


Рисунок 2 – Распределение расхода электроэнергии по объектам потребления на шахтах Минэнергоугля Украины в 2012 г.

Следует обратить внимание на то, что компрессорными установками на шахтах центрального района Донбасса потребляется почти в 3 раза больше электроэнергии, чем компрессорными установками всех шахт Минэнергоугля Украины.

В 1999 г. НИИГМ им. М. М. Федорова были определены такие этапы проведения энергоаудита шахт:

- получение и анализ общих данных о предприятии;
- изучение топливно-энергетических потоков по предприятию и по отдельным технологическим процессам;
- углубленный энергетический аудит энергоемких потребителей и отдельных технологических процессов;
- анализ: эффективности использования ТЭР предприятием; полученных результатов энергоаудита и разработка организационных и технических мероприятий по экономии ТЭР; технико-экономической эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий; сравнительный полученных результатов;
- выбор новых приоритетов и постановка задач на дальнейшее снижение энергоемкости продукции и потребления ТЭР.

В результате проведенного НИИГМ им. М. М. Федорова энергоаудита на более чем 20 предприятиях угольной отрасли установлено, что для повышения эффективности использования ТЭР на шахтах необходимо:

- сократить неконтролируемые потери энергии;
- диверсифицировать источники снабжения энергией, в том числе заменить, где это целесообразно, традиционные энергоносители энергоносителями из возобновляемых источников энергии;
- оптимизировать структуру энергопотребления в целях повышения эксплуатационной надежности, безопасности энергоснабжения и защиты окружающей среды.

Реализация этих направлений энергосбережения при проведении энергоаудита на угольных предприятиях позволит сформулировать стратегию энергоиспользования, выявить потенциал энергосбережения, разработать организационные и технические мероприятия, направленные на снижение расхода по оплате электрической и тепловой энергии, уменьшение доли затрат на ТЭР в общих эксплуатационных расходах предприятия на 10–15 %, а также на снижение удельного потребления электроэнергии на добычу угля.

## Литература

1. Энергосбережение в угольной промышленности: монография / В. И. Мялковский, Н. А. Чехлатый, Г. Н. Лисовой и др.: под ред. Б. А. Грядущего. — Донецк: НИИГМ, 2006. — 336 с.
2. Логвиненко В. И. Некоторые результаты энергоаудита шахты «Красноармейская-Западная» № 1 / В. И. Логвиненко, Л. В. Байсаров, Б. А. Грядущий, В. В. Лобода // Уголь Украины. — № 3. — 2005. — С. 19–22.
3. Енергетичний аудит вугільних підприємств: інструкція: СОУ 101.00174094.001–2004. — К.: Мінвуглепром України, 2004. — 34 с.
4. Миновский Ю. П. Эффективность мероприятий по снижению потребления электроэнергии на шахтах / Ю. П. Миновский // Уголь. — 1983. — № 8. — С. 14–18.
5. Волощенко И. И. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов в угольной промышленности / И. И. Волощенко, В. И. Серов // Промышленная энергетика. — 1984. — № 9. — С. 9–10.

**А.И. ГРИНЧЕНКО, Е.М. КРАВЦОВА**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», Донецк*

## «ЗОЛОТЫЕ ГОРЫ ДОНБАССА» КАК ИСТОЧНИК ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫГОД

*Аннотация. Исследована возможность и способы получения выгод при использовании шахтных терриконов.*

*Ключевые слова: террикон, доход, уголь, редкоземельные металлы, новые технологии*

**Актуальность.** Шахты и терриконы являются «визитной карточкой» Донецкого края. Терриконы – это рукотворные горы Донбасса, которые в результате их переработки или прочего использования могут приносить прибыль. На территории региона расположено около 580 терриконов, из них 114 горящих, а также шлаконакопители и илонакопители для складирования отходов горного производства. Любые производственные отходы приносят вред окружающей среде, здоровью людей, нарушают естественный рельеф местности, занимают земельные площади, загрязняют воду, воздух, черноземы и пр. Внутри терриконов шахт и на горнообогатительных фабриках нередко протекают различные процессы техногенного пирометаморфизма, которые приводят к сгоранию угля (зоны с окислительным режимом обжига), пиролизу угля (зоны восстановительного обжига, температура достигает 800-1000°C); происходят реакции дегидратации слоистых силикатов, имеющие следствием массовое испарение воды, а также удаление F, Cl на начальных этапах горения отвала (температура достигает 600-700°C), разложение карбонатов с удалением CO и CO<sub>2</sub> и образованием периклаза, извести и ферритов (T=600-800°C), локальное плавление с образованием остеклованных клинкеров и базитовых паралав (T = 1000-1250°C) [1]. Все эти процессы приводят к радикальному изменению фазового состава отвальной массы и очень вредят экологии. Однако современные технологии позволяют обратить вред в пользу. Террикон можно разобрать, извлекая ценные химические элементы и сырье для местной промышленности. Перегоревший породный отвал можно использовать в целях бизнеса в сфере услуг и развлечений, а можно просто его озеленить и создать креативную парковую зону.

**Постановка проблемы.** Проблемой использования террикона занимались многие специалисты. Последние разработки следующие. Л.Г. Зубова, Н.В. Олейник рассматривали вопросы использования породы шахт Донбасса для получения висмута и железа [2]. С.Г. Выборов, А.А. Силин исследовали возможности использования отвальных пород в качестве алюминиевого сырья [3]. К.И. Верех-Билоусова разрабатывала механизм утилизации отвальной породы угольных шахт [4]. Все они сошлись на том, что для использования терриконов с целью получения экономических выгод необходимо иметь дорогостоящее оборудование и достаточное финансирование, которые на данный момент отсутствуют.

**Целью** настоящего исследования является привлечение внимания специалистов, ученых, общественности к давней нерешенной проблеме использования породных отвалов угольных шахт – терриконов и шлаконакопителей, выявление возможных способов извлечения выгод, обобщение имеющегося опыта.

**Изложение основного материала.** На сегодняшний день угольные терриконы могут стать источниками переработки с возможным извлечением угля, редкоземельных металлов (германия, скандия, галлия и в некоторых случаях иттрия и даже циркония), меди, свинца, никеля, цинка, оксидов металлов, дюралевых сплавов, силикатных материалов, щелочей, золота и прочего. США, Польша, Германия, Япония и другие страны активно используют технологии переработки терриконов для добычи редкоземельных металлов, которые представляют огромную ценность, например, с помощью электростатического сепаратора. Принцип его работы заключается в разделении минералов по электропроводности, которое производится в воздушной среде в неоднородном электрическом поле постоянной полярности [5].

В одной тонне породы из отвала (то есть отходов) содержание редкоземельных элементов составляет: германий – 55 г (рентабельность начинается с 3 г/т), скандий – 20 г (рентабельность начинается с 10 г/т), галлий – 100 г (рентабельность начинается с 10 г/т), также имеется в незначительных количествах иттрий, в

редких случаях – цирконий. Методом арифметических расчетов, которые представлены в табл. 1, изучив цены на мировом рынке на представленные редкоземельные металлы, и зная, что один террикон содержит около 2 млн. т породы, можно предположить, что продав с одного террикона представленные редкоземельные металлы, получаем доход около 284 млн. \$.

Таблица 1 – Расчет дохода от реализации редкоземельных металлов, извлеченных с одного террикона

№ п/п	Наименование металла	Цена на мировом рынке (ноябрь 2017 г)	Расчет на 1 т террикона суммы прибыли от продажи РЗМ
1.	Германий	1200 USD/кг	1,2 USD/г*55 = 66 USD
2.	Скандий	3000USD/кг	3 USD/г*20 = 60 USD
3.	Галлий	155 USD/кг	0,16 USD/г*100 = 16 USD
ИТОГО (для 1 т породы)			142 USD
ИТОГО (для 2 млн. т породы)			284 000 000 USD

Редкоземельные металлы используют в высокотехнологичных перспективных производствах, таких как радио- и микроэлектроника, ядерная энергетика, авиастроение, медицина и др., табл. 2:

Таблица 2 – Сфера использования редкоземельных металлов

№ п/п	Наименование металла	Сфера использования
1.	Германий	Радиоэлектроника (транзисторы, детекторные диоды), медицина (повышение иммунитета, противоопухолевая активность), производство полупроводников
2.	Скандий	Ядерная энергетика, ракетостроение, авиация, металлургия, сверхтвердые материалы, микроэлектроника, источники света, медицина (зубные протезы), лазерные материалы, производство солнечных батарей, рентгеновские зеркала, огнеупорные материалы и пр.
3.	Галлий	Производство легкоплавких металлов, микроэлектроника, производство электроламп и пр.
4.	Иттрий	Трубопроводы для транспортировки расплавленного ядерного топлива, производство высокотемпературных сверхпроводников, производство лазеров, использование радиоактивного изотопа иттрия для лечения раковых заболеваний
5.	Цирконий	Металлургия, энергетика, ядерная энергетика, медицина, ювелирная промышленность, пиротехника, производство боеприпасов и пр.

Из породных отвалов можно также получить:

- железосодержащую руду (около 20% террикона) для металлургической промышленности (это базовая отрасль Донбасса);
- дюралевые сплавы (до 15% террикона), применяемые в авиапромышленности, строении скоростных поездов, производстве метизов, трубопроводов, фольги и пр.;
- силикатные материалы (около 47% террикона) для строительных целей (кирпич, бетон, воздушная известь, алебастр, жидкое стекло и пр.);
- пиррит  $Fe_2S$ , из которого в ходе химической реакции расщепления можно получить железо и серу, они могут быть использованы в металлургической и химической промышленности соответственно;
- уголь, который составляет 28-46% террикона;
- щелочи оксида кальция и магния (5% террикона) для химической промышленности [7].

Перегоревшие терриконы (старые, давно образованные), после получения соответствующего заключения специалистов о его безопасности, можно использовать в таких целях:

- Организация экскурсий по терриконам. Для гостей Донбасса терриконы кажутся чем-то неизведанным и странным, не зря их называют «Донецкие горы».
- Организация велоклуба. Существует вид спорта для любителей экстрима на горной местности – «Даунхилл».
- Организация музея Шахтерской славы. Добыча угля на Донбассе – это наша история, трудовая доблесть и гордость нашего края. Более подходящего места для демонстрации донецкого колорита, чем террикон, трудно найти для музея, выставок, инсталляций.
- Создание обзорной площадки города. Терриконы – это достаточно высокие сооружения, которые могут служить прекрасной демонстрационной площадкой для осмотра города сверху.
- Организация проектов по типу горного туризма на один день.

Безусловно, реализация всех перечисленных проектов требует капитальных и текущих инвестиций. Кроме того, на Донбассе есть закрытые шахты, которые не приносят дохода, требуют финансирования для предотвращения негативных последствий – затопления, обрушения и пр. Однако те же закрытые шахты теоретически могут получать доход от использования своих терриконов и шлакоотстойников, ведь и оборудование, и специалисты на этих шахтах есть. Будет создана профессия разборщика терриконов, а рабочих мест в этой сфере достаточно много.



**Выводы.** Мировая практика использования породных отвалов горных предприятий, наличие большого количества терриконов и шлакоотвалов на территории Донбасса, наличие высококвалифицированных специалистов и рабочих горной профессии указывают на целесообразность разработки и внедрения проектов по включению терриконов в хозяйственный оборот. Основную ценность в терриконах представляют редкоземельные металлы. Реализация проектов потребует капитальных и текущих инвестиций. Однако самое главное у нас есть – это рабочие руки, высококвалифицированные специалисты и огромное желание возродить Донбасс. «Визитная карточка» Донбасса может приносить хорошую прибыль при ее использовании в нужном направлении.

#### Список литературы

1. Какой вред экологии наносит террикон? [Электрон.ресурс] – Режим доступа: <http://www.ecoinform.ru/ask/vredno-li-zhit-ryadom-s-terrikonom-kakoy-vred-ekologii-nanosit-terrikon>
2. Зубова Л.Г., Олейник Н.В. Использование породы шахт Донбасса для получения висмута и железа// Уголь Украины. – 2010. – №11, с.39-41
3. Выборов С.Г., Силин А.А. Перспективы отвальных пород в качестве алюминиевого сырья // Уголь Украины. – 2012. – №6, с.33-39
4. Зубова Л.Г., Верех-Білоусова К.Й. Удосконалення утилізації відвальної породи вугільних шахт// Уголь Украины. – 2011. – №7, с.40-42
5. Эффективное использование терриконов Донецкого региона и перспективы их утилизации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://infopedia.su/8x7de5.html>
6. Цены мирового рынка на металлы и сырье [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.infogeo.ru/metalls/worldprice/>
7. Возможности переработки горных отвалов [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://coal.dp.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4477:2010](http://coal.dp.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=4477:2010)

**К.В. КОЧУРА**

*Донецкий национальный университет, г.Донецк*

## **ОСНОВНЫЕ ОБЩЕГОСУДАРСТВЕННЫЕ НАЛОГОВЫЕ СТАВКИ РАЗНЫХ СТРАН МИРА: ДОСТОИНСТВА, НЕДОСТАТКИ, АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ**

Обеспечение развития экономики, решение социальных проблем общества требуют от государства использовать весь арсенал имеющихся у него методов воздействия на экономику. Важнейшим инструментом государства в реализации поставленных целей является налоговая политика. Таким образом, актуальность темы вызвана необходимостью обеспечения устойчивого роста национальной экономики с использованием государственного регулирования, в том числе и налоговой политики.

Если признать, что государство существует для обеспечения благоденствия его граждан, то государственная власть может выбирать одну из двух следующих стратегических линий: либо взимать высокие налоги и принимать на себя, соответственно, высокую ответственность за благополучие своих граждан, либо взимать низкие налоги, имея в виду, что граждане должны сами заботиться о своем благополучии, не рассчитывая на поддержку государства. При этом важное значение имеет уровень потребностей населения, и в соответствии с этим на начальных этапах экономического развития государства тяготеют к относительно низким налогам, на более поздних же этапах, с развитием форм общественного потребления, происходит переход к более высоким ставкам налогообложения.

В работе рассмотрены основные общегосударственные налоги. Это налог на прибыль, налог на добавленную стоимость (НДС) и его разновидности, налог на доходы физических лиц. Рассмотрена их сущность и произведено сравнения этих налогов между собой, выявлены преимущества и недостатки.

Проанализированы основные общегосударственные налоги разных стран с точки зрения их вида и величины (табл.1).

Сравнивая налоговые системы разных стран, можно отметить, что каждая из них развивалась по собственному пути. Каждое государство имеет собственную историю, устои и вековые традиции. Поэтому их экономические системы в целом формировались в разных условиях, что наложило отпечаток на принципы построения налоговых систем, на взаимоотношения между властями государства и его налогоплательщиками.

Страны восточной Азии используют налогообложение с присущими только им специфическими особенностями.

Таблица 1. Основные общегосударственные налоги в разных странах (в %)

Общегосударст-венные налоги	Россия	Украина	ДНР	Германия	США	Швеция	Япония
Налог на прибыль организаций	20	18	20	30	40	22	38
НДС	18	20	-	19	-	25	8
Налог с оборота	-	-	1,5	-	-	-	-
Налог с продаж	-	-	-	-	0-8	-	-
Налог на доходы физических лиц	13	18	13 %	45	27	20-57	33
Военный сбор	-	1,5 (с дохода)					

Это объясняется долгим «закрытием» от внешнего мира их государственных границ. Европейские страны довольно жестко относятся к налогоплательщикам в отношении обложения их доходов. Ставки по подоходному налогу для физических лиц и налогу на прибыль компаний могут достигать до 40 и даже 50% по прогрессивной шкале налогообложения. Налоговые системы стран Европы можно охарактеризовать высокой нагрузкой. По этой причине многие европейские производители предпочитают размещать свои производственные мощности в оффшорных зонах, которые обладают более либеральной системой налогообложения. Эти зоны позволяют компаниям оптимизировать налогообложение, снизить налоговую нагрузку и облегчить ведение внутреннего налогового учета.

Налоговые системы стран Европы в большинстве случаев обладают сложной разветвленной структурой и громоздкой нормативной базой. Поэтому в этих странах широко развито налоговое консультирование и деятельность юристов, ведь далеко не каждый налогоплательщик может самостоятельно разобраться во всем разнообразии законодательных актов в сфере налогообложения. С этой стороны налоговые системы, например, Китая и Японии обладают большей гибкостью и адаптивностью к нестабильным условиям в экономике.

Налоговые системы США, России и Украины обладают более низкой налоговой нагрузкой – от 30 до 35% ВВП по сравнению с европейскими странами. Но в отличие от США, стран Европы, Азии российские налоги на доходы физических лиц и прибыль предприятий не рассчитываются по прогрессивной шкале, а имеют единую налоговую ставку вне зависимости от величины налогооблагаемой базы.

Также Россия по уровню среднедушевых доходов попадает в категорию стран, занимающих последние места по уровню среднедушевых доходов в разряде развитых стран, но по доле налоговых изъятий тянется за высокоразвитыми странами. Соответственно, размер налогов, приходящихся на каждую душу населения, составляет примерно 1 тыс. долл. Иначе говоря, на семью из четырех человек в среднем приходится 4 тыс. долл. налогов всех видов, и предполагается, что государство в адекватных размерах обслуживает ее нужды и защищает ее интересы. На самом деле это совсем не так. Если взять только федеральный бюджет - около трети всех налоговых изъятий, то в нем до 40% всех налоговых поступлений предназначается на выплаты по государственному долгу - причем получатели этих доходов никаких налогов не уплачивают. Это служит хорошим доказательством, что налоговое бремя распределяется в России крайне неравномерно. Есть целые группы населения и сектора экономики, которые налоги либо вовсе не платят, либо платят их в размерах, явно неадекватных их доходам. По некоторым оценкам, в теневом (укрываемом от налогов) секторе экономики сосредоточено до 40% всей коммерческой деятельности. Соответственно, принимая во внимание тот факт, что предприятия, полностью платящие все налоги, несут на себе налоговое бремя, в половину или даже более высокое, чем это вытекает из среднестатистических данных. На самом деле так и есть: сейчас едва ли найдется хотя бы одно предприятие, которое бы полностью платило все налоги и не применяло бы неплатежи, бартер и другие маневры в целях избегания непосильных налогов.

При сравнении налоговых систем разных государств можно выделить и определенные сходства. Во многих странах налоговые системы имеют двух-, трех- или четырехуровневую структуру. Это объясняется тем, что современные государства имеют признаки федеративного устройства, то есть когда одно государство разделяется на несколько областей, провинций, городских округов и другие территориальные образования. Отсюда и возникает необходимость в появлении нескольких уровней налогообложения, например, федеральный (центральный), региональный и местный (или муниципалитетов). Поэтому часто налоги распределяются по разным уровням бюджета страны. В большинстве случаев территориальные образования имеют право устанавливать собственные налоги при условии соблюдения федерального законодательства.

Разделение налогообложения страны на несколько уровней выполняет, прежде всего, распределительную функцию. Во-первых, это позволяет обеспечить бюджеты территориальных образований, дает им некоторую степень автономии при решении внутренних проблем. Во-вторых, разветвленная система налоговых органов по стране позволяет лучше контролировать процесс взимания налогов и сборов и, соответственно, более эффективно пополнять государственный бюджет.

В заключение хочется отметить, что, несмотря на определенные плюсы и минусы, нельзя какую-либо из налоговых систем назвать хорошей или плохой. Каждая из них по-своему хороша для своего государства. Налоговые системы многих государств складывались не одно столетие. Они уже «подстроены» под

территориальные особенности стран, их внутреннюю политику и менталитет населения. Невозможно одну налоговую систему заменить другой. Это реально лишь при условии корректирования принципов налогообложения под экономические условия определенного государства.

Таким образом, в работе исследованы виды и сущность основных общегосударственных налогов, а также их размеры. Произведен анализ и сравнение налоговых ставок в разных странах.

Резюмируя все вышеизложенное, можно сказать, что в данный момент в налоговой сфере следует максимально использовать имеющиеся возможности усовершенствования налоговой политики. С этой целью необходимо, с одной стороны, создать ряд предпосылок для достижения эффективности налоговых реформирований, а с другой – осуществить ряд конкретных мероприятий, направленных на усовершенствование налоговой системы. К решающим задачам, которые стоят перед концепцией налоговых реформирований, следует отнести гармонизацию общегосударственных интересов и интересов налогоплательщиков. Именно степень владения механизмом согласования интересов сторон налоговых отношений в результате определяет эффективность налогообложения и его направленность на социальное развитие.

#### Литература

1. Матвеева Т. Ю. Виды налогов // [Введение в макроэкономику](#)/ Т.Ю.Матвеева. — «Издательский дом ГУ-ВШЭ», 2007. — С. 404 - 408.
2. Горский И. Сколько функций у налога? / И.С.Горский, Налоговый вестник. — 2002. — № 3. — С.12-17.
3. Щепотьев А. В., Яшин С. А. Налоги и налогообложение: учеб. пособие/ А. В. Щепотьев, С. А. Яшин. — Тула: НОО ВПО НП «Тульский институт экономики и информатики», 2011. — 161 с.
4. В.П. Вишнеvский. Эволюционное развитие налоговых систем: теория и практика: моногр. / В.П. Вишнеvский, В.В. Дементьев, А.В. Гурнак и др.; под ред. акад. НАН Украины В.П. Вишнеvского / НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2014. 144 с.
5. В.П. Вишнеvский. Как обосновать бюджетно-налоговую политику государства? Опыт научного проектирования и реализации автоматизированной системы сопровождения бюджетного процесса на региональном уровне: моногр. / В.П. Вишнеvский, Р.Н. Лепа, А.В. Половян и др.; под общ. ред. В.П. Вишнеvского / НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2011. – 116 с.
6. Налог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>

**И.В. КОЧУРА, Я.Д. ЗОЗУЛЯ**

*Донецкий национальный технический университет, г.Донецк*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА С УЧЕТОМ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА**

Стабильность функционирования отраслей промышленности, в том числе угледобывающей, является залогом экономической независимости государства. В условиях рыночной экономики неоднозначность тенденций экономического развития и нестабильность механизма рыночного регулирования промышленности заставляют предприятия осуществлять деятельность, связанную с преодолением неопределенности. Поскольку большая часть управленческих решений на угольных предприятиях с подземной добычей угля принимается в условиях неопределенности, связанной с особенностями угольной отрасли, такими как сложность и изменчивость горно-геологических условий, нестационарность предмета и места труда, тяжелые условия работы, высокая степень износа оборудования, большая трудоемкость и опасность ведения работ, а также противоречивость тенденций политической конъюнктуры и законодательных решений, эта отрасль имеет более высокий уровень риска по сравнению с другими отраслями экономики. К этому следует добавить, что в практической деятельности отрасли ощущается недостаточный риск-менеджмент на уровне предприятия, вызванный отсутствием соответствующего научно-методического обеспечения по вопросам анализа и оценки риска, что требует разработки соответствующих теоретических и практических проблем этого направления. Непредсказуемые изменения во внешней и внутренней среде предприятий являются существенным фактором, влияющим на условия его функционирования, а также источником постоянной опасности ухудшения результатов, или даже срыва их деятельности. В связи с этим значительно активизировались исследования проблем адаптации предприятия к изменениям условий их деятельности. Поэтому на таком неблагоприятном фоне отрицательных факторов важнейшую роль приобретает прогнозирование технико-экономических показателей деятельности угольных предприятий с учетом влияния факторов хозяйственного риска.

Управление рисками предполагает анализ, количественную оценку и методы воздействия на риск. На этапе анализа хозяйственных рисков конкретизированы действия по их идентификации. Идентификация рискованных ситуаций на угольных предприятиях проведена с помощью анализа различных форм отчетности угольных шахт Донецкой области и метода экспертного опроса, в котором принимали участие руководители и главные специалисты шахт, холдингов и объединений Донецко-Макеевского угледобывающего района, а также ученые Донецкого национального технического университета, деятельность которых связана с угольной отраслью.

Количественная оценка заключается в установлении взаимосвязи между факторами хозяйственного риска и основными результатами операционной деятельности угольных шахт, а также определении значения риска. Проанализированы классические методы оценки риска и определены наиболее приемлемые для угольных предприятий. Это статистический и экспертный методы, имитационное моделирование, анализ целесообразности затрат. Использование этих методов позволяет оценить риск в целом, но не позволяет комплексно оценить причинно-следственные связи между факторами хозяйственного риска и результатами операционной деятельности угольных шахт, проанализировать конкретные факторы риска, которые повлияли на изменение технико-экономических показателей угольного предприятия, а также определить методы, снижающие влияние того или иного риска. Это обусловило целесообразность применения метода нейросетевого анализа для прогнозирования и оценки воздействия хозяйственного риска на угольных предприятиях. Во-первых, этот метод позволяет воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости, во-вторых, в отличие от других существующих методов используется тогда, когда не определены связи между входными переменными и выходными параметрами, в-третьих, позволяет моделировать зависимости в случае большого количества переменных и анализировать их.

На основе идентификации рискованных ситуаций и факторов, их определяющих, были выявлены причинно-следственные связи влияния факторов риска на основные результаты операционной деятельности угольных предприятий, которые очень сложно оценить количественно. Это еще раз подтвердило целесообразность применения метода нейросетевого анализа для прогнозирования и оценки воздействия хозяйственного риска на угольных предприятиях. Основу схемы составляет основной закон деятельности предприятия в рыночной системе хозяйствования - максимизация дохода, который зависит от объема добычи и ее себестоимости. На формирование этих величин влияют различные факторы риска, которые могут привести к отклонениям в отрицательную сторону. Для угольных шахт основными причинами возможного снижения добычи угля и увеличения себестоимости является организационно-управленческие, природные, производственные, финансовые, политические риски и факторы, которые их вызывают. К таким следует отнести влияние горно-геологических условий, надежность материально-технического снабжения, уровень организации производства, реализации и труда, рост цен на сырье и материалы, снижение капитальных вложений из бюджета и несовершенство законодательной политики.

На основе анализа различных форм отчетности угольных предприятий, максимального единства экспертов по вероятности возникновения и значимости определенных рискованных ситуаций были отобраны факторы хозяйственного риска, которые будут выступать в роли входных факторов в нейросетевой модели, и основные результаты операционной деятельности угольных предприятий как выходные параметры модели.

Этапы нейросетевого моделирования были адаптированы к условиям угольных предприятий. Разработана нейросетевая модель оценки и прогнозирования влияния хозяйственных рисков на основные результаты операционной деятельности угольных шахт, которая состоит из 9 факторов на входе, промежуточного слоя из 10 нейронов и 3 параметров на выходе. Объектом наблюдения выбраны данные по факторам риска за длительный промежуток времени по шахтам Донецкой области, которые отличаются горно-геологическими условиями, уровнем надежности технической базы производства и материально-технического снабжения, квалификации персонала и другими факторами, а также соответствующие им процент выполнения плана добычи, выручка от реализации угля и себестоимость 1 т угля. Результаты наблюдений проверены на репрезентативность. Для реализации модели использовалась сеть прямого распространения информации с алгоритмом обратного распространения ошибок (error back propagation), предложенная Руммельхартом и Хинтоном и возможности математического пакета MATLAB. С целью минимизации ошибки прогнозирования функцией активации определена функция гиперболического тангенса. Идентификация зависимости между входными данными и выходными параметрами состоит в определении весов синаптических связей и смещений, которые минимизировали бы ошибку прогноза модели. Таким образом, выбрана сеть с оптимальными весами синаптических связей между нейронами и смещениями в нейронах, которые позволяют получить минимальную ошибку прогноза данных.

Модель была апробирована на шахтах ГП «Донецкая угольная энергетическая компания». Средняя ошибка прогноза составила 15 %. Это достаточно удовлетворительно для практики с учетом того, что входные данные являются по своей природе стохастическими. Полученные результаты позволяют утверждать, что использование такой модели способствует качественному планированию на угольной шахте.

Таким образом, нейросетевая модель делает возможным прогнозирование результатов операционной деятельности угольных предприятий. Методические подходы и практический инструментарий модели позволяют учесть внутренние и внешние факторы риска. Это снизит уровень неопределенности исходной

информации при принятии управленческих решений в части развития угледобывающих предприятий, а также повысит уровень планирования и стабильности операционной деятельности угольных предприятий.

#### Литература

1. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: Монография/ В.М.Гранатуров. – М.: Дело и Сервис, 2009. – 112 с.
2. Петросов А.А. Экономические риски горного производства: Монография/ А.А.Петросов, К.С.Мангуш. - М.: Горная книга, 2007. – 142 с.
3. Мартякова Е.В. Хозяйственные риски: оценка, и прогнозирование: Монография / Е.В. Мартякова, И.В.Кочура – Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – 220 с.
4. Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J. Learning Internal Representations by error propagation // In parallel distributed processing: explorations in the microstructure of cognition. D.E. Rumelhart, J.L. Mc Clelland (eds). –Cambridge: MitPress, 1986. –Vol.1. – Chapt.8. –P.318-364.
5. Шапкин А.С. Теория риска и моделирование рисков ситуаций /А.С. Шапкин, В.А. Шапкин - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2009. - 880с.
6. Иванов В.Л. Методы снижения экономического риска/ В.Л. Иванов// Управление проектами и развитие производства. - 2011.- №4.-С.2-6.
7. Кантор О.Г. Классификация методов количественной оценки экономического риска/ О.Г.Кантор// Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. –Т.17.- №7.-С.34-39.

**Э.Р. САМКОВА, В.А. КУЛИК**

*ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»*

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Негативные проявления в мировой экономике, так или иначе, касаются каждого предприятия. Именно поэтому, разработка эффективного механизма антикризисного управления в условиях изменчивой экономической среды является актуальной научной задачей, требующей тщательного и глубокого исследования.

Для решения данной проблемы первоначально необходимо четкое понимание процессов происходящих на современном промышленном предприятии. Это обуславливает необходимость разработки подчиненной системы мероприятий, которая называется «антикризисным управлением».

Для отечественных промышленных предприятий, на сегодняшний день, стоит вопрос о решении задачи проведения оценки показателей производственного и финансового состояния предприятия, а также принятия решений о необходимости и целесообразности осуществления антикризисного управления по соответствующим направлениям, срокам, расходам и т.д.

Это может быть основой не только для предупреждения негативного влияния нерациональных управленческих решений, но и недопущения возникновения кризисных ситуации, их диагностирования на начальном этапе реализации соответствующих управленческих мероприятий по нейтрализации негативных последствий [5, с. 44-48].

Желаемый результат будет достигаться путем улучшения финансово-экономических показателей предприятия, а также уменьшением расходов, связанных с мерами антикризисного управления. Речь идет о том, что эффективность результатов деятельности предприятия будет расти лишь при условии, что система управления и организационно-экономический механизм антикризисного управления будут рационально выстроены и будут отвечать сложившимся условиям. Для этого в своей структуре составляющих рассматриваемая система должна содержать соответствующий инструментарий для оценки кризисных явлений.

Эффективность организационно-экономического механизма антикризисного управления можно определить как способность приносить желаемый (рациональный) эффект от внедрения соответствующих антикризисных мероприятий (программ, стратегий, решений) с максимально возможным сохранением всех преимуществ существующей стратегии (максимизация прибыли, социальный эффект и т. п) при минимальных затратах средств и ресурсов в долгосрочной перспективе [2, с. 34-39].

Отсюда, эффективность антикризисного управления как системы зависит от качества антикризисных решений, а эффективность принимаемых решений может служить средством измерения эффективности управляющей системы. То есть, эффективность, и качество антикризисного решения определяются, прежде всего, обоснованностью методологии решения проблем и соблюдением параметров логико-методологической рациональности: решение проблем должно быть ориентировано на позитивные конечные

результаты. Речь идет о том, что разработка соответствующих антикризисных решений не должна ограничиваться одним вариантом; необходим учет вероятности характера возникновения социально-экономических событий; комплексная оценка эффективности каждого из вариантов решения; применение современных логических приемов и компьютерной техники, а также использование комплексного подхода для разработки экономически обоснованных решений [3, с. 166-167].

В современных условиях хозяйствования резко возрастает требование к качеству антикризисных решений на всех стадиях жизненного цикла предприятий промышленности, для которых характерным является взаимосвязь с жизненным циклом технологической системы (как части технологической системы и технологий). Это объясняется тем, что даже небольшие погрешности в решениях могут привести к обострению или углублению кризиса. Данное явление является следствием ограниченности временных и финансовых ресурсов для принятия обоснованного стратегического решения на действительно проверенных фактах и тенденциях. Все это приводит к тому, что антикризисное управление, как элемент стратегического управления, должно занять соответствующее место в системе финансового управления на предприятии [1, с. 74-78].

Таким образом, эффективность механизма антикризисного управления определяется следующими критериями: скорость реагирования на вероятные проявления кризиса; системное использование мер антикризисного управления; согласованность антикризисных мер с целью их осуществления через выбор форм механизма антикризисного управления.

Анализ экономической литературы, посвященной проблеме эффективности организационно-экономического механизма антикризисного управления на промышленных предприятиях, дает возможность выделить основные направления оценки его эффективности:

- фундаментальная диагностика финансового состояния (использование традиционного вертикального, горизонтального, трендового и факторного анализа на основе официальной отчетности предприятия и статистических данных);

- комплексный анализ вероятности банкротства по общепринятым моделям (учитывается отраслевая принадлежность предприятия и особенности его функционирования на базе использования показателей финансового состояния предприятия);

- анализ изменения производственно-экономических показателей (прибыль, рентабельность, соотношение объема выпуска и реализации продукции, затраты на 1 руб. товарной продукции и другие), также необходимо анализировать изменения себестоимости и доли брака продукции.

Производственно-экономические показатели организационно-экономического механизма антикризисного управления отражают насколько изменилась прибыльность предприятия от внедрения мероприятий, а также тенденции экономического роста на предприятии. Они свидетельствуют не только о темпах прироста объемов производства, а также и о том, какой ценой, какими затратами ресурсов достигается этот прирост.

Методическое обеспечение диагностики кризисного состояния и угрозы банкротства характеризуется большим разнообразием подходов и инструментов ее проведения. Практически каждое исследование зарубежных и отечественных специалистов по финансовому анализу и антикризисному управлению содержит изложение разнообразных методических приемов, которые могут использоваться для осуществления этой работы [4, с. 58-60].

Основываясь на вышеизложенном, можно отметить, что антикризисное управление предприятием должно осуществляться поэтапно и включать соответствующую последовательность действий, где методики оценки вероятности банкротства должны занимать ведущее место и быть основой для принятия соответствующих управленческих решений.

В основе рассматриваемых методик лежит использование статистически-математических моделей, в рамках которых на основе выполняемого анализа строится функция и рассчитывается комплексный (интегральный) показатель. Однако существующие методики в основном констатируют факт кризиса. Полученной информации недостаточно для объективных выводов относительно эффективности осуществляемых антикризисных мер. На развертывание кризисных явлений на предприятии влияют факторы как эндогенного, так и экзогенного характера, которые не всегда поддаются управлению и адекватной оценке. Это, в свою очередь, не дает возможности оперативно принять управленческое решение [5, с. 50-53].

Рассматривая зарубежные и отечественные методики, можно выделить, что зарубежные модели не учитывают особенности национальной денежной системы, не имеют отраслевой привязки, а также модели создавались на основе западного развития экономики. Соответственно зарубежные модели могут использоваться только как параллельные совместно с отечественными моделями.

Таким образом, анализ методов оценки эффективности организационно-экономического механизма антикризисного управления промышленным предприятием показал, что оценка может осуществляться по следующим направлениям – анализ вероятности неплатежеспособности по общепринятым моделям, а также исходя из анализа изменения производственно-экономических показателей. Это в свою очередь, дает возможность достоверно оценить эффективность организационно-экономического механизма антикризисного управления для принятия управленческих решений.

1. Василенко В.О., Антикризове управління підприємством: навч. посіб. / В.О. Василенко. – К.: ЦУЛ, 2014. – 503 с.
2. Грязнова А.Г, Антикризисный менеджмент / Под ред. А.Г. Грязновой. — М.: ИНФРА-М, 2013. – 368 с.
3. Кондратьева К.В., Проблемы и критерии оценки эффективности механизма антикризисного управления на промышленных предприятиях // Журнал экономической теории. 2015. № 1. С. 165–169.
4. Кондратьева К.В., Пыткин А.Н. Эффективная модель организационно-экономического механизма антикризисного управления промышленным предприятием // Вестник ПГУ. Серия: Экономика. 2016. №1 (28). С. 54-65
5. Погребняк А.Ю., Механізм антикризового управління на підприємствах машинобудування : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 – 193 економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності) / Анна Юріївна Погребняк. – К., 2016. – 234 с.

**И. А. СТЕПАНОВ, Е. И. РЕЙШАХРИТ**  
Санкт-Петербургский Горный университет

## РАЗВИТИЕ МАЛОТОННАЖНЫХ СПГ-ЗАВОДОВ В РОССИИ

Стремительное развитие мирового рынка сжиженного природного газа приводит к устойчивому росту его совокупного потребления. Так, согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), мировой спрос на СПГ с 2010 года увеличивается в среднем на 7,6% ежегодно, обуславливая рост его доли, которая по итогам 2017 года составила более 30% мирового потребления газа [8].

Существующие в России запасы газа и наличие собственных технологических разработок по сжижению, по мнению министра энергетики, потенциально могут позволить нашей стране увеличить долю в мировом объеме производства СПГ к 2025 году с 4% до 20% [8]. Для этого ведется разработка целого ряда проектов, среди которых Балтийский СПГ, Печора СПГ, Владивосток СПГ, 3-я очередь Сахалин-2 [2]. На рисунке 1 представлены проектные мощности некоторых планируемых крупных СПГ-заводов.

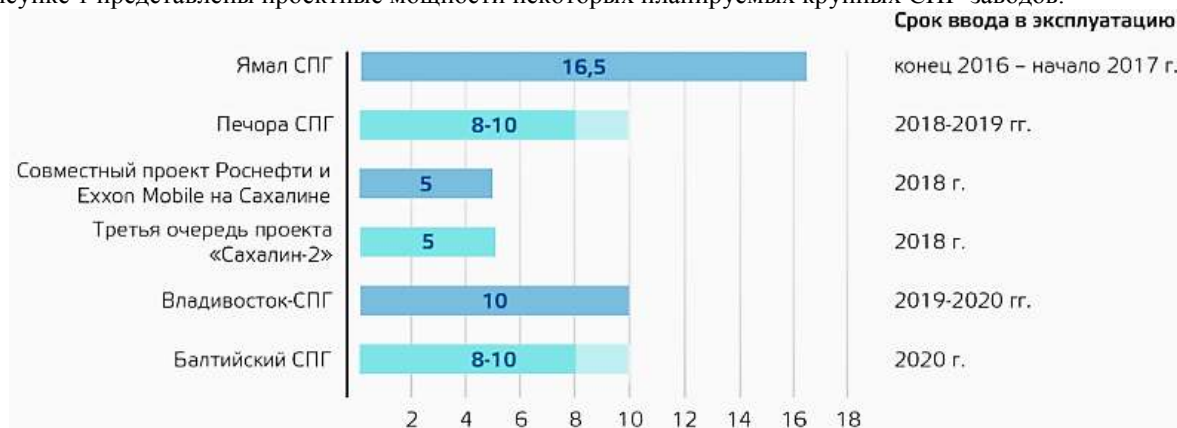


Рисунок 1 - Проектные мощности планируемых российских СПГ-заводов, млн т. [6]

Однако в настоящее время существуют и объективные препятствия, тормозящие ввод в эксплуатацию целый ряд российских СПГ-проектов. Основной причиной является высокий показатель удельных капитальных затрат, связанный с отсутствием отечественных производств мощного турбокомпрессорного оборудования и больших теплообменников, лежащих в основе крупнотоннажных (5 млн т в год и более) СПГ-заводов [2]. Дополнительной проблемой, тормозящей развитие заводов по сжижению газа в России, является сложность с привлечением инвестиций и кредитов для финансирования строительства, поскольку российские крупные проекты не способны выйти на конкурентный уровень доходности и срока окупаемости для проектов отрасли. Стремление развивать крупнотоннажное производство, ориентированное на экспорт, не решает острую проблему дефицита топлива в негазифицированных регионах России [3].

Для оценки и выбора проектов используют множество разных показателей, каждый из которых позволяет сделать вывод о том, стоит ли реализовывать проект или нет. Для СПГ-проектов, где себестоимость тонны продукции для каждого уникальна и складывается из затрат на добычу, сжижение, транспортировку до места назначения, прочих производственных и непроизводственных издержек, а цена формируется исходя из спроса и предложения на рынке, то на передний план выходит показатель удельных капитальных затрат, рассчитываемый как отношение суммарных инвестиций к годовой производственной мощности. Исходя из допущения, что цена – экзогенный фактор, задаваемый рынком, а себестоимость производства тонны продукции – эндогенный фактор, негибкий, трудноизменяемый и уникальный для каждого проекта по причине разных климатических условий, влияющих на затраты энергии для охлаждения, геологических усло-



вий месторождений, величина удельных капитальных затрат напрямую влияет на индекс доходности и срок окупаемости. В формуле 1 вычленена величина удельных капитальных затрат из срока окупаемости.

$$PP = \frac{I}{CF} = \frac{I}{Q} * \frac{1}{(P-TC)}, \quad (1)$$

где  $PP$  – срок окупаемости проекта;

$I$  - суммарные инвестиции в проект;

$Q$  - годовая производственная мощность;

$P$  – цена за тонну СПГ;

$TC$  – суммарные затраты на производство тонны СПГ.

Справочно, средние удельные капитальные затраты для российских крупных заводов находятся в диапазоне 1700-1800 \$/т, в то время как у заводов в США себестоимость варьирует в диапазоне 600-800 \$/т [4]. Такие высокие показатели удельных капитальных затрат у российских проектов, связаны с закупкой дорогостоящего зарубежного турбокомпрессорного оборудования и больших теплообменников. Но необходимо также отметить, что в среднем в России показатель себестоимости производства СПГ является одним из самых низких в мире. Именно поэтому главной задачей стоит снижение удельных капитальных затрат, тем самым повышая инвестиционную привлекательность проектов. В сложившихся условиях актуальным является принятие российскими компаниями-производителями управленческих решений, позволяющих решить главную задачу. Одно из наиболее предпочтительных решений – развитие малотоннажных (предприятия с объемом производства до 100 тыс. т в год) заводов [1]. Это позволит минимизировать риски, существенно сократить срок окупаемости, обеспечив при этом приемлемую себестоимость новых производств СПГ [3].

Определенные преимущества малотоннажных заводов СПГ заключаются в сравнительно низких удельных капитальных затратах на строительство, колеблющихся в диапазоне 550-700 \$/т, что позволяет выводить высококонкурентное топливо как на территории внутри страны, где отсутствуют магистральные трубопроводы, так и на экспорт [6]. Криогенное оборудование таких производств уже разработано и изготовлено российскими машиностроительными заводами, что позволяет снизить до минимума влияние санкций.

Выделяют три основных группы конечных пользователей продуктов таких заводов:

- топливо для судов (бункеровка);
- топливо для большегрузного наземного транспорта;
- энергоснабжение в неэлектрифицированных районах.

Несмотря на неблагоприятную динамику добычи и переработки природного газа на мировых рынках, а именно, низкие цены на сырье, избыток предложения на рынках газа и сосредоточенность на сокращении затрат, ряд факторов свидетельствует о целесообразности развития малотоннажных и заводов СПГ. Среди таких факторов, в первую очередь, следует отметить возможность обеспечить инвесторам более быструю и потенциально более привлекательную доходность в среднесрочной перспективе, что является принципиальным отличием малотоннажных заводов от крупномасштабных проектов производства СПГ [5]. Существующие отечественные технологии позволяют проектам предоставлять услугу по принципу «подключай и работай» с более низкими инвестиционными потребностями и ускоренными графиками ввода в эксплуатацию. Все это позволяет уменьшить неопределенность в отношении времени реализации проекта. Еще одним преимуществом малотоннажных проектов является возможность его масштабирования, позволяющее операторам добавлять производственные мощности для удовлетворения растущего спроса, доводя число производственных линий до 20-30 [2]. И, наконец, именно благодаря своей гибкости такие проекты могут простимулировать спрос в тех областях рынка, которые ранее были непригодны для СПГ в качестве источника топлива, как, например, автономное энергоснабжение на островах и в отдаленной местности [3].

#### Список использованной литературы

1. Амбиции без технологий: сможет ли Россия сама строить заводы СПГ // РБК. 12 сентября 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения 01.03.2018).
2. Малотоннажные российские заводы по производству СПГ захватывают свою долю европейского рынка // Региональная энергетика и энергосбережение. 17 апреля, 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://energy.s-kon.ru> (дата обращения 01.03.2018).
3. От малого к большому. Почему малотоннажное производство СПГ может стать новой «большой волной» // PwC. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://www.pwc.ru/publications/Small-going-big.pdf> (дата обращения 01.03.2018).
4. Пределы гибкости: сможет ли рынок СПГ повторить путь нефтяного рынка? // Forbes, 19 июля 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <http://www.forbes.ru> (дата обращения 01.03.2018).
5. Россия выходит на рынок СПГ не поздно и не рано – вовремя // Газета «Ведомости» от 14.02.2018 [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://www.vedomosti.ru/> (дата обращения 09.03.2018).
6. Сжиженный природный газ в мире и России: текущее состояние и перспективы развития // Vostock Capital, 12 Февраль, 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://www.vostockcapital.com> (дата обращения 01.03.2018).



7. Global LNG: Gorgon & the Global LNG Monster // Deutsche Bank Markets Research, 17 September 2012 (дата обращения 01.03.2018).

8. World Energy Outlook 2017 // International Energy Agency, 14 November 2017 (дата обращения 01.03.2018).

**ТУМУРСУХ ТУУЛ, ЗОРИГТ ОЮУНЦАЦРАЛ, БОР АМАРСАНАА**  
*Университет Финансов и Экономики, Улан-Батор, Монголия*

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ

Развитие горной промышленности и привлечение в эту сферу иностранных инвесторов стали стратегическим направлением государственной политики Монголии в последние несколько лет. Последовавший большой приток крупных иностранных капиталовложений в другие сферы жизнедеятельности страны повлек за собой небывалый рост экономических показателей Монголии, что в свою очередь, позволило местной власти определить основные направления развития экономики государства и разработать масштабные среднесрочные и долгосрочные проекты, реализуемых в ее отраслях, и в большинстве случаев в горной промышленности. В настоящее время на территории Монголии выявлено более 1000 месторождений с более 80 видами полезных ископаемых. Выявленный запас на данный момент полезных ископаемых Монголии:

- 20.6 млрд тонн угля,
- 84.1 млн тонн меди,
- 1.08 млрд тонн железных руд,
- 2.4 тыс тонн золота,
- 18.1 млн тонн цинка,
- 332,6 млн тонн сырой нефти и т.д.

Монголия занимает одно из ведущих мест в мире по запасам редких элементов. По исследованиям института Fraser Монголия лидирует в мире по индексам полезных ископаемых. Если в 2002 году 50 процентов доли всего экспорта нашей страны приходилось на полезные ископаемые, то на данный момент этот показатель уже достиг около 90 процентов. В настоящее время инвестируют в Монголию и осуществляют деятельность такие крупные транснациональные компании, как Туркойз Хилл Ресурс, Рио Тинто, Петро чайна дачин тамсаг, Арева, Пийбоди Винсвэй Ресурс, Тетис. В целях развития горнорудной промышленности единой политикой, обеспечения стабильности правовой среды, недопущения дискриминации инвесторов и определения участия государства в горнорудной промышленности в январе 2014 г. впервые парламент Монголии утвердил «Политику, проводимую государством, в области природных ресурсов». В этом документе указана стратегия государства в области полезных ископаемых до 2025 года.

Хотя поддержка со стороны государства значительная, но реализация проектов не осуществляется должным образом, нами было проведено исследование в котором мы изучили 30 проектов проводимых в горной отрасли для выявления проблем связанных с управлением рисками горных проектов. Репрезентативность размера выборки исследования горных проектов был осуществлен следующим образом. Таб.1.

*Таблица 1*  
 Выборка горных проектов

$n = \frac{t^2 * w * (1 - w) * N}{N * \Delta_p^2 + t^2 * w * (1 - w)}$	<i>t</i>	1.96	Критическое значение $t=1.96$ , 95.4%
	<i>w</i>	0.5	Средний вес
	<i>N</i>	600	Горные проекты
	$\Delta$	0.05	Стандартное отклонение
	<i>n</i>		Количество проектов
	$w*(1-w)$	0.25	

$$n = \frac{t^2 * w * (1 - w) * N}{N * \Delta_p^2 + t^2 * w * (1 - w)} \rightarrow n = \frac{2^2 * 0.25 * 600}{600 * 0.025^2 + 2^2 * 0.25} = 30.1$$

Исследование показало, что управление рисками проектов совместных предприятий проводится на должном уровне нежеле государственными и частными проектами реализуемых в Монголии.

Используемые подходы управления рисками проектов на предприятиях были различны.

- Анализ рисков количественным подходом составлял 57%, это был самый высокий процент.
- Анализ рисков качественным подходом составил 33%
- Процент предприятий, которые не используют ни одного подхода из вышеперечисленных составил 10 процентов.

Далее нами был проведен анализ методов управления рисками проектов на предприятиях, которые используют количественные или качественные подходы. Рис.1

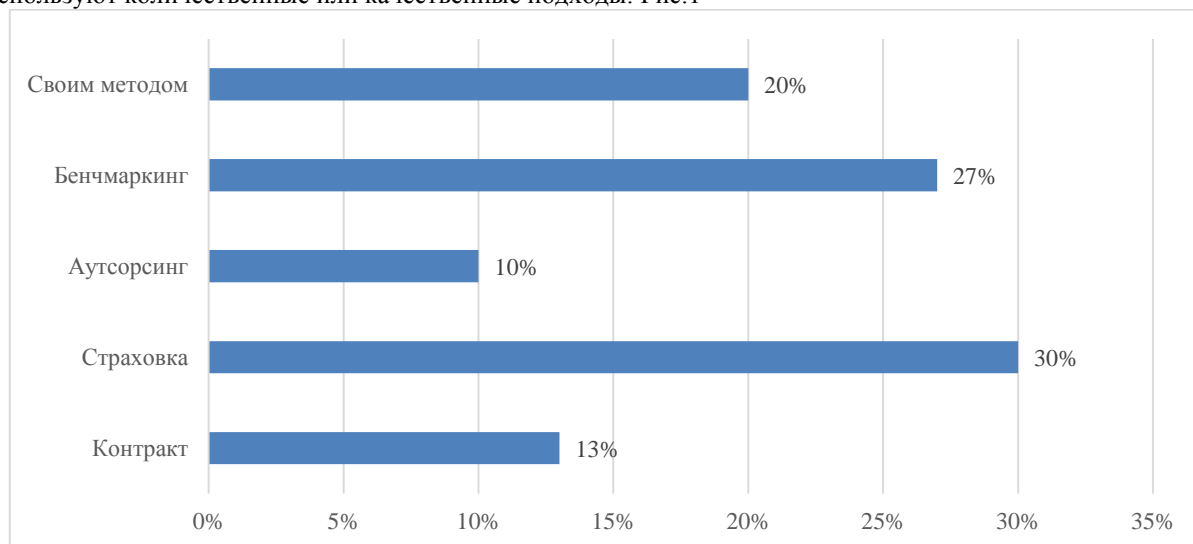


Рис.1. Методы управления рисками горных проектов /в процентах/

На данный момент риски управления проектов в национальных горных предприятиях возмещаются за счет страхования итог которых составил 30 процентов. Далее следует процент бенчмаркинга, который составил 27 процентов.

В итоге исследования, мы выявили (по мнению респондентов) проблемы связанные с управлением рисками горных проектов и оценили в процентах. Рис. 2

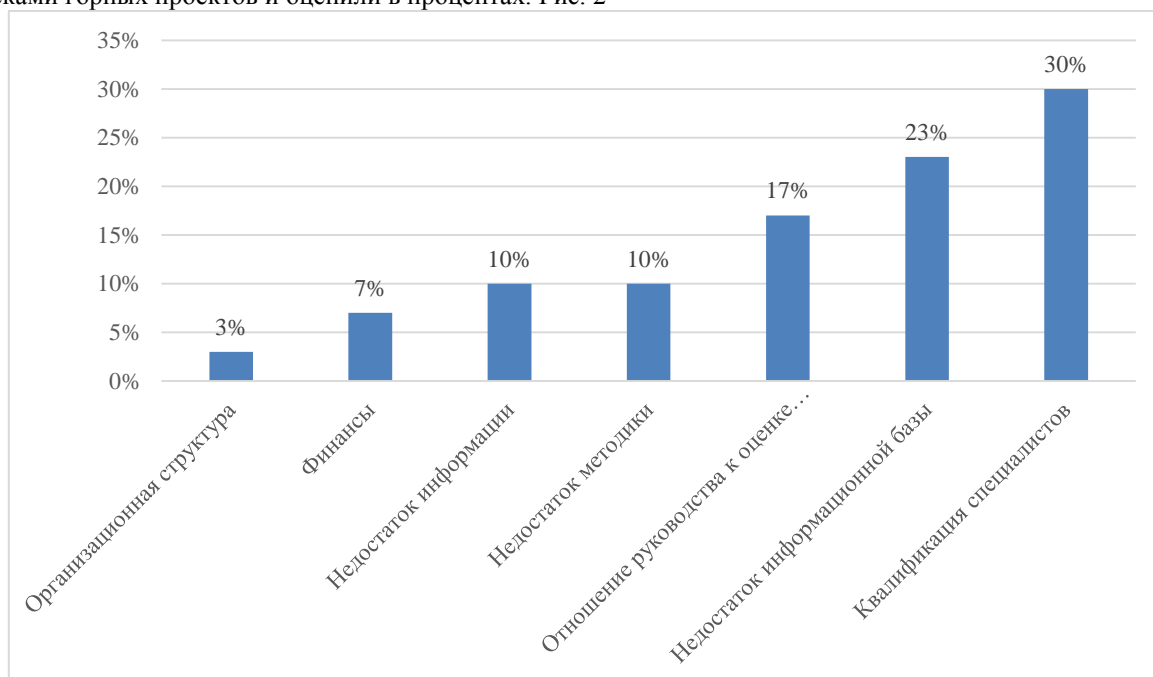


Рис.2. Проблемы управления рисков горных проектов

На рис.2 мы видим, что наибольший процент связан с квалификацией специалистов, который составил 30%, недостаток информационной базы связанный с управлением рисков проектов 23% и отношение руководства к оценке управлению риска проектами 17%.

Таким образом в итоге исследования управления рисками горных проектов нами были предложены следующие рекомендации:

- Необходимо решить вопрос связанный с организацией процедуры управления проектов. Особенно на предприятиях Монголии, которые были инвестированы национальными компаниями нет структуры и должности, которые должны контролировать, создавать и обогащать базу данных связанных с управлением рисков проектов.

- Развивать квалификацию служащих работающих в сфере управления /в т.ч. проводить семинары и круглые столы для руководителей предприятий, чтобы в дальнейшем должным образом и с поддержкой вести управление рисков проектов/ рисками горных проектов, составлять план обучения.

- Выявлять, регистрировать, оценивать, анализировать и составлять план управления рисков проектов.
- Создать и обновлять информационную базу управления рисками проектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Adams, C. N. D. (2006). Effective Mining Project Management Systems.
2. Chang, D.-y. (2009). Mongolian mining sector development and issues.
3. G.R, C. (1985). Feasibility studies and other pre-project estimates.
4. J.Perry, H. &. (1999). Risk identification, assessment and management in the mining and metallurgical industries. SAIMM Journal.
5. M.Radosavljevićb, S. б. (2009). Mining sector risk management .
6. Visser, C. K. (2014). Mining project uncertainty management .
7. W.Anderson, S. (2000). IDENTIFYING AND MANAGING RISK IN INTERNATIONAL MINING PROJECT. Davis Graham & Stubbs LLP.
8. Willis. (Every year). Mining risk review. Mining risk review.
9. Young, E. (2015). Mining sector risk management.
10. К.Манчук. (2017) Совершенствование управления рисков горных проектов
11. Ч.Ундрам. (2009). Анализ рисков в горной отрасли.

## ***ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ***

**AGNIESZKA MARIA DZINDZIORA**

*University of Science and Technology Faculty of Mechanical Engineering and Robotics Al. Mickiewicza 30 30-059 Krakow*

### **PROJECT OF A TESTING STATION FOR PHASE-CHANGE MATERIAL**

Energy storage is still a problem that needs a solution. Solutions are being sought, the effect of which is to be the ability to store energy in such a way that the accumulation and donation is easy and effective. Various technical solutions are proposed as well as the possibilities of using the phenomena and properties of materials that are related to energy flow. It is possible to use phase transitions to store energy in the form of heat.

If the phase transition is made at parameters close to the ambient conditions, then we are dealing with phase change material (PCM-phase-change material).

#### **1. What are phase change materials?**

Phase-change materials (PCM) are compounds or groups of compounds capable of absorbing, accumulating and donating a large amount of energy. These phenomena occur in the phase transition range of the first type. Depending on the type of phase-change material, the cycle can be repeated many times without changing the physico-chemical properties of the agent [1] [2].

#### **2. A testing station for phase-change material**

The scope of work included design and construction of a laboratory stand for testing phase-change materials. The testing station allowed to obtain the characteristics of the tested material in terms of phase transition and the possibility of energy accumulation. It also made it possible to determine the phase change temperature. The effect of the research is to expand the knowledge on the use of flow and heat storage.



Fig.1. Photo of a testing station for phase-change material

In the construction of the station (Fig. 1), three systems can be distinguished: functional, regulating, and software controlling and archiving the results of measurements. The systems should be considered separately due to their differences in functionality.

The functional system (Fig.1) consists of: a chamber in which there is a beaker with PCM material together with temperature sensors, a heating and cooling system created from Peltier Modules, heat sinks, ventilators and displays. Temperature sensors are placed on the bottom and top Peltier Module and in a beaker with PCM material.

The task of the regulating system is to control all electronic devices. Devices included in it are intended to power the functional system and enable correct work of the entire system. The electronic diagram (Fig. 2) shows in detail the connection of elements connected to the contact plate. The parameter is regulated by voltage. In order to supply the elements connected to the contactor, the voltage must be reduced from the power supplies using an AC/DC converter (from 12 V to 5 V). In the middle of the system there is a microcontroller responsible for controlling electronic devices. It is powered by 5 V. Arduino has pins to which two displays should be connected, relay module and temperature sensors. In order for the temperature sensors to work properly, a resistor increasing the resistance to 4.7 kΩ is necessary. Switching on and off control Peltier Modules are carried out via relays, which are controlled by a microcontroller. The control of the functional and regulating system is carried out using the ARDUINO program. The program has many functions. The program turns on and off the Peltier Modules and also controls the temperature of the Modules. Another important aspect is the control of the temperature measurement and registration, thanks to which the characteristics of the material to be tested and the Peltier Modules can be obtained. Temperatures of heat sources can be observed on the displays.

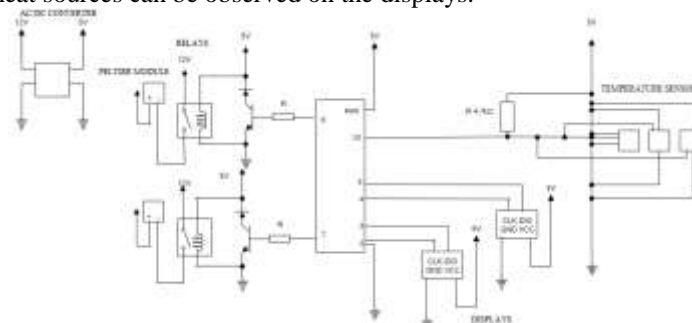


Fig. 2. Electronic scheme of the regulating system

### 3. Phase transition test

The operation of the station has been checked by examining the phase transition of liquid – solid water. The substance was chosen due to the knowledge of the characteristic parameters such as: freezing temperature, specific heat, density. The measurements of the water temperature change as a function of time recorded a constant value of the phase transition temperature (Fig. 3). The characteristics of the test substance may show the phase transition conditions, the amount of heat received or delivered. The time required to complete the test depends on the method of heating and cooling the PCM substance (with a constant sample weight). Depending on the course of temperature changes over time, one can infer about the intensity of heat flow and the mechanism that is responsible for this process. Each substance has unambiguously determined parameters related to the phase transition.

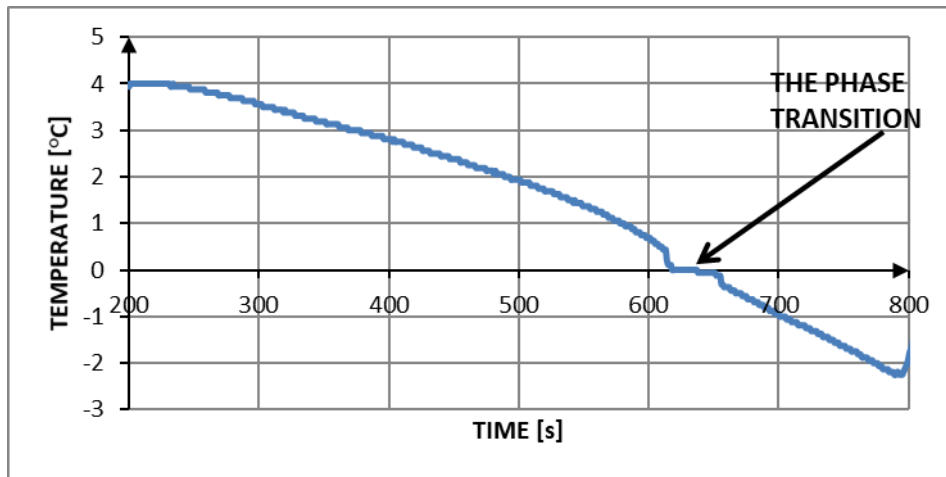


Fig. 3. Phase transition of water from liquid to solid state

Water is the most-known substance for which an analysis can be made. Knowing the specific heat of water, you can calculate how much heat you need to pick up to lower the temperature from 4 ° C to -2 ° C. The value of the temperature at which the phase transition takes place can be unambiguously determined from the performed test. Temperature for several dozen seconds does not change and is constant at 0 ° C. Then the phase transition takes place.

#### 4. Summary

The stand consists of three systems: functional, regulating, software controlling and archiving the results of measurements. The functional system consists of: Peltier Modules, heat sinks, ventilators, beaker, temperature sensors, displays and housing. The regulating system is controlled by: Arduino with relays powered by power supply using voltage reduction AC/DC converter. The Arduino program is responsible for control and archiving software. The article presents an example of a phase change test for water. The analysis of the results shows the possibilities of heat accumulation in the tested materials.

The main features of the testing station are:

- the ability to regulate the temperature of Peltier cells in the range from -10 ÷ 115 ° C;
- the ability to create unlimited amounts of programs to control the system;
- the possibility of testing many PCM substances and heat insulators;
- the ability to save results and create temperature change characteristics from time.

The measuring space is insulated using a casing made of foam and aluminium foil. This is to reduce heat loss during the test. The result of the exact knowledge of phase-change substances may be new ideas of heat accumulation, which may contribute to the creation of new and interesting concepts of using PCM.

During the operation of the laboratory stand, it is possible to modify the system. The software and physical elements of the station may change. An example of expanding the possibilities of the system is the selection of more powerful Peltier Modules. This leads to a wider range of operating temperature changes. However, to reduce energy losses, use an aluminium beaker for PCM.

#### Literature

1. <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/przemiana-fazowa;3963472.html> [access 31/05/2017]
2. [http://trucinska.zut.edu.pl/fileadmin/wykladyZB\\_KBI\\_S2\\_N2/Materialy\\_fazowo\\_zmienne\\_\\_10-11-2015\\_.pdf](http://trucinska.zut.edu.pl/fileadmin/wykladyZB_KBI_S2_N2/Materialy_fazowo_zmienne__10-11-2015_.pdf) [access 31/05/2017]

AKGUL VOLKAN<sup>1,\*</sup>, AKCİN HAKAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geomatics Engineering, Bulent Ecevit University, Zonguldak 67100, Turkey

## INVESTIGATION OF MARINE STRUCTURE DAMAGES CAUSED BY SUBSIDENCE DUE TO UNDERGROUND MINING ACTIVITIES AT ZONGULDAK IN TURKEY

#### Abstract

Mining activities as more an important economic source of nowadays at Zonguldak province of Turkey has been started in 1848. Hard coal has a wide basin boundary terrestrial and thalassic. Nowadays, unfortunately, urban settlements and marine structures are located in the influence area of the mining activities. These activities causes horizontal and vertical deformations (i.e. naming as subsidence) on the ground surface during underground produc-

tion processes. This situation adversely affects urbanization and land use depending on the ground movements, in contrast to the economic contributions of mining activities. Negative results of subsidence such as coastal erosion, landslide, deterioration of the groundwater regime and sewer leaks due to damages in the infrastructure facilities, adversely affect to the environment. These movements need to be monitored in order to reduce the harm that these mining activities can give to the environment. In this study, subsidence effects of the active production area beneath the seaport of Kozlu as a marine structure is handled. Coordinates of ground monitoring points on the seaport have been measured with Active CORS GNSS method at different time periods. In result of investigation by t-test of the coordinate differences, to occur of the deformations was established. This deformations are determined as maximum 17 cm in horizontal and 27 cm in vertical.

### 1. Introduction

To 1- 2.5 million tons of Turkey's annual consumption needed can be covered by Zonguldak hard coal basin. The process of obtaining coalmine through mining activities brings various environmental, social and economic problems along with the benefits it provides in the life of the society (Zonguldak Report, 2006; Akcin et al. 2010). Subsidence and deformation resulted by underground mining operations in the region are the main problems. Subsidence means that the ground fallen down from the earth surface due to the ore taken from the underground during mining activities. And, the transformation of an object into a unit shape or transformation from its original shape with the effect of various internal and external forces is called as deformation (Whittaker and Reddish, 1989). The subsidence (i.e. ground movements due to underground mining) is related with the length and width of the excavated coal panel, the excavation thickness, the slope of the seam and the depth of the panel from the earth and geological parameters of the overburden between panel and ground surface (Unlu et al. 2013). In this study, the Zonguldak Kozlu seaport constructed over the coal production area was designated as a study area and observations were made at different time intervals using with the geodetic points marked over there for subsidence effects.

### 2. A Case Study: Kozlu Seaport

This application was made for the analysis of deformation measurement with Active CORS GNSS measurements. Zonguldak Kozlu port was chosen as the study area (Fig. 1) and observations were made at 24 geodetic points established over the port. The characteristics of the underground mining operation that is actively used under the port of Kozlu are as indicated in Table 1.

**Table1.** Indicators of underground mine excavation field at Kozlu Area in Zonguldak City.

PRODUCTION TYPE OF PANEL	NAME OF THE SEAM	SEAM THICKNESS	LENGHT OF PANEL (L)	WIDTH OF PANEL (W)	SLOPE ANGLE OF PANEL ( $\alpha$ )	DEEP OF PANEL ( $H_0$ )
Longwall	Acilik	2.18m	268m	132m	30 <sup>0</sup>	528m

Reference measurements carried out on May 3 of the year 2012 were repeated on Jan 25 of the year 2018 and the location changes of points marked on the port observed with the same measurement method. In both observations, measurements were made 10 epochs (n = 10) with intervals of 1 second. According to the bilateral t-test in Eq.1, the degree of freedom was calculated as 18 (df = 18). The limit t value obtained from the table is 2.101 for the 95% probability ( $\alpha = 0.95$ ). Quadratic means "m<sub>0</sub>" of the measurements in Eq.2 are calculated from root mean square errors (RMSE).

$$t = \frac{|X^{\circ} - X|}{m^{\circ}_c} \quad t_{1-\alpha/2} > t_{f18} \quad 1)$$

$$M^{\circ}_c = \sqrt{M_0^1{}^2 + M_0^2{}^2} \quad 2)$$

The results and limit values of t - test in Table 2, and illustration of the vertical and horizontal vectors are presented in Figure 2. According to the absolute value of all results obtained exceeded the limit value from Table 2. This results mean that deformation occurs in the horizontal and vertical directions according to the t test.

### 3. Conclusions

In this study, ground surface subsidence value components determined as maximum 17 cm in horizontal and 27 cm in vertical on the Kozlu seaport of 2.18 m excavated a longwall coal panel in deep 528 meter. Damage level in seaport structure is severe. Sewer leaks, local landslide near the seaport and coastal erosion as environmental effects are observed between year 2012 and 2018.

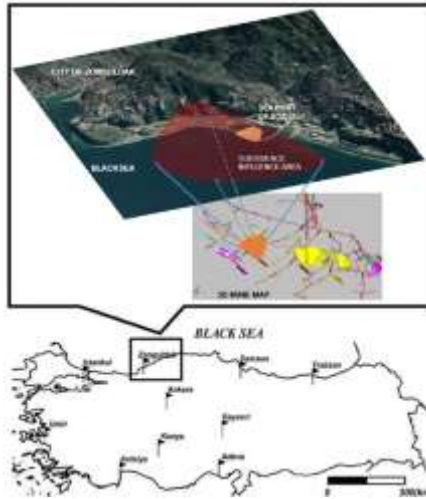
### References

Akcin H., Kutoglu H. S., Kemaldere H., Deguchi T., and E. Koksak (2010). Monitoring subsidence effects in the urban area of Zonguldak Hardcoal Basin of Turkey by InSAR-GIS integration. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol. 10, 1807–1814.

Unlu T., Akcin H. and Yilmaz O. (2013). An integrated approach for the prediction of subsidence for coal mining basins. *Engineering Geology*, Vol. 166, 186–203.

Whittaker B. N. and Reddish D. J. (1989). *Subsidence Occurrence, Prediction and Control*, Elsevier, Oxford, 528 p.

Zonguldak Province Environment and Forestry Directorate (2006): Zonguldak Province Environmental Condition Report, Ministry of Environment and Forestry, Ankara, (in Turkish).



**Figure 1.** Ground surface subsidence influence area of excavation in underground acilik coal



**Figure 2.** Kozlu Seaport, Zonguldak

**Table 2.** Horizontal and Vertical t Test Values and Limit Value in t Table



Point	RMS(H1)	RMS(H2)	RMS(V1)	RMS(V2)	Dx	Dy	Dz	tx	ty	tz	t <sub>limit</sub>	Status of def.		
	m1 (mm)	m2 (mm)	m1 (mm)	m2 (mm)	(mm)	(mm)	(mm)					(x)	(y)	(z)
P01	5	9	3	15	-51	6	-140	-5.003	0.561	-9.159	2.101	(+)	(-)	(+)
P02	4	10	3	15	-41	1	-140	-3.767	0.073	-9.109	2.101	(+)	(-)	(+)
P03	5	9	4	14	-32	22	-155	-3.108	2.167	-10.673	2.101	(+)	(+)	(+)
P04	7	9	4	14	-39	-23	-153	-3.522	-2.108	-10.405	2.101	(+)	(+)	(+)
P05	6	8	4	9	-86	-35	-195	-8.507	-3.458	-20.235	2.101	(+)	(+)	(+)
P06	5	6	3	8	-145	-32	-272	-18.426	-4.064	-32.215	2.101	(+)	(+)	(+)
P07	4	6	2	9	-143	-31	-273	-20.494	-4.473	-29.839	2.101	(+)	(+)	(+)
P08	4	6	2	9	-142	-43	-254	-20.050	-6.097	-27.754	2.101	(+)	(+)	(+)
P09	6	8	3	11	-123	-33	-254	-12.616	-3.328	-22.346	2.101	(+)	(+)	(+)
P10	5	9	2	13	-110	-56	-209	-10.863	-5.511	-15.840	2.101	(+)	(+)	(+)
P11	6	10	3	13	-69	-42	-179	-6.028	-3.680	-13.446	2.101	(+)	(+)	(+)
P12	4	10	2	13	-39	-27	-153	-3.661	-2.497	-11.581	2.101	(+)	(+)	(+)
P13	5	9	3	13	-26	10	-151	-2.473	0.924	-11.325	2.101	(+)	(-)	(+)
P14	4	6	4	7	-84	10	-123	-12.165	1.440	-15.704	2.101	(+)	(-)	(+)
P15	7	10	6	10	-115	27	-159	-9.280	2.173	-13.479	2.101	(+)	(+)	(+)
P16	6	7	3	6	-161	15	-196	-18.119	1.696	-29.188	2.101	(+)	(-)	(+)
P17	8	17	4	13	-159	34	-188	-8.555	1.820	-13.800	2.101	(+)	(-)	(+)
P18	5	10	3	11	-163	33	-176	-14.369	2.904	-15.488	2.101	(+)	(+)	(+)
P19	5	12	2	12	-165	35	-206	-12.855	2.692	-16.852	2.101	(+)	(+)	(+)
P20	6	167	3	215	-168	30	-196	-1.007	0.179	-0.910	2.101	(-)	(-)	(+)
P21	5	8	3	7	-162	33	-206	-17.118	3.499	-27.377	2.101	(+)	(+)	(+)
P22	4	9	2	10	-100	32	-126	-10.091	3.195	-12.462	2.101	(+)	(+)	(+)
P23	7	9	7	10	-91	28	-142	-8.094	2.518	-11.767	2.101	(+)	(+)	(+)
P24	6	9	6	9	-86	17	-135	-7.960	1.535	-12.316	2.101	(+)	(-)	(+)

**ANNE METTE T. SIMONSEN<sup>1,2</sup>, BO ELBERLING<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Center for Permafrost (CENPERM), Department of Geoscience and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Copenhagen, Øster Voldgade 10, DK-1350, Copenhagen K., Denmark*

<sup>2</sup>*Arctic Technology Centre, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Building 118, 2800 Lyngby, Denmark*

**KRISTINE B. PEDERSEN<sup>3</sup>**

<sup>3</sup>*Akvaplan-niva AS, Framsenteret, Postbox 6606 Langnes, 9296 Tromsø, Norway*

**LIS BACH<sup>4</sup>**

<sup>4</sup>*Arctic Research Centre, Department of Bioscience, Aarhus University, Frederiksborgvej 399, DK-4000 Roskilde, Denmark*

## **ASSESSING FRACTIONATION PATTERNS OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS FROM SUBMARINE TAILINGS DISPOSAL IN A FJORD SYSTEM, NORTHERN NORWAY.**

Between 1971-1997 and 2011-2015, the iron-ore mine of Sydvaranger Gruve discharged more than 65 million tons of mine tailings from metal ore treatment into Bøkfjorden, Northern Norway through a submarine pipeline. Submarine Tailings Disposal (STD) is commonly practiced in Norway despite previous cases of severe environmental impacts due to the combined effect of the large volumes released into the marine environment and the high metal concentrations remaining in the waste product. The toxicity and fate of heavy metals to the aquatic environment do not depend on the metal quantities alone, but also on the chemical forms or bindings of metals in the sediments. To assess the potential environmental effects of mine tailings affected sediments, this study analyzes total metal concentrations and the fractionation pattern of metals in sediment cores from Bøkfjorden by the use of total digestion and a 5-step sequential extraction procedure. The results show that the fjord sediments contain total heavy metal concentrations below the potential adverse effect level according to the Norwegian sediment quality criteria, which



correspond to Norwegian background levels. Only Pb and Cu concentrations from sediments near the mine tailings discharge are found to exceed adverse effect levels. The source of the elevated metal concentrations could beside the mine tailings be related to the industrial and commercial activities in the harbour. Sequential extraction results show As, Cd, Cu, Pb and Zn to be bound to >30% mobilisable fractions (exchangeable, acid soluble, oxidisable and reducible), whereas Cr and Ni were considered highly immobilisable (residual fraction). In particular, Cu is bound in the organic fraction of the sediment (oxidisable fraction) whilst Pb is mostly connected to Fe/Mn oxides (reducible fraction), both with potential for release to the water column and uptake by biota. Despite the generally low total metal concentrations observed, the sequential extraction results demonstrate the necessity of assessing the metal fractionation patterns in order to evaluate the potential availability of metals.

**BC. ADÉLA COUFALOVÁ**

*Institute for Nanomaterials, Advanced Technology Innovation,  
Technical University of Liberec (TUL), Studentská 2, 461 17 Liberec, Czech Republic*

## **APPLICATIONS OF NANOMATERIALS IN WATER AND WASTEWATER TREATMENT**

### **Abstract**

Population growth and global climate change lead to water quality deterioration, therefore, water quality is one of the major problem of the 21<sup>st</sup> century. To ensure required water quality and its supply, new ways of water and wastewater treatment are needed. Nanotechnology is a promising approach that can help to considerably improve many technology in general, including water and wastewater treatment processes. The aim of this contribution is, therefore, to briefly present a great potential of nanotechnologies for environmental protection, especially in the water and wastewater treatment.

### **Introduction**

Nanomaterials are defined as materials smaller than 100 nm in one dimension. These materials have special size-dependent properties, and display very high specific surface area, fast dissolution, high reactivity, and strong sorption. Such properties can be effectively used for applications in water and wastewater treatment. Some of applications are discussed below.

#### **1. Adsorption**

Adsorption is very commonly used as a step to elimination organic and inorganic contaminants from water. There are currently used for instance carbon-based nano-adsorbents as CNTs, which have shown higher efficiency compared to activated carbon. CNTs adsorb many types of organic chemicals (Pan and Xing, 2008). Activated carbon has low affinity for low molecular weight polar organic compounds, in contrast to CNTs those strongly adsorb these polar organic compounds (Yang and Xing, 2010). Moreover, oxidized CNTs can remove some heavy metals as such modified CNTs contain new functional groups, for example hydroxyl, phenol or carboxyl (Rao et al., 2007). Advantage of CNTs is that it can be easily reversed by reducing the solution pH. It means that nano-adsorbents can be regenerated and used repeatedly (Lu et al., 2007).

Another way how to remove a heavy metals and radionuclides from water is application of metal oxides, e.g. iron oxide, titanium dioxide and alumina, all representing low cost adsorbents (Koeppenkastrop and Decarlo, 1993). It is also possible to reuse these metal oxide nano-adsorbents after changing solution pH (Sharma et al., 2009). Third type of adsorbents are dendrimers, i.e. polymeric nano-adsorbents, that ensure removal of both organics and heavy metals (Crooks et al.2001).

Main disadvantage is a need of installation of additional separation unit in order to remove the nanoparticles. Examples already used in practice are nano-adsorbent for arsenic elimination, which were proven to be affordable (Aragon et al., 2007).

#### **2. Photocatalysis**

Photocatalytic oxidation is process for elimination of vestige contaminants and microbial pathogens. It is a step for enhance biodegradability. Photocatalysis can be used to directly remove organic compounds or increase their biodegradability. However, main problem is slow reaction kinetic and complicated equipments.

Very common semiconductor photocatalyst used in water/wastewater treatment is TiO<sub>2</sub> that show low toxicity, chemical stability, and low capital costs. It has been proven, that very important is the size of TiO<sub>2</sub>. For example Anatase is the most stable for particles smaller than 11nm (Fujishima et al., 2008). Moreover, TiO<sub>2</sub> nanotubes seem to be even better than nanoparticles for decomposition of organic compounds (Macak et al., 2007). Slurry reactors or reactors using immobilized TiO<sub>2</sub> are commonly used and it has shown great potential as a low-cost and environmental friendly water treatment technology.

#### **3. Nanofibers**

Nanofibers (Figure 1) are very suitable materials for applications in the biological wastewater treatment. Mainly due to their characteristic properties such as a high specific surface, small pore size, chemical and physical stability. Application of nanotechnology in combination with biological methods brings distinct advantages.

The following characteristics of the nanofibers used as carriers of bacterial biomass were examined: the rate of colonization as a function of the used material, the rate of carrier ingrowths by relevant microorganisms. Microbial biofilm formation can be greatly supported using nanofiber structures (Figure 2) and then the whole biofilm reactor system provides stable biodegradation (Kriklavova, 2010).

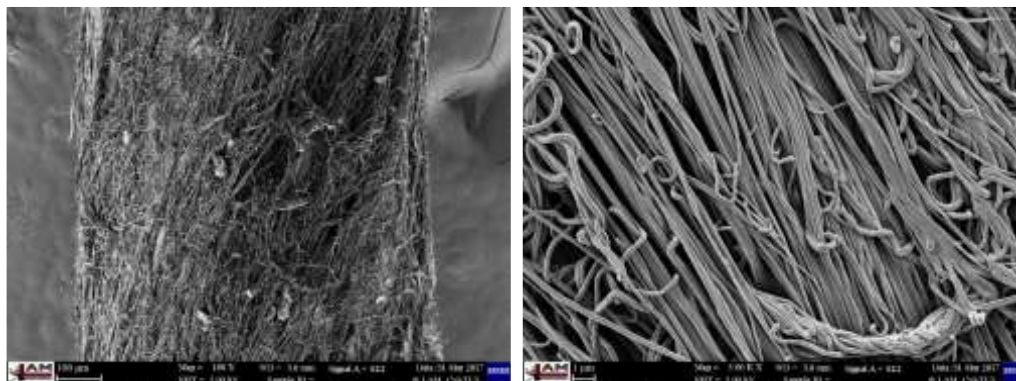


Figure 1: Nanofibers: a) PVB (Polyvinyl butyral) and b) PESH + PA6 (Hydrophilic Polyether-sulfone + Polyamide).



Figure 2: PESH + PA6-1 fiber after: 0, 18, 40, 90, 162 and 234 h cultivation with real waste water from a municipal sewage treatment plant.

An important advantage of the nanofiber technology is the possibility of bacterial biofilm (for example bacterial strain of the genus *Rhodococcus erythropolis*) growth not only on the surface of fibres, but also closer to the center of the yarn, where the bacteria are much better protected against toxic effects of the environment (Kriklavova, 2012).

Nanofibers are also used for membrane modification or membrane preparation. Nanofiber membranes show very high specific surface of nanofibers and very high porosity. Moreover, the diameter, morphology and composition of nanofibers can be adjusted with regards to specific applications. Hence, various organic and inorganic compounds can be added to the polymer spinning solution prior to the electrospinning process. For example, to remove heavy metals and organic pollutants multifunctional materials such as TiO<sub>2</sub> or functional materials are applied on the nanofibers (Li and Xia, 2004).

Regarding nanocomposite membranes, nanoparticles of hydrophilic metal oxides (e.g., Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>), antimicrobial nanoparticles (Ag or CNTs), or (photo)catalytic nanomaterials are used. Such particles addition results in reduction of surface (bio)fouling of the membrane caused by the increased hydrophilicity (Ebert et al., 2004).

#### References

- Aragon, M., Kottenstette, R., Dwyer, B., Aragon, A., Everett, R., Holub, W., Siegel, M., Wright, J., 2007. Arsenic Pilot Plant Operation and Results. Sandia National Laboratories, Anthony, New Mexico.
- Crooks, R.M., Zhao, M.Q., Sun, L., Chechik, V., Yeung, L.K., 2001. Dendrimer-encapsulated metal nanoparticles: synthesis, characterization, and applications to catalysis. *Accounts of Chemical Research* 34 (3), 181e190
- Ebert, K., Fritsch, D., Koll, J., Tjahjaviguna, C., 2004. Influence of inorganic fillers on the compaction behaviour of porous polymer based membranes. *Journal of Membrane Science* 233 (1e2), 71e78.
- Fujishima, A., Zhang, X.T., Tryk, D.A., 2008. TiO<sub>2</sub> Photocatalysis and related surface phenomena. *Surface Science Reports* 63 (12), 515e582.

- Koeppenkastrop, D., Decarlo, E.H., 1993. Uptake of rare-earth elements from solution by metal-oxides. *Environmental Science and Technology* 27 (9), 1796e1802
- Kriklavova, L., Lederer, T. The use of nanofiber carriers in biofilm reactor for the treatment of industrial wastewaters, 2010, NANOCON 2010 - Conference Proceedings, 2nd International Conference, Czech Republic, Thomson Reuters Web of Knowledge, p. 165-170
- Li, D., Xia, Y.N., 2004. Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel? *Advanced Materials* 16 (14), 1151e1170.
- Lu, C., Chiu, H., Bai, H., 2007. Comparisons of adsorbent cost for the removal of zinc (II) from aqueous solution by carbon nanotubes and activated carbon. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 7 (4e5), 1647e1652.
- Macak, J.M., Zlamal, M., Krysa, J., Schmuki, P., 2007. Selforganized TiO<sub>2</sub> nanotube layers as highly efficient photocatalysts. *Small* 3 (2), 300e304.
- Mauter, M.S., Wang, Y., Okemgbo, K.C., Osuji, C.O., Giannelis, E.P., Elimelech, M., 2011. Antifouling ultrafiltration membranes via post-fabrication grafting of biocidal nanomaterials. *ACS Applied Materials & Interfaces* 3 (8), 2861e2868.
- Pan, B., Xing, B.S., 2008. Adsorption mechanisms of organic chemicals on carbon nanotubes. *Environmental Science and Technology* 42 (24), 9005e9013.
- Rao, G.P., Lu, C., Su, F., 2007. Sorption of divalent metal ions from aqueous solution by carbon nanotubes: a review. *Separation and Purification Technology* 58 (1), 224e231.
- Sharma, Y.C., Srivastava, V., Singh, V.K., Kaul, S.N., Weng, C.H., 2009. Nano-adsorbents for the removal of metallic pollutants from water and wastewater. *Environmental Technology* 30 (6), 583e609.
- Svobodová (Křiklavová, Lucie & Dub, T & Lederer, Tomas, 2012. Development of nanofiber support for use as a carrier of bacterial biomass in wastewater treatment. NANOCON 2012 - Conference Proceedings, 4th International Conference. 460-465.
- Yang, K., Xing, B.S., 2010. Adsorption of organic compounds by carbon nanomaterials in aqueous phase: Polanyi theory and its application. *Chemical Reviews* 110 (10), 5989e6008.

**BIENIASZEWSKI KAROL, KAWA WOJCIECH, SŁOWIK JAKUB, OLENIACZ  
ROBERT**

*AGH University of Science and Technology, Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering, Krakow, Poland*

## **EFFICIENCY OF SELECTED ANTI-DUST FACE MASKS USED IN POLAND – INTERCOMPARISON TESTS**

### **1. Introduction**

Nowadays clean air in urbanised area is a scarce good. In many European countries bad air quality is determined by over-normative concentrations of suspended dust PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> (particle matter with size under 10 and 2.5 μm) [1]. To areas with significant fine dust air pollution, especially in heating season, count many of cities in Poland. Physically active people (pedestrians, runners, cyclists) often use anti-dust face masks (being filters to particulates), which task is to decrease dust concentration in inhaled air and limit the exposure to toxic chemical compounds included in dust (including heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons), providing significant health benefits [2-5]. Accessibility anti-dust masks and filters on Polish market is plentiful, and their popularity is increasing annually which is caused by growing public awareness and highlighting the air pollution problem in media.

Efficiency of anti-dust masks is defined by certificates and producers declarations. Researches that pertain to test this efficiency in most cases rely on laboratory studies which use created aerosol with certain size of particles. This research presents the results of own studies based on the weight method, which compare capture effectiveness for some of these types of masks in reference to real suspended dust PM<sub>2.5</sub> occurring in ambient air.

### **2. Materials and methods**

The research includes popular in Poland filtration materials used in anti-dust face masks from the medium price range (table 1). Among them, there are certificated materials of laboratory confirmed efficiency, including multi-layer filters that contains an activated carbon layer.

*Table 1. Characteristics of filtration materials from face masks used in the research*

No.	Mask brand	Filter type	Mask / filter symbol	Filter description, efficiency declared by the manufacturer	Price for 1 pcs., €
1	Dragon	standard	DS	N99 filter, declared efficiency – 99.4% for PM <sub>2.5</sub> *	1,44

2		activated carbon	DC	N99 filter with activated carbon layer, declared efficiency – 99.4% for PM <sub>2.5</sub> *	1,92
3	RwB Mask	-	RWB	filter with activated carbon layer inside, filters up to 98.89% particulate matters	2,16
4	MB Filter	MB 40 VS FFP3	MB	FFP3 type thick filter used in industrial half-mask with valve*	2,88
5	RZ Mask	F1	RZF1	filter with activated carbon layer inside, filters up to 99.9% particles > 0,1 µm	2,88
6		F2	RZF2	HEPA type filter, filters up to 97% for particulate matters > 0.1 µm	3,60
7		F3	RZF3	HEPA and activated carbon layers, filters up to 97% particulate matters > 0.1 µm	4,32

\* examined by Central Institute for Labour Protection - National Research Institute in Poland

The studies of anti-dust masks filtration effectiveness were carried out in winter season by simulating intensive use conditions. In this purpose a certain volume of dusty ambient air was passed through every tested filtration material (the first stage of filtration). There was also determined quantity of dust uncaptured by tested filters by using a high-efficiency final filter made of glass microfiber Whatman GF/A with 47 mm diameter (the second stage of filtration).

The filtration efficiency for each material was evaluated by using following equation:

$$\eta = \frac{m_1}{m_1 + m_2} * 100\%$$

where:

$m_1$  – mass of dust retained on the tested filter [g],

$m_2$  – mass of dust retained on the final filter [g].

The procedure of preparing the tested filters involved cutting discs with 47 mm diameter from the filtration materials. Next step was to dry the discs in laboratory dryer in temperature of 105°C for at least two hours and cool down in desiccator to ambient temperature. The filter mass changes resulted from dust collection were determined using the laboratory scale Sartorius CP64 with a weighing accuracy of 0.0001 g.

The researches were carried out in outdoor conditions, on the roof of fifth-floor building with using referential dust sampler LVS-3 (Atmoservice Poznań) with PM<sub>2.5</sub> inlet head capturing dust fractions above 2.5 µm, that comply with EN 12341:2014 requirements. For each of tested filtration materials the sampler was working with air suction velocity of approx. 2.3 m<sup>3</sup>/h for 24 hours, except the case of testing efficiency of MB filters for which the sampling time was enlarged to 42-48 hours. In measurements period the temperatures fluctuated from about 0 °C to +10 °C. Average PM<sub>2.5</sub> air concentrations on sampler inlet during testing of various types of filtration materials, occurred in the range of 18-88 µg/m<sup>3</sup>. Taking the applying procedure of drying the filtration materials into account, mentioned before concentration values pertain only non-volatile compounds (not able to evaporate in temperature of 105°C).

### 3. Results and conclusions

The average PM<sub>2.5</sub> dust filtration efficiency obtained for tested filters in carried out measurements was presented in table 2.

Table 2. The results of tested filters efficiency measurements

No.	Mask / filter symbol	Number of testing filters	Total volume of aspirated air, m <sup>3</sup>	Total sampling time, h	Average PM <sub>2.5</sub> inlet concentration, µg/m <sup>3</sup>	Mean filtration efficiency (η) for PM <sub>2.5</sub> , %
1	DS	2	110.0	48	21.0	93.7
2	DC	4	218.7	96	18.3	94,0
3	RWB	4	219.3	96	87.5	89.3
4	MB	2	205.8	90	48.4	99.0
5	RZF1	2	109.6	48	46.1	96.8
6	RZF2	2	109.6	48	37.7	93.4
7	RZF3	2	109.4	48	55.1	96.4

As the collated data shows, all of the tested filters from anti-dust masks are able to capture averagely about 89-99% of PM<sub>2.5</sub> (non-volatile particles). The highest effectiveness was obtained for FFP3 (MB) filters used in industrial half-masks. The lowest effectiveness was obtained for RWB filters. Therefore all of the tested filtration materials provide significant decrease of exposure to high concentration of PM<sub>2.5</sub> in ambient air. For example, when PM<sub>2.5</sub> concentration in the air is on the level of about 100 µg/m<sup>3</sup> (4-times exceeding the annually limit value obligatory in EU countries [5]), anti-dust masks which contain mentioned filters should allow their users to inhale the air with PM<sub>2.5</sub> concentration of about 1-11 µg/m<sup>3</sup>.

FFP3 filters are very thick, therefore they characterise with large suction resistance and they are rather used only in need to significantly reduce inhaled load of dust (in highly dusty environment – in industrial halls, on building sites, during overhauls etc.). For daily use, especially for physically active people, lighter and easier breathable filters, used in popular anti-dust face masks, are recommended. Nevertheless it is worth to use the filters, which characterise with the highest documented effectiveness. Filters enriched in the activated carbon layer do not guarantee much higher efficiency of PM<sub>2.5</sub> capture in comparison to similar filters without that layer. However, the activated carbon may provide partial capture of some pollutants present in gas phase and limit unpleasant smell to a certain extent.

#### References

- [1] European Environment Agency: Air quality in Europe – 2017 report. EEA Report No 13/2017.
- [2] Chen, R., Hu, B., Liu, Y., Xu, J., Yang, G., Xu, D., & Chen, C. (2016). Beyond PM<sub>2.5</sub>: The role of ultrafine particles on adverse health effects of air pollution. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1860(12), 2844–2855.
- [3] Kampa, M., Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 151 (2), 362–367.
- [4] Shakya, K.M., Noyes, A., Kallin, R., Peltier, R.E. (2017). Evaluating the efficacy of cloth face-masks in reducing particulate matter exposure. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 27(3), 352–357.
- [5] Singh, M.P., Singh, V.K., Patel, D.K., Tandon, P.K., Gaur, J.S., Behari, J.R., & Yadav, S. (2010). Face mask application as a tool to diminish the particulate matter mediated heavy metal exposure among citizens of Lucknow, India. *Science of the Total Environment*, 408(23), 5723–5728.
- [6] Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. OJ L 152, 11.6.2008.

DVOŘÁK LUKÁŠ, DOLINA JAN

*Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Technical University of Liberec, Liberec, Czech Republic*

## USE OF NANOMATERIALS FOR MEMBRANE MODIFICATION IN WASTEWATER TREATMENT

### Abstract

Since membrane biofouling limits widespread application of membrane technology, several ways for its mitigation are currently tested. Membrane modification through nanotechnology is a promising option for mitigating biofouling as nanotechnology provides excellent surface properties, including antimicrobial features. Commercially available ultrafiltration polyethersulfone membrane was modified by silver nanoparticles in two forms. One form lies in *in-situ* formation of silver nanoparticles (AgNPs) from silver solutions. The second method consisted of use of silver-doped nanofibers. Changes in permeabilities, antimicrobial properties, silver leaching and contact angles of modified membranes were examined.

**Keywords:** Antibacterial properties, fouling, membrane modification, nanofibers, nanosilver, wastewater.

### Introduction

Most serious problem of membrane technology is fouling of the surface resulting in decrease of hydraulic performance, thus increase in operational costs [1]. Hence, several ways minimising fouling are developed and tested. As nanomaterials offer specific properties differing from bulk materials, they can be used for membrane modification. Such modification reduces mutual hydrophobic interactions between the membrane surface, microorganisms and compounds present in the feed, thereby reducing membrane biofouling [2]. Since silver nanoparticles have proven antimicrobial features, required long-term membrane permeability can be achieved. Membranes containing silver nanoparticles have, therefore, a great potential for wastewater treatment application [3].

The main goal of this study was, therefore, to modify a commercially available ultrafiltration membrane using silver nanoparticles in two forms. Following modification, changes in membrane characteristics in different tests were assessed in detail.

### Material and methods

#### Modification method

a) *in-situ* formation: Ultrafiltration PES membrane was soaked in 3.5% (wt.) silver nitrate and leached for 4 h at room temperature while stirring at 50 rpm. The membrane was then rinsed with demineralised water and the silver reduced by soaking in a 2% (wt.) ascorbic acid for 2 h. The membrane was again rinsed with demineralised water, and then heated for 2 h at 70°C while mixing at 50 rpm. Modified membrane was stored in demineralised water.

**b) Nanofiber with silver:** Polyurethane nanofibers were prepared using a free surface electrospinning. Heat-pressure lamination of the nanofibers onto the original surface of ultrafiltration PES was performed using an Oshima Mini Press (Oshima, China) under pressure of 0.02 bar and temperature 95-100°C to avoid structural changes to the nanofibers.

#### **Filtration tests**

Filtration characteristics were assessed using a LabUnit M10 laboratory-scale cross-flow filtration unit provided by Alfa Laval (Sweden). Each membrane was tested with demineralized water for various transmembrane pressure (TMP; 0.3-2.0 bar), with wastewater treatment plant effluent, and with increased suspended solids concentration in the feed (250 mg/L) achieved through activated sludge addition.

#### **Silver leaching**

Silver leaching was determined during filtration test. Samples were taken at 0, 30, 120, 240 and 480 minutes and stabilised with 1% (wt.) nitric acid. To evaluate the total silver concentration on the surfaces, membranes were soaked for 24 h in 15% (wt.) nitric acid at stirring of 100 rpm. Silver concentration was measured using an Optima 2100 DV (Perkin Elmer) ICP-OES.

#### **Surface visualization and wettability**

A Carl Zeiss ULTRA Plus scanning electron microscope (SEM) was employed to visualise the cross-sections and surface of membranes. SEM was equipped with a detector allowing analyses of chemical composition. A built-in energy dispersive X-ray detector enabled to determine the amount of silver on the surface.

Surface wettability (i.e. hydrophobicity or hydrophilicity) was assessed based on contact angles using the See System E portable computer-based device (Advex Instruments, Czech Republic).

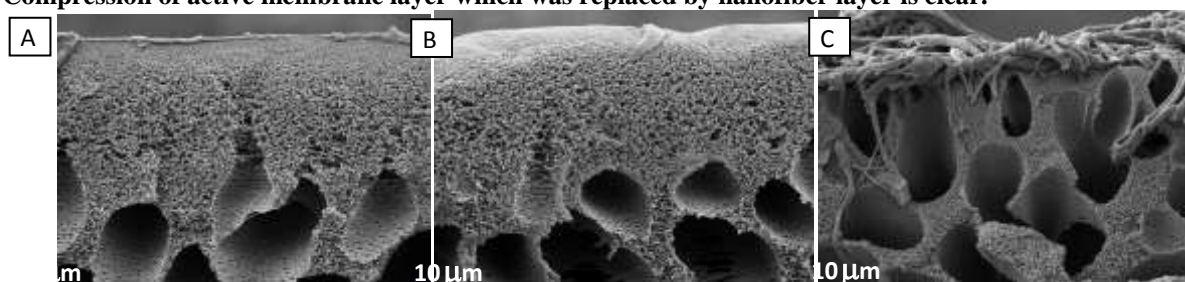
#### **Antimicrobial test**

Cultivation tests, based on colony forming units, were undertaken for increasing contact time between the microorganisms and the membrane. First, 100 mL of 100-times diluted municipal WWTP effluent containing around  $4.3 \cdot 10^3$  of bacteria was filtered through each membrane. After filtration, the membranes were placed on a wet cell for the appropriate contact time (0, 3, 6 or 24 h) and putted on agar cultivation plate for 30 minutes. The membrane was removed, and the agar plate cultivated in accordance with the method ČSN EN ISO 6222 (75 7821).

### **Results**

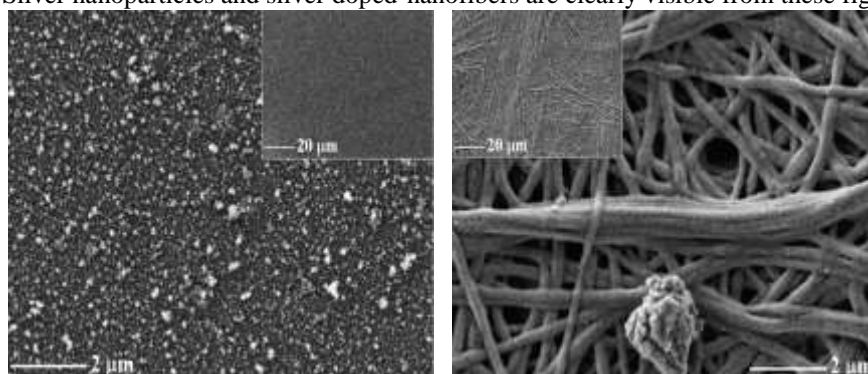
#### **Membranes modification**

SEM micrographs (Fig. 1B) of first modification method showed no significant changes in cross-section morphology while structure of membrane modified by silver-doped nanofibers was changed (Fig. 1C). Compression of active membrane layer which was replaced by nanofiber layer is clear.



**Fig. 1:** SEM images of cross-sections morphology (2500x): A) control; B) membrane modified by *in-situ* AgNPs formation; and C) membrane modified by silver-doped nanofibers.

Surface morphology of both modified membrane visualised by SEM under different magnification is shown on Fig. 2. Silver nanoparticles and silver doped-nanofibers are clearly visible from these figures.



**Fig. 2:** Surfaces of modified membrane under magnifications of 10,000x and 1,000x; *in-situ* method (left), silver-doped nanofibers method (right).

#### **Filtration tests**

In the test with demineralized water, possible changes in membrane permeabilities caused by modifications were examined under different TMP. The highest permeability was observed for membrane modified by *in-situ* for-



mation of AgNPs. Membrane modified by silver-doped nanofibers achieved the lowest permeability. This observation can be explained by conditions applied during lamination of nanofibers on membrane surface.

In the test with effluent from wastewater treatment plant (WWTP), membrane modified by *in-situ* formation AgNPs was favoured (Fig. 3). Although the initial permeability of this membrane was about 10% lower compared to reference membrane, about 5% higher permeability was reached at the end. Backwashing (high peaks) was also more effective for this membrane. Significant differences were observed for membrane modified by nanofibers, i.e. difference almost 50% toward unmodified control. The permeability difference for membrane modified by silver-doped nanofibers improved at the end of experiment and achieved about 10% lower permeability compared to reference.

At the end of filtration test with WWTP effluent, concentrations of suspended solids were increased (from 20 to 250 mg·L<sup>-1</sup>) through activated sludge addition. As can be seen, membrane modified by *in-situ* formation of AgNPs showed higher permeability, similarly as in the second test. At the end, permeability reached about 30% higher value than the control. Membrane modified by silver-doped nanofibers exhibited lower permeabilities (Fig. 3).

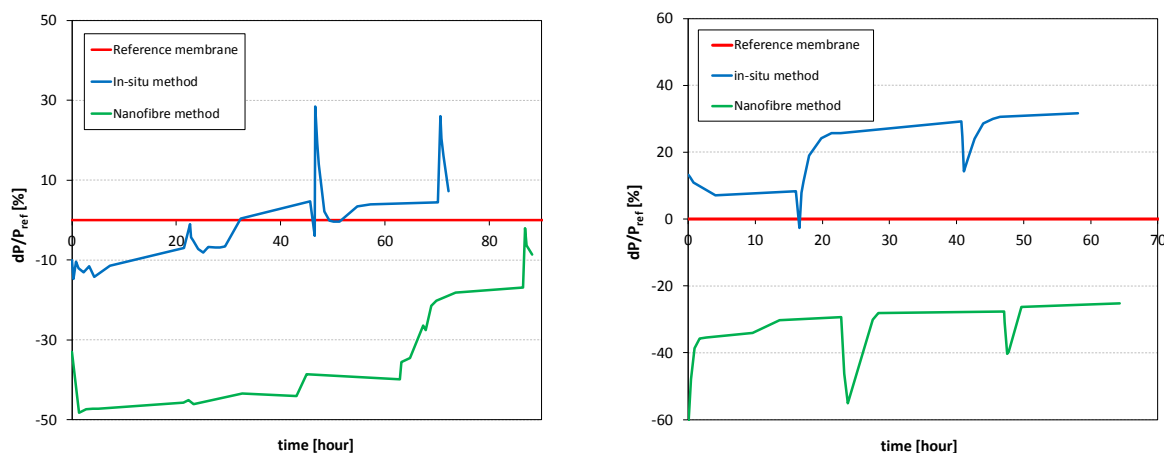


Fig. 3: Difference in permeability (%) of modified membrane compared to references during filtration test with WWTP effluent (left) and with activated sludge addition (right).

#### Silver leaching

Silver leaching test proved the stability of AgNPs on the membrane surface. Only 1.8% of the total silver leached after 8 h from membrane modified by *in-situ* formation of AgNPs. Moreover, the silver content was evaluated through microscopic analysis. These analyses indicated that large AgNPs were leached from membrane. Only the small AgNPs remained in the membrane surface monolayer. Evaluation conducted by dispersive X-ray energy exhibited homogenous distribution of AgNPs on the surfaces.

#### Water contact angle

The average contact angle of reference membrane was 66.6±10.2° while for membrane modified by *in-situ* method was 52.6±2.6°, indicating higher hydrophilicity. Membrane modified though silver-doped nanofibers, average contact angle reached 80.6±3.2° mainly due to hydrophilic nature of polyurethane nanofibers. The results of contact angle well corresponded with the results of filtration tests.

#### Antimicrobial effect

Antimicrobial cultivations revealed that the bound AgNPs to the membrane surfaces exhibited positive effect towards microorganism's inhibition; thus restricted the growth of microorganisms on modified membranes. Obvious antimicrobial effect was mostly observed already after 3 h, while unmodified membrane showed no inhibition.

The strongest inhibition exhibited the membrane modified by *in-situ* method, simultaneously having highest permeabilities. Strongest inhibition after shorter contact time (3 h) was observed for membrane modified by silver-doped nanofibers likely due to the highest silver content.

#### Conclusions

PES ultrafiltration membrane was treated by two modification methods based on the AgNPs. AgNPs was fixed to the membranes through *in-situ* formation and silver-doped nanofibers.

Modifications influenced hydraulic characteristics of both membrane; *in-situ* formation of AgNPs led to higher permeabilities. In contrast, membrane modified by silver-doped nanofibers showed lower permeability compared to reference membrane. The changes in permeabilities corresponded with other results, i.e. cross-section morphology, water contact angle and antimicrobial properties.

In particular, membrane treated by *in-situ* formation of AgNPs is a promising option for mitigating biofouling. In the future, this method will be, therefore, upscaled and long-termly tested under real process conditions.

#### Acknowledgement



The authors acknowledge the assistance provided by project No. TF02000064 supported by TAČR. Projects No. LO1201 (National Programme for Sustainability I) and CZ.1.05/2.1.00/01.0005 (OPR&DI project - Centre for Nanomaterials, Advanced Technologies, and Innovation) are also gratefully acknowledged.

### References

1. JUDD, S. The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment, 2ndEd. Elsevier Ltd: London, U.K., ISBN: 978-0-08-096682-3, 2010.
2. MENNITI, A., MORGENROTH, E. The influence of aeration intensity on predation and EPS production in membrane bioreactors. *Water Res.*, 44(8), 2010, 2541–2553.
3. GRENN J.B.D., FULHGUM T., NORDHAUS, M.A. A review of immobilized antimicrobial agents and methods for testing. *Biointerphases*, 6(4), 2011, MR13–MR28.

**ELKE VON HÜNEFELD-MUGOVA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum, Germany, Research Institute of Post-Mining*

**CHRISTIAN WOLKERSDORFER<sup>2,3</sup>**

<sup>2</sup>*Tshwane University of Technology (TUT), South African Research Chair for Acid Mine Drainage Treatment, Pretoria 0001, South Africa*

<sup>3</sup>*Finnish Distinguished Professor, Lappeenranta University of Technology (LUT), Laboratory of Green Chemistry, Mikkeli, Finland*

## **FLOW MEASUREMENT USING THE SALT DILUTION METHOD AT THE MINE WATER INFLUENCED TWEELOPIESPRUIT STREAM, WITWATERSRAND, SOUTH AFRICA**

### **Abstract**

Out of the different flow measurement methods available, the salt dilution method is highly accurate for measurement under turbulent flow conditions. Not well known in South Africa, the main purpose of this article is to introduce the technique at the Tweelopiespruit stream, Witwatersrand, South Africa. At six different sites along the stream measurements in June and October 2014 were conducted. Different from previous investigations it could be shown that the general flow increases during the course of the rivulet and that only minor localized discharge losses can be observed.

### **Keywords**

Flow measurement, discharge, salt dilution method, tracer, Witwatersrand/South Africa

### **Introduction**

In the past few years, there has been a growing interest in the mine water discharging at the Western Basin of the Witwatersrand, South Africa. After flooding of the abandoned gold mines, first mine water discharges took place in late August 2002 (Coetzee 2011). The Tweelopiespruit, a stream predominantly recharged by mine water and treated mine water, is highly influenced by its sources (Hobbs & Cobbing 2007). This paper describes the “sudden injection (‘gulp’) method” by using diluted salt as a tracer substance (Wolkersdorfer 2008) and investigates potential stream loss into the underlying dolomitic aquifer in the reach of the Krugersdorp game reserve.

### **Methods**

The Tweelopiespruit flows over a distance of approximately 10 km west of Krugersdorp, which is located 30 km WNW of Johannesburg. Originating at Robinson Lake, it flows from south to north through the Krugersdorp Game Reserve and the dolomitic outcrops there.

The underlying dolomitic strata, an outlier within the Black Reef Formation quartzite, belongs to the Malmani Subgroup and is characterised by its very porous composition. Mainly, the stream is fed by treated mine water, discharging at various locations along the stream. Additionally, the Tweelopiespruit is assumed to be fed by dolomitic groundwater.

The salt dilution method, which is discussed in detail by Moore (2005), was used to measure the discharge at six locations in the Tweelopiespruit. High accuracy as well as the possibility to measure under turbulent flow conditions are characteristic of this method. However, sufficient mixing between the injection and measuring site must be ensured. Sodium chloride was chosen as the tracer substance and used for on-site measurements of the electrical conductivity change during the course of the field testing. At each site, 1000 to 2500 g of precisely weighted sodium chloride were dissolved in a 10 L bucket of stream water.

The injection of the tracer into the stream water took place as quickly as possible while thoroughly rinsing the bucket to ensure all tracer was injected. This is referred to as “sudden injection (‘gulp’)” or “slug method” (Wolkersdorfer 2008, Moore 2005). Simultaneously, recording of the electrical conductivity started.

The breakthrough curve represents the relationship between electrical conductivity and measuring time (t). By using the calibration coefficient, the integral for the concentration over time can be calculated, resulting from the linear relationship between electrical conductivity and the dissolved salt content. The discharge (Q) is the quotient of injected salt mass (M) divided by the concentration-time-integral (ct) (Eq. 1).

$$Q = \frac{M}{\int_{t_0}^{\infty} c_t x dt}$$

### Results and Discussion

An increase in the flow in the course of the Tweelopiespruit can be observed. After the inflow into the game reserve, flow increases noticeably. A first peak is reached at measuring point TFS, where after the flow decreases again. The increase in flow before TFS is in the same range as the decrease at this measurement point. This is clearly evident in the June 2014 measurement. After measuring point ALS, the following values from June and October 2014 differ substantially. In June 2014 the flow increased by more than 660 L s<sup>-1</sup>. Then it decreased, with high discharge values over 1000 L s<sup>-1</sup>. The same trends can be seen in the October measurement with flows being substantially lower.

The changes in flow before and after TFS by approximately the same discharge might be explained by the fact that around this point a larger flow in the gravel bed is occurring. Large infiltration of stream water into the ground is not to be expected.

At measuring point DAD and N14 the discharge for June and October 2014 is substantially different. In June 2014, the measurement was carried out at the beginning of the dry winter season, and little feeder streams above point DAD may have been water bearing. During and after rain events a strong flow increase in Tweelopiespruit by these sources is to be assumed. The measurement in October 2014 was conducted towards the end of winter, after a long season with no precipitation. The small rivulet upstream point DAD has dried up, hence no increase in discharge can be observed. This lack of precipitation is also responsible for the low mean discharge during the October measurements.

### Conclusions

The main purpose of this paper was to introduce the salt dilution method for flow measurements in South Africa. The method is an effective way for precise flow measurement under turbulent flow conditions, as in the case of the Tweelopiespruit. Sodium chloride as a tracer substance is cost effective and easy to handle.

The strong increase in the flow rate in June 2014 from point DAD can be explained by an additional inflow near the north-western entrance to the Lion's Camp. However, the degree of inflow needs more detailed investigation. Supplementary measurements with the salt dilution method in the Tweelopiespruit are therefore necessary to verify the findings. Recommended are the establishment of additional measuring points and the implementation in different seasons. Summing up the results of the flow measurement in the Tweelopiespruit, it can be concluded that the flow increases over the measuring distance. Loss of stream water into the underlying karst is not a predominant process.

### Acknowledgements

The authors express their thanks for financial support to Tshwane University of Technology, South African Research Chair for Mine Water Management, Freunde und Förderer der Technischen Universität Bergakademie Freiberg e.V. and Förderkreis Freiburger Geowissenschaften e.V. Furthermore we would like to acknowledge S. Du Toit from Mogale City Municipality for his kind support and providing us access to the Krugersdorp Game Reserve. Dr Henk Coetzee thanks for supporting us.

### References

- Coetzee, H. (2011): A flooding and pumping model for the Western Basin of the Witwatersrand Gold Fields, based on empirical data. Council for Geoscience Report No. 2011-0176. Edited by Council for Geoscience.
- Day, T.J. 1976. On the precision of salt dilution gauging. *Journal of Hydrology* 31, pp. 293–306.
- Department of Water Affairs South Africa (2013): Feasibility Study for a Long-Term Solution to address the Acid Mine Drainage associated with the East, Central and West Rand underground mining b. Assessment of the Water Quantity and Quality of the Witwatersrand Mine Voids. Study Report No.5.2. Edition 1.
- Digby Wells & Associates (Pty) Ltd. Co. (2012): Draft Scoping Report for the Immediate and Short Term Interventions for the Treatment of Acid Mine Drainage (AMD) in the Western, Central and Eastern Basins of the Witwatersrand Gold Fields. Digby Wells & Associates (Pty) Ltd. Co. Randburg (12/1220/2403).
- Hobbs, Philip J. (2011): Situation assessment of the surface water and groundwater resource Cradle of Humankind world heritage site. With assistance of Council for Scientific and Industrial Research, Council for Geoscience, Wits School of Geoscience, iThemba LABS, A. Jamison, D. Hardwick. Edited by Management Authority Cradle of Humankind World Heritage Site & Dinokeng, Department of Economic Development, Gauteng Provincial Government.
- Hobbs, Philip J.; Cobbing, Jude E. (2007): A Hydrogeological Assessment of Acid Mine Drainage Impacts in the West Rand Basin, Gauteng Province. Council for Scientific and Industrial Research Natural Resources & the Environment. Pretoria (CSIR/NRE/WR/ER/2007/0097/C).
- Moore, R. Dan (2005): Introduction to Salt Dilution Gauging for Streamflow Measurement Part III: Slug Injection Using Salt in Solution. In *Streamline Watershed Management Bulletin* 8 (2).
- Wolkersdorfer, Christian (2008): Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines – Fundamentals, Tracer Tests, Modelling, Water Treatment. Heidelberg: Springer.

**LAND USE PLANNING SYSTEM IN MONGOLIA**

**Abstract**

Between 1921 and 1990 the development of Mongolia was under the socialist model of development. In 1990, the disintegration of socialist system, a new, freely elected government took over in Mongolia. Since then series of bold comprehensive economic reforms have been implemented by the government aimed at dismantling the centrally planned economic system and introducing a market-based economy. In this reform privatization process was a key issue. Prospective investment is made on land only when there is long term rights to it are secured to enable planning process. The major issue related to the planning in Mongolia is that the plans are not followed by society and even inadequate with reality. As well as there is number of plans were produced but it seems that all these plans just remain on the paper.

Inefficient land use planning system has faced a complex problem, resulting from many factors and it is includes among existing legal, institutional and methodological aspects. The paper focused on existing land use planning circumstances at all levels, evaluate within a system analysis and give possible recommendations.

**Key words: planning system; planning tool; planning element**

**PLANNING SYSTEM IN MONGOLIA**

Traditionally, Mongolian style land use was ruled by the respect man should have for his natural environment also expressed the mutual responsibility of the nomads for the land as the source of their common existence. Mongolia has a decentralized administrative structure and is subdivided into four regions (East, Central, West and Khangai), 21 *aimags* (provinces) and three autonomous cities (Ulaanbaatar, Darkhan, and Erdenet). The *aimags* are subdivided into 339 *soums* (or comun). Ulaanbaatar has 9 districts including 2 remote districts.

Mongolia is producing two types of planning: land use planning and urban planning. Before 1990s the land use planning was mainly directed in the agricultural areas of the country. In the cities, the planning was mainly concerning the urban planning and development. The 1990 planning of land management and land use had stopped since 2003 resulting in social, political and economic changes. The table 1 indicates the historical overview of planning system development in Mongolia.

*Table 1. The historical overview of land use planning system in Mongolia*

<b>Before 1954</b>	<b>1954-end of 1988</b>	<b>1990-2003</b>	<b>Since 2003</b>
No plan	Central plan	No new plan	National Comprehensive plan
Proprietary rights and mentality related to land ownership were much different compared to the settled way of life.	All land belonged to the state. Intensive urbanization and agricultural (crop production) development began to develop.	The newly formed Constitution allowed different forms of land tenure with the renovations in social, political and economic changes.	Land law ratification brought land system reforms. All provinces produced their land use plans.

Source: Modified by author

**EXISTING LAND USE PLANNING IN DIFFERENT LEVEL IN MONGOLIA**

The land use planning system in Mongolia consists of a hierarchy of three levels national, regional and local. The table 3 below shows the written documents that were established in all levels of planning in Mongolia, but they are not implemented in practice.

**Existing National land Use Plan**

Mongolia is producing National Land Use Plan (NLUP) or it could be called Comprehensive National Territorial Development Plan. The plan is produced for the period of twenty years, i.e. 2004~2023. The National land use plan was approved in 2003 for the first time. The national plan established several zones. Each of the land use zone displayed on the Existing Land Use Map, as well as acreage developed under each category.

**Existing Aimag Land Use plan**

At the moment, 21 aimags have developed their Land Use Plans in 2006-2010. The planning based general land use classification, in planning each land use category displayed on the existing land use map. Each aimag governance published the province land use plan, and some published their urban development plan for province centre.

#### **Existing Land Use Plan and Urban Development plan in Ulaanbaatar**

Ulaanbaatar city has developed land use plan and the urban development plan (Master plan city 2020) with many detailed general plans. Usually after formulation of detailed plans, people have right to construct buildings and develop area. Detailed general plans are based on the type of uses of land and their functions. Ulaanbaatar city has land use plan, developed 2002, focusing more on soil structure and ecological aspects. Land use plan and master plan had not been enough considered land tenure situation in the city area, which causes conflicts.

#### **Existing Annual Soum Land Use Plan**

Each soums are producing their annual Soum Land Use Plans in every year. However their existing land use plans only for pasture land management but the most of the plans cannot be implemented. In local level, land use planning in soum centre and rural settlement area has never planned effectively.

#### **Challenges in Mongolian Planning**

Analysis that is made on implementation of urban development plan shows that there is an urgent need to make coordination and relationship between the land administration and the urban development and planning activities. Mongolian planning system has three distinctive key elements.

- Plans are not legally binding, and there is therefore wide discretion in decision making, in which accountability exists more through political mechanisms than legal control and there is little scope for third-party participation.

- The scope for control over new development is wide-reaching. Except in a few limited cases, planning permission is required before any works can be carried out on land, or the use of land or buildings can be changed. Much comparatively small-scale development is therefore caught up in the discretionary control system.

- The whole system is highly centralised. Although planning decisions are taken by over local planning authorities there is thus comparatively little opportunity for local innovation or experiment with new techniques.

It is axiomatic that an effective land use planning system is dependent upon having a firm legal basis, which must not only establish necessary limits to the traditional freedom enjoyed by landowners under the common law and civilian law systems of private property rights but also provide the mediation machinery through which the state will define the circumstances under which land development is to be allowed to occur.

The system is highly complex, and proceeds along a series of political relationships whose subtlety can never be adequately captured on paper. The legislation is voluminous, the case heavy, and there are volumes of policy statements, guidance notes, development plans and other guidance.

Newly reformed field of land administration has been rapidly developing since 1994 along with the social change of growing need of land communication, for instance, land privatization; land owning, land planning, land management and land monitoring. So Mongolia is in need to improve land use planning system. Mongolia needs to devote much attention to the environmental and public participation issues. The dual land use system and the coordination between master and detailed plans needs to be improved in Mongolia.

Mongolia faces the challenges of coordinating zoning and development permit systems, more equitable compensation schemes, and more public participation in the planning process. It suggests that coordination between tiers of government, transparency of decision-making procedures, accountability or liability of the decision-makers and an enforceable regulatory framework are also needed in Mongolia.

By contrast, the heterogeneity and diversity of local and state regulatory regimes in Mongolia tend to defy easy identification or categorization. Despite these qualitative differences, however, the Mongolia can still learn from where the other has been and is going in terms of the scope, goals and direction of planning. In the Mongolia, concerns over sprawl have led to increased state-level planning and intervention.

Concluding all of these above vitality of recent actions tend toward to making rationalization of structure of urban land and internal management of settlement area; limitation on expansion of areas for other purposes; making land transformation between classification and purposes; increasing of layering; making capacity of underground land utilization for car parking, storages and sole other service or economic operations.

#### **References**

- [1] Altangerel, L, et al, "Reforming land relations in Mongolia", Citizen's guide, Open Society forum, Ulaanbaatar, 2004.
- [2] Batsukh, Sh, "Good governance and Good land Administration in Mongolia" draft publication, "Good Land Administration-Its Role in the economic development" International Workshop, Ulaanbaatar, Mongolia, June 27-29. 2007.
- [3] Enemark Stig, "Understanding the Land Management Paradigm", GIM International January 2006.
- [4] FAO, GTZ, UNEP, "Integrated Planning For Sustainable Management of Land Resources", 2004.
- [5] Griffin, Keith, Ed, "Poverty And The Transition To A Market Economy In Mongolia", Foreign Trade. Mongolian Chamber Of Commerce And Industry, London: St. Martin's Press, 1995.

- [6] Good Governance Mongolia, United Nations Country Team Mongolia, Common Country Assessment, Report, Ulaanbaatar, November 2005, p-28-29.
- [7] GTZ, DED, "Land Use Planning and Natural Resource Management", 2003.
- [8] GTZ, "Land Use Planning", Methods, strategies and tools, 1999.
- [9] Gonchigbat, I, "Issues to solve organizing constructed land and urban population rapid growth", publication Ulaanbaatar, 2008.

HAVLÍČEK KAREL

Technical University of Liberec, Liberec, Czech Republic, EU

## APPLICATION OF COMPOSITE NANOMATERIALS IN BIOTECHNOLOGY

### Introduction

Composite nanomaterials are those materials where a nanostructure is used as part of the matrix. A broad range of composites is known, each implemented in different fields such as industry, science and medicine.

Incorporation of nanostructures into the matrix enhances overall properties of the matrix material. This is due to various parameters such as the monodominant nanoparticle structures, the high ratio of the number of surface / internal atoms in the nanoparticles, the impossibility of mutual interactions of particles, and many others not yet fully explored phenomena. Properties of nanocomposites derive from composition but also from nanostructure size, morphology and layout.

Subsequent analysis of the product is crucial. It has been greatly facilitated by the development of new extremely accurate scanning methods. For detailed analysis of the whole composite and fillers only, which may be in the form of nanopowder, nanotubes, nanopads, etc., we can use different types of methods. (*Camargo et al. 2009*).

Particular usage of composites is seen in automotive, aerospace, healthcare, chemical industries, wastewater treatment and many other industries where utterly durable and lightweight materials are needed. For example, in the automotive industry these materials must meet strict requirements and emphasize their key features: enhanced modulus and dimensional stability, higher heat-distortion temperature, improved crack and mar resistance. (*Garcés et al., 2000*). We will apply the same or similar properties to waste water treatment systems where the materials are very stressed.

### Materials and methods

These environmentally friendly methods use the environmental principles. Highly used materials are composite nanomaterials, even nanocomposites recently. Due to their specific properties, they are suitable for many applications. It is possible to utilize their large surface for reactor processes, their functionalization of surface for specific binding of the substrate-bound component, their mechanical properties in the stressed environment, etc. Furthermore,

I will deal with fibre composites and their application in the field of water purification. Generally suitable materials for bioapplications and their parameters are described in the book "Bio-Nanomaterials" (*Pompe et al., 2013*).

Nanobiotechnologies are recently used in the field of wastewater treatment research. Nanostructured carriers make it notably efficient to biodegrade organic pollutants due to their specific properties (large specific surface area). Biodegradation is a process where are chemical compounds decomposed by biochemical processes into basic (simple) substances. Waste water (urban or industrial) has a significant amount of pollution, which can be characterized by the COD value – chemical oxygen demand. This value indicates the overall presence of organic and oxidizable inorganic substances in water. If we want to determine the presence of purely biodegradable organic substances (BOS), we need to measure the BOD – biological oxygen demand value, where we need to prevent nitrification of ammonium ions (these inorganic compounds are also decomposed by bacteria). Thus, BOS types represent the main contamination that can be eliminated with the help of bio(nano) technology, i.e. by action of microorganisms. The main goal is to transform BOS up to mineral products (CO<sub>2</sub> and water). Two basic principles can be used in sewage treatment plants. The first is that the substances are decomposed by microorganisms that are in the form of activated sludge. The second (more efficient) option is that biomass will be concentrated on a biofilm carrier where BOS will decompose. These following parts are needed for biomass growth: organic carbon (in the contaminant), nutrient (nitrogen, phosphate, calcium, etc.), electron acceptors (O<sub>2</sub>, Fe<sup>3+</sup> and others) and suitable conditions (pH, O<sub>2</sub> etc.). If all parts are met, metabolic processes of microorganisms occur to effectively decompose BOS to CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. Compared to activated sludge in the form of flakes, the biofilms have a number of advantages: better retention of biomass in reactors, higher resistance to chemicals and various toxicants, immobilization surfaces, sorptive processes and increased cellular subsidence in microorganisms (*Křiklavová, 2009; Aguilar, 2012*).

Systems where there is biological purification of water are called reactors. It is the place where biomass carriers are located (in fluid bed) and where microorganisms are used for wastewater treatment. Plenty of parameters in the reactor are needed to be monitored - oxygenation, mixing, temperature, pH, O<sub>2</sub> concentration, biomass concentration, capacity of carrier, concentration of BOD, COD, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> and others. Under optimal

conditions, the temperature is about 25°, the pH is neutral and there is a constant supply of organic carbon and nutrients.

Carriers of biomass are of different types, but carriers consisting of nanocomposites have excellent properties, namely: good surface colonisability, large specific surface, suitable density of material and ductility. At present, research is focusing on the development of carriers of polymeric materials especially in the case of electrostatic spinning, where are the nanofibers extraordinarily useful. At TUL, we have almost all available types of spinning so we are able to do experiment with nanofibers at a large scale. We have a large number of types of nanofibers and ideally we have to find one that will meet all requirements for use in the water purification system. Carriers of this type may take various forms. One possibility is the preparation of polymeric fibrous threads with nanofibers layer applied by the special method (which can be melted, wrapped with another thread or attached by strong adhesive force). Another option is the preparation of purely nanofibrous material with incorporated nanostructures that will provide the necessary properties of the composite. Thus prepared primary materials are put into frames that will provide stability - the fibres can be applied directly on a special piece of polymeric material. Of course, structures other than fibres can be used as carriers too. An example may be a polymer carrier with a special shape and surface (for bacteria are the surface vital). It is an effort to find the most suitable materials, their shapes and composite structures for the most effective cleaning of the waters.

Possible risks of nanomaterials are discussed everywhere. The influence on bio-bioassays (eg. proteins) in article (Koegler, 2012) is also discussed, which could have an impact on wastewater treatment. That is why it is necessary to take this aspect into account when selecting suitable materials and services.

As a carrier of biomass, a wide range of fibre materials can be used, using different techniques - knitting, weaving and methods for nonwovens. There are many possibilities and each individual material is characterized by highly specific features. They can be found in patent applications. Currently tested carriers are in the form of yarns on which nanofibers are deposited. The base yarns provide the strength and overall stability of the carrier system and the top nanofibrous layer suits biomass immobilization surface and other supportive action. Polymeric polyamides or other specific polymers are utilised as basic (typical) materials.

Nanofibers with magnetic properties are also widely applied - not only for wastewater treatment. These materials have been developed on TUL and we have achieved very high concentrations of nanoparticles of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> in the polymer matrix. Nanofibers with magnetic properties require special characterization using magnetic measurements; TGA, FTIR, etc. are performed by special methods. Composites with magnetic properties are prepared by electrostatic spinning. Solution for spinning could be prepared from PVB (polyvinyl butyral), ethanol and magnetite nanoparticles. Each solution after mixing of the components was mixed by ultrasound.

The solutions have a consistency similar to honey and degree of viscosity is dependent on the concentration of PVB (standardly 9%) and the concentration of magnetite nanoparticles (depending on dilution series). With the help of electrostatic spinning from rod were prepared nanofibers with the magnetic nanoparticles of three different concentrations (dilution series). Materials have been prepared using various types of equipment and we have obtained a wide range of different products with different concentrations of magnetic nanoparticles. Such materials have a very suitable surface to immobilize biomass. In addition, nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> serves as an electron acceptor, which increases the efficiency of biofiltration. The carrier can be connected as a sensor to check its stability and capacity during the on-line process. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles have a great potential for purifying heavily polluting substances (Fe<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, organic acids, xylenol orange, etc.) through oxidation processes.

### **Conclusion**

The development of nanocomposite materials for biotechnology applications is still on the way. It is crucial to find absolutely optimal ratio between price, technology, material type and its parameters for efficient use in wastewater treatment. Nanofibers with magnetic properties show great potential for various biotechnology applications. In the future, efforts will be made to increase their stability and to find the most suitable polymeric matrix where Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles will perform their function.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

This study was supported through the project No. SGS 21176/115.

### **REFERENCES**

- Camargo, Pedro Henrique Cury, Satyanarayana, Kestur Gundappa, & Wypych, Fernando, (2009). Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities. *Materials Research*, 12(1), 1-39. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392009000100002>.
- Garces, J. M., Moll, D. J., Bicerano, J., Fibiger, R., & McLeod, D. G., (2000). Polymeric nanocomposites for automotive applications. *Advanced Materials*, 12(23), 1835-1839.
- Křiklavová, Lucie. Technological Design of Biofilm Reactor with Nanofibre Carrier for the Treatment of Industrial Wastewaters [online] (2009). Liberec, [cit. 2018-02-10]. Thesis. TUL. Supervisor T. Lederer.
- POMPE, Wolfgang, Gerhard RÖDEL, Hans-Jürgen WEISS a Michael MERTIG, (2013). *Bio-nanomaterials: designing materials inspired by nature*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-41015-6.
- Koegler, P., Clayton, A., Thissen, H., Santos, G.N.C., Kingshott, P., (2012). The influence of nanostructured materials on biointerfacial interactions. *Advanced Drug Delivery Reviews* 64, 1820–1839. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.06.001>.

Aguilar, S.Ć., Dubová, M., Mucsková, E., (2012). Advanced technology valuation of the industrial utilization of nanotechnology. *International Journal of Sustainable Development and Planning* 7, 209–220. <https://doi.org/10.2495/SDP-V7-N2-209-220>.

Havlíček, Karel. Nanofibers with magnetic properties [online] (2015). Liberec, [cit. 2018-02-10]. Bachelor thesis. TUL. Supervisor J. Grégr.

HINDENBERG, MEIKE

Technische Universität Bergakademie Freiberg

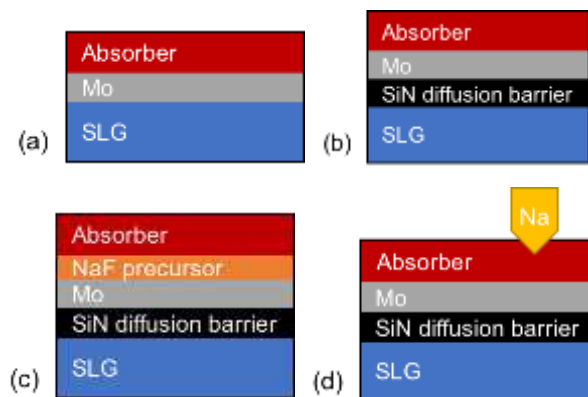
## MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF $\text{CuInSe}_2$ THIN-FILM ABSORBERS: INFLUENCE OF DIFFERENT SODIUM INCORPORATION METHODS

*This research was supported by and performed at the Helmholtz-Zentrum Berlin (Department: Structure and Dynamics of Energy Materials), under the supervision of Prof. Dr. Susan Schorr (Freie Universität Berlin) and René Gunder. A thank you must go out to Helena Stange for allowing me to investigate her thin-film samples, to Sonja Cinque at the PVcomB for the GDOES measurements and to René Gunder and Sebastián Caicedo-Dávila at HZB for the SEM micrographs.*

The necessity of finding innovative technologies to provide the fast-growing global population and developing industry with sufficient electrical power has been an important topic of research for many years. The challenge lies not only in the required quantities but also in the long-term availability and environmental impact of the sources used to generate this power, shifting the focus from finite to cleaner and renewable energies.

A rapidly expanding clean-energy technology is the field of photovoltaics (PV), in which semiconductor materials are used for the direct conversion of solar energy into electric current by means of the photovoltaic effect. While the solar market is currently dominated by silicon-wafer based solar cells, the high associated energy amortisation time has encouraged the swift development of a much less resource-intensive thin-film technology. Chalcopyrite-type  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$  (CIGSe) polycrystalline thin films, commonly grown using a three-stage co-evaporation process and doped with sodium, are a popular material for the absorber layer in high-efficiency, thin-film solar cells. The technology has reached laboratory efficiencies of 22.6% [1], slowly closing the power conversion efficiency gap between thin-film technology and its rival, the conventional crystalline silicon solar cell.

The growth process, microstructure and texture of  $\text{CuInSe}_2$  (CIGSe) thin films were investigated to gain a deeper understanding of how the structure of CIGSe is affected by varied process parameters. The samples were prepared by a low-temperature, three-stage co-evaporation process [2] and doped with Na using various incorporation methods:



**Figure 1:** Schematic representation of the Na-incorporation methods used in the samples, adapted from Salomé *et al.* [2]: (a) diffusion of Na from the soda-lime glass (SLG) substrate; (b) SiN diffusion barrier to prevent Na indiffusion from the SLG; (c) diffusion from a 6 or 12 nm thick NaF precursor layer; (d) post-deposition of NaF, evaporated into the absorber.

X-ray diffraction with multiple diffractometer geometries was the primary method of investigation. Microstrain and lattice parameters were analysed using grazing incidence geometry (GIXRD), whereas the texture was analysed using Bragg-Brentano and texture analysis (4-axes) geometry. Additionally, glow-discharge optical emis-



sion spectroscopy (GDOES) was used to provide compositional depth-profiles of the samples, while the morphology of the samples was studied using cross-section scanning electron microscopy.

There was significant variation in the quantity of incorporated Na and in its distribution in the samples, especially noticeable between the external incorporation methods and Na diffusion from the substrate. Contrastingly, the Na content and distribution in the samples with minimal Na due to the diffusion barrier and those with Na incorporation from the SLG substrate were very similar. The latter could be explained by low-temperature preparation process: the temperatures used may not have been high enough to release a significant amount of Na ions from the SLG.

Furthermore, it was found that the recrystallisation phenomenon that ensues at the Cu-poor/Cu-rich transition during the second stage led to the growth of the CISE grains, drove Na to the layer's surface and encouraged the formation of a Cu-poor layer, with the occurrence of an ordered vacancy compound (OVC) phase, at the surface of the samples. The presence of Na during the growth of the CISE thin-film significantly reduced its grain sizes – the samples in which Na was incorporated after layer growth showed large, columnar grains. A higher Na and OVC concentration at the surface of the samples increased the microstrain and tetragonal distortion present in the samples. While a [201] fibre texture was observed in all samples, it was much more pronounced in the samples that passed through the Cu-rich phase during layer growth – higher concentrations of the OVC phase in these samples, however, weakened the fibre texture. No strong influence of sodium on the texture was observed, possibly due to the low preparation temperatures.

In future studies, a deeper understanding of the development of the microstructure and texture during the deposition of CISE thin films could be achieved by *in situ* X-ray diffraction. Moreover, by examining the electronic properties of the investigated samples, useful information on the effect of the observed structural differences on the power conversion efficiencies of the absorbers could be attained

#### References:

- [1] Friedlmeier, T. M., Jackson, P., Bauer, A., *et al.* (2017) High-efficiency Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> solar cells. *Thin Solid Films* 633: 13-17.
- [2] Kaufmann, C. A., Greiner, D., Rodriguez-Alvarez, H., *et al.* (2013) Co-evaporation of Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> at low temperatures: An In-Situ X-ray growth analysis. Paper presented at 2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Tampa, USA.
- [3] Salomé, P., Rodriguez-Alvarez, H., and Sadewasser, S. (2015) Incorporation of alkali metals in chalcogenide solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 143: 9-20.

**JULIA KATARZYNA SIPOWICZ**  
*University of Science and Technology*

## **VERTICAL AXIS WIND TURBINE. TESTING OF THE PHYSICAL MODEL IN A WIND TUNNEL.**

### **1. Introduction.**

The beginning of the project started, while discussing the increasing consumption of electric power. The danger of running out of the natural sources like gas or crude oil is the point, where we should look for other resources - like renewable energy. One of the ways to do that is to utilise the wind power. There are many different kinds of wind turbines. We can define two types of wind turbines- Vertical Axis Wind Turbines and Horizontal Axis Wind Turbines. We can also classify them referring to the amount of power produced- there are micro, small and large wind power plants. This turbine can be qualified as medium wind power plants- the one that produces power, that is enough to power household appliances like a refrigerator or illumination. Basic construction of every wind turbine consists of a rotor, which allows a conversion of wind energy into mechanical energy. Then, mechanical energy is transmitted further to a generator via shaft, and that's how electrical power is produced.

### **2. Construction**

This turbine consists of two parts: stator and rotor. Rotor consist of 6 thread (spiral)-shaped blades which drive air to flow out through holes in the upper part of the stator. The tube, to which the blades are attached to, ensure that the air won't enter between the blades and break blades, which are not in use at that time. The stator consists of 12 blades. Their task is to accelerate air, so that it will arrive faster at the rotor, giving better performance. Dimensions the turbine are: Height of the turbine: 680 mm, Diameter of the stator: 600mm.

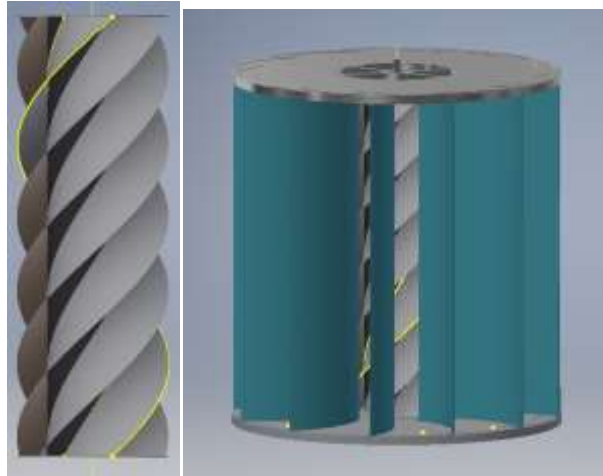


Fig.1. Construction of a wind turbine

The example of a turbine mounted on the roof of a building is presented on the picture below

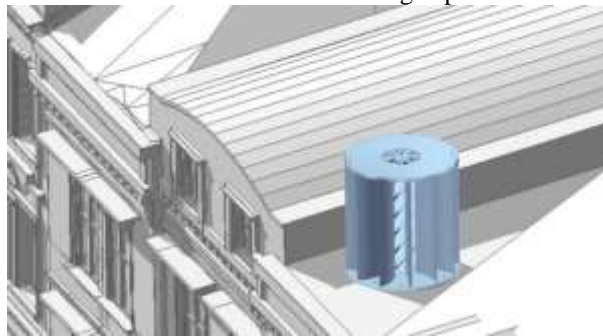


Fig.2. The turbine on a roof of a building

### 3. Tests and measurements

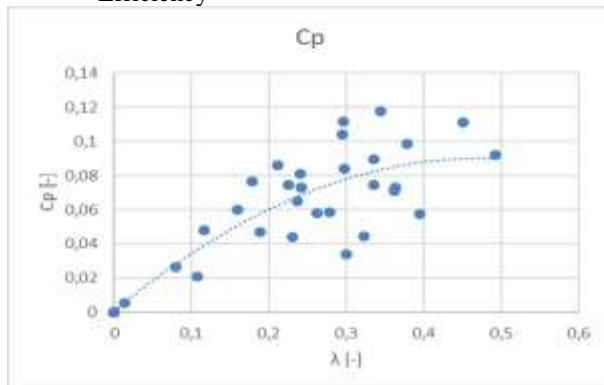
Tests were conducted in a wind tunnel at University of Science and Technology in Cracow, Poland. There are 16 axial-flow fans which you can adjust via inverters. Measurements were carried out on a rotor and on a rotor with a stator. The torque was measured using two scales. The concept of using the product of the instrument reading and the radius of the axis has allowed to estimate the torque in an easy way. Then the speed of rotation was measured as well. Having just those two pieces of information it was possible to calculate the power of this wind turbine as well as its efficiency.

### 4. The Results

Regarding the efficiency( $C_p$ ): according to the Betz's law, no turbine can capture more than 59.3% of the kinetic energy of the wind. Efficiency is strictly related to the velocity of the wind and the speed of rotation in one coefficient( $\lambda$ ). On the graphs below, the results of tests with and without stator are presented.

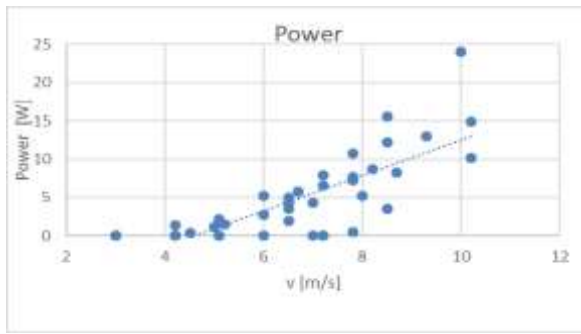
#### Turbine without a stator:

- Efficiency



Maximum efficiency equals 0,12

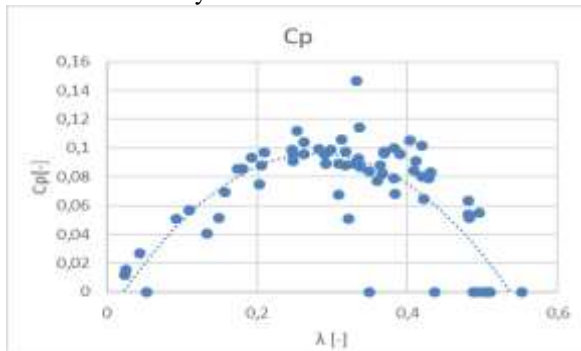
- Power



Maximum power equals 24 W at the speed of 10,2 m/s.

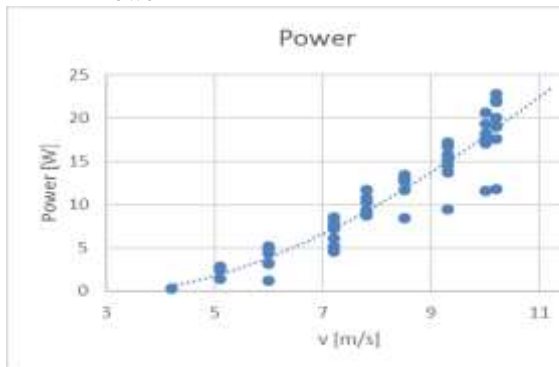
### Turbine with a stator

- Efficiency



With a stator the efficiency increases up to 0,15.

- Power



The power produced is greater at each velocity, which shows, that the usage of a stator is justified.

Tests carried out on a turbine with and without a stator have allowed to conclude, that a stator improves efficiency and power of a wind turbine. In comparison, the efficiency of another construction as Vertical Axis Wind Turbines fluctuate from 0,1 up to 0,3. The important issue that has to be mentioned, is that this was just a trial version of this construction. Certainly, the performance of this turbine will be much better with a metal model and that there is a plan for further tests.

**KIELCZYKOWSKA PAULINA, OLSZEWSKA DANUTA**

*AGH University of Science and Technology, Faculty of Energy and Fuels, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059  
Krakow*

## **AN INNOVATIVE SINGLE-FAMILY HOUSE THAT REMOVES SOME AIR POLLUTION**

### **Introduction**

Environment care has many aspects. This paper attempts to pay attention to the possibility of innovative energy solutions usage in households in Poland, which greatly contribute to the environment degradation. Attention

was paid to the most harmed by low emission area in Poland and there were proposed solutions already very popular in the Western Europe.

The usage of photovoltaics/energy bank systems for obtaining and storing energy can be an additional limiting factor for pollution, while investment costs, as in the case of gas-fired furnaces exchange, could be co-financed by local government.

Air quality at the place of residence is one of the components of the comfort level of human life, therefore air pollution has been a global problem for several years. Poland is the country with the highest air pollution level in the whole European Union. The highest air degradation occurs in Malopolska, especially in Cracow. In January and February 2017, elevated concentrations of PM10 particulate matter were noted several times. It is a mixture of organic and inorganic substances containing toxic polycyclic aromatic hydrocarbons including benzo-(a) pyrene, heavy metals, dioxins and furans.

#### **Pollution elimination by renewable energy sources application**

Air pollution can be reduced by usage of renewable energy sources (short-term RES), which are endless natural resources that can be used to generate energy. Their use is not connected with a long-term deficit since their production processes require short time. Obtaining energy from these sources is more environmentally friendly as it gives an opportunity to reduce CO<sub>2</sub> emission and increase energy efficiency. Furthermore, RES have a significant meaning in terms of climate and energy policy basic goals realization. The 'National Action Plan on Renewable Energy' from 2010 contained a forecast on Poland achievements by 2020. Renewable energy sources should represent 5% of the final energy consumption [1]. The plan defines the national resources of individual renewable energy sources and the power system state. RES usage will be driven by the use of biomass and wind energy as well as solar energy [2], therefore extensive research on its direct conversion to other energy types, heat energy storage and storage of electrical energy obtained from solar radiation absorption [3]. Poland is located in a temperate climate zone, between 49°00' and 54°30' north latitude. Similar conditions exist, for example, in Germany, where most of solar cells are installed. As a consequence, Poland also has an opportunity to generate electricity and heat from solar energy [4].

#### **Solar Energy conversion usage**

Three types of conversion can be distinguished: photochemical, photovoltaic, photothermic. These processes allow the conversion of solar energy into heat or electricity [3]. Photovoltaic conversion allows conversion of solar radiation into electrical energy with the use of semiconductors or so-called solar cells. The photovoltaic cell consists of a silicon semiconducting plate, inside which there is an electrical field in the form of a p-n (positive - negative). The advantages of photovoltaic cell are primarily the direct electricity production without any additional conversion and the possibility to produce power in cloudy days using diffused light. In addition, harmful gases are not produced during electricity generation [1]. Thanks to this, photovoltaics is experiencing intense development. Photovoltaic panels and photovoltaic cells are used in two systems: i) off grid – usually equipped with an electric battery or/and a second energy source in the form of a wind turbine or thermal engine and ii) grid connected – electricity is delivered directly to the power grid.

The fastest increase in number of installed photovoltaic systems has been observed since March 2015. Such a situation may result from the enactment of the Act on Renewable Energy Sources from RES [5]. The cumulative power of micro-installations in the fourth quarter of 2015 was 31.5 MW. The total power of photovoltaic systems connected to the power grid at the end of the first quarter of 2016 was 119.2 MW. In 2015, 77.2 MW of power was additionally obtained from photovoltaics including 8.8 MW from 1,585 photovoltaic systems installed. At the end of May 2015 there were installed off-grid systems of total power of 5.3 MW [6]. These installations may include innovative energy banks. Lithium batteries are already widely used and their operating principles, the materials from which they are made were described in many publications.

Tesla is a global leader in the electric vehicle industry. The same manufacturer has decided to change the power management in the home and change the way it is used. Their offer includes the Powerwall 1 (2015) and Powerwall 2 (2016) batteries, which encourage the storage of the energy produced by solar panels mounted on the roofs and around home. Power-banks differ in appearance but above all inverter content. The Powerwall 1 is a lithium-ion battery, small in size and weight, which is just 100kg, available in both 10kWh and 7kWh. The second one mentioned is more popular, reaching a peak power of 3.3kW and its efficiency is as high as 92.5%. Tesla Powerwall stores the energy produced by solar panels and energy from the power grid at cheaper tariffs, allows to protect one against power outages due to the fact that it works like an emergency power supply. It is very easy to install and can be installed both inside and outside the building as it characterizes with good working within temperature range from -20°C to 50°C. In Poland, such device would have to be installed inside the building since temperatures below -20°C occur, for example in Cracow 2012 temperature was noted as -23°C and in Bialystok up to -30°C.

#### **Demand for Energy in exemplary household in Poland**

In order to answer the question of whether to use an innovative solution photovoltaics/energy bank in single-family houses worthwhile in Poland, the costs of connecting a new single-family house to the power grid and photovoltaics system with a modern lithium battery connection, for example Tesla, were calculated. Such a solution could help to reduce the low emission (pollution from the coal burning in households). Holders of such a system could use the solar energy, while the excess could be resale to distributors or use it in months requiring increased power consumption, for example usage of electric heating in winter. Based on the available data, a comparison of energy savings over a 10 years period has been made for a single-family house connected to a power grid with a

home where photovoltaics system and lithium battery Powerwall 1 and Powerwall 2 were installed. The daily electricity consumption by four inhabitants of single-family household was assumed. It is higher than an average electricity consumption in Poland, which is about 4500kWh per year. For electricity consumption in a single-family household one should add the cost of connection to the power grid. The charge depends on the region in which the house is located. Assuming the power connection (200m standard, additional 50m) was made by cable, for 10kW, the base fee would be PLN 1,630, extra payment to the standard length of PLN 2,287.5, the total amount would be PLN 3,917.5 according to rates from 27.12.2016 of distributor Tauron. Average cost of electricity consumption in a single-family household is expected to reach PLN 2,509.18 per year. Assuming that these costs remain at the current level, the cost of electricity usage in single-family house for ten years and costs of connecting this house to the power grid will be in total PLN 28,618.7.

#### **The profitability of investment in the solar panel system – Powerwall in Poland**

The connection of photovoltaic installation is related to the investment costs that will be discussed below for a single family house with a power consumption of 5,450.5 kWh. In practice, the installation of this power requires the installation of 21 NSP D6P\_B3a photovoltaic panels at an angle 30 degrees and its surface of 34.16 m<sup>2</sup>. In case of such installation the costs are balanced. Assuming: the installation cost is PLN 27,403, annual energy consumption at level of 5,450 kWh, the PV energy yield for the 25 year warranty period is 127,034 MWh, the annual power reduction 0.8%, the electricity price increase of 7%.

With such assumptions taking into account the benefits from the capital invested in the photovoltaic installation, within 9 years and 30 days the installation will be refunded. After deducting the investment costs during the warranty period, the plant generates a profit of PLN 55,085.87. For solar energy storage, converted by solar panels of area of 65 m<sup>2</sup> the investment cost of Powerwall 1-10kW (PLN 14,700) or Powerwall 1-7kW (PLN 12,600) should be taken into account. After purchase of such a battery, the cost of photovoltaic installation will increase to PLN 42,103. Reducing the cost of recharging the battery can be achieved by charging it in the night tariff, which would provide a savings of PLN 0.1782 per kWh. If about 2/3 of the energy would be spent on night tariffs, you could save as much as PLN 1,820.96, so the investment costs after purchasing a Powerwall 1/10kW would be paid back over eight years using an overnight charging. Another option is a purchase of Powerwall 2, which investment costs are PLN 23,100, but one must subtract the purchase of the inverter for photovoltaic installation (about PLN 3,175). The cost of installation with a Powerwall 2 battery will be PLN 47,328 but the energy efficiency of this battery is as much as 14kWh, so the savings in the night tariff would increase.

#### **Conclusions**

The above calculations show that after about 9 years, with a lower level of sunshine, the costs of installing a plant based on renewable energy sources will return and after that time only the profit from storage and electricity generation can be noted. On the other hand, using energy from the power grid, one will still need to pay PLN 2,509.18 a year for energy use in a single family household, which consumes 5,450.5 kWh. This is an investment that requires financial inputs but offers many environmental benefits. Therefore it is worth investing in such solutions, especially with state support.

#### **Acknowledgment**

The participation of P. Kielczykowska (member of Students Scientific Association at the AGH - Coal&Clay) was financed by the Vice-rector of AGH for student affairs and Dean Faculty of Energy and Fuels AGH. The financial support of D. Olszewska - the AGH project No.11.11.210.911.

#### **References**

1. J. Kalotka, Renewable energy sources (Scientific Publishing House of the Institute of Exploitation Technology - State Research Institute, 2010)
2. National Fund for Environmental Protection and Water Management, website: [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl) (available on 18<sup>th</sup> Dec 2016)
3. [https://solargis.info/imaps/#tl=GeoModel:dni\\_yr\\_avg&c=14.43468,34.321289](https://solargis.info/imaps/#tl=GeoModel:dni_yr_avg&c=14.43468,34.321289) (available on 15<sup>th</sup> Mar 2017)
4. R. Domański, Storage of heat energy (PWN, Warszawa, 1990)
5. Act of 20<sup>th</sup> Feb 2015 on Renewable Energy Sources (pos. 478, J.Act 2015)
6. The photovoltaic energy market in Poland (Institute for Renewable Energy, Warsaw, 2016).

## ENVIRONMENTAL PROTECTION AS PUBLIC ARGUMENT AGAINST MINING: THE RELEVANCE OF BASIC RAW MATERIAL KNOWLEDGE

**Abstract.** Attention on the social license of mining and concerning other changes nearby familiar surroundings are getting prospective necessity. Education and thereby the gained knowledge is considered to be one key to heighten the acceptability. So a consistent question is the examination of knowledge regarding raw materials, their way from exploration to daily life. Therefore, a PhD thesis comprises the investigation of school curricula and survey with local focus on Germany. Current results show the disseminated knowledge varies with federal state, school type and grade level but as well similarities between young international adults and schools students.

### **Introduction**

Rationales against mining from media, residents and citizen's initiatives show different priorities. Nevertheless, quantified arguments include beneath environmental issues life quality such as health issues, reduction of local recreation and noise exposure through transport [1]. Main specific environmental risks of quarrying point out the land use and landscape deterioration as well as on hazards to groundwater [1]. In principle, the acceptability of activities such as mining or large building projects depends on a complex set of factors through the whole progress initiating with the idea. In addition to the individual perception of risks and benefits, influencing factors are for instance socio-demographic factors, exposure, individual attitudes toward technology, or trust in the operating companies [2,3,4]. Further representative acceptance studies on lignite mining in Germany show that people living nearby lignite mines are significantly better informed about the importance concerning the energy supply and therefore tends to a positive attitude [5,6]. Especially the cases of carbon capture and storage (CCS) and coal plants in Germany refer to positive attitudes with increasing level of knowledge [5,7]. But [8] shows that knowledge about CO<sub>2</sub> issues lowers not only the perceived risk but rather the perceived benefits concerning CCS technologies. Low level knowledge indicates both increased and decreased risk perception [8]. Otherwise, in case of low knowledge assessed risks and benefits are correlated with social trust, an effect that could not be observed related with high level knowledge [9]. A relevant widespread research approach that should lead to findings about attitudes of the objective environmental protection and its influencing factors is called the "environmental concern" whereas research started in the 1970 [10,11]. Until now, the environmental concern is characterised by a widespread scientific use and variety of research approaches [12]. But, there is also a lack in the related longitudinal studies such as International Social Survey that includes just one question on perceived knowledge [13].

In conclusion of these really short excerpt, research on attitudes is done multifaceted regarding objectives for instance energy and CCS technologies or more in general environmental attitudes and influencing factors. Besides, raw materials and mining are just indirectly included especially in the case of research on coal technologies. Nevertheless, the approach of a PhD-thesis is oriented towards former work and analogies will be expected but the research interest is highly pointed on characteristics because on one hand raw materials are in contrast to energy touchable with almost every daily surrounding object.

### **Methodology**

An in-depth analysis within a PhD-thesis will examine paths of building a „raw material concern“ and its influence on the attitudes towards mining activities. Consequently, to continue these research activities a thesis at the TU Bergakademie Freiberg deals with the relationship between knowledge and the attitudes regarding mining activities. One starting point was the definition of "Raw Material Awareness" and related basic issues every citizen should have. So a consequential continuation comprises the evaluation of knowledge regarding raw materials, their way from exploration to daily life. School education should ideally create a sound knowledge base across the population at large. Therefore, the analysis of the freely available German school curricula of all 16 federal states should permit conclusions concerning the conveyed image of mining and a kind of the „lowest common denominator" regarding raw material knowledge. Derived from the definition of raw material awareness, a total of 24 key terms was used to identify key sentences with the software MAXQDA. These terms include mining related words, named materials for instance "lignite" or "wood", overarching targets such as "supply" and activities "behaviour" or "consumption". In comparison to current state of the social self-image "sustainability" and "climate change" completed the key terms. This almost simple counting does not replace in-depths examination with concrete weightings and towards the concrete wording. Based on the analysis of the school curricula, a comprehensive survey with different groups, especially young mining experts concerning knowledge standards and young adults about raw material knowledge level, is in progress.

### **Summary of Results**

School curricula in Germany are far away from consistency that is affected through the federal sovereignty of education. So, the utilization of the key terms in the geography curricula ranges between eight of "ore" up to 1.694 times for "economy". The word „mining“ is used 35 times in total whereas in the curricula of seven states no hit was found but in few cases it is replaced by the use of the expression "raw material extraction". Thus, mining

related terms are referred in two cases shortly as part of economy, but more often to argue consequences of changing landscapes and environmental impacts and sometimes as example beside agriculture or tourism. “Conflicts caused by resources” is a central topic in many curricula. The importance of raw material supply is often associated with nations and regions, for instance raw material abundance of Siberia, Africa or Australia as well as natural oil in Saudi Arabia or the high-tech development in Japan despite low raw material reserves. This is also evident for lignite and hard coal mining in Germany for 12-aged school students when the regional focus is on home state. The analysis of other school subjects reveals that chemistry – in particular metals and hydrocarbons – and physics – in particular the operative principle of energy sources – as well as history different issues on raw materials are covered. In comparison, further environmental issues covered through the examination concerning climate change and sustainability. For these, high varieties were observed, too. For instance, terms referring to climate change range between one and eleven for all 16 federal states summed up to 79 times for all states. Besides these findings, further content analysis shows the usage of renewable energy in almost all states, but just in few states recycling and substitution were mentioned in the geographic teaching guidelines.

Due to five issues concerning basic raw material knowledge [14], first surveys with school students and young mining experts were done. The 38 mining experts estimated their knowledge comprising the number precisely designated raw materials. For their own, they could name 24 raw materials on average with a range from four up to 117, whereas they require from citizens to name nine raw materials on average (range 2-25). Like the knowledge of 205 pupils, they point out coal, natural oil and gas as raw materials essential to know. While the school students name secondly renewable resources and thirdly on metals / ores both groups rarely refer non-metallic minerals. Activities that influence individual raw material and mining knowledge of experts can be divided into three groups. Therefore, they feel highly affected by own professional activities, scientific and technical literature as well as by academic education. At second level, discussions with family and friends, school education, newspapers and leisure time activities, thirdly social media, hobby and professional activities of family members were stated. In comparison, students declared school education followed by family, especially visiting museums as main influences for current knowledge about raw materials. The perception that was examined concerning different aspects through a scale from positive (+3) via neutral (0) to negative (-3) shows similarities between both groups. Therefore, “industry” and “lignite” are classified at lower end but were neutral excepting “industry” by students, which was slightly negative. Whereas students ranked “mining” at same low level the experts opinion shows no differentiation between the further terms “raw material”, “mining”, “gold”, “recycling” and “wind turbine”. For school students “recycling” and “wind turbines” are highly positive followed by “raw material” and “gold. Last finding, that shall be presented is the classification of individuals concerning attitudes. So, the investigation allows distinguishing positive (negative, neutral) thinking individuals, which mainly range the given terms positive (negative, neutral) and polarizing individuals that clearly differentiates between the terms into positive and negative attitudes. In general polarizing between the given objectives were at both groups a quarter but positive thinking concerning the six terms were two of three experts and one of three students.

### **Conclusions and further research**

In summary, the content according mining and raw materials in school education could be distinguished into three different types, but no state fulfilled broad raw material knowledge. Due to the high variations in the school curricula it is to be expected that there are also differences in the level of knowledge. Thus, young adults in (some) regions with low (historical) mining activities expected to be left with little knowledge but also in regions with highly visible mining probably this issue is not addressed in education. Furthermore, mining is highly referred to environmental issues in German school education. For further research, it is exciting to examine how strongly these levels of knowledge and how experience could affect the attitudes especially with continuing work for sound database through survey. Recognizing that less fact-oriented learning is taught but increasing competence development opens up new opportunities and requires rethinking existing educational offerings from different institutions.

### **Acknowledgement**

The realization of the PhD is funded by the ESF –European Social Fund- and the Chamber of Industry and Commerce Chemnitz until 2019.

### **References**

- [1] Aschenbrand, E.; Kühne, O.; Weber, F. (2017) Rohstoffgewinnung in Deutschland. Auseinandersetzungen und Konflikte. *Uwf UmweltWirtschaftsForum*, 25 (3-4), 177-188.
- [2] Wüstenhagen, R.; Wolsink, M.; Bürer, M.J. (2007) Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*, 35 (5), 2683-2691.
- [3] Prno, J. (2013) An analysis of factors leading to the establishment of a social licence to operate in the mining industry. *Resources Policy*, 38, 577-590.
- [4] Renn, O.; Webler, T.; Kastenholz, H. (1996) Perceptions of uncertainty: lessons for risk management and communication. *Scientific Uncertainty and Its Influence on the Public Communication Process*, 163–181.
- [5] Nippa, M.; Lee, R.P.; Gloaguen, S.; Meschke, S.; Hanebuth, A. (2013) Kohle – Akzeptanzdiskussionen im Zeichen der Energiewende – Denkanstöße aus der Wissenschaft. Deutsches Energie-Rohstoffzentrum, TU Bergakademie Freiberg, 51p.
- [6] Nippa, M. (2015) Perspektiven der Kohlenutzung in Deutschland – 2014. Meinungsvielfalt trotz Polarisierung. Deutsches Energie-Rohstoffzentrum, TU Bergakademie Freiberg, 43p.



- [7] Pitzner, K. (2015) Gesellschaftliche Akzeptanz. Fishedick M, Görner K, Thomeczek M. CO2: Abtrennung, Speicherung, Nutzung. Springer, 671-700.
- [8] Wallquist L.; Visschers V.H.; Siegrist M. (2010) Impact of knowledge and misconceptions on benefit and risk perception of CCS. *Environmental science & technology*, 44(17), 6557-6562.
- [9] Siegrist M.; Cvetkovich G. (2000) Perception of Hazards. The Role of Social Trust and Knowledge. *Risk Analysis*, 20 (5), 713-720.
- [10] International Social Survey Programme (ISSP), Environment III, 1993, 2000, 2010. GESIS Data Archive, Cologne.
- [11] Maloney, M.P.; Ward, M.P. (1973) Ecology: let's hear from the people. An objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge. *American Psychologist*, 28 (7), 583-586.
- [12] Dunlap, R. E.; Van Liere, K. D. (1978) The "New Environmental Paradigm": A proposed measuring instrument and preliminary results. *Journal of Environmental Education*, 9, 10-19.
- [13] Bamberg, S. (2003) How does environmental concern influence specific environmentally related behaviors? A new answer to an old question. *Journal of Environmental Psychology*, 28 (1), 21-32.
- [14] Kleeberg, K. (2016) How education influences the acceptability of mining: presenting a systematic approach. *Scientific Reports on Resource Issues*, Volume 1, IUR, Freiberg, 442-445.

**LEZCANO ZAPATA DIANA ELIZABETH**

*Technische Hochschule Georg Agricola*

**RESTREPO BAENA OSCAR JAIME**

*Universidad Nacional de Colombia*

## **RESPONSIBLE CARE PROGRAM FOR THE COLOMBIAN MINING INDUSTRY.**

### Abstract

The present work is based on the master's thesis, "Responsible Care Mining Model for the Colombian mining industry" which includes as its main aim a new tool that really contributes to the sustainability, responsibility and business ethics of the mining sector in Colombia, through the Responsible Care® Program –RCP-, a chemical industry initiative, which has built trust and credibility around the world, being a voluntary management based on self-regulation and continuous improvement. Due to the success of this initiative it was taken as an example that could be replicated in other industries, but certainly, the core issue of this research was adjustments and the necessary proposals so that this new program could be applied to the mining sector. The proposed Responsible Care Mining Model –RCMM- was implemented as a case study in 3 municipalities of the department of Antioquia, which is characterized by being a large gold producer and one of the most polluted places in the world by mercury.

### Introduction

Current Colombia mining sector is faced with a series of challenges as the levels of informality and illegality, increased requirements by law, contrary laws and disarticulated governmental organizations, reduced profitability due to low levels of innovation, conflicts with communities, problems of corruption at all levels, connection with violations of human rights and interactions or connections with armed groups, in addition, not all companies that are legally constituted have clear models of sustainability, in this way it demonstrates that the shortcoming in the Colombian mining sector, what has been generated over the years is a poor perception of the activity [1]. Also it is very difficult to conceive the concept of sustainability as something measurable, even for the companies.

In this sense, it is important emphasizing RCP as a successful sustainability program that can be followed, since, it has built trust and credibility throughout the world, being a management program of voluntary assignment, based on self-regulation and continuous improvement. 30 years ago, the chemical industry faced challenges similar to those of today's mining industry [2]. For that, using this program is considered as an option, precisely for the current needs of the Colombian mining industry.

### 1. Responsible Care Program

In 1985, the RCP was introduced, and its development over the years can be described, as a program that has been constructed through learning, supported from its principles and both negative and positive experiences of the program [3]. Nowadays, it is common to find it with different names as RPC, model or management system, the variants depend on the company or the way it is being used, because it is also characterized by complementing with international standards [4]. The International Council of Chemical Associations –ICCA- is responsible for updating the program and accepting the company's reports, with these reports, they prepare an annual report as a global industry.

No initiatives were found in the theoretical framework to adapt this program to industries other different than the chemical industry, with the exception of when the program reached the Arabian Peninsula in 2005, the chemical and oil industries were grouped in the same association, so the Gulf Petrochemicals and Chemicals Association -GPCA-, after 4 years, identified that the program presented by the ICCA should be more specific to the pet-

rochemical area, so they created 21 performance indicators in different areas: safety at work, safety process, emissions, dumping, on the use of resources and distribution of products. The new indicators were accepted by ICCA and are now available on the website, so that all companies interested can use them [5].

## 2. Methodology

This paper was made through a qualitative research, considering that, the interaction of companies around the world with the reporting of sustainability indicators and the entities to which they are reported is established as a social macro phenomenon, before continuing with the description of the methodology, it is necessary to guide the reader on: the RCP is based on policies, values, principles and 7 codes, which in turn are divided into: macro titles, activities and tasks.

It is important to note that this research used the methodology evaluating management of companies which was created by the International Organization for Standardization (ISO) described in Standard 9001 and global principles and standards such as GRI, AA1000, ICMM, EITI, ISO, OECD, among others were included, in addition, the strategic plan of the Colombian mining sector, to improve the applicability of these standards to the realities of a country such as Colombia [6]. The new model was adjusted by the case study, this was based on generating a baseline and testing the new model, the instrument applied was a semi-structured interview for mining stakeholders in the research area which have been selected for two reasons; classification by attributed and volunteer participants. The methodological phases are explained in detail in the master's thesis mentioned above [7].

## 3. Analysis of results

A brief summary of the proposal for a RCP for the Colombian mining industry is shown in Table 1.

Tab 1. Brief summary of the proposal for a RCP for the Colombian mining industry

Responsible Care Program		
Chemical industry	Colombian mining industry	Case study – Baseline *
Principles		
Corporate ethics RCP. [8]	Modified according to RCP statement of ethics, the 4 Eggert principles and the 10 ICMM principles.[9] [10]	Socialize the principles and try to explain how they should be included in everyday life.
Politics and Policy		
Defined.	Including key elements but freely definable for each company.	Elaboration of the policies or modification based on.
Codes		
Within these codes there are activities and from them activities derive tasks. [11]		The most important results will be stated for each code.
1. Community Awareness & Emergency.	1. Relations with the Stakeholder.	Relations with the community are good, there is no hostilities, a cordial relationship and dialogue is evident, this could be explained by the acceptance from the municipal government that there is for the activity in the municipalities where the fieldwork was carried out.
The objective is to have a coordinated Emergency Response plan in each facility and maintain an integration program with the community, which allows communicating information to satisfy questions and concerns.	To build relationships of cooperation and trust, through effective channels of communication, education, risk prevention and principles of respect for human rights, health, safety and the environment.	
2. Distribution.	2. Environmental Responsibility.	It is necessary to have more environmental planning activities, with the identification and evaluation of impacts, manuals of environmental procedures and parallel projects for remediation of the adverse impacts already generated.
Optimize the safety performance of conveyors and distribution service providers, increasing confidence in the industry's efforts to improve safety in the distribution process.	Demonstrate a real commitment to the environment, being legally responsible and aware of the need to go beyond the law to ensure a protection of resources over time.	
3. Process Safety.	3. Responsible Transport Logistics	The difficult access causes that most of the materials are transported by motorbike or small vehicles, which do not comply with any norm or standard, needing an improvement in all the activities of this code.
Prevention and control of fires, explosions and emissions of hazardous substances in operations.	The objective is to manage the risk arising from transport logistics, resulting from activities such as the movement of hazardous, special materials or extracted ore, its handling and storage.	
4. Pollution Prevention.	4. Productive Management.	The focus is on developing a work plan to look for cleaner technologies and eradicate the mercury from the process.
Achieve permanent reductions in emissions and waste by preventing deterioration and preserving the environment, health and safety of employees.	Its objective is to conduct all activities and processes carried out by the mining activity in such a way that no harm is caused to the integrity or health of people or the environment at any stage of its life cycle, from exploration, operation, construction and closure.	
5. Product stewardship.	5. Safe work.	More Personal Protective Equipment is needed and also the training of the workers to attend to the possible contingencies that a mine could have.
Prevent products from causing damage to the integrity or health of people or the environment at any stage of their life cycle,	It is to protect the health and safety of all those who work in the company, as well as to constantly improve the quality of life of workers.	
6. Employee Health & Safety.	6. Physical and Environmental Security.	The physical security activities of this code are those that have the highest compliance rates as opposed to the information security that needs more development.
Protect the health and safety of all people working or visiting the company's facilities.	Increase the company's capabilities in identifying risks related to accidents or incidents that may disturb the company's physical safety.	
7. Security.	7. Key Activities.	Work more on day-to-day risk management, include self-audits for
Improving physical and information	The company identifies which are the key	

security.	activities to implement in the program and that its management is successful.	compliance and oversight of the proposed program.
* Field work in small-scale gold mining, the baseline was done by mine. In total there were 6 mines studied in 3 municipalities.		

(Source: the authors based on [7])

#### 4. Conclusions

A few months after the fieldwork, a new conclusion of this work was identified that the application of the new proposed Responsible Care Mining Model is based on self-regulation, but there must be a time of implementation and a time of guidance, to ensure that the program is working properly, otherwise, without constant supervision, in the case studies there is evidence that the initiative was losing strength, on the other hand, this indicates that the first thing is to find out when the program is strongly established, then decide whether it is possible to make the decision to move on to monitoring activities.

#### 5. References

- [1]. Ministry of Mines and Energy. (June 2016). Republic of Colombia. The sectoral strategic plan for the elimination of mercury use. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.
- [2] ICCA. (2013). International Council of Chemical Association. Obtained from Responsible care an initiative of the ICCA, worldwide voice of the chemical industry, Canada, 30, 10 -12.
- [3] ICCA. (2011). The International Council of Chemical Associations. Obtained from Responsible Care® The Quest for Performance Excellence, Canada, 10.
- [4] Responsabilidad Integral® Colombia. (2014). Resources optimization, Colombia, 6.
- [5] GPCA. (2013). Responsible Care hits the top slot. ICIS Chemical Business, Vol. 283 Issue 10, Special section, pp 19.
- [6] ISO 9001. (2015). International Organization for Standardization. Quality management systems - Requirements. Switzerland: ICONTEC International.
- [7] Lezcano, D. (2017). Modelo de responsabilidad integral® para la industria minera colombiana. Caso de estudio. Master thesis. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/58171/>
- [8] ICCA. (2014). The international council of chemical associations. Charte mondiale Responsible Care
- [9] Eggert, R. (2001). Mining and Economic Sustainability: National Economies and Local Communities. England: International Institute for Environment and Development - IIED.
- [10] ICMM. (2015). International Council on Mining and Metals. Retrieved from ICMM 10 Principles.
- [11] ACC. (2008). American Chemistry Council. Responsible Care Management System® Implementation Guidance.

**PANDEY UPASANA**

*Postgraduate Research Scholar, Department of Mining Engineering, VNIT, Nagpur, India*

**THOTE N R.**

*Professor, Department of Mining Engineering, VNIT, Nagpur, India*

**PATIL A P.**

*Professor, Metallurgical and Materials Dept, VNIT, Nagpur, India*

## **AN EXPERIMENTAL STUDY OF CORROSION IMPACT ON ROCK BOLT SUPPORT SYSTEM IN UNDERGROUND MINE USING U-BEND SPECIMEN**

**Abstract-**The effect of corrosion on rock bolts of smaller diameter under u-bend condition is presented. The small diameter rock bolt is used as it requires significantly less force to generate desired stress. U- Bend specimen has been identified as the economic approach to test rock bolts under a stressed condition. Six identical profile bolts of diameter 8mm are subjected to corrosion testing using mine water and 5%NaCl solution. Three bolts are in U- bend condition subjected to the tensile stress on the outer radius of the curve. Fourth and fifth bolts are unstressed but exposed to corrosive environment. Sixth bolt is left unstressed and not under corrosive environment to act as reference bolt. It is expected that this approach will yield results pointing to the formation of stress corrosion cracks on the outer surface of bend specimen and a significant reduction in ultimate tensile strength of all four rock bolts subjected to a corrosive environment.

### **I. Introduction**

Rock bolt support systems used in underground mines are necessary for personnel safety and productivity. The objective of rock bolt support system installed in an underground mine is to stabilize openings and maintain a safe working environment. The failure of rock bolts as a result of corrosion not only decelerates production but also creates safety concerns.

Corrosion is a destructive attack of a material by reaction with its environment that often results in a reduction of the mechanical properties of that material. Rock bolts, in particular, are susceptible to corrosion as they

can be exposed to groundwater in their working environment. Even though corrosion initiates and advances without any assistance of stresses in the presence of corrosive environment, however stresses on a specific material play a major role in accelerating the process through formation of cracks where corrosion is taking place.

Corrosion of rock reinforcement is a poorly understood mechanism and no systematized field study has ever been undertaken within the underground mining industry in India. This study aims to determine the reduction in ultimate tensile strength of rock bolt due to combined application of stress and corrosion on it. Since the presence of tensile stress is necessary, a test frame is designed to keep the specimen under constant strain condition which is another method to stress the specimen.



**Fig 1. A typical rock bolt deterioration due to corrosion.**

## II. Experimental Set-Up

The experiment involves six 8mm diameter rock bolts, of which four are subjected to the corrosive environment using mine water and 5% NaCl solution in order to accelerate the corrosion process. Since the presence of tensile stress is necessary to study corrosion under the stressed condition, so specimen is stressed using constant strain method. The sole purpose of constant strain method is to deform a specimen and retain it in its deformed state. U- Bend specimen is identified as best constant strain device for this experiment.

### 1. Bolt Tensioning using U-bend Specimen

The standard practice for making U-bend specimen is outlined in ASTM G30-97(2003). The testing frame has two support posts at both ends and a fixed support at centre on a wooden base. The end and central supports are made up of mild steel. The specimen is stressed by applying force on its ends by hand and then places it in the end support to hold the specimen in a bent condition. After that, the specimen is immersed in a tank filled with test water. Similarly, two unbent (unstressed) bolts are placed in test water.



**Fig 2. Fabricated experimental setup**

### 2. Stress calculation

As stated in the ASTM G30-97(2003), the stress of principal interest in the U-bend specimen is circumferential. It is non-uniform because

- (a) There is a stress gradient through the thickness varying from a maximum tension on the outer surface to a maximum compression on the inner surface,
- (b) The stress varies from zero at the ends of the specimen to a maximum at the center of the bend, and
- (c) The stress may vary across the width of the bend.

The total strain ( $\epsilon$ ) on the outside of the bend can be closely approximated to the equation:

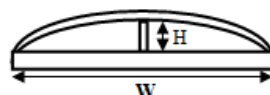
$$\epsilon = \frac{T}{2R} \quad \text{when } T \ll R \quad (i)$$

Where,

$T$  = specimen thickness, and  $R$  = radius of bend curvature.



**Fig 3. Actual Specimen**



**Fig 4. Used Specimen**

To find radius of an arc or segment, we will use this equation

$$R = \frac{H}{2} + \frac{W^2}{8H} \quad (\text{ii})$$

where,

H-central support in test frame, and,

W -distance between end supports.

Dimension of frame used is as follows;

$$W = 520 \text{ mm} \quad H = 90 \text{ mm}$$

Hence,

$$R = 420.55 \text{ mm}$$

Using the equation (i) of total strain in U bend condition,

$$\epsilon = \frac{T}{2R} \quad \text{when } T \ll R$$

where,

T = specimen thickness, and

R = radius of bend curvature.

Dimension of specimen under experiment is as follows;

$$T = 8 \text{ mm and } L = 600 \text{ mm}$$

$$\epsilon = \frac{8}{2 \times 420.55}$$

therefore,

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{8}{2 \times 420.55}$$

where,

L = Original length of specimen

$\Delta L$  = Change in length of specimen

$$\Delta L = \frac{8 \times 600}{2 \times 420.55} = 5.708 \text{ mm}$$

So, approximately 5.7068 mm of change in length will generate on the outer fiber of rock bolt.

### III. Conclusion

This experimental study aims to determine the reduction in the ultimate tensile strength of rock bolts due to combined application of stress and corrosion on it. U- Bend specimen is used as a constant strain device to perform the study. Such testing condition is chosen as it produces stresses in a specimen that are comparable to those experienced by servicing bolts in situ. As a result, it is feasible to conclude that any reduction in ultimate tensile strength of test specimen is likely to be indicative of the behaviour of installed bolts. Considering impacts of corrosion on rock bolts, extensive research on this subject relevant to underground mining support system is needed. At the conclusion of the experiment, it is expected that this study will indicate the possibility of using such tests as an early warning detection system for corrosion-related impacts in underground mines.

### IV. References

1. ASTM G30- 97 (Reapproved 2003). "Standard Practice for Making and Using U-Bend Stress-Corrosion Test Specimens." In: Annual book of ASTM standards. vol.03.02. West Conshohocken, PA,1995: American Society for Testing and Materials, pp. 82–88.
2. Bylapudi, G., 2015, "Stress corrosion cracking – hypothetically a major threat to underground mine roof support systems and rock anchors," 2015 Transactions of the Society for Mining, Metallurgy & Exploration, Vol. 338, pp. 510-517.
3. Hassell, R, Villaescusa, E, Thompson, A G and Kinsella, B, 2005. Corrosion Assessment of ground support systems, In Proceedings of 5th International Symposium on Ground Support in Mining and Underground Construction, Perth, September 28-30, pp 529-544.
4. Hebblewhite B, Fabjanczyk, M, and Gray, P, 2002. Premature Rock Bolt Failure, ACARP Project No. C8008, Final report, April.
5. Ingale M.(2017). Investigation into corrosion in underground excavation with reference to roof bolt support systems, M. tech dissertation submitted to VNIT.
6. N. Aziz, P. Craig, J. Nemicik and F. Hai, 2013, Rock bolt corrosion - an experimental study, 13th Coal Operators' Conference, University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia, 144-151.
7. Vandermaat, D., Elias, E., Craig, P., Saydam, S., Crosky, A., Hagan, P. and Hebblewhite, B. (2012). "Experimental protocol for stress corrosion cracking of rockbolts." In: Aziz, N., Kinnimoth, B., eds. Proceedings of the Twelfth Coal Operators Conference. Institute of Mining and Metallurgy, pp. 130–137.

8. Vandermaat, D.P., Elias, E., Crosky, A., Tang, Z., Craig, P., Saydam, S., and Hebblewhite, B., 2012, "Coupon testing for field assessment of stress corrosion cracking of rock bolts," International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV, ICGCM.

**PATHAK SAMIDHA K**

*Postgraduate research scholar, Department of Mining Engineering, VNIT, Nagpur, India*

**THOTE N.R.**

*Professor, Department of Mining Engineering, VNIT, Nagpur, India*

## **CARBON SEQUESTRATION IN REVEGETATED MINE SPOIL ALONG AN AGE GRADIENT IN INDIAN MINES: AN EFFECTIVE AND ESSENTIAL OFFSET TECHNIQUE**

### **Abstract:**

The Mining Industry in India has a significant contribution towards the economy. The mining operations lead to some adverse environmental impacts wherein the top soil, subsoil and overburden are relocated. These mine spoils act as a compromised habitat and lead to heavy metal contamination in soil and water bodies. On the other hand, if such spoils are revegetated, they act as a sink for carbon dioxide via combined plant succession and soil formation. Revegetation and certain management practices help to regain the lost carbon. This helps in restoring the soil organic carbon by reabsorbing it from the atmosphere popularly known as carbon sequestration.

The paper presents a case study along an age gradient of revegetated mine spoils of 19 years in Singrauli, India. The total carbon emissions in total plant biomass, mine soil and soil microbial biomass reads out to be 44.5, 22.9 and 1.8t/ha respectively. Total sequestered carbon has increased by 712% in revegetated mine spoils after 19 years. The annual carbon sequestration potential is estimated to be 3.64 t C/ha/yr. Carbon sequestered in revegetated mine spoils is 253.96 tonnes/ha capture of atmospheric CO<sub>2</sub>. Decomposition of root and litter mass contributes carbon storage in mine spoil. Thus revegetation of mine soils helps to mitigate negative mining impacts and enhance carbon sequestration in mine spoils.

### **1. Introduction**

Industries have revolutionised the economic progress of India at the cost of rising CO<sub>2</sub> concentrations. The daily Carbon dioxide level is 408.53 ppm (Earth's CO<sub>2</sub> Home page - CO<sub>2</sub>now.org, accessed on 15/02/2018). The level of CO<sub>2</sub> in the atmosphere will rise to 800-1000 ppm by the end of this century if efforts are not taken to curtail it. Mining changes the original soil profile thus leading to loss of Soil Organic Carbon (SOC). During mining the top 30 cm soil is removed which is removed and stored separately by some companies. The overburden is removed and placed in mine pits and the overburden is graded and topsoil is put back on top of overburden to a depth of usually 30 cm. An initial dose of fertilizers and mulch is then applied before seeding the land with a mixture of grasses and legumes. Revegetation of mine soils lead to the establishment of biomass, which results in accretion of SOC to the restoration of mined out land. The accumulated SOC helps to offset SOC losses and also offset CO<sub>2</sub> emission from coal mining (Shreshta and Lal, 2009). Revegetation helps to stabilize soils by development of extensive root systems. Chaulya et al. (2000a, 2000b), Tripathi and Singh (2008), opined that revegetated mine spoils have the potential to substantially increase soil fertility and plant biomass. Herbs have less C sequestration potential as compared to mature woody trees. (Filey et al., 2008; Dean et al., 2012) reported 95% higher C sequestration in woody trees as compared to herbaceous layer, since the SOC stock is higher in the trees due to their deeper roots. Thus the rate of growth of trees, increment of stem diameter play a major role in regulating the size of sink. The mine soil when in infant stage gives a greater opportunity for the recycling of organic waste material. It has a higher carbon sequestration potential as compared to agricultural soils. Hence proper revegetation of mine spoils is important to sequester large amounts of carbon and return it into a stable state (Shreshta and Lal, 2009). Revegetated mine soils can prove to be a significant sink for atmospheric CO<sub>2</sub> by formation of soil organic matter (SOM).

### **2. Carbon Threats Caused in Surface Mining**

The environmental effects pursue for years after the mining operations are carried out. Mine spoil corresponds to the third highest proportion of waste produced among industrial operations annually (Bell, 1998). These wastes are mostly acidic to slightly basic in nature with very low organic matter contents (Tripathi and Singh, 2008; Singh et al., 2012a). As per the Indian mining conditions, substantial amount of carbon is contributed during mining and reclamation activities. In addition it also raises a number of environmental challenges like soil erosion, fugitive dust, noise and water pollution and impacts on local biodiversity. Carbon emissions contribute to climate change which can have serious consequences for humans and environment. These carbon emissions raise the global temperature by trapping solar energy in the atmosphere. It alters water supplies, weather patterns and overall biodiversity of the region. As a result of thermal expansion and glacier melt, global average sea level is rising at about 3 millimeters per year during past 20 years which threatens inundation of areas with low elevation. Hence carbon sequestration steps are to be taken in modern mining operations to minimize impacts on all the environmental aspects. In sur-



face mines the methodology to estimate gas emission from coal mining and handling can be described in a particular way. A rectangular chamber with internal dimensions of 50\*40\*15 cubic cm, closed from five sides but open floor and fitted with a nozzle for gas collection is used to measure the methane flux. These chambers were placed on the benches of surface mines for a known period of time. The gaseous percentage is estimated by gas chromatograph (Chemito, model number GC 1000). Area of freshly exposed coal face should also be measured in the surface mines to calculate methane flux. Daily coal production data is an essential requisite and hence it needs to be collected in the investigation period. Coal production data is considered as Activity data (A) which is multiplied by methane emission factor (EF) and the conversion factor of  $0.67 \times 10^{-6}$  Gg m<sup>-3</sup> of methane to obtain estimates of methane emission from coal mining.

### 3. Soil Carbon Sequestration

Soils are the largest C reservoirs of the terrestrial C pool, containing about three times more C than vegetation (1500 Petagram (Pg) of C to 1 m depth. The estimates for total SOC pools in Indian forests range from 4.13 Pg C for top 50 cm depth to 6.18 Pg C for the top 1 m soil depth (Chhabra et al., 2003). C in the form of organic matter is a key element to healthy soil. It is estimated that each tonne of SOM releases 3.667 tonnes of CO<sub>2</sub>, which is lost into the atmosphere (Bowen and Rovira, 1999). Decomposition of organic matter completes the atmosphere-soil-atmosphere C cycle by emitting a portion of SOC to the atmosphere as CO<sub>2</sub>. Decomposition rates are proportional to the amount of organic matter in the soil (Johnson, 1995; Singh et al., 2004). Thus with the passage of time and under relatively constant environmental conditions, equilibrium is established between the rates of C additions and emissions leading to stabilization of amount of SOC. Mining activities and the disturbances associated with them disrupt the SOC equilibrium relationship, causing severe losses of SOC, leading to a C deficit of the natural soil. Revegetation helps to regain the lost C; improve the soil quality and restore the SOC by reabsorbing it from the atmosphere. This process is called as the carbon sequestration. Major factors that affect tree species establishment and growth rate as per Indian dry tropical reclaimed mine soils are: 1) soil moisture, 2) soil depth, 3) soil toxicity, 4) soil compaction, and 5) weed competition.

#### 3.1 Carbon Accretion in Revegetated Mine Soils:

Revegetated mine spoils act as a huge potential sink for CO<sub>2</sub> compared to adjacent land. As elaborated by Ussiri and Lal (2005), carbon content and rate of C accumulation in mine soils following reclamation for various durations are illustrated in Table no. 1. Shreshta and Lal (2009) elaborated the CO<sub>2</sub> offset rates from different land uses in reclaimed mine spoils (Table 2). They estimated that 3.2 million ha of reclaimed forest mine soil can offset 30 teragrams (Tg) of CO<sub>2</sub> each year (estimation based on the C sequestration rate of 2.56 Mg/ha/yr for forest ecosystem from Sperow, 2006). The Department of Science and Technology and Ministry of Coal, Govt. Of India are funding C sequestration in revegetated mine spoil can offset CO<sub>2</sub> emissions and provide additional income to landowners through trading of carbon credits.

### 4. Case Study about Carbon Budget for Reclaimed Mine Ecosystems

In order to identify sustainable management options and enhanced C sequestration potential, an evaluation of C budget over relatively long time period is important. In a study done by CIMFR, Dhanbad, total C sequestration in different components viz. Plant biomass, mine soil and microbial biomass) was estimated in revegetated mine spoils of Northern Coal fields (NCL), Singrauli, India along an age gradient of 19 years. The NCL has a tropical monsoonal climate and the year is divisible into mild winter, hot summer and a warm rainy season. Mean monthly minimum temperature ranges from 6 to 28 degree C and mean monthly maximum from 20 to 40 degree Celsius. The rainfall has a high degree of variation and ranges from 700 to 1450 mm/yr (Singh et al., 2004). The geology of the coal fields is of coal bearing Barakar formation of the Gondwana basin overlain by a soil/alluvium. The geology of the coalfields is of Coal bearing Barakar formation of the Gondwana basin overlain by a soil/ alluvium cover. The Barakar formation is dominated by sandstone and subordinate shale. The rocks are fine to coarse-grained sandstones, white and gray clays with ferruginous bands, carbonaceous shales and coal seams. The soil was slightly acidic in nature with bulk density, organic carbon and total N in the range of 1.50–1.75 g cm<sup>3</sup>, 0.29–0.915% and 0.018–0.63%, respectively (Singh et al., 2012b).

The mine spoil was planted with *Dalbergia sissoo*, *Pongamia pinnata*, *Prosopis juliflora*, *Syzygium jambolana*, *Azadirachta indica*, *Embllica officinalis*, *Cassia Siamea*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* and *Gmelina aroborea* plant species.

The above ground biomass was measured by harvesting five plants of each species at ground level and applying an empirical equation developed with reference to diameter and height. The litter mass was measured by five randomly placed 1 × 1 m quadrants. For below ground biomass (live + dead root) estimation, monoliths of 25 × 25 × 30 cm size were used (Singh and Singh 1991). Total carbon contents of plant and soil were measured by Elementar's Liqui TOC II Analyzer (Germany). Carbon sequestration was quantified following the methods described by Brown and Lugo 1982. CO<sub>2</sub> equivalent was calculated assuming 1 tonne carbon is equal to 3.667 tonne CO<sub>2</sub> (Bowen and Rovira, 1999).

In revegetated mine spoils, along an age gradient of 19 years, total C sequestration in different components (viz. plant biomass, mine soil and microbial biomass) was found to be 69.21 t/ha, in which the contribution of total plant biomass, mine soil and soil MBC was 44.52 t/ha (64.33%), 22.89 t/ha (33.08%) and 2.59 t/ha (2.59%), respectively (Singh et al., 2012b, CIMFR Report EE/40GAP/04/EMG/MOC/2008–2009, June 2012). There was an increase in total sequestered C by 712% in revegetated mine spoils with increase in age of revegetated mine spoils. It can be translated into annual C sequestration potential of revegetated mine spoil that is 3.64 t/ha yr<sup>-1</sup>.



CO<sub>2</sub> equivalent out of the total C sequestered shows the amount of CO<sub>2</sub> removed from the atmosphere by the way of C absorption. The sequestered C in revegetated mine spoil can be equivalent to 253.96 t/ha capture of CO<sub>2</sub> from the atmosphere. This indicates that mine spoil can act as a significant sink for atmospheric CO<sub>2</sub> through revegetation development along with redevelopment of soil formation. In this way, C budget of the revegetated mine spoils of different ages can be predicted. Annual C budget indicated 8.40 t C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> accumulation in which 2.14 t/ha was allocated in above ground biomass, 0.31 t/ha in belowground biomass, 2.88 t/ha in litter mass and 1.35 t/ha in soil (Fig. 2). This shows that litter mass allocation is much important for its contribution to SOM accumulation along with SMB in the revegetated site. Decomposition of root and litter mass contribute substantially in C storage in the soil.

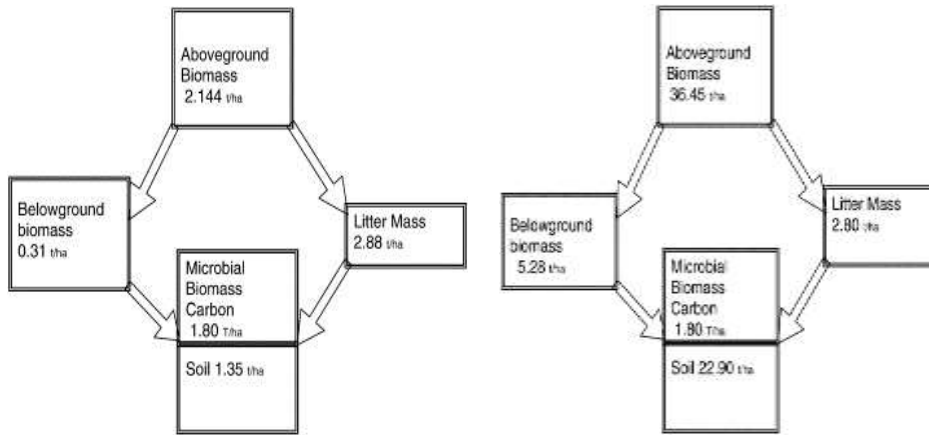


Fig 1. Carbon distribution in various soil biomass

Fig 2. Carbon budget of the revegetated mine spoils

**Table 1. Carbon Content and rate of C accumulations in mine soils following reclamation.**

Surface management	Years since reclamation	Soil sample Depth cm	Gain in SOC Content Mg/ha	Rate of change Mg/ha/yr	Reference
Pasture	0-25	0-15	29.1	1.16	Akala and
	0-25	15-30	7.7	0.3	Lal 2002
Forest	0-21	0-15	32.6	1.55	Akala and
	0-21	15-30	4.5	0.2	Lal 2002

## 5. Result and Conclusion

Revegetation of overburden dumps has always been considered with respect to removal of atmospheric dust, green belt development and esthetic improvement of the mine site. The ecosystem functions in order to re-establish the soil microbial function. The senescence of leaf and litter fall along with death and decay of plant roots in the mine spoil plays an important role in recovery of mine soil quality and ecosystem function of disturbed site. Further, it depends on plant growth performance and establishment of vegetation and carbon accretion in plant and soil. The C sequestration potential in revegetated mine soil has been found to be gradually enhanced and stores considerable amount of carbon in different components of ecosystems viz. plant biomass, leaf litter, root biomass in 19 years of revegetated mine spoil. The case study has revealed that in Indian revegetated mine spoil 1.20 Mg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> is offset by soil C sequestration, while total potential offset through soil, biomass and litter mass is found to be 9.36 Mg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>.

**Table 2. Potential CO<sub>2</sub> offset rate from different land uses established in reclaimed mine soils.**

Surface	Years since	Soil sample	Gain in SOC	Rate of	Reference
---------	-------------	-------------	-------------	---------	-----------

management	reclamation	Depth cm	Content Mg/ha	change Mg/ha/yr	
Pasture	0-25	0-15	29.1	1.16	Akala and
	0-25	15-30	7.7	0.3	Lal 2002
Forest	0-21	0-15	32.6	1.55	Akala and
	0-21	15-30	4.5	0.2	Lal 2002

T  
here-  
fore,

mine spoil can be considered a significant sink for atmospheric CO<sub>2</sub> through vegetation development along with redevelopment of ecosystem and soil formation. Revegetation merits serious consideration due to its potentiality to sequester SOC for a long enough time to offset C emissions in mining areas which often remains neglected in the developing countries like India. Successful revegetation can also serve as an economical way of mitigating the burgeoning problem of carbon dioxide accumulation in the atmosphere. However, a long-term study on productivity of revegetated mine spoils is needed to identify sustainable management options and evaluate the C budget over a long period of time.

#### References:

- 1) Akala and Lal, 2000 V. A. Akala, R. Lal **Potential of mine land reclamation for soil organic C sequestration in Ohio** Land Degrad Dev, 11 (2000), pp. 289-297
- 2) Akala and Lal, 2002 V. Akala, R. Lal **Soil organic carbon sequestration rates in reclaimed mine soils**  
J.M. Kimble, R. Lal, R.F. Follett (Eds.), Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil, Lewis Publishers, Boca Raton, FL (2002), pp. 297-304
- 3) Bell 1998, F.G. Bell **Environmental geology** Principles and practice, Cambridge University Press, UK (1998)
- 4) Bowen and Rovira, 1999 G.D. Bowen, A.D. Rovira **The rhizosphere and its management to improve plant growth** Adv Agron, 66 (1999), pp. 1-102
- 5) Brown and Lugo, 1982 S. Brown, A.E. Lugo **The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle** Biotropica, 14 (1982), pp. 161-187
- 6) Chaulya et al., 2000a S.K. Chaulya, R.S. Singh, M.K. Chakraborty, B.K. Tewary **Bioreclamation of coal mine overburden dumps in India** Land Contam Reclam, 8 (2000), pp. 1-11
- 7) Chaulya et al., 2000b S.K. Chaulya, R.S. Singh, M.K. Chakraborty **Quantification of stability improvement of a dump through biological reclamation** Geotech Geol Eng, 18 (2000), pp. 193-207
- 8) Chhabra et al., 2003 S.K. Chaulya, R.S. Singh, M.K. Chakraborty **Quantification of stability improvement of a dump through biological reclamation** Geotech Geol Eng, 18 (2000), pp. 193-207
- 9) Earth's CO<sub>2</sub> home page- CO<sub>2</sub>now.org, accessed on 15/02/2018
- 10) Filey et al. 2008 T.R. Filey, T.W. Boutton, J.D. Liao, J.D. Astrow, D.E. Gamblin **Chemical changes to non-aggregated particulate soil organic matter following grassland-to-woodland transition in sub-tropical savanna**  
Shreshta and Lal, 2009 R.K. Shreshta, R. Lal **Offsetting carbon dioxide emissions through mine soil reclamation** The Encyclopedia of Earth (2009)
- 11) Johnson, 1995 M.G. Johnson, **The role of soil management in sequestering soil carbon** R. Lal, J. Kimble, E. Levine, B.A. Stewart (Eds.), Soil management and greenhouse effect, Lewis, Boca Raton (1995), pp. 351-363
- 12) Singh et al., 2004 N. Singh, A.S. Raghubanshi, J.S. Singh **Impact of native tree plantations on mine spoils in a dry tropical environment** For Ecol Manage, 187 (2004), pp. 49-60
- 13) Singh and Singh, 1991 L. Singh, J.S. Singh **Species structure, dry matter dynamics and carbon flux of a dry tropical forest in India** Ann Bot, 68 (1991), pp. 263-273
- 14) Singh et al., 2012b R.S. Singh, A.K. Singh, N. Tripathi, B.K. Tiwari **Carbon sequestration in Revegetated coal mine wastelands** Coal S&T Project Report, Ministry of Coal, Government of India, EE/40 GAP/04/EMG/MOC/2008–2009, CIMFR, Dhanbad (2012), p. 102
- 15) Sperow 2006, M. Sperow **Carbon sequestration potential in reclaimed mine sites in seven east-central States**  
J Environ Qual, 35 (2006), pp. 1428-1438
- 16) Tripathi and Singh, 2008 N. Tripathi, R.S. Singh **Ecological restoration of mined-out areas of dry tropical environment, India** Environ Monit Assess, 146 (2008), pp. 325-337
- 17) Ussiri and Lal, 2005 D.A.N. Ussiri, R. Lal **Carbon sequestration in reclaimed mine soils** Crit Rev Plant Sci, 24 (2005), pp. 151-165

**PAWADE SUMIT G.**

*Postgraduate Research Scholar, Department of Mining Engineering, VNIT, Nagpur, India*

**THOTE N R.**

*Professor, Department of Mining Engineering, VNIT, Nagpur, India*

**PATIL A P.**

*Professor, Metallurgical and Materials Dept, VNIT, Nagpur, India*

## **EFFECT OF MINE WATER REGIME ON ROOF BOLT USED IN UNDERGROUND EXCAVATION**

**Abstract:** Rock support and reinforcement system was advanced rapidly during last few decades, due to better understanding of load transfer mechanism and advancement in technology. Rock bolts are used as a permanent or temporary support system in underground excavation. Wisely, the premature failure incidents of rock bolts have been increasing. The loss in capacity associated with the surface corrosion of support system can be a major safety and economic concern in underground excavation. The effect of long term exposure of rock bolts to corrosive environment is reviewed and relevant investigation aiming to finding out corrosion rate held on rock support system is focused. This paper reports on the influence of corrosive environment on roof bolt supporting system performance complemented by laboratory investigation of corrosion rate with time elapsed.

### **I. Introduction**

Development of internal rock support system began in the early 20<sup>th</sup> century. Rock bolts are played a major part in the improvement of stability of rock mass are particularly suspected to corrosion as they can be exposed in their working environment to ground water whose background is marine splash zone water. Corrosion of roof bolts in underground corrosive conditions is not a new phenomenon, but its effect on rock bolts has been recognized recently. Corrosion is an important factor that needs to be considered in the design and selection of the rock support and reinforcement. There is need to defining the appropriate material and methods which constitute an acceptable physical barrier for surface corrosion. There are numbers of technologies available for reinforcing rock mass, of which rock bolting is more common and widely used. Rock bolting systems are designed to effectively utilize the capacity of the Support elements and become safety for underground operations.



**Figure 1 - Fully corroded rock bolt sample from mine A**

**Study Area:** A detailed investigation is being carried out on MINE 'A' of WCL which is 36 km from NAGPUR. Figure 1 indicates fully corroded rock bolt sample collected from Mine 'A' and tested in the laboratory of VNIT, Nagpur. In this the mining activity is carried out by board and pillar method. In this mine, Resin anchored bolt is a principal support system of load bearing capacity 8 t to 10 t. The strata is highly water bearing.

## II. Investigation on Corrosion Effect on Roof Bolt:



**Fig 2. Fresh sample immersed in mine water, RO water and 1% to 5% NaCl solutions**

A resin anchored rock bolt sample was collected from mine No. A and tested in metallurgical department, VNIT, Nagpur. Sample was cut into approximate length of 75 mm, sample is cleaned using acid pickling method and by buffing machine. These samples were deepened in mine water, 1%NaCl, 2%NaCl, 3%NaCl , 4%NaCl, 5%NaCl and RO water solution in proportion of minimum 20 ml of solution required per sq.cm. Corrosion rate is calculated by using weight loss method in mils per year.

The required equation is given below,

$$\text{Corrosion Rate (mpy)} = 534 \times W / (\text{DAT})$$

(1)

where:

W = Weight Loss in mg.

D = Density of metal in g/cm<sup>3</sup>.

A = Area in sq. inch.

T = Time of exposure of the metal sample in hours

To convert corrosion rate between the mils per year and the metric equivalent millimeter per year (mm/y) by using relation given below;

$$1\text{mpy} = 0.0254 \text{ mm/y} = 25.4 \text{ micron/y}$$

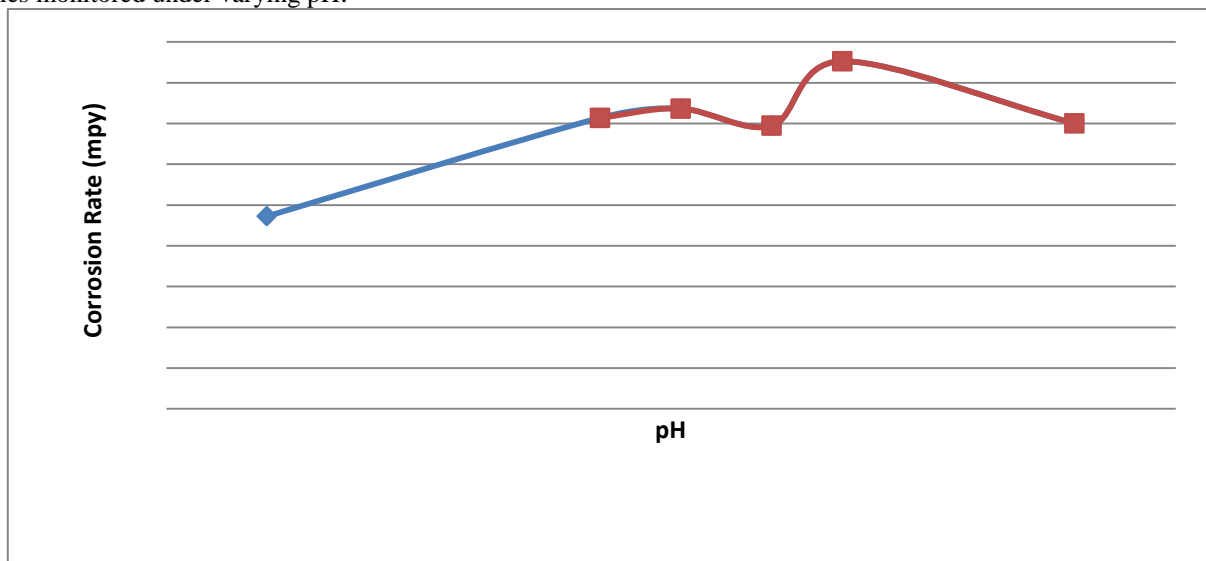
This test was done for 45 days (1080 hours), change in weight data and pH variation are tabulated in Table No.1 shown below.

**Table No 1. Obtained data of samples in 1% to 5% NaCl, RO water & Mine water solutions**

Sample No.	Test solution	Initial weight	Final weight	pH	
		( gm )	( gm )	Before	After
1	1%NaCl	112.0007	111.6318	8.20	7.09
2	2%NaCl	112.5292	112.0908	7.97	7.10
3	3%NaCl	115.8857	115.5239	7.90	7.79
4	4%NaCl	113.6093	113.2169	7.81	7.60
5	5%NaCl	110.1672	109.7950	7.73	7.40
6	Mine water	189.3150	189.0040	7.40	6.25
7	RO water	112.3150	112.2834	8.83	8.70

## III. Result and Conclusion:

Rock bolt samples were tested in laboratory for 45 days and the results are obtained. The results from the testing not only allow the comparison of various atmospheric environments or those affected by groundwater but also provide applicable rates of corrosion. The following chart and table gives the corrosion rate of the rebar samples monitored under varying pH.



**Fig3. The effect of pH on the corrosion rate**

**Table No 2. Weight loss and Corrosion rate of the monitored sample**

Sample no.	Test solution	Duration (Days)	pH (Initial)	Loss in weight (gm)	Corrosion rate		
					mpy	mm/y	μ/y
1	1%NaCl	45	8.20	0.3689	3.50	0.089	89.001
2	2%NaCl	45	7.97	0.4384	4.264	0.108	108.30
3	3%NaCl	45	7.90	0.3528	3.473	0.089	88.21
4	4%NaCl	45	7.81	0.3924	3.683	0.093	93.54
5	5%NaCl	45	7.73	0.3722	3.57	0.090	90.67
6	Mine water	45	7.40	0.3110	2.363	0.060	60.80
7	RO water	45	8.83	0.4329	4.06	0.103	103.12

The purpose of this study is to investigate corrosion rate and relate how the environmental conditions in Indian underground mines impact on the service life of rock support and primarily rock reinforcement. The investigations have resulted in the variation of corrosion rate under varying pH values for different source water. The control the pH value exerts on the corrosivity of a system depends to a large degree on the solubility of the corrosion product (usually the oxide) formed on the metal surface. From the above graph it can be depicted that there is very little variation in corrosion rate under the varying pH condition. This has been achieved by exposing various rock bolt samples in corrosive environment and evaluation of the same to obtain corrosion rates. Variation in test water pH is also monitored for the test period.

#### IV. References

1. ASTM G1-90 1999, 'Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Tests Specimens', ASTM International.
2. Bardel, E 2004, Corrosion and Protection, Springer, London.
3. Bieniawski, ZT 1989, Engineering Rock Mass Classifications, Wiley, New York.
4. Hassell R C,(2008), Corrosion of Rock Reinforcement in Underground Excavations, Doctor of Philosophy thesis Curtin University of Technology
5. Hutchinson, D.J. and Diederichs, M.S. 1996.Cable bolting in underground mines. Vancouver: Bitech
6. Ingale M. 2017, Investigation into corrosion in underground excavation with reference to roof bolt support systems, M.Tech dissertation submitted to VNIT.
7. Jones, DA 1996, Principles and Prevention of Corrosion, Prentice-Hall, Upper Saddle Rive, USA.
8. Kilic A M, 1999. The effects of grout properties to the bolt capacity

9. Li, C & Lindblad, K 1999, 'Corrosivity classification of the underground environment', International Symposium on Rock Support and Reinforcement Practice in Mining, eds. Villaescus, Windsor & Thompson, Balkema, Kalgoorlie, pp. 69-75.

**PETRA ŠUBRTOVÁ, TOMÁŠ LEDERER**

*Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Technical University of Liberec, Bendlova 6, 461 17, Liberec, Czech Republic*

## **USE OF RESPIROMETER METHODS IN ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY**

### **Respirometry in general**

A respirometer is a device used for kinetic respiration measurements, i.e. the mass of at least one of the consumed/produced respiration gases (oxygen, carbon dioxide and methane) over time. Respiration is expressed either as the rate (mass per volume and per time) or as the total mass of the gas per a volumetric or weight unit. The parameter mostly used in environmental biotechnology is BOD (biochemical oxygen demand) i.e. the total mass of consumed oxygen per the oxidation of a known mass of the substrate in a predefined time frame. Respirometry measurements can be performed using various techniques, all of which result in a metabolic rate determination of microorganisms, tissues, plants, vertebrates and invertebrates. In the microbiology of wastewaters, respirometry is used to assess the viability of microorganisms by the measurement of oxygen consumption and equal carbon dioxide production. Respiration-based methods are one of the most sensitive approaches to the testing and evaluation of chemicals. These methods can be applied for pure cultures or natural mixed microbial populations, as well as for testing different addition agents.

### **Micro Oxymax respirometer**

The laboratory of biotechnology in Liberec has at its disposal a Micro-Oxymax respirometer, which is capable of measuring up to six gases. The most common gas detectors used in the laboratory are for measuring oxygen, carbon dioxide and hydrogen. The device has up to 30 slots available for samples, which can be measured simultaneously, and has individual gas detectors for each of the measured gases. The system's sample pump contains a microprocessor, which controls the very accurate volume of the measured gas and communicates with the host computer through a serial port.

The system is closed as a whole and circulation is achieved by the pump. The device also contains a sample dryer for the removal of water vapour in order to achieve precise gas measurements, and stability and durability of the sensors. The gas is circulated through each individual sensor at a constant flow rate and pressure to prevent errors caused by barometric pressure changes. All of the recorded data are saved to a PC during the measurement process. The greatest advantage of this method is that the measurement is recorded continuously until the experiment is stopped.

Micro-Oxymax sensors measure the gas concentration directly in the sample container. Detectors for carbon dioxide and methane are single-beam infrared devices; oxygen sensors are paramagnetic whilst other gas detectors are electro-chemical based. Carbon dioxide sensors have a working range of 0 % - 1.0 % and the range of the oxygen detectors can be set between 19 % and 21 %.

### **What can be measured**

Respirometry can be used e.g. for state determination of microbial inoculum before it is used for further tests. Similarly, the respiration of soil organisms can be tested. This method can also be used for toxicity evaluation of various nanoparticles or other substances. In our laboratory, the most common test is the respirometry of activated sludge, which is an ideal method for the evaluation of chemical and biological additives intended for water treatment systems. Wastewater kinetics, oxygen consumption rates and toxic shock impacts can be determined during the process control.

### **Sample preparation**

In order to test a pure bacterial inoculum, the first step is to grow the bacteria in an agar and then inoculate it with a medium (for example soya) with the required nutrients. In the case of testing activated sludge from water treatment plants, the most important thing is the freshness of the sludge. Ammonium nitrogen is mostly used as the substrate for testing the impact on the most sensitive microorganisms in activated sludge – the nitrifiers. It is crucial to achieve constant homogenization of the samples during the respirometry measurement. The measurement itself can last from 24 hours to several months, with the interval being given by the specifications of the experiment.

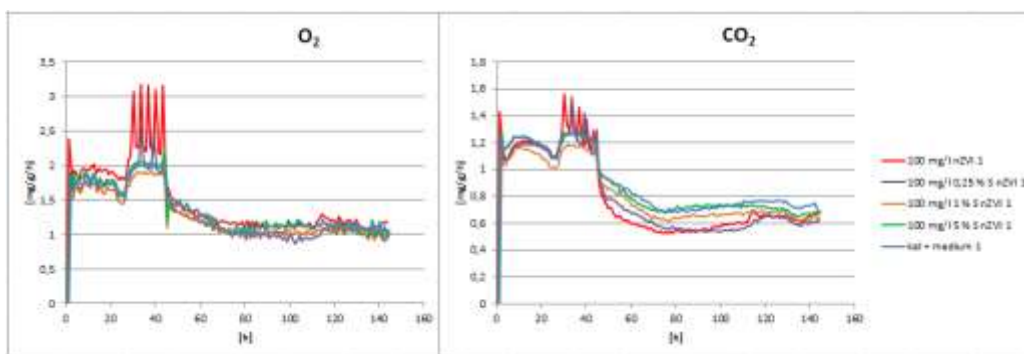
### **Results**

Our Micro-Oxymax respirometer is capable of showing individual positions as well as all of them at once. Graphical displayed recorded data are very important because they allow to see whether the microorganisms are alive or not without the need of any mathematical calculations. If the micro-organisms are no longer

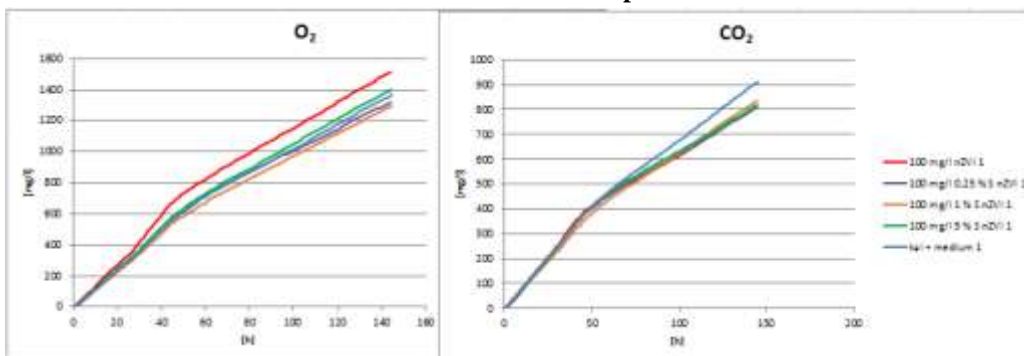


active, the experiment is stopped. The device can show the amounts of consumed oxygen and produced carbon dioxide in real time or as a total sum over time as shown on the plots below.

### Respiration rate plots



### Accumulative amount plots



### Conclusions

Respirometry is one of the most sensitive methods for the testing and evaluation of chemicals (toxicity and biodegradability) in different media (water, soil or sludge). The most important advantages of modern respirometers include multiparametric and multichannel measurements, which allow the measurement of different processes (aerobic, anoxic and anaerobic) and the very high throughput of this method with the possibility to measure different concentrations of both tested microorganisms and tested chemicals.

### References

- VANROLLEGHEM, Peter A. Principles of respirometry in activated sludge wastewater treatment. In: *Proceedings International Workshop on Recent Development in Respirometry for Wastewater Treatment Plant Monitoring and Control*. 2002. p. 22-23.
- SPANJERS, Henri; VANROLLEGHEM, Peter. Respirometry as a tool for rapid characterization of wastewater and activated sludge. *Water Science and Technology*, 1995, 31.2: 105-114.
- DIRCKS, Klaus, et al. Yield determination by respirometry-The possible influence of storage under aerobic conditions in activated sludge. *WATER SA-PRETORIA-*, 1999, 25: 69-74.

**Acknowledgment:** This work was supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic and The European Union - European Structural and Investments Funds in the framework of the Operational Programme Research Development and Education - the Pro-NanoEnvicZ project (Project No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_013/0001821).

**SIBIGA SARA**

*AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY KRAKÓW, POLAND*

## PROBLEMS OF AIRCRAFT AIR SUPPLY SYSTEMS, EC AND LS SYSTEMS

Lately people are using planes for traveling more and more often. How it is possible that people can normally breathe far away from Earth atmosphere on plane and rocket board? How the process of preparing air on spaceships and aircrafts looks like? If air treatment process is not such a difficult one and technology develops so fast why we still feel discomfort traveling by airplane?



People using aircraft companies' services complains on things such as:

- Incorrect maintaining air temperature on board
- Insufficient air humidity
- Incorrect maintaining pressure on board, (feeling of plugged up ears)
- Aerotoxic syndrome

The last listed is a taboo subject especially for aircraft workers. It raises in relation to exhalation of harmful substances when engine fuel vapors migrate into air that holds pressure inside the cabin of the plane. When does it rise?

- usage of old seals
- too much fuel put in tank

The fuel contains the fatty acid esters of phosphorous compounds responsible for lubrication of jet engines, and this compounds can affect the nervous system in a very harmful way.

It happens that the fumes can be sensed in a very determined way - inside the cabin there is visible smoke or mist but usually only a bad smell occurs. Smell is similar to unwashed feet, old shoes, vomit or wet dog.

The effects are transitory or chronic and may occur immediately or even a few days after the trip. The most common symptoms include fatigue, blurred vision, loss of balance, convulsions, memory problems, headaches, tinnitus and breathing disorders.

In the United States even one plane per week must get back to the airport or change route due to serious exhalation of poisonous fumes. Pilots inadvertently affected by so-called „aerotoxic syndrome” may be the key to the mystery of unsolved air disasters.

#### **Environmental Control System (ECS)**

Environmental Control System (ECS) provides air supply for aircraft, allows control of temperature and pressure in the cabin for crew and passengers. It includes also smoke detection and fire suppression.

Air pumped into the cabin comes from compression engines. Contrary to what many people think this air is not cold, it may have a temperature over 100 degrees Celsius and more than two atmosphere of pressure. The trick is so not heating of air but on its chilling and lowering its pressure. Famous Air-Conditioning packs are used for it. They are simple enough but fascinating thermodynamic machines. The air is cooled by heat exchangers (exchange with outside air) and set compressor / turbine. To this must be added that the air is often dried, which is not pleasant at long flights (humidification systems are being installed currently).

Cabin pressure is a separate matter. As all time we pump fresh air at the same time something has to be done with old, used air. Old air is let out in rate adequate for maintaining pressure inside the cabin. It is done by special, controlled valves in the hull.

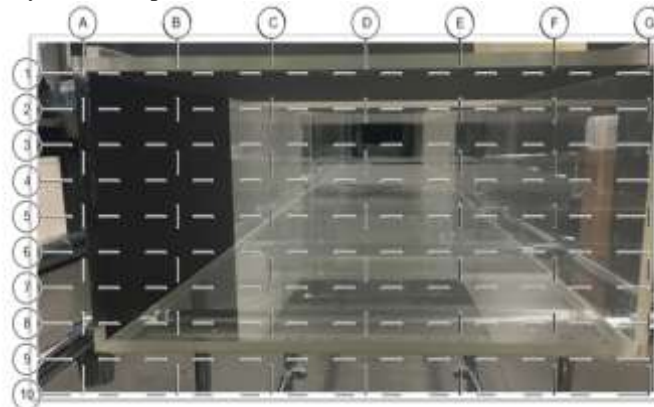
An important issue is the proper maintenance of the cabin pressure. The value of the pressure is a function of height. System must control value of the pressure during ascending and descanting. It is essential that the pressure inside the cabin should be higher than atmospheric pressure outside the plane.

Not maintaining these parameters, incorrect distribution of air lead to the decrease in pressure inside the cabin (so-called decompression). It is very dangerous for passengers. It may lead to several health disorders and consequently even to death. The aerodynamic phenomena affect not only performance, fuel consumption, but also efficiency of motion stability and engine cooling system. To see how this looks we made a model of aerodynamic tunnel.

#### **Aerodynamic tunel research**

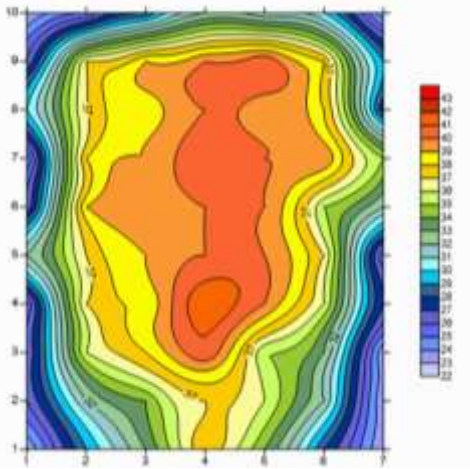
Aerodynamic phenomena affect not only the resistance to movement, stativity but also the efficiency of the cooling system in the aircraft.

First we construct research stand: tunnel is 3 meters long and made from transparent plastic with rectangular cross-section of dimension 20x40 centimeters. Fan with efficiency 3500m<sup>3</sup>/h and adjustable rotational speed was used as a mechanical element forcing air movement. In addition, the aircraft model was made. In first step we create a dynamic pressure profile. Measuring grid was made on canal and the dynamic pressure value at specific points was determined by means of pressure tubes. Measurements were made for 3 rotational speeds.

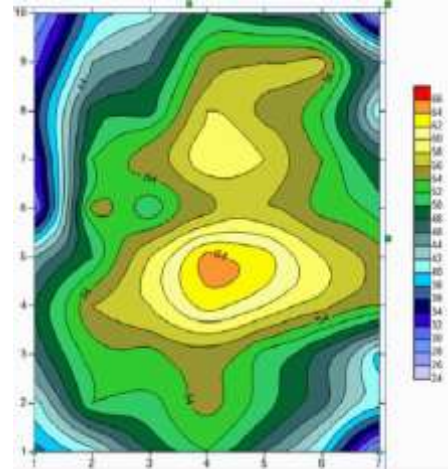


*Picture 1 Measuring grid on tunnel cross-section*

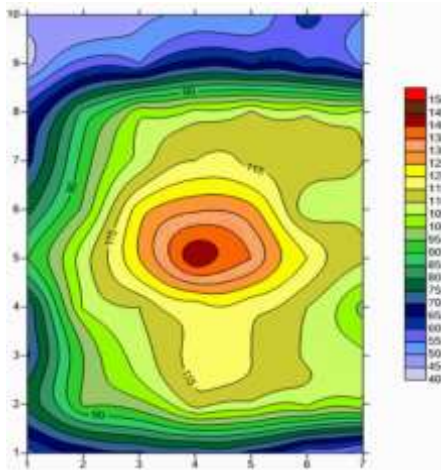
The results obtained were entered into the SURFER program. The graphs below show pressure changes. It can be stated that as we move away from the walls, the pressure increases. The highest values recorded in the middle part of the channel. As you can see, the biggest different at the measuring points were obtained for the highest fan speeds. Values vary from 40-150 Pa, with a minimum of 22-44 Pa.



Picture 2 High fan speed

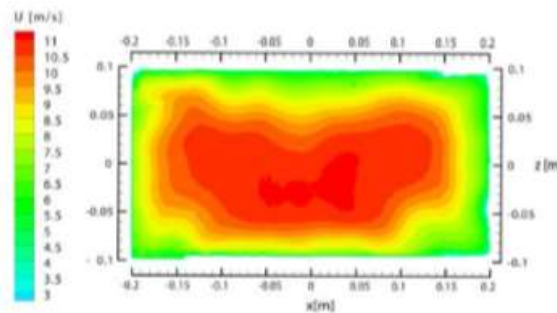


Picture 3 Average fan speed



Picture 4 Low fan speed

Next by PIV method (Particle Image Velocimetry) the velocity profile in the channel was determined. This method is based on the measurement of the velocity of air particles surrounding the element. For better visualization, a smoke marker was used. A straightening machine was used at the outlet of the channel. The results presented show the results for the average speed. During the measurement, we noticed that the stream is heterogeneous. The stream was straightened with a straightener placed at the end of the canal. The diagrams show the results of the PIV method. It is much more accurate than manual measurements.



Picture 5 PIV profile for average fan speed

Life Support Systems (LSS) activities develop the capabilities to sustain humans who are working in space - away from Earth's protective atmosphere and resources like water, air, and food. This includes monitoring atmos-

pheric pressure, oxygen levels, waste management, and water supply, as well as fire detection and suppression, also prevent the accumulation of gases such as ammonia and acetone, which humans emit in small amounts. Steam chemicals from scientific experiments are a potential hazard if they combine in unpredictable ways with other elements in the air. Revitalization of air includes the production and recovery of oxygen, removal of carbon dioxide and control of trace impurities and particulate matter.

**SOPHIA THÜM**

*Untersuchungen zur Aufbereitung von Metall-Faser-Kunststoff- Sandwichverbindungen.*

## **INVESTIGATIONS FOR THE PREPARATION OF METAL-FIBER-PLASTIC SANDWICHES**

**Abstract** Metal-plastic sandwiches are used as a light material in lightweight construction such as automotive manufacturing. To get a composite material with better strength and a small weight, the plastic is reinforced by fibres such as carbon or glass fibres. On a recycling point of view, the materials have to be separated before they can be reintroduced in a circular economy. The valuable materials of the sandwiches examined in this case are the fibres and the metal, that should be recovered in a certain quality. For this, it is looked at two ways of separation and recovering, the classical mechanical and an alternative thermal way. The quality of the products is compared and shows low rates of separation and worse product qualities for the mechanical way than for the thermal way. The classical mechanical way of separation and recovering should be avoided for the examined metal-fibre-sandwiches and the thermal way should be preferred.

### **1. Introduction**

Because of its light weight, metal-plastic sandwiches are used especially in the automotive lightweight construction. Two fine metal layers enclose a plastic layer like a sandwich.

ThyssenKrupp now developed a sandwich where the plastic layer is reinforced by fibres to get a stronger material with low weight. The metal layer consists of steel or magnesium, the fibres are of carbon.

As our resources are limited and the production on carbon fibres needs much energy and is expensive, it is preferable to reintroduce technical materials in a cycle. The question with composite materials is their separation from the composite.

A certain quality should be reached and determined, in order to facilitate the reuse of the separated materials [1], which are carbon fibres or carbon fibre reinforced plastics and the metal. To determine the quality, ratios are used.

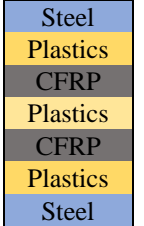
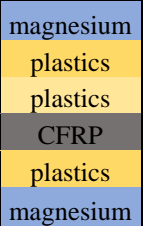
The classical way of recovering by mechanical comminution is here compared to an alternative thermal way by pyrolysis in ratios. Only drop in production are employed.

### **2. Baselines**

The carbon fibre reinforced plastics (CFRP) used are plates of laid or woven fibres that are enveloped with plastic matrix in order to stay in their form and to give the possibility to be combined with other materials via plastic bonding agents. The fibres have high strength in the direction of their length [2] and can be woven.

A steel-CFRP and a magnesium-CFRP are examined. See their structure in Table 1.

*Table 1: Structure of steel-CFRP and magnesium-CFRP sandwiches*

	<b>Steel-CFRP</b>	<b>Magnesium-CFRP</b>
Structure		
Thickness sandwich	2 mm	2,8 mm
Thickness metal layer	2x 0,25 mm	2x 1 mm
CFRP layers	2x 3	3

Two processes are used for the preparation of de sandwich materials. Firstly, comminution as a mechanical preparation and secondly pyrolysis as a process of thermal preparation.

Mechanical comminution is used to separate composite materials by mechanical forces. It is commonly used in Germany in large scales to crush old vehicles in a shredder in order to separate their components afterwards.

Pyrolysis is a process of combustion without oxygen. Under nitrogen atmosphere the plastic parts of the sandwich turn into gaseous state, whereas metal and fibres are not touched and can be separated. The process of Pyrolysis operates colder than the melting temperature of the metal and the exclusion of oxygen avoids the thermal deconstruction by oxidation of the carbon fibres which otherwise takes place at pyrolysis temperature. [3]

### 3.1. Mechanical comminution

With a speed of the rotor circumference of 50 m/s the sandwich is crushed. Comminution products after 10 s in the mill are shown in Figure 1.



Figure 1: Comminution products: magnesium-CFRP (left) and steel-CFRP

The ratio of disintegration  $A$  is defined as the quotient of the mass of the material that is separated from the composite and the mass of this material in the composite. Here the focus is on CFRP.

$$A = \frac{m_{\text{separatedCFRP}}}{m_{\text{existing CFRP}}}$$

As in Figure 2 shown, the ratios of disintegration rise with the increasing time the sandwich takes in the mill. The steel-CFRP sandwich shows higher disintegration ratio and so there CFRP is more easily to separate than from the magnesium-CFRP sandwich.

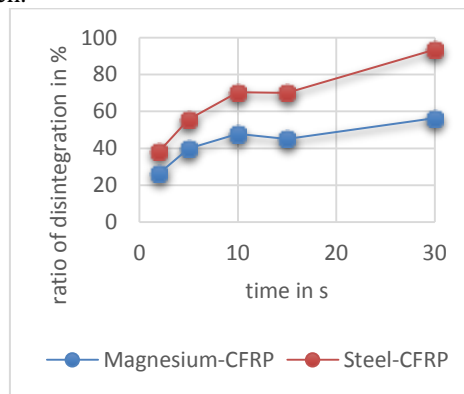


Figure 2: Ratio of disintegration developing over the time in the mill

The longer the particles stay in the mill, the smaller the median particle size gets. The specific work needed for comminution rises with a dropping median particle size, as shown in Figure 3. For small median size under 17 mm, specific work of 70 kWh/t (magnesium-CFRP) or rather 58 kWh/t (steel-CFRP) is needed.

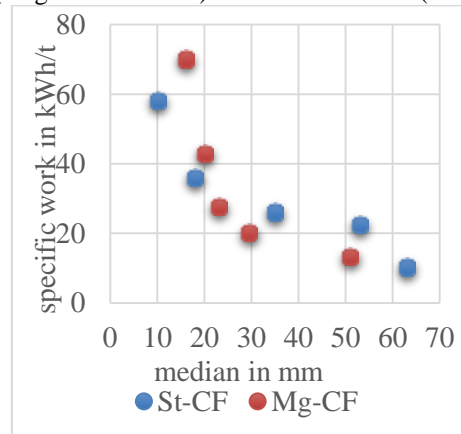


Figure 3: Specific work

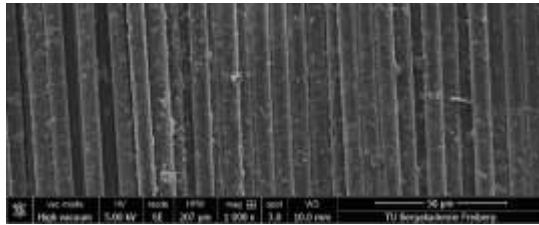
Sorting the components after separation is the limiting factor for this process. Dust is produced during the comminution, that had to be removed from the working space.

The reached quantity is high with the mechanical method due to the short time of few seconds the material stays in the mill. The quality of the CFRP product is low because fibres and plastics are still affiliated and the fibres lost their length. The quality of the metal product is also low because of a high ratio of remaining carbon fibres in this product that cannot be removed.

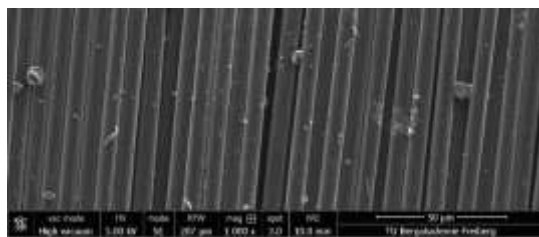
### 3.2. Thermal separation

Sandwiches are incinerated in a pyrolysis oven at nitrogen atmosphere during 30 and 60 minutes at 550°C. The remaining layers of metal and fibres can be separated manually. Products are fibres and sheet metal.

A scanning electron microscope (SEM) analysis (Figure 4) shows that the fibres get cleaner in 60 min than in 30 min.



a)



b)

*Figure 4: REM of the fibres after 30 (a) and 60 (b) minutes of pyrolysis*

The separation is not 100 %, because of remaining fibres on the metal (Figure 5)



*Figure 5: Remaining fibres*

Fibres have good quality, the same length as before pyrolysis and are no longer affiliated with the plastic matrix, which has been used as fuel for the process. The metal layers show small rests of fibres.

### 4. Conclusion

The mechanical way is feasible in shredder infrastructure disregarding the form, but the separation is incomplete and the quality of the metal and the CFRP product is low. All products of the process contain fibres, influence on following recovering processes and human health should be defined.

The thermal way shows as his advantage much higher qualities of the separated products (metal and fibres). For the preparation of structures at end-of-life it should be examined from which sizes and forms the gas can escape and also whether there is a technical instead of a manual solution for the separation of the layers. The mechanical way of separation should be avoided for the examined sandwiches because of low product qualities and the thermal way should be preferred.

### Sources

[1] *Chancen und Herausforderungen im ressourceneffizienten Leichtbau für die Elektromobilität: FOREL-Studie* (Eds: M. Gude, H. Lieberwirth, G. Meschut, et al.), Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Technische Universität Dresden, Dresden **2015**.

[2] G. W. Ehrenstein, *Polymer-Werkstoffe: Struktur; Eigenschaften; Anwendung*, 3rd ed., Carl Hanser Fachbuchverlag, s.l. **2011**.

[3] L. O. Meyer, *Untersuchungen zur Pyrolyse: Eine Methode zur Rückgewinnung von Kohlenstofffasern aus CFK-Fertigungsabfällen*, Technisch-wissenschaftliche Schriftenreihe / TUHH Polymer Composites, Vol. 14, TuTech Verl., Hamburg **2011**



## DEVELOPMENT AND INSTALLATION OF AN UNDERGROUND MEASUREMENT TECHNIQUE AT THE PILOT MINE “AUGUSTE VICTORIA” FOR A MID- TO LONG-TERM MONITORING OF THE MINE WATER LEVEL RISE

### Abstract

Monitoring mine water level rise in a coal mine after its closing is an important issue. Therefore, a measurement technique must be established in the mine to provide direct and continuous recordings of different measured parameters. The development and installation of such an underground measurement data logging system for short- and long-term observation of the mine water level rise at the mine “Auguste Victoria” (Germany, Marl) allows to gain in situ measurement data. This information leads to a better understanding of the mine water level rising process.

### Introduction

After the activity of German hard coal mining, the mine water level will rise. For a better understanding of the rising process, the established concept had to include the determination of suitable locations for the installation of the measurement system and the specification of suitable water and air parameters. Therefore, a sturdy and fail-safe system must be adjusted to the underground conditions, pass a testing period in a laboratory, and at surface conditions before it was installed in the underground mine “Auguste Victoria”. With the help of this measurement logging system, data of the mine water level rise can be attained in its spatial and temporal progression. By doing so, the target state can be permanently compared to the actual one. The evaluation of the obtained data can give evidence of the successive rebound of mine water in existing mine facilities after mine closure and supplemented existing monitoring systems (RAG 2014).

### Best practice

#### *System require*

The monitoring parameters were selected regarding both the recording of the mine water level and the chemical analysis of the mine water. Likewise, there was the plan to measure the methane concentration and the air pressure response in the underground workings during the mine water rise. Where the recording of the mine water level in abandoned mine workings is concerned, measuring the water pressure plays a crucial part. The pressure of the in-situ water column corresponds with the mine water level. Therefore, the exact mounting heights of the pressure transducers have to be documented. Furthermore, the individual pressure transducers ensure that the hydraulic potential of the mine working is recorded directly and it allows to determine the flow direction of the mine water. Moreover, the flow speed of the mine water was to be measured. Regarding the recording of the chemical composition, it was required to record the mine water temperature as well as the specific electrical conductivity (Melchers & Dogan 2016).

To develop a suitable monitoring system, product information was evaluated and possible solutions were discussed with renowned mining companies and companies of the chemical and deep sea business. Specific technical concepts had to be developed in order to measure the parameters mentioned above. One key requirement on the monitoring system to be developed was its longevity – the system had to last as long as possible. This requirement was fulfilled by constructing an electrical component design of a most simple structure using as few components as possible. In addition, direct connections were chosen where possible between the actual probe and the evaluation system. This resulted in the parallel connection concept selected, i.e., every single probe is connected by a separate conductor. If one probe fails or the pertinent transmission cable to the surface is damaged, then only one measuring probe stops working. Power to all underground system components is supplied from the surface.

Other requirements on the system components were due to the extreme environmental conditions underground. Only such components were chosen for installation at the colliery “Auguste Victoria” which – as they would be located under water later – withstand a water pressure of 100bar. Those components include the water sensors, the enclosure of the water probe including its gaskets and the connecting cables and their bushings. They were selected because they are robust and resistant to mine water and mechanical strain. The power supply and the communication have to overcome a distance of several kilometres. To ensure that the sensors intended for air pressure and methane concentration would be of a long life, they were chosen for use in an environment of high humidity. Moreover, all sensors have to work maintenance-free and all components that are either installed underground or have an interface to underground installations must be of intrinsically safe design and explosion prevented typification checked in an individual detailed expertise by a third party.

#### *Selection and test of system components*

The market research undertaken showed that the system components available on the market did not fully meet those requirements. As this system has to be installed at short notice as part of this project, components had to be selected and modified that were principally suitable. Here, the particular challenge was that the measuring components had to be supplied with low electrical power over a very long cable distance. This low electrical energy is one of the requirements of the explosion protection standard. As only few experiential tests were available for the mine water use of the water probe, and there is no opportunity of a fault analysis with subsequent improvements in case the probe fails later, several tests were conducted. These tests tested the probe approximating real conditions in mine water at the surface and underground. The system that was finally implemented benefited from the experience and reflections made through these tests.

#### *Determination of suitable locations for the measurement system*

The rough selection of the locations for recording the mine water level and its rise were done based on the rise concept devised by RAG for the colliery “Auguste Victoria”. Mutual mine visits of all measuring locations helped to determine the exact measuring points. Such measuring points were intended for all main waterways as well as the influent and effluent points in the pit. These points include in particular the overflow from the coal field “Haltern” –first measure point 1106.1m below sea level–, the influx from the colliery “Brassert” –second measuring point 991.4m below sea level – the influent and effluent points of the colliery “Lippe” –third measuring point 1111.6m below sea level –, and the main waterway–4th measuring point 1113.1m below sea level –. The selected locations allow a direct recording of the most important mine waterways and thus essentially of the major waterway. On the other hand, the locations selected also ensure an area measurement of the worked field at the colliery “Auguste Victoria”.

The location of the measuring components for recording the air pressure and the methane content is intended at below sea level in the shaft 3/7 at the “Auguste Victoria” location at a depth of 841.6m. By doing so it can be ensured that this measuring point will be flooded at a very late point in time and that the measurement can be carried out for a very long period.

#### **Conclusions**

The monitoring system was successfully installed at the colliery “Auguste Victoria” summer 2017 and first measuring values are available. The rise of the mine water at the mine “Auguste Victoria” will take several years. According to statutory approval the rise has to be realised stepwise. After this, the in-situ measurement technique will provide direct and continuous recordings of the parameters. With its help the obtained data will give evidence of the successive rebound of mine water in existing mine facilities after mine closure. In the following figure (1) you see one of the water measuring probes inside the frame.



**Figure 1** water measuring probe with frame in the mine “Auguste Victoria” (Germany, Marl)

#### **References**

Melchers C, Dogan T (2016) Study on Mine Water flooding that occurred in Hard-Coal Mining Areas in Germany and Europe. In Kretschmann J, Melchers C (Eds) Done for good. Challenges of Post-Mining. Anthology by the Research Institute of Post-Mining, Bochum: 147–152

RAG (2014) Konzept zur langfristigen Optimierung der Grubenwasserhaltung der RAG Aktiengesellschaft für Nordrhein-Westfalen. 29 pp



## MICROBIAL SPECIFIC DEGRADERS PROFILING IN FUNCTION URBAN AREAS CONTAMINATED BY DIFFERENT TOXIC POLLUTANTS

### Abstract

The most common contaminants in the world include e.g. crude oil, chlorinated ethenes (CE), hydrocarbons (BTEX), hexachlorocyclohexane (HCH) and other organic compounds. Here we describe a profile of specific microbial degraders in five various Function Urban Areas (FUA) contaminated by different toxic pollutants.

Groundwater samples were taken at each site from representative well. All DNA samples were analysed using real-time PCR (qPCR). Total bacterial biomass was quantified using 16S rDNA gene. Specific microbial degraders were monitored in relation to crude oil contamination, both anaerobic and aerobic CE biodegradation, nitrification and denitrification as well as HCH and BTEX biodegradation.

Profiles of microbial degraders present at each locality were related to environmental conditions such as groundwater level, type of contaminant, type of isolated material, or chemical and physical parameters. The differences between bacterial abundance within monitored localities were significant.

### Introduction

Groundwater is relied on as the major source of drinking water and as a source for agricultural activities. Unfortunately historical industrial activities influenced groundwater quality in many industrialized countries (Cheremisinoff 2017). Groundwater contamination became a worldwide issue which also interfere to Function Urban Areas (FUA).

Industrial development and urbanization process followed by use of crude oil has consequently caused numerous oil spill accidents and contaminated sites (Wang et al. 2016). Crude oil contamination is characterized by a mixture of various hydrocarbons that include alkanes and aromatic compounds (Cheremisinoff 2017). Another contamination, hexachlorocyclohexane (HCH), was extensively used for the control of insect pests on agriculturally important crops and in forestry (Suar et al. 2004). Industrial applications are a reason for one of the most environmentally persistent pollutants, chlorinated ethenes (CEs), due to their strong carbon-chlorine bonds (Dolinová et al. 2016). CEs natural degradation is commonly observed in aquifers. Unfortunately possible by-products of this process (e.g. vinyl chloride) can accumulate in the aquifers and can be even more toxic (Dolinová et al. 2017).

### Function Urban Areas

Jaworzno is one of the largest cities in Poland. Centuries of industrial activities such as coal and dolomite mining, cement and chemical industry resulted in wide toxic substances contamination (pesticides, HCH).

Novy Bydzov is a smaller town in the Czech Republic. The improper handling of hazardous compounds (CEs, mineral oils) caused uncontrolled contamination of the aquifer in the past.

Ljubljana is the capital of Slovenia. In the hinterland of the area, there are contaminated plumes from past unappropriated use of pesticides and nitrates in agriculture and from municipal landfill of non-dangerous waste.

Stuttgart is a centre of densely populated area in Germany. Its soil and groundwater contamination of CE compounds and crude oil in the shallow aquifer is generated by industries over decades and followed by diffuse afflict.

Parma is a flat municipal area in Italy. Groundwater pollution (BTEX, CEs) was caused by a reclamation procedure of a gas station in 2002. The contamination is mainly situated between 9 and 12 m depth.

### Materials and methods

Groundwater samples were taken from each site from chosen representative wells. All samples were filtrated through a 0.22 µm membrane filters (Merck, Millipore, Germany). DNA from each filter was extracted using FastDNA Spin Kit for Soil (MP Biomedicals, CA, USA) according to manufacture's protocol. Extracted DNA was quantified using 2.0 fluorometer (Life Technologies, MA, USA).

Quantitative polymerase chain reactions (qPCR) were performed to characterise microbial specific degraders on each locality according to the relevant contamination. Total bacterial biomass was quantified using 16S rDNA gene in all samples (U16SRT marker). Contamination of crude-oil was tested by *AlkB* marker. Markers of anaerobic organohalide respiration included *Desulfotobacterium* sp., *Dehalobacter* sp. and vinyl chloride (VC) reductase *vcrA*. The aerobic pathway of VC degradation was tested by *etnE* marker. Nitrifying bacteria were determined by *amoA* and *norB* marker, denitrifying bacteria by *nirK*, sulfate reducing bacteria by *dsrA* and HCH degraders by *linA* marker, or BTEX contamination the *bssA* marker was used.

### Results

Results of each locality are summarised in Fig. 1 where Cq value represent quantity of specific bacteria in the indirect proportion, when less means better.

Profiling of HCH degraders in Jaworzno site showed quite good presence of HCH biodegraders as well as *Desulfitobacterium* sp., sulfate reducing and denitrifying bacteria. Almost no VC reducing bacteria were found.

In Novy Bydzov site we detected dechlorination activity of PCE, TCE and *cis*DCE, but not VC. The VC reductases were observed in a very low abundance level which could be caused by lower DNA concentration in some wells.

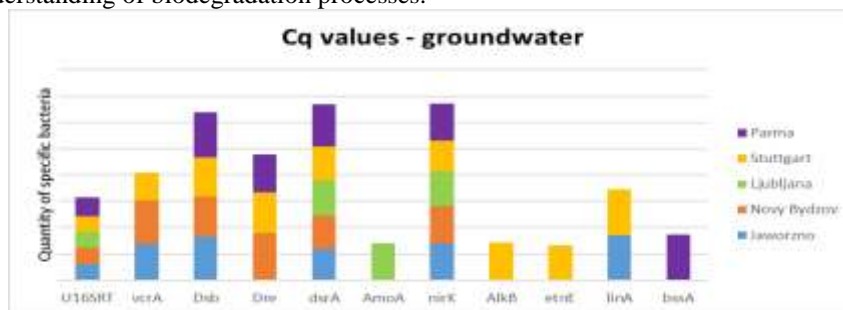
Satisfactory nitrifying, denitrifying and sulfate reducing bacterial communities were confirmed in Ljubljana locality where the contamination of organic compounds is the main problem (AMIIGA 2016).

At Stuttgart site, CEs degradation was detected by *Dehalobacter* sp. and by aerobic VC reductase. Very high specific bacterial abundance was confirmed in denitrification process. Only few sulfate reducing and crude oil reducing bacteria were found.

Monitoring of Parma site showed very poor specific bacterial abundance influenced by low DNA concentration which was caused by a very low groundwater level. Dechlorination activity was found only until VC degradation and BTEX contamination was also observed.

#### Conclusion

qPCR analysis of universal marker (16S rDNA) showed that in almost all localities a total bacterial biomass was sufficiently detected regardless the type of contaminant. Specific markers included denitrifying and sulfate reducing bacteria and were detected in all localities although the contamination type and redox conditions varied. These conditions are necessary for appropriate biodegradation of CEs. HCH, BTEX and CEs contaminated sites showed different levels of special biodegraders depending on the groundwater level or presence of different contaminant. To conclude, we were able to determine abundance of specific markers at each contaminated site, which can help for better understanding of biodegradation processes.



**Figure 6** – Cq values of specific bacteria abundance in represent groundwater in all sites

#### Acknowledgements

This research was supported by the Research Infrastructure NanoEnviCz (No LM2015073) supported by MŠMT ČR and by the INTERREG Central Europe funded project “Integrated Approach to Management of Groundwater quality in Functional Urban Areas – AMIIGA” No CE32. We also gratefully acknowledge support provided through the OPR&DI Centre for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Project CZ.1.05/2.1.00/01.0005.

#### References

1. DOLINOVÁ, Iva, Marie CZINNEROVÁ, Lukáš DVOŘÁK, Vojtěch STEJSKAL, Alena ŠEVCŮ and Miroslav ČERNÍK, 2016. Dynamics of organohalide-respiring bacteria and their genes following in-situ chemical oxidation of chlorinated ethenes and biostimulation. *Chemosphere* [online]. **157**, 276–285. ISSN 00456535. Available from: doi:10.1016/j.chemosphere.2016.05.030.
2. DOLINOVÁ, Iva, Martina ŠTROJSOVÁ, Miroslav ČERNÍK, Jan NĚMEČEK, Jiřina MACHÁČKOVÁ and Alena ŠEVCŮ, 2017. Microbial degradation of chloroethenes: a review. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. **24**(15), 13262–13283. ISSN 0944-1344, 1614-7499. Available from: doi:10.1007/s11356-017-8867-y.
3. CHEREMISINOFF, Nicholas P, 2017. *Groundwater remediation: a practical guide for environmental engineers and scientists* [online] [2017-09-04]. ISBN 978-1-119-40773-7. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1538696>.
4. AMIIGA, 2016. AMIIGA. AMIIGA [online]. Available from: <http://www.interreg-central.eu/Content.Node/AMIIGA.html>.
5. SUAR, M., J. R. VAN DER MEER, K. LAWLOR, C. HOLLIGER a R. LAL, 2004. Dynamics of Multiple lin Gene Expression in *Sphingomonas paucimobilis* B90A in Response to Different Hexachlorocyclohexane Isomers. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. **70**(11), 6650–6656. ISSN 0099-2240. Available from: doi:10.1128/AEM.70.11.6650-6656.2004.
6. WANG, Xinzi, Xiaohui ZHAO, Hanbing LI, Jianli JIA, Yueqiao LIU, Odafe EJENAVI, Aizhong DING, Yujiao SUN and Dayi ZHANG, 2016. Separating and characterizing functional alkane degraders from crude-oil-contaminated sites via magnetic nanoparticle-mediated isolation. *Research in Microbiology* [online]. **167**(9–10), 731–744. ISSN 09232508. Available from: doi:10.1016/j.resmic.2016.07.004.

## **SCIENTIFIC BASICS OF MINE WATER REBOUND**

### **Introduction**

Germany looks back at a long tradition of mining. Currently, approx. 180 Mt/a of lignite are being extracted in open-pit mines, and more than 500 Mt/a of minerals are being mined, too (VRB, 2016). Coal, salt and ores have been mined for centuries at different depths in underground mining. In December 2018, when the last two collieries will close in North-Rhine Westphalia, the hundreds of years of hard coal mining in Germany will be history. The end of the active exploitation of hard coal, however, does not mean the end of the mining operator's responsibilities. In the future, the operator will be responsible for a sustainable and environmentally acceptable mine water management. In Germany, the expressions 'perpetual burdens' or 'perpetual tasks' are two terms that express the scale of this responsibility. Those include the long-term retention of the mine water table at an environmentally acceptable level, poldering measures to regulate the ground water table close to the surface as well as the decontamination of ground water at formerly contaminated colliery sites (e.g. caused by former coking plants). For many years now, concepts have been developed by the mining companies to solve those issues and to continuously enhance those solutions (RAG, 2014).

### **Mine water rebound in underground mines**

Once the exploitation of resources is abandoned and the closure of the mine is completed, the removal of the mine water can be reduced or even finished, provided the (hydro-)geological, mining and ecological circumstances allow for that. The water which continues to flow into the open underground mine workings, but is no longer pumped, results in the mine water table to rise therein and in the overlying rock. The spatio-temporal process of the mine water rebound depends on the geological and hydrogeological properties of the deposit and its overlying rock, the changes of both caused by the mining activities, and finally the geometry of the mine workings.

### **Factors influencing and controlling the process of mine water rebound**

If mine water rises in underground mines, it is most important to know the presumable duration of the rebound process. To put simply, the expected flooding time  $t_{\text{duration}}$  (in years) is calculated from the quotient of the floodable cavity volume  $V_{\text{cavity}}$  (in  $\text{m}^3$ ) and the rebound rate  $\dot{V}_{\text{rebound}}$  (in  $\text{m}^3/\text{a}$ ) (Eq. 1):

$$t_{\text{rise}}(\text{a}) = \frac{V_{\text{cavity}}(\text{m}^3)}{\dot{V}_{\text{rebound}}(\frac{\text{m}^3}{\text{a}})} \quad (\text{Eq. 1})$$

In a most simple scenario, there is a constant rebound in a homogeneous bedrock or substrata, i.e. evenly distributed floodable cavity volumes; this is expressed in a steady rise speed resulting in a steady rise process. As the mine water rebounds recorded so far show, most curves deviate from a steady rise process. The spatio-temporal course is mostly influenced by the factors listed in Table 1.

Table 1: Mine water rebound influencing factors.

SECTOR 1		GEOLOGICAL CONDITIONS				
<b>Cap rock</b>						
Features	Lithology	Tectonics	Aquifer	Floodable Volume	Ground Water recharge	Environment
<b>Boundary conditions</b>	Variety of layer sequence	Hydraulic activity		Tectonic elements	Precipitation dependency	Hydraulic head
				Ground water horizons		
<b>Deposit</b>						
<b>Boundary conditions</b>	Type of resource	Tectonic stress	Floodable volume	Water inflows		
				Inflow of juvenile water		
				Seepage		
				Hydraulic balance		
SECTOR 2		Mine				
Features	Mining depth	Underground workings	Rock mechanics	Hydraulic routing	Infiltration rate	Mass of water body
<b>Boundary conditions</b>	Mining method	Residual volume mining horizons and workings	Rock pressure	Hydraulic effectiveness	Goaf	Deformation of floor / layers
	Excavation ratio	Floodable volume	Rock strength		Rock mass	
		Damming	Pressure ratios			
		Water joinings				
		Water inflows and their locations				
	Hydrochemistry					
SECTOR 3		Rock and ground movements				
Features	Stratigraphy	Mining depth	Uplift			
<b>Boundary conditions</b>	Lithology					
	Rock strength		Excavation ratio			
			Aquifer			
			Increase in floodable volume			

To assess the impact of the different factors which influence the process considerable specialist knowledge is needed. For the analysis of mine water rebounds these different factors has to be taken into account.

The parameters mentioned are in parts significantly dependent on the depth. It is one aim of the current research project that we are undertaking to assess the factors list regarding both their quality and their quantity. The evaluation of as many mine water rebound processes as possible will contribute to better understanding future projects and forecasting them more accurately.

#### Potential flood-related impact on the environment

Any rise in mine water levels can encompass risks for people, the environment and the infrastructure; in particular, this can be the case if such mine water rebounds happen both uncontrolled because there are no regulating mechanisms and unnoticed as there are no measuring points in place. Potential environmental impacts are described in WESTERMANN et al. (2017).

This potential impact can be sorted in three categories:

#### Hydrodynamic / hydraulic

- Impact on hydraulic pressure relations in the top aquifer.
- Wet zones in former subsidence areas.
- Increased gas emissions at the ground surface.

#### Hydrochemical

- General changes of the hydrochemical composition of the discharged mine water in where mine water rebounds exist
- High mobility of metals caused by acid pH-value (WOLKERSDORFER, 2008)
- Formation of a long-term stable density stratification (HENKEL & MELCHERS, 2017).

#### Geomechanical

- Ground heavings caused by rise in mine water table (BAGLIKOW, 2010)
- Subsidence in areas of abandoned mines
- Flood-induced seismics (KNOLL, 2016).

Any rise in the mine water table is marked by a number of interdependent factors of most different processes. In order to envisage and eventually master their potential impact on the environment, enhanced understanding of the processes occurring is needed. The current research project at the Research Institute of Post-Mining will provide a significant contribution to enable such a deepened understanding of those processes.

## References

BAGLIKOW, V. (2010): Schadensrelevante Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs im Erkelenzer Steinkohlenrevier. – Schriftenreihe des Instituts für Markscheidewesen, Bergschadenkunde und Geophysik im Bergbau an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, **1**: 121 p.; Aachen.

HENKEL, L. & MELCHERS, C. (2017): Hydrochemical and isotope-geochemical evaluation of density stratification in mine water bodies of the Ruhr coalfield. – Wolkersdorfer, C., Sartz, L. & Sillanpää, A. (eds.): Mine Water and Circular Economy. Proceedings of IMWA 2017, 430–436, 2 fig.; Lappeenranta, Finland.

KNOLL, P. (2016): Induzierte seismische Ereignisse beim Anstieg des Grubenwassers in stillgelegten Bergwerken – Geomechanische Charakteristika. – Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e.V., **24**: 16 p, 10 fig.

RAG (2014) Konzept zur langfristigen Optimierung der Grubenwasserhaltung der RAG Aktiengesellschaft für Nordrhein-Westfalen. 29 pp.

VRB (Vereinigung Rohstoffe und Bergbau e.V.) (2016) Rohstoffland Deutschland. Sichere Rohstoffversorgung für Deutschland und die Rolle des heimischen Bergbaus. Berlin, 24 pp.

WESTERMANN, S., REKER, B., DOGAN, T., GOERKE-MALLET, P., WOLKERSDORFER, C. & MELCHERS, C. (2017): Evaluation of mine water rebound processes in European coal mine districts to enhance the understanding of hydraulic, hydrothermal and geomechanical processes – Wolkersdorfer, C., Sartz, L. & Sillanpää, A. (eds.): Mine Water and Circular Economy. Proceedings der IMWA 2017, 147 – 153, 2 fig.; Lappeenranta, Finland.

WOLKERSDORFER, C. (2008): Water management at abandoned flooded underground mines. Fundamentals – Tracer Tests – Modelling – Water Treatment. – 465 p.; Heidelberg, Berlin (Springer Verlag).

**STEFANIE WALTER, M.ENG./M.A./B.A.**

*Технический университет Фрайбергской горной академии (институт горного дела и специального гражданского строительства)*

## **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННО - ПОЛИТИЧЕСКОЙ АНТИПАТИИ В ОТНОШЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И СЫРЬЕВОГО СЕКТОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕР ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПУТЕМ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ КОММУНИКАЦИИ**

Проекты в энергетическом и сырьевом секторе подразумевают под собой неизбежные изменения в природе и окружающей среде. Негативными последствиями в этом контексте критики называют в частности деградацию почвы, выбросы ядовитых веществ, выбросы кислых шахтных вод, шумовое загрязнение или создания отвалов.<sup>1</sup> Эти воздействия существуют, но они не могут быть совокупно переданы на всю отрасль экономики. Более того, правда, что во многих горнодобывающих участках на основе специфических условий были созданы уникальные экосистемы, которые с помощью специфической флоры и фауны представляют собой исключительные возможности для защиты этих видов. Однако знания об этих особых ландшафтах, которые являются уникальными местами обитания для различных видов, частично находящихся под угрозой исчезновения, вряд ли присутствуют у населения.

В настоящее время проекты энергетической и сырьевой промышленности практически в любом случае приводят к сопротивлению и протесту уже при посредственной или непосредственной видимости в жизненном пространстве граждан. Личное мнение и общественно- политическая антипатия соединяются сегодня, в некоторых частях населения с конкретными страхами и стратегиями, для защиты нежелательных отраслей и становятся часто комплексными барьерами.

Это также влияет на возобновляемые источники энергии, особенно в связи с созданием ветряных турбин или оборудования для биомассы. Однако без этого поворот к устойчивой, энергоэффективной, экологически чистой энергетической политике во всем мире не может быть реализован. При этом уже Георгий Агрикола в своей Книге I "De Re Metallica Libri XII" ("от горно - металлургических профессий и их выгод"), опубликованной в 1556 году, обосновал необходимость принятия горнодобывающей промышленности.<sup>2</sup>

Поэтому цель исследования заключается в том, чтобы с точки зрения передовой практики и анализа ошибок, продемонстрировать потенциал ранее использовавшихся коммуникационных инструментов и практических стратегий, направленных на развитие конфликтных месторождений в энергетическом и сырьевом секторе, уделяя особое внимание пространственной близости и социальному согласию и значительно увеличивая их положительный эффект, что позволит вывести многонациональную и многодисциплинарную теорию принятия. Таким образом, станет возможным сократить или избежать общественно-политическую антипатию, создать признание для этой важной отрасли и обеспечить соблюдение природоохранных мер.

Для достижения этой цели будет разработана компьютерная программа („Akzeptanz-O-Meter“), в которой представители компании в маске ввода задают конкретные параметры своего проекта. Также выясня-

ется, в каком секторе работает компания или будет создан следующий проект (например, ветроэнергетика, добыча открытым способом и т. д.), расстояние от проекта до ближайшего жилого сектора, продолжительность проекта, и, если да, то какие меры из сферы корпоративной социальной ответственности будут приняты, сколько рабочих мест будет создано, известны ли рычаги воздействия на местах (политики, представители прессы и т. д.), а также их отношение к проекту, какую пользу для местных жителей будет иметь регион после завершения проекта и т. д.

На основе этих данных рассчитывается предполагаемое принятие проекта и предложения по инструментам связи, адаптированных к конкретной ситуации. Этот вопрос будет делиться на долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные меры, а также на разъяснения и примеры.

Одним из таких мер является работа с детьми и молодежью в качестве будущего поколения, принимающего решения, для повышения осведомленности о биологическом разнообразии и мерах по защите окружающей среды, а также, чтобы проинформировать и повысить осведомленность о сырье (в частности, о необходимости его добычи и его пользе).

С начала 2018 года этот проект будет реализовываться с учениками 9-го и 10-го класса. Опрос, проведенный в этом классе показал, что интерес к темам в области сырья и энергии „довольно низкий“ / „низкий“ на уровне 68,75 процента, тогда как рост знаний в области цифровых и социальных медиа, напротив, выше 81,2% респондентов.<sup>3</sup> Эти интересы были использованы для реализации проекта „SOCIAL NATURE – the whitethroat goes viral“.<sup>3</sup> Смысл проекта заключается в том, чтобы создать персонализированную историю, основанную на исследованиях, наблюдениях на месте и интервью с экспертами, о жизни птицы, серой славки, для подготовки материалов для социальных сетей (блог и Facebook). С помощью видеороликов на 360°, полета дрона, розыскной ориентировки и т. д. подростки этой группы будут иметь возможность создать информативную и развлекательную историю, благодаря которой пробелы в знаниях по конкретным задачам уменьшатся.

В этом проекте ученики рассматривают разные ситуации всегда глазами серой славки. Участники глубоко сенсibilizированы и мотивированы исследованиями (особенно на участке карьера), потому что они работают вместе и сочувствуют птице. Таким образом они обучаются в двух областях (окружающая среда / природа и цифровая / социальная среда), что приводит к повышению ценности образования.

Рассказы в социальных сетях, на примере серой славки в качестве свидетеля, личные высказывания заинтересованных лиц пробудит у широкой группы населения интерес и симпатию и, как следствие, сформирует и укрепит осознание экологической ценности районов добычи полезных ископаемых и мер защиты окружающей среды.

Кроме того, будут созданы устойчивые ячейки, поддерживающие защиту видов. „SOCIAL NATURE – the whitethroat goes viral“ показывает, что с экономической, экологической и социальной точек зрения, во времена повышенной неопределенности, можно использовать как опыт для обучения участников в области охраны окружающей среды, биоразнообразия, сырьевой и энергетической промышленности и социальных сетей.

Оценка исследовательского проекта будет осуществляться двумя способами: на первом этапе школьники, принимающие участие в проекте социальной природы, опрашиваются в конце проекта (сентябрь 2018 г.) с помощью анкеты и группового интервью на базе их выросших знаний и интереса, а также изменений в подходах к рассматриваемой проблеме.

На втором этапе основное внимание уделяется практическому испытанию разработанного „Akzeptanz-O-Meters“. Программа будет применяться в трех отобранных компаниях различного типа (открытая добыча полезных ископаемых, подземная добыча полезных ископаемых и возобновляемые источники энергии) в регионах Саксонии (Германия), и, исходя из этого, будут предложены коммуникационные меры / инструменты, которые будут обсуждаться и осуществляться с директорами и руководителями отдела маркетинга или пресс-службы.

Недостаток знаний, низкое признание и отсутствие объективности в общественном секторе могут противодействовать мерам коммуникации, адаптированным к предшествующей ситуации в энергетическом и сырьевом секторе, особенно в секторе возобновляемой энергии, с тем, чтобы выявить и успешно обеспечить, с одной стороны, потребность населения всего мира в энергии и, с другой стороны, позитивные последствия для окружающей среды.

*Докторская диссертация финансируется средствами свободного государства Саксония и Европейским социальным фондом. Партнерами по сотрудничеству являются Технический университет Фрайбергской горной академии (Институт горного дела и специального гражданского строительства), Университет прикладных наук Mittweida и MIBRAG Neue Energie GmbH.*

#### Литература

[1] Vgl. Umweltbundesamt (2014): Abiotische Rohstoffe schonend gewinnen. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/abiotische-rohstoffe-schonend-gewinnen#textpart-1>, последний доступ 16.01.2017

[2] Vgl. Schmidt, Peter (o.J.): Georgius Agricola - Ein weltberühmter Universalgelehrter. URL: <http://tu-freiberg.de/ub/ueber-uns/wissenschaftlicher-altbestand/georgius-agricola>, последний доступ 16.01.2017

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ**

**CAROLINA LÓPEZ** <sup>(1)</sup>, **GERHARD HEIDE** <sup>(1)</sup>

*(1) Institut für Mineralogie, TU Bergakademie Freiberg, Germany,*

**URSULA KELM** <sup>(2)</sup>

*(2) Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA), Universidad de Concepción, Chile,*

**FRANK HAUBRICH** <sup>(3)</sup>

*(3) G.E.O.S. Ingenieur GmbH*

### **SECONDARY MINING OF COPPER SLAG-TAILINGS FROM CHILE**

Due to economic, technical and environmental reasons, four of seven Chilean smelters are floating the slags to recover the copper lost in the matte smelting processes as a “slag cleaning process”. Slags-feed, and their byproducts (concentrates and tailings), were obtained from different smelters and analyzed chemical and mineralogically.

The chemical results of slags-feed show an enrichment in elements of economical interest, as Zn and Mo compared to mine concentrate. Furthermore, the concentration of these elements is higher in slags-tailings than slags-feed. Optical microscopy and scanning electron microprobe (SEM) observations allow to recognize phases which can be compared with natural minerals like fayalite (fa), magnetite (mt) and copper-, copper-iron- and iron-sulphides as well as some trace of zinc and lead sulphides embedded in an amorphous phase as a principal matrix. It should be note that despite copper slags having a relative high molybdenum concentration (~0.15 wt%), none phase related with this element was detected. The main phases were recognized by qualitative X-ray diffraction (XRD).

Leaching tests of powdered slag-tailings and polished sections of slags were carried out with the aim to establish the relation between Molybdenum and solid phases. The leaching involves sulphuric acid and parameters as reaction time and liquid/solid ratio were varied. Furthermore, mineralogical control on leached material (powder and polished sections) was done as well as wet magnetic separation on leached powder slag-tailings. In general, the extraction of molybdenum present in the slag-tailings using sulphuric acid achieves only a 10%, and on the other hand, magnetic fraction of the leached slag-tailings presents an enrichment in Mo (~0.5 wt%).

This contribution presents the mineralogy and chemistry of leached material and solutions (leachates).

**CONTRERAS, C** <sup>(1)</sup>.

*Geology Department, Atacama's University, Chile*

### **PROCESSING OF CHEMICAL ELEMENTS IN MINE WASTE**

#### **Abstract:**

The following work has the objective of studying the geochemical and metallurgical processes in the leaching of the gravel and the approaches for the retreatment of the leaching gravel with the purpose of extracting the remaining copper with a possible economic potential. The retreatment of the gravel is carried out with acid solutions from the foundry, which contain high levels of heavy metals, so it is essential to study the interaction of these metals with the gravel and its possible environmental implications. Once its potential was determined, both for the recovery of copper and for the environmental study, a technical study were carried out to estimate its economic feasibility.

A series of pilot scale tests is carried out. The main experiment consisted of watering for 60 days, 2 sets of 4 columns each with acid water from the Paipote smelter. The irrigation of each set is made with solutions that have different concentrations of sulfuric acid and that have been diluted in distilled water.



The samples resulting from the work were measured through 2 methods: Atomic absorption and volumetric analysis. For those samples with low concentration ( $<4 \text{ g / L}$ ), the samples were analyzed through an atomic absorption spectrometer. When the concentration of the samples is high ( $> 4 \text{ g / L}$ ), the analysis was performed by volumetry, with a "standard titrant".

The recovery of total copper for set 1, where the solution has a value of  $25 \text{ g / l}$  of acid, reaches a value of 51.41%, in addition, the heavy metal balance resulted in an impregnation of these metals to the gravel of 63.67% for lead, 81.38% for arsenic and 7.31% for mercury. For set 2, where the solution has a value of  $50 \text{ g / l}$ , the total copper value corresponds to 74.36% and the impregnation of heavy metals into the material resulted in 93% lead, 100% arsenic and 12.56% mercury. Considering these values, the ideal solution for the irrigation of the material, due to the recovery percentage as well as the heavy metals balance, corresponds to solution 2.

Once the solution is chosen, a technical-economic study is carried out, which aims to estimate economic profitability. For this, the initial expenses of the project are compared, such as the installation of pumps, hoses, etc. and the expense that the electro-winning plant would have to deal with this new solution. Considering the initial costs (use of the plant, efficiency, etc.), the project generates at least 10 times the initial cost, which makes it economically viable.

Finally, note that all these results are developed on a pilot scale, so it should be used taking into account the possible differences when going directly to a real scale. However, the results obtained are coherent with the models developed.

**HONG SHEN, SYED MUNTAZIR ABBAS,  
MUHAMMAD AFZAL GULZAR, RANA AMMAD BIN SADIQ**  
*Technische Universität Bergakademie Freiberg, Germany*

## **HAZARD MAPPING OF RAINFALL-TRIGGERED LANDSLIDES IN MINING AREAS OF BEICHUAN COUNTY, CHINA**

**Abstract:** Part of the Wenchuan Earthquake affected area located in Beichuan County, China has been chosen to study the application of Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model (TRIGRS) in hazard mapping of rainfall triggered landslide, assuming that the slide mass is unsaturated before the rainfall. Based on this study, a simplified estimation method of landslide triggered by rainfall was developed. Besides the effective stress changes due to rainfall infiltration, the reduction of shear strength parameters on the potential slide surface as a result of the increase of water content was also considered. In this method, the shear strength parameters are constantly modified because of the rain-water infiltration based on some assumptions about the relationships of saturation and time as well as the established function of strength parameters and the water content. Based on the assumption that the soil strength parameters on slide surface is a linear function of saturation which is also a linear function of time and infiltration rate, a simplified estimation model of landslide triggered by rainfall was developed. Four safety factor maps were constructed under different conditions. After the comparison of four safety factor maps under different hydrological conditions, it is concluded that the time-variation of shear strength parameters during the rainfall has a very strong influence on the slope stability; hence it cannot be ignored in the study of slope stability analysis influenced by rainfall. From the results, we can conclude that rather than the effective stress increase, the soil strength parameters reduction due to the rainfall infiltration is the strongest influence on the safety factor map. The model can be used to estimate the landslide risk in different rainfall durations, thus it can be applied to predict the landslide risk in a regional area in the future rainfall events combined with the weather forecast.

**Keywords:** landslide; rainfall infiltration; TRIGRS; unsaturated soil

**JUSTYNA ELŻBIETA RUCHAŁA, KATARZYNA SAWICKA**  
*Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering  
AGH University of Science and Technology in Krakow*

## **THE QUALITY OF DENSE POINT CLOUDS AND SHAPE OF BASE LINE - PHOTOGRAMMETRIC INVENTORY OF ODEON IN PAPHOS ARCHAEOLOGICAL PARK**

This paper concerns the analysis of dense point clouds, representing the Cypriot Odeon, located in the Paphos Archaeological Park. The determinant of the differences between created point clouds, was the location of the base line from which the object was photographed. The study included four experimental tripod configurations with

a non-metric camera. Besides, a photogrammetric raid from a low altitude was performed. The images obtained by using the UAV method were used as a reference model for the analyzed dense clouds of points from close range photogrammetry. Measuring in the same atmospheric conditions allows to minimize the influence of external factors on the final product.

### Introduction

In recent years, the method of digital close range photogrammetry has become more and more popular. Probably the main reason is easiness in obtaining information on the shape of the object in a relatively short time and gaining a high quality product. Obtaining as much information as possible about the geometry of the object, in case of its destruction, allows a reconstruction in the future. The method based on recording images with a photogrammetric camera set on a tripod is a close range photogrammetry. However, non-metric cameras are also used in a close range photogrammetry, as elements of internal orientation are unknown before the measurements. Self-calibration of a non-metering camera provides obtaining information about the focal length, position of the main point and distortion of the camera. Knowledge of these elements allows removing distortions from the photographs and aligning the block of photos. The reproduction of the external orientation of the photographs is made by implementing a photogrammetric backward indent based on the ground points, known parameters of the internal orientation and parameters describing the errors of the images. Basing on a relative directed network of photos, it is possible to obtain a point cloud. However, it is important to remember that close range photogrammetry is not applicable to high objects. To correctly reproduce the geometry of the object, photographs should be taken from the same distance in order to maintain a uniform scale of photos. It is recommended to move in a plane parallel to the whole object.

### Measurement in the Paphos Archaeological Park

The photogrammetric inventory of reconstructed the ancient Odeon was carried out during the XVI Bari Expedition in the Paphos Archaeological Park, organized by students from Surveyors Research Group – Dahlta (AGH UST Krakow) in cooperation with the Institute of Archeology of the Jagiellonian University Jagiellonian University. Built from well-hewn limestone blocks, the shape resembles a semi-circle. Its height reaches 5 m, while the width in the upper part is 26 m, and the base is 12 m. Atmospheric conditions during the measurements were not conducive to obtain high quality of base for researching. High temperature, intense light and dust caused that the received photos have various brightness level. The research material was obtained by non-metric cameras and the wide-angle lens GoPro camera, mounted on the Unmanned Aerial Vehicle. In order to carry out a research, four configurations of the photogrammetric network have been designed. Two of networks were based on assumption that the baseline is a straight line, parallel to the front of the Odeon and spaced apart from about 2 m and about 9 m. The third option involved taking pictures parallel to the inside of the object. The last configuration was based on taking pictures in such a way that the axis of rotation intersected with the aperture, not with the camera body. Due to the lack of data regarding the horizontal plane of the studied object, it became necessary to densify the models with photos from various positions. The same pictures have been included in advance for each development of a dense point cloud, so the differences observed between the final products are mainly attributed to the front photos. Additionally, in order to perform the absolute orientation, 12 ground points were measured by using the radial survey, signaled in the terrain by ceramic disks.

### Elaboration

For each of the case and photos obtained by the UAV method, the block of images was pre-aligned and then the ground points were indicated on all photographs via the Agisoft Photoscan software. The result of alignment was a sparse points cloud, which in next step was a subject to densifying process. In this way, five dense clouds of points representing Odeon were obtained.

### Analysis of accuracy of dense point clouds

The accuracy of the obtained models was checked by analyzing deviations between three points measured in the ground and on the final model. The following results were obtained: concept a - line parallel to the front of the object at a distance of 1.60 m -  $\pm 7.9$  mm, concept b - parallel line to the front of the object 8.50 m -  $\pm 7.4$  mm, concept c - line parallel to the object -  $\pm 8.6$  mm, concept d - from one point " -  $\pm 9.8$  mm. The RMSE (Root Mean Squared Error) value for the model obtained from the GoPro camera was  $\pm 9.8$  mm. It can be seen that in none of the considered cases, errors on control points did not exceed 1 cm.

Checkpoint	Reference model	Concept			
		a	b	c	d
T3	8,0	2,6	4,1	0,5	2,9
T7	5,0	2,8	3,3	3,7	3,7
T8	16,2	13,2	11,6	14,5	14,5
<b>RMSE</b>	<b><math>\pm 9,8</math> mm</b>	<b><math>\pm 7,9</math> mm</b>	<b><math>\pm 7,4</math> mm</b>	<b><math>\pm 8,6</math> mm</b>	<b><math>\pm 9,8</math> mm</b>

Tab. 1 – Corrections at checkpoints

In the next step of the analysis, the focus was on the comparison of point clouds from four analyzed cloud configurations from the GoPro camera. The reason of choosing this solution was the satisfactory number of points building this dense cloud of points from photogrammetry, as well as reliable (visual assessment) and accurate (at 1cm) mapping of the examined object.

Analyses were performed in the CloudCompare program using the algorithm of the nearest point, between the reference dense point cloud from the GoPro camera and four individual concepts. Each point cloud acquired using terrestrial photogrammetry was colored according to the calculated distances from the GoPro camera cloud. The blue color prevailing in each case means that two models overlap at the level of single centimeters.

The "a" concept assuming the measurement from a line parallel to the front part of the Odeon, away from its center at about 2m is characterized by higher error values in its upper part. This is justified by positioning of the measuring object. Photos taken at short distance have a different scale for the lower and upper parts of the object under study. In addition, side fragments of the Odeon did not reproduce in a correct manner due to terrain obstacles obstructing the relevant measurement information.

The "b" concept is characterized by smaller deviations from the model from the GoPro camera, because it was performed at a distance of about 9m from the object. Odeon has been photographed in full on the measurement photos, but with a larger field pixel. The resulting dense cloud of points contains twice as many points as in other cases. This is due to the lack of information on the horizontal planes passing through the upper parts of the Odeon steps.

In the "c" concept deviations from the GoPro camera model are on the level of several centimeters. Due to the small number of side images of Odeon's fragments, the extreme elements of the measured object were not reproduced. Despite maintaining the same distance of the shooting line from the object, it could not be reliably reproduced.

The "d" concept also represents a coherent model with the GoPro camera on the level of a few centimeters. In the same way, it returns the problem of taking photographs of the Odeon's sides. Also, the dependence of deviation increases along with the change of scale of photos for higher elements of the object.

Vertical cross-sections were made by point clouds, in order to analyze the precision of the shape behavior of individual stages. The largest generalization took place in the case of photographs taken far away from the line object (concept "b"). It can be noticed that the simplification of the geometry of the stairs along with the distance of the object from the shooting line are noticeable. The other concepts reflect the shape of the steps in a similar way and the most satisfactory result was obtained from photographs taken parallel to the object (concept c).

#### **Conclusions**

The conducted research confirms the thesis that terrestrial photogrammetry should not be applied to objects of significant height due to problems with the correct mapping of higher elements. It should be emphasized that such point cloud is successfully applied in the fields dealing with the visualization of historic buildings. It is possible to obtain a metric model inventoried by means of terrestrial photogrammetry. However, we should not forget about designing an appropriate photogrammetry network, taking photos with a large transverse and longitudinal coverage. All of the above determines the coordinates of the ground points and taking measurements with the correct accuracy. In the case of tall objects booms or scaffolding should be used.

Scientific adviser:  
PhD Edyta Puniach  
PhD Paweł Cwiąkała

**LAURA MARLEEN GRÄFE**

*Institut für Mineralogie  
Technische Universität Bergakademie Freiberg*

## **MINERALOGICAL RESEARCH ABOUT HISTORICAL SEALED EARTH FROM A COLLECTION OF THE THÜRINGER LANDESMUSEUM HEIDECKSBURG (TOPIC 10)**

#### **Abstract**

This thesis deals with a collection of sealed earth from the Thüringer Landesmuseum in Rudolstadt at the Heidecksburg. This collection contents 280 pieces of sealed earth with different compositions and colors. It had to be researched nondestructive because of the historical age. Based on nondestructive methods of analysis a possible classification should be developed. For this purpose the sealed earths had been analysed with the munsell soil color chart to get the color and the sealed earths were measured to get the dimensions and the approximated density. Furthermore some selected sealed earths had been analysed in the X-ray diffraktometer to get the composition and the possibility to draw conclusions from the density, color and the composition.



*Figure: sealed earth from the collection of the Thüringer Landesmuseum Heidecksburg*

There are some similar collections of sealed earths which were collected by druggists. One of them is exhibited in Waldheim (Saxonia in Germany). On this base you can assume that these samples were collected for medical reasons. Another thinkable application was the cosmetical use for the upper class during this period of time or as pigment for painter. The samples were sealed to assure the quality and to protect them from imitation.

**MASLAR NASER**  
*TU Bergakademie Freiberg*

## **ENVIRONMENTAL IMPACT OF 3D PRINTING PROCESS AND NATURAL RESOURCE MANAGEMENT ADVANTAGES**

### **Abstract**

The aim of the scientific paper is 3D printing environmental impact, considering 3D printing as a new and innovated technology not yet fully widespread into the manufacturing process, representing an opportunity for ethical and eco-friendly usage of metals, fuel, and natural resources. One of the biggest problems that the world is facing today is natural resources depletion. This immanent human activity not only brings instability on a global level and endangers the natural environment, but also relates to the growing concerns for future of the human population. At the same time, 3D printing technology represents the part of that future, a new industrial revolution that is not limited by the complexity of printed objects and assembly problems. Therefore, a crucial step for research is putting in perspective positive impact into account with negative, considering the usage of natural resources and the environment.

**Keywords:** Environmental Protection, Sustainability, Natural Resource Management

### **Environmental impact of 3D Printing process**

According to the importance of natural resource depletion and conservation of the environment, science is considering better production and consumption methods, therefore 3D printing becomes one of the eco-friendly candidates. 3D printing manufacturing represents a diffusion of different technologies considering inputs, the nature of the manufacturing process and the target outputs. Yet common for all 3D technologies is the possibility of simplification, taking into account design and assembly. 3D production era shifts importance from the point of production throwing light to intellectual work and design of complexed shapes. However, the question is whether this manufacturing is favorable from the aspect of environmental protection and resource consumption. As a type of additive manufacturing, 3D printing can produce the significant percentage of waste for re-use making this process an adequate substitute for conventional manufacturing. Moreover, re-usage of the waste is going up to 100 % considering the 3D printing for different types of metals. In this case, like in DMLS process (Direct Metal Laser Sintering), we don't consider only percentage advantage of metal powder re-usage but also the number of re-usage during the time allowing one input to participate in more processes over time, up to 600 times depending on the metal type and production conditions, avoiding unnecessary waste (Mutchler E., 2017). On the other hand, in the standard production of complex products, such as specially designed objects, up to 90% of the material is cut away. Addictive nature of 3D printing implies that production layer by layer can generate 25 percent less waste in total (Kreiger M.A., et al, 2014).

3D printed lightweight structures, especially for airplanes and cars, increase environmental benefit with fuel savings, using less material at the same time. Even more savings of energy is counted considering transportation, refining, and manufacturing of structures and product parts. Together with lightweight materials, waste reduction and design optimizations results are going to 40 percent of CO<sub>2</sub> reduction (EOS, 2014). But what is the most evident environmental benefit is the reduction of consequences at the completion of the life cycle and possibility of re-use for particular largest pollutants, such as polymers.

According to the above, 3D printing technology has unlimited potential to fit with all basic hazards inherent to the manufacturing processes. On the other side, little research exists on environmental impact rates of 3D printing technologies, for instance on energy consumption and material usage at the global level. The main question is whether 3D printing is more ecologically friendly compared to traditional manufacturing processes. From the tech-

nical point of view, 3D Printing is incomparable with traditional manufacturing, yet environmental hazards we are facing today are pretty much the same. However, the main issues are what those impacts may represent in term of future technology development. Taking into account those issues, the basic problem is reflected in the impact measurement and establishing real sustainability plans for such a process in the long-run. Environmental sustainability performance measurement is an important management issue allowing estimation of quantitatively strategic purposes and objectives in line with environmental protection. Therefore, a new way of production requires a new approach.

A couple researchers point to impracticality from the environmental point of view of 3D Printing technology at present development stage. For instance, metal laser sintering by-product in the form of toxic UFPs (ultra-fine particles) which were discovered after the application of technology (Stephens B., et al, 2013). On the other hand, a similar situation is observed with 3D desktop printers and toxic byproducts emitted when the plastic material is heated to high temperatures. In fact, results were discovered after technology mass application, showing that case was more serious. Generating of support materials used in the process that cannot be reused and intensive energy losses during the sintering and cooling process are also a black hole in the process. Some specific 3D printing technologies use large amounts of energy, larger than injection molding machine. (Baumers M, et al, 2010). The difference ranges from 50 to 100 times more electrical energy for products with same weight and dimensions. If this doesn't promise much, it is certainly a worse situation with polymeric waste and byproduct left behind that cannot be reused. Besides the impact analysis of the today situation, all mentioned issues and much more others will gain importance for future impact analysis together with the development of 3D technology.

Although the technology may not achieve the desired level of sustainability performance from the perspective of environmental protection and material depletion, it is still crucial to measure and constantly improve performances in these categories. The future of 3D printing process is certainly taking most attention from R&D company departments all over the world and investing a big part of funds considered for development. The bright side of that future is the fact that 3D printing has far less impact on our environment today, developing and becoming even more eco-friendly.

## References

- Keeble J. J., Topiol S., & Berkley S., (2003)**  
*Using Indicators to Measure Sustainability Performance at a Corporate and Project Level* Journal of Business Ethics. (44), 149–158.
- Parmenter D., (2015)**  
*Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (Third edition). Hoboken: Wiley.
- National Research Council, (2010)**  
*Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use* Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12794>.
- EOS Case Study Report, (2014)**  
*Life Cycle Cooperation research between EADS IW and EOS*  
[https://www.eos.info/eos\\_airbusgroupinnovationteam\\_aerospace\\_sustainability\\_study](https://www.eos.info/eos_airbusgroupinnovationteam_aerospace_sustainability_study)
- Kreiger M.A., Mulder M., Glover A.G., (2014)**  
*Life Cycle Analysis of Distributed Recycling of Post-consumer High-Density Polyethylene for 3-D Printing Filament*  
 Journal of Cleaner Production 2014, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.009>
- Stephens B., Azimi P., Orch Z., Ramos T., (2013)**  
*Ultra-fine particle emissions from desktop 3D printers*  
 Journal Atmospheric Environment, Volume 79, November 2013, Pages 334-33
- Mutchler E., (2017)**  
*Additive Metals: Achieving Process Repeatability*  
 Stratasys company research, <https://www.stratasysdirect.com>
- Baumers M., Tuck C., Hague R., Ashcroft I., & Wildman R., (2010)**  
*A comparative study of metallic additive manufacturing power consumption*  
 Additive Manufacturing Research Group, Wolfson School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Loughborough University, LE11 3TU, UK

## **NATIONAL GEOID HEIGHT MODEL OF MONGOLIA: MNGG2014 AND GEOID2014**

**Abstract.** Mongolian height network established in 1930s by Russian red army \2-4 class\, to which directly connected to Russian 1<sup>st</sup> class height network by 6 lines. This network determined at Baltic sea level. Geoid height models for the Mongolia has been determined. The Mongolian Gravimetric Geoid (MNGG2014) serves as the basis for scientific and engineering applications. It is a half arc-minute model (3.7 km by 5.7 km nodal spacing) based on the EGM08 reference model and improved surface gravity and terrain data. GEOID14 was developed from MNGG2014 in conjunction with 18 control points where GPS-derived ellipsoid heights are available on leveled bench marks. GEOID14 is also half arc-minute model. The final GEOID14 model resulted in 8.4 cm accuracy. This paper will cover the development of the Mongolian Geoid model and its accuracy.

**Keywords:** Geoid, gravity network, GNSS network, height \leveling\ network

### **1. Introduction**

The difference between the orthometric height and the GPS observed ellipsoidal height is called the geoid height or undulation. The geoid surface is said to undulate about the ellipsoid surface. If the geoid undulation is known everywhere, then the GPS height can be simply converted into orthometric height by subtracting the geoid height. Agency for Land administration and management, geodesy and cartography of Mongolia has been developing and experimenting with these models since 2006. Geoid modeling has progressively gained in significance as a part of the Height Modernization program. It directly supports efforts at improving the National Spatial Reference System, a part of the National Spatial Data Infrastructure.

With the continued loss of monumented marks, geoid height models have steadily served as a ready mechanism for deriving orthometric heights (GPS-derived orthometric heights). As defined in the Agency for Land administration and management, geodesy and cartography Strategic Plan, geoid height model will eventually define the vertical datum by 2020 instead of serving as a bridge between the ellipsoidal and vertical datums. The work described here is one step in that direction.

Two types of models were created: gravimetric geoids defined from gravity and terrain data, and hybrid geoids defined from the gravimetric geoids and GPS-derived ellipsoid heights on leveled bench marks. These models were developed for whole territory of Mongolia.

The gravimetric geoid model was produced using terrain and airborne gravity data on the Earth Gravity Model of 2008 /EGM08/ as one of pilot projects, which was implemented in 2004-2005 in Mongolia.

The GEOID14 is produced by tailoring MNGG2014 to fit the 18. The root mean square (RMS) of difference between the GEOID14 and the height network at the benchmarks is 1.32m nationwide. The RMS values of the differences (formal error) between the geoid heights from GEOID14 and the GPSBM implied geoid heights at the benchmarks are given in state basis. For most areas, the errors are around 5cm or better relative to height network. But there are few spots where the errors are larger, due to the errors in GPSBMs, in gravity data and due to poor data distribution and other errors.

Following data were used for geoid model calculation.

1. Data from airborne Gravity measurement and processed it for geoid model calculation /MNGG2014/.

2. GNSS measured and processed data on gravity and leveling networks' points.

3. Levelling and gravity network points' heights at Baltic sea level.

### **2. GNSS network adjustment**

Following GNSS network observation data were adjusted in ITRF2008 coordinate system by Bernese 5.0 software in 2013-2014.

1. Densification of Mongolian GPS control network /Monref97/, which was established in 1997-1998

a. Selenge\crop land area\ GPS network /2003/

b. Western GPS network /2004/

c. Hangay GPS network /2005/

d. Eastern and gobi GPS network /2006/

2. Ulaanbaatar city's GPS/GNSS network established in 2002, 2010, 2011

3. GNSS network established in 2010 measuring on height network's junction \node\ 32 points

4. GNSS network established in 2013 measuring on gravity network's 53 points

5. Monref97 network's repeated measurement in 2014.



Figure-1. GNSS network established in 2010 measuring on height network's junction \node\ 32 points

### 3. Mongolian geoid model production

There are 32 leveling network node \junction\ points measured \24 hour static observation\ by GNSS in 2010, but 18 points' ellipsoidal heights and geometric levelled heights are used for Geoid model production GEOID2014 fitting MNGG2014 model to Mongolian height network.

Leveling network's 18 node points' orthometric heights were calculated using geoid height model and difference between catalogue heights and orthometric heights /Table-1/.

Table-1. Leveling network node points' geometric levelled heights and orthometric height values calculated using geoid model, and difference between them

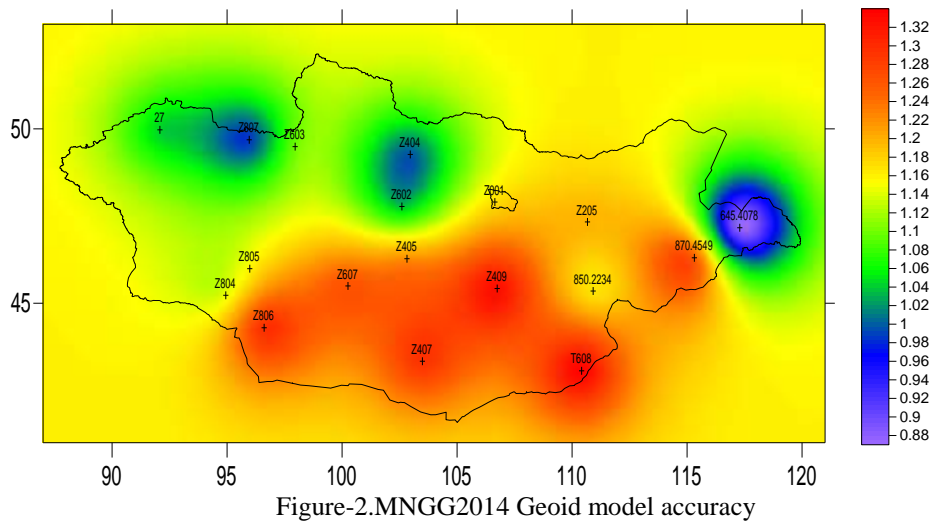
No	ID	Height in leveling network catalogue	H_orthometric using geoid model	Difference
1.	0027	940.148	940.025	0.123
2.	Z603	1937.980	1937.994	-0.014
3.	Z804	1297.727	1297.698	0.029
4.	Z805	1267.753	1267.747	0.006
5.	Z806	1370.780	1370.83	-0.050
6.	Z807	1311.158	1311.095	0.063
7.	Z001	1313.276	1313.276	0
8.	Z203	878.722	878.71	0.012
9.	Z205	1029.958	1029.963	-0.005
10.	Z206	884.585	884.675	-0.090
11.	Z209	655.581	655.469	0.112
12.	Z404	1018.703	1018.662	0.041
13.	Z405	1766.869	1766.891	-0.022
14.	Z407	1515.203	1515.233	-0.030
15.	Z409	1255.022	1255.065	-0.043
16.	Z602	1336.527	1336.487	0.040
17.	Z607	1370.295	1370.314	-0.019
18.	T424	1073.000	1073.053	-0.053

Mean error of 18 points was 0,005m and Root mean square was 0,054 m/5,4 cm/

$$m = \sqrt{0,053/18} = 0.054m$$

MNGG2014 geoid model accuracy was 1.32m while GEOID2014 model was fitted 5.4cm accuracy /Figure-2/ to the Mongolian height network.





#### 4. Investigation of geoid height model

1<sup>st</sup> class Mongolian gravity network points' orthometric heights, which are connected to 2<sup>nd</sup> class leveling network points with 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> class accuracy in 1980s, and 2<sup>nd</sup> class leveling network 55 points' orthometric heights were calculated using geoid height model and GNSS measured ellipsoidal heights for investigation of geoid height model.

Mean error of 55 points was -0,011m and Root mean square was 0,084 m/8,4cm/, which value and location can be seen in Figure3 and Figure-4.

$$m = \sqrt{0,388/55} = 0.084\text{m}$$



Figure-3. Points location, which were used for Geoid model accuracy investigation

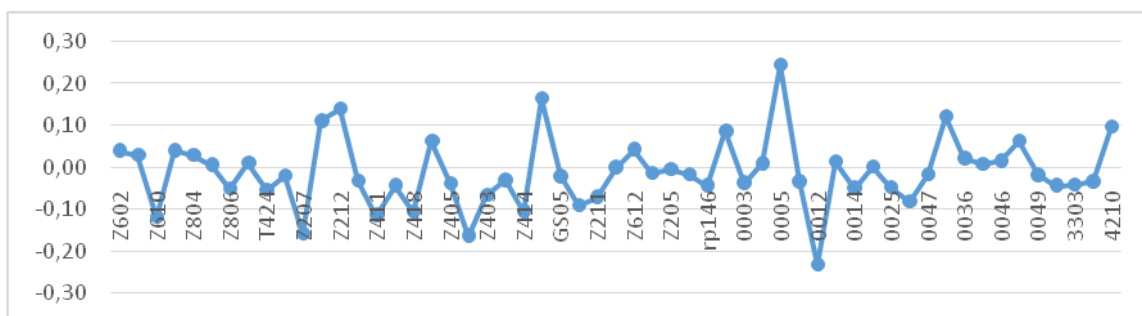


Figure-4. Geoid model accuracy error of 55 points

#### 5. Conclusion

Orthometric heights of 55 points /2<sup>nd</sup> class leveling and 1<sup>st</sup> class gravity network/ were calculated using geoid height model, which shows that accuracy of GEOID2014 model is 8.4 cm.

Geoid height model was verified in Ulaanbaatar city measuring coordinates on mapping points by RTK measurement using Geoid model in rover antenna and ellipsoidal height in base antenna. Difference between RTK measured orthometric height and mapping point's Baltic sea level height was 1.4 cm only.

Geodetic network points' heights in Erdenet city have been determined using GEOID2014 model and investigated comparing CORS derived RTK measurement with difference up to 3 cm.

From it may conclude that Geoid height model of Mongolia used not only for orthometric height determination, but also for height error determination in leveling network.

“The Mongolian geoid height model” was approved by Director General of Administration for Land affairs, geodesy and cartography in October 2014 and agreed to use in practice for mapping purpose /mapping production/ only.

GEOID2014 model has been used for 1:25000 scale mapping, 1:1000 scale mapping and cadastral mapping in aimag and soum centers, RTK measurement to dispose a land conflict.

**NECHANICKÁ MAGDA<sup>1</sup>, DOLINOVÁ IVA<sup>1,2</sup>, DVOŘÁK LUKÁŠ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Institute for Nanomaterials, Advanced Technology and Innovation, Technical University of Liberec, Studentská 2, 461 17 Liberec, Czech Republic, EU;*

<sup>2</sup> *Department of Biochemistry, Liberec Regional Hospital, Husova 357/10, 460 01 Liberec, Czech Republic, EU.*

## **USE OF NANOFIBER CARRIERS FOR MONITORING OF MICROBIAL BIOMASS**

### **Abstract**

Monitoring of microbial biomass can be useful to increase the efficiency of bioremediation process or to assess the microbial quality of water. The objective of this paper is to develop an effective method for biomass sampling to monitor the microbial community by molecular-genetic analyses. These analyses have recently started to be applied together with, or instead of, the conventional microbial techniques.

Within this work, various nanofiber carriers suitable for biomass sampling and simultaneously for use in molecular-genetic analysis were developed. Specifically, real-time quantitative PCR (qPCR) and next-generation sequencing (NGS) were applied to test the suitability of carriers. Nanofiber carriers were submerged in two different ecosystems including groundwater at a contaminated site and potable water in a well.

Two different shapes of carrier with three different nanofiber densities (including carrier without nanofibers) were prepared and submerged into a BTEX contaminated well. Carriers were sampled in regular one-month interval for one year. Based on the qPCR results of this experiment, one shape of carriers with defined nanofiber density was chosen to be submerge into potable water. To compare the biomass growth and microbial diversity on carriers, groundwater samples were also taken.

### **Introduction**

Characterisation, including proper sampling, of the present microbial community is a crucial factor in understanding and controlling remediation processes or in the assessment of the microbial quality of water. It is clear, that sampling must not impact the situation at a site and should be technically and economically feasible at the same time. To characterise microbial community at a site, soil or water samples can be withdrawn.

Although soil samples typically provide good results, their sampling is limited by a low reproducibility and time and financial demand. Hence, water samples are currently used for the molecular-genetic analysis. A disadvantage of water samples is usually low biomass concentration requiring the filtration of large volume of sample through a membrane filter. It is, however, time-consuming and strongly depending on the sample properties (The Interstate Technology & Regulatory Council, 2011).

Above mentioned problems can be avoided by sampling of biomass in form of biofilm which is formed on suitable carriers. Such carriers have to be made of materials with good colonization of microbial cells, high biocompatibility, chemical and physical stability and convenient morphology. For the molecular-genetic analysis, it is crucial that the carrier material does not interfere with DNA extraction. As nanofiber carriers meet the above-mentioned conditions, they were used for carrier's preparation. Nanofibers have a high specific surface, an interconnected structure and surface roughness on the nano and micro scale. Surface with these properties made of the hydrophobic material is preferentially colonized by bacterial cells (Cortés et al., 2011).

### **Materials and Methods**

#### **Nanofiber carriers**

Polyurethane nanofibers were prepared by the needleless electrospinning from a free liquid surface using a high voltage source. Polyurethane was chosen because it proved great microbial colonization in previous experiments. The nanofibers were deposited on polyester silk support thread with surface densities 3 dtex and 10 dtex. Such prepared thread was arranged into two different shapes, planar (Fig. 1A) and circular (Fig. 1B). As reference carriers thread without nanofibers were prepared.

#### **Site description**

All types of nanofiber carriers were fixed in sampling tubes and submerged into BTEX contaminated well. The monitoring period lasted for one-year and its procedure is displayed in the Figure 2.

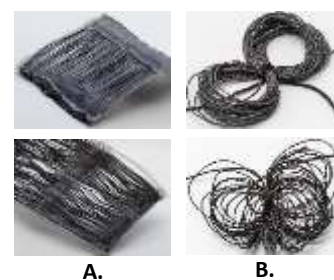


Figure 1 – Nanofiber carriers:

A. Planar arrangement

B. Circular arrangement

Based on the results of the long-term monitoring, the circular arrangement of the carriers with the nanofiber density 10 dtex was chosen to submerge into a well of potable water.

### Molecular-genetic analysis

DNA was extracted from the samples using the FastDNA SPIN Kit for Soil. The suitability of the nanofiber carriers for monitoring of microbial biomass was tested by qPCR and NGS analyses. The qPCR analysis was used to detect the total bacterial biomass (primer labelled as U16SRT) and the presence of key enzymes involved in the biodegradation of BTEX. Primers labelled as *bssA* and DEF/G were used for quantification of benzylsuccinate synthase and catechol-2,3-dioxygenase genes which are responsible for anaerobic and aerobic degradation of aromatic hydrocarbons respectively. The bacterial diversity of carrier samples submerged in potable water was estimated using the NGS analysis.

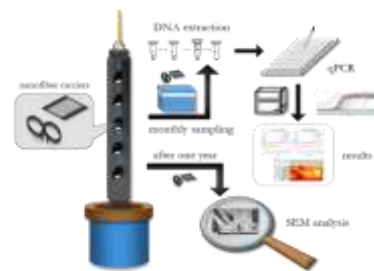


Figure 2 – Scheme of monitoring

### SEM analysis

The long-term stability of nanofibers on support thread was evaluated by scanning electron microscope (SEM) Carl Zeiss ULTRA Plus.

### Results and Discussion

#### Contaminated groundwater

At the BTEX contaminated site, the biofilm stability was observed on circular arrangement of carriers with nanofibers (Fig. 3). The qPCR results, the Ct values<sup>7</sup>, of other carriers oscillated within 5 Ct values of groundwater samples. Evolution of bacterial biomass on circular carriers with the nanofiber density 10 dtex was comparable with groundwater samples.

At the contaminated site, high amount of total bacterial biomass was observed throughout the monitoring (Fig. 4A). The presence of specific genes of aerobic (catechol-2,3-dioxygenase, primer DEF/G) and anaerobic (benzylsuccinate synthase, primer *bssA*) biodegradation of BTEX was confirmed by analysis of specific bacterial population (Fig. 4B, 4C).

After 12-month exposure to actual conditions at the contaminated site, no significant damage of nanofiber layer was observed though SEM, thereby confirming the stability of nanofiber layer (Fig. 5).

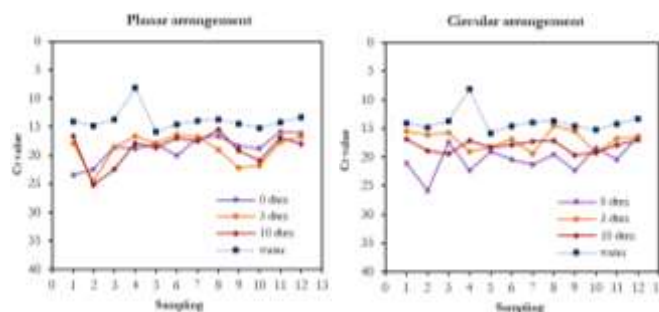


Figure 3 – Evolution of mean Ct values of primer U16SRT (total bacterial biomass) at the contaminated site

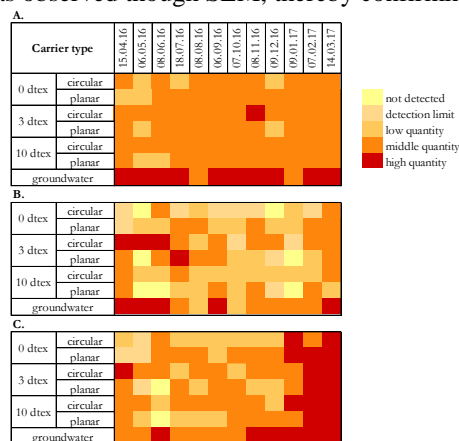


Figure 4 – Heat-maps of Ct values detected in BTEX contaminated well:  
 A. primer U16SRT  
 B. primer *bssA*  
 C. primer DEF/G

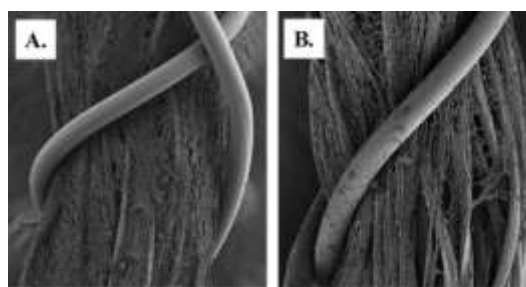


Figure 5 – SEM micrographs of thread with nanofibers 10 dtex:  
 A. before the experiment - 100x  
 B. after a year from contaminated well - 150x

### Potable water

After two and a half months of the carrier submersion, the amount of total bacterial biomass was much higher on the carrier than in the potable water sample. Ct values<sup>1</sup> of the potable water sample were at the detection limit.

The NGS analysis results (Fig. 6) indicate different bacterial diversity between water and carrier samples. Bacterial families detected in water were also observed on the carriers but some of them, whose species are mainly planktonic, at a lower level. There were also families which were detected on the carriers but nearly not in the water sample. These bacteria could grow in biofilm so the conditions on the surface of the carriers are probably more suit-

<sup>7</sup> Note: Higher Ct values mean lower amount of target DNA and vice versa.

able for them than in water. Higher bacterial diversity was observed on the carrier collected in the second sampling round (after seven months of the carrier submersion) than in the first sampling round.

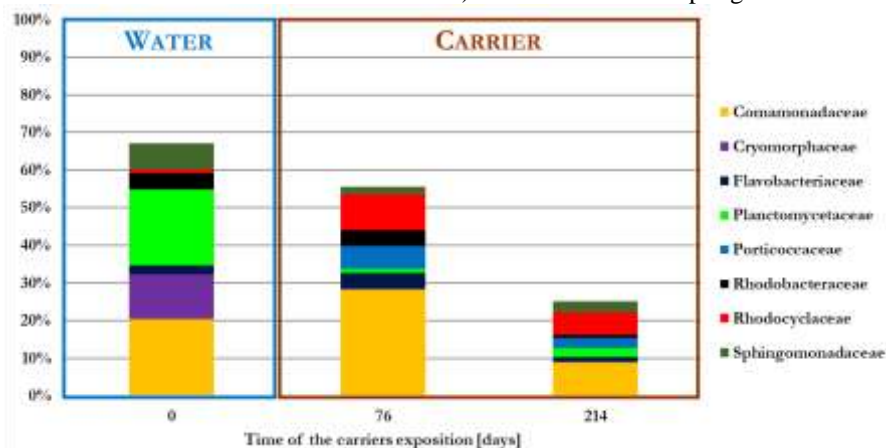


Figure 6 – Bacterial diversity between individual matrices in the potable water - bacteria at the family level with the relative abundance over 5 %

### Conclusion

The monitoring at the contaminated site showed that nanofiber layer supported microbial attachment and biofilm stability on carriers. Specific bacterial population detected on carriers indicated ongoing bioremediation processes, i.e. aerobic and anaerobic BTEX biodegradation. Although any significant differences between carrier shapes in microbial growth were not observed, circular carriers need no pre-treatment prior to DNA extraction in contrast to the planar arrangement. Long-term stability of nanofiber layer on support thread was also confirmed.

The amount of bacterial biomass was higher on the carriers submerged in potable water than in the filtered water sample. The bacterial diversity can be evaluated only very roughly if the bacteria is present or not.

Developed nanofiber carriers are also very easy to use, therefore, this is a promising tool for effective monitoring of contaminated site and for the assessment of the microbial quality of potable water.

### Acknowledgements

This study was supported through the project No. SGS 21176/115.

### References

Cortés, M.E., Bonilla, J.C., Sinisterra, R.D., 2011. Biofilm formation, control and novel strategies for eradication, in: *Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances*. Formatex Research Center, Badajoz, p. 10.

THE INTERSTATE TECHNOLOGY & REGULATORY COUNCIL, 2011. Environmental Molecular Diagnostics Fact Sheets.

**RAMDANI YAMNA**  
TU Bergakademie Freiberg

## ANALYSIS OF GLASS BEADS OF THE 18<sup>TH</sup> CENTURY WITH X-RAY COMPUTED MICROTOMOGRAPHY (MCT)

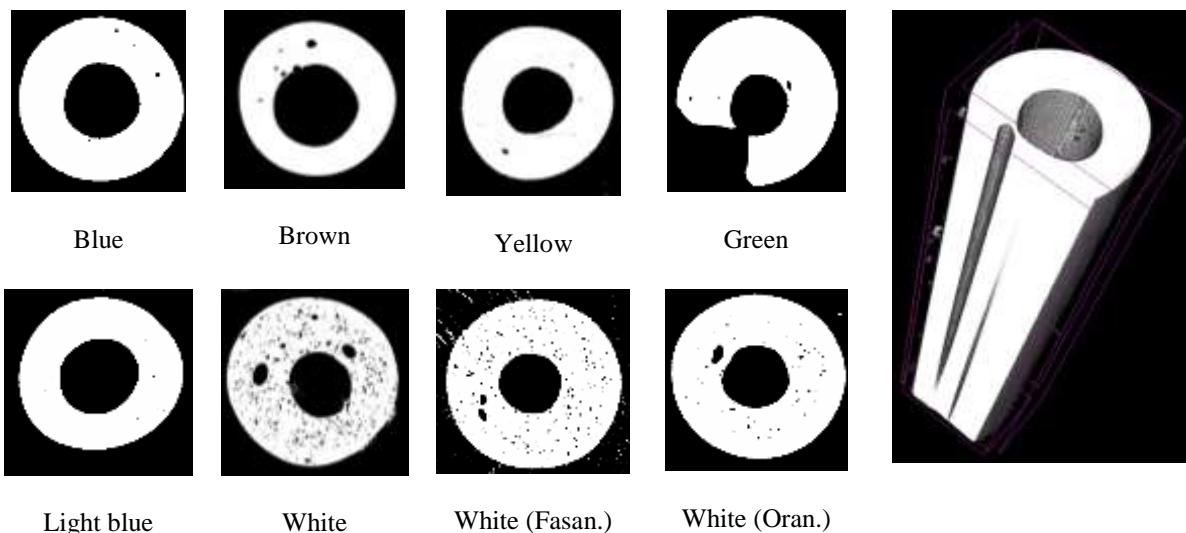
Drawn glass beads from various colour compose a rare baroque tapestry from the 18<sup>th</sup> century suspended in the audience room of the New Palace in Arnstadt. This study, using non-destructive analysis for the preservation of the artefacts, aims to understand the glass quality and manufacture technique.

X-ray micro-computed tomography ( $\mu$ CT) and imaging allowed a geometrical analysis of the beads and their internal structure. The shape and distribution of entrapped bubbles are particularly significant. In detail, 50 glass beads from the New Palais in Arnstadt were analysed and for a comparison: 20 from the Zwinger Palace in Dresden, 5 from Little Pheasant Castle in Moritzburg and 5 from Oranienbaum near to St. Petersburg were analysed as well.

The analyze of the bubbles has led to the segregation of two separated groups of beads. The first category contains the colored beads (Yellow, blue, light blue, green and brown) that shows a low amount of bubbles. The second one includes the white colored beads that shows a very high porosity; that include a mixture of bubbles and crystals. A second analyze of the bubbles shows two generations of them: Elongated primary bubbles and secondary bubbles from reboil effect.

A complement elemental analyse with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX) have been made indicates the presence of three main type of Glass: Lead glass, Soda glass and HLLA glass.





**Figure 1:** Images showing vertical cuts in glass beads made by computed microtomography.

**Figure 2:** Horizontal cut in a glass bead showing a first generation of elongated bubble.

**R. SMERDOV**

*Saint Petersburg Mining University*

## **GRAPHENE AND POROUS SILICON STRUCTURES FOR NOVEL NANO-ELECTRONIC SYSTEMS**

The process of solar energy conversion can be accomplished by one of the two viable options, the first one being the so-called "quantum" approach currently utilized in photovoltaic cells. The second one is the "thermal" approach, for which concentrated sunlight is used as a source of thermal energy for energy generation using various types of heat engines.

Thermionic energy converters (TECs) are promising heat engines allowing the straightforward conversion of thermal energy into electricity. A typical thermionic converter (TEC) comprises an emitter (cathode) operating at an elevated temperature and a collector (anode) kept at a lower temperature separated from the cathode with a vacuum gap. Only a fraction of the electrons possess enough thermal energy to surmount the TEC emitter material's work function and escape into vacuum, thus producing current between the two electrodes. In practice the devices that embody both energy conversion approaches lose their effectiveness due to the rapid degradation of photocells caused by a significant increase in working temperatures required in order to maintain heat engine's effectiveness at relatively high level.

Concentrators based on the photon-enhanced thermionic emission (PETE) effect provide an excellent opportunity to overcome this obstacle by simultaneously implementing the photovoltaic and thermionic phenomena thus allowing the use of quantum and thermal mechanisms at the same time in a single physical process.

The prototype proposed in [1] is based on the effect of thermionic emission of photoexcited electrons from a semiconductor cathode at high temperatures. The convertor operated at elevated temperatures (higher than 200° C), which allowed the possibility of thermal energy utilization in order to realize the subsequent thermionic emission process, increasing the theoretical efficiency of the combined conversion to the values of approximately 50% [1].

The possibility of PETE based systems with semiconductor (GaN) electrodes creation was demonstrated in [1], however these prototypes' efficiency is significantly hindered by a crucial drawback: the number of incident photons characterized with energies exceeding the band gap of GaN ( $E_g = 3.3 \text{ eV}$ ) is less than 1% of their total quantity. That is why, the studies of alternative structures, including but not limited to porous silicon (PS) and PS-based nanocomposites for subsequent electrode synthesis are promising, since the band gap of such materials can be varied in a wide range from 1 to 3 eV due to the existence of quantum confinement effect [2] and significant opportunities for surface functionalization [3, 4, 5].

It is well known that the synthesis of plasma energy systems based on thermionic emission requires the creation of materials with a low work function of electrons from the surface ( $\varphi_a$ ). The electromotive force produced by thermionic energy converters is mainly determined by the electron work function ( $\varphi_c$ ) of the cathode (emitter) material, while the output voltage loss is related to the electron work function ( $\varphi_a$ ) of the anode (collector) material. Since a significant emitter electron work function increase achieved by selecting a suitable material is ineffective due to the reduction in the generated electric current density (in accordance with Richardson's law) at the technologically specified emitter temperature characterized with an acceptable evaporation rate of the cathode material, it is necessary to reduce the anode electron work function  $\varphi_a$  in order to improve the TEC efficiency.

The problem of  $\varphi_a$  reducing is conventionally solved by utilizing alkali and alkaline-earth metal coatings, in particular, cesium (Cs) [6]. It is well known that the deposition of monoatomic layers of alkali and alkaline earth metals on the pure surface of an electrode leads to a significant decrease in electron affinity (hence,  $\varphi_a$ ) due to the formation of surface microdipoles. As a consequence, the potential barrier is reduced and the quantum yield of emission is increased. For example, anodes based on tungsten coated with cesium are traditionally used because of high thermal stability and a relatively low work function (1.7 eV). The use of a nickel anode coated with graphene layers intercalated with cesium atoms made it possible to obtain an unprecedented decrease in the work function of electrons from the surface of the material ( $\varphi_a < 1$  eV) and, consequently, a threefold increase in the energy conversion efficiency (up to 25%) [6].

Precipitation of alkali and alkaline earth metals is not the only method of modifying the material's electron work function. In particular, the use of high electron affinity PS and PS-based nanocomposites functionalized with silver nanoparticles (Ag NPs) and C<sub>60</sub>-Ag fullerenols as low work function anodes for energy systems appears to be very promising due to the fact that the chemical bond of the C<sub>60</sub> molecule to the Ag atom leads to an increase in the dipole moment (caused by electron density displacement towards the C<sub>60</sub> molecule) of the anode surface as a whole leading to a decrease in the electron work function thus allowing us to consider PS-based composite structures as a promising material for PETE-electrode synthesis.

1. Schwede J.W., Bargatin I., Riley D.C., Hardin B.E., Rosenthal S.J. / Photon-enhanced thermionic emission for solar concentrator systems // *Nature Materials*. – 2010. – Vol. 9 – P.762-767.

2. Nolan M., O'Callaghan S., Fagas G., Greer J.C. / Silicon nanowire band gap modification // *Nano Lett.* – 2007. – Vol. 7. – N 1. – P. 34-38.

3. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions / Yu. M. Spivak, S. V. Mjakin, V. A. Moshnikov et al. // *J. of Nanomaterials*. – 2016. – V. 2016. – 8 p.

4. Mustafaev A., Smerdov R., Klimenkov B. / Semiconductor nanostructures for plasma energetic systems // *Bulletin of the American Physical Society*. – 2017. – Vol. 62 – N 12.

5. Smerdov R.S., Loboda V.V., Spivak Yu.M., Moshnikov V.A. / UV-Vis band-stop filter based on plasmon resonance for fluorescent microscopic applications. // *SPbSPU Journal. Computer Science. Telecommunication and Control Systems*. – 2016. – N. 3(247). – P. 13-22.

6. Mustafaev A.S., Polishchuk V.A., Tsyganov A.B., Yarygin V.I., Petrov P.A. / Effects of graphite intercalation with cesium in a thermionic converter // *Russian Journal of Physical Chemistry B*. – 2017. – Vol. 11. – N. 1. – P. 118–120.

**TANIA ROTH<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Servicio Nacional de Geología y Minería, Avenida Santa María 0104, Providencia, Santiago, Chile.*

<sup>2</sup> *Departamento de Geología, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.*

## **GEOCHEMISTRY AND MINERALOGY OF THE STREAM SEDIMENTS OF THE AYSÉN RIVER BASIN, XI REGION OF AYSÉN OF GENERAL CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO, CHILE: INFLUENCE OF ANTHROPIC AND NATURAL FACTORS**

### **Abstract**

A geochemical analysis was conducted in the stream sediments of the Aysén river basin (XI Region of Aysén, Chile, between latitudes 45 ° S and 46 ° S) which by its characterization, allows to determine the influence of the natural and anthropic factors in the place. For this, a geochemical and mineralogical baseline was prepared by the stream sediments of the basin, with this information there were identified places with elemental concentrations higher than international environmental standards and the possible origin of these was determined.

In the first stage of this work, the field sampling was carried out, where 234 sediment samples were obtained from the river, collected from the main channels of the basin. Subsequently, in the laboratory, the samples were prepared and their subsequent geochemical and mineralogical characterization. The geochemical characteriza-

tion was carried out by emission spectrometry for the major oxides and by mass spectrometry for the trace elements. The mineralogy for a subset of samples was obtained from X-ray diffraction.

After applying a data quality control program, the geochemical data obtained was studied using different tools, among which was included: TAS (total alkali silica) classification diagrams, Chemical Index of Weathering (CIW), Basicity Index, among others. In addition, different representations of the obtained data were generated, such as: Univariate geochemical maps, in which the chemical concentrations obtained in each sample are illustrated, using concentration ranges, Multivariable Map, where the samples are grouped into 5 clusters formed by samples with characteristics similar chemistries, using a grouping algorithm known as k-means, standardized geographical variation diagrams, which correspond to graphs with normalized chemical concentrations, for each river in the basin. In addition to the above, each sample was evaluated according to the PEC toxicity parameter (*Probable Effect Concentration*).

It was found that the western zone of the basin, is characterized by the chemical elements Cr, Ni, Ga, MgO, Sc, CaO and Co. The mineralogy of this area includes ferromagnesian and minerals associated with ultramafic rocks. On the other hand, the east zone is characterized by higher contents of SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Ba, Rb and by the high concentrations of some metals in the Toqui River, and in some specific places.

The results of the geochemical, mineralogical and geological information for the basin, show a consistent relationship that allows dividing the Aysén River basin into two zones. An eastern zone, characterized by a predominant lithology of volcano-sedimentary units, and a western zone characterized by intrusive rocks associated with the Norpatagónico batholith. In the same way, the geochemical and mineralogical data obtained from the stream sediments of the east zone would be associated with felsic chemical compositions that also exhibit greater chemical weathering with respect to the rest of the basin, possibly due to the effect of the glaciers in the area, and to sediments with metallic contents coming from alteration zones, and from the exploitation of the El Toqui mine. On the other hand, the stream sediments of the western zone would be associated to chemical compositions of mafic character of the source where the rivers of this zone drain.

In the basin, two sectors were identified with values of the PEC parameter in the basin that exceed the established values, and that indicate a potential toxicity. One corresponds to the Pangal River, to the west of the basin, which could be attributed to natural concentrations of certain elements. The other sector is in the vicinity of El Toqui that would be related to the existence and exploitation of the deposit of the same name.

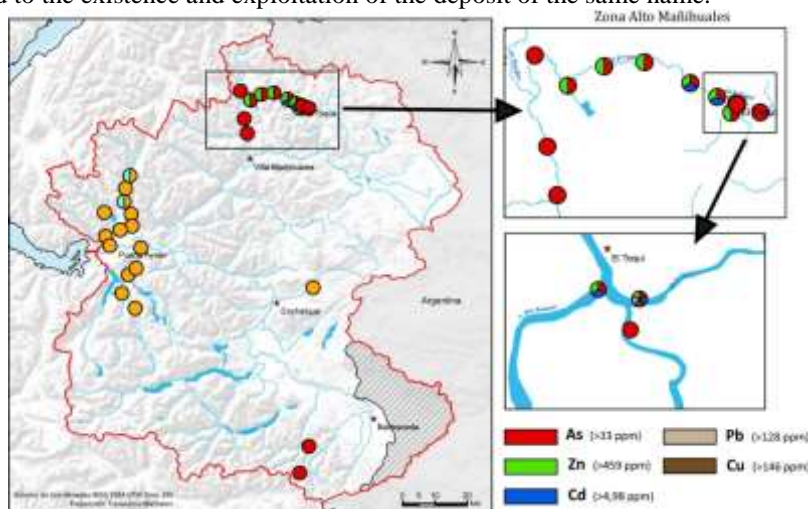


Figure 1. Zones with higher contents in some elements, according to the PEC toxicity parameter, defined by MacDonald et al., 2000.

**П.Ю. БУРЛАКА, С.В. ЗАЙЧЕНКО, В.В. ВАПНИЧНАЯ**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

## **МЕХАТРОННИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНІТОРИНГА КОНТУРА ГОРНОЇ ВИРАБОТКИ**

Современный этап развития средств определения свойств и диагностики подземных сооружений характеризуется применением последних достижений механики, информационных технологий, электротехники и теории управления. Применение таких направлений развития науки и техники в сочетании с геогра-



фией и геологией позволило создать качественно новые направления технического прогресса геоинформатику (геоинформационные системы), телеметрию скважин, внутритрубную дефектоскопию и др. Данные системы представляют собой интегрированные компьютерные системы, находящиеся под управлением специалистов-аналитиков, которые осуществляют сбор, хранение, манипулирование, анализ, моделирование и отображение пространственно-соотнесенных данных [1]. Ввиду наличия характерных признаков, таких как IT-технологии, электронные системы, системы управления, различные типы датчиков, механических, оптических и других систем сбора информации, такие системы возможно классифицировать как мехатронные [2]. Подобные роботизированные информационные комплексы успешно зарекомендовали себя в исследованиях, при которых присутствие человека затруднена: разведки вулканов, скважин, пустынь, морского дна, нефте-, газохранилищ и другие [3-4].

Установление разницы между проектным начальным состоянием подземного трубопровода и оперативным данным позволяет контролировать, диагностировать и прогнозировать напряженно-деформированное состояние выработки.

Для описания положения площадки комплекса в трехмерном пространстве необходимо 6 параметров. В качестве параметров, которые описывают положение площадки, избран координаты  $x, y, z$  и углы Эйлера  $\phi, \psi, \theta$  (рис. 1).

Среди различных систем углов Эйлера, описывающих ориентацию тела относительно исходной системы координат, выбрана система, векторы вращения которой коллинеарны осям  $OX, OY, OZ$ . Данные направления вращения носят название углов крена  $\phi$ , тангажа  $\theta$  и рыскания  $\psi$ . Преимущество данной системы заключается в применении современных микроэлектронных систем (MPU 6050) при контроле движения аппаратов.

Для устранения погрешностей, связанных с использованием акселерометров для определения положения диагностического комплекса предложено использовать данные гироскопа и длины пути (траектории)  $L$  (рис. 1).

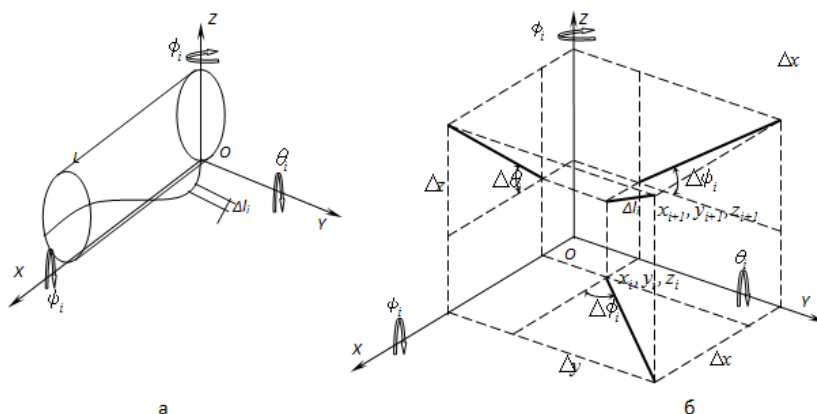


Рис. 2. Схема определения положения мехатронного комплекса

Координаты траектории движения комплекса  $x_i, y_i, z_i$  на шаге  $i$  возможно представить как сумму проекции элементарных шагов длиной  $\Delta l$  на оси  $OX, OY, OZ$  (рис.2 а, б):

$$\begin{cases} x_i = \sum_{i=1}^n \Delta x_i; \\ y_i = \sum_{i=1}^n \Delta y_i; \\ z_i = \sum_{i=1}^n \Delta z_i. \end{cases} \quad (1)$$

Найдем проекцию шага  $\Delta l$  на оси  $OX, OY, OZ$  из системы уравнений, определив углы из прямоугольного параллелепипеда образованного проекциями шага  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  с диагональю длиной равной шагу  $\Delta l$  (рис. 2, б):

$$\begin{cases} \sin \psi = \frac{\Delta z_i}{\sqrt{\Delta l^2 - \Delta x_i^2}}; \\ \sin \theta = \frac{\Delta z_i}{\sqrt{\Delta l^2 - \Delta y_i^2}}; \\ \sin \phi = \frac{\Delta y_i}{\sqrt{\Delta l^2 - \Delta z_i^2}}. \end{cases} \quad (2)$$

Решение системы уравнений (2):

$$\begin{cases} \Delta x_i = \Delta l \frac{(1 - \sin(\theta_i) \sin(\phi_i))^2 ((\sin(\theta_i) \sin(\phi_i) \sin(\psi_i))^2 - \sin(\theta_i)^2 \sin(\phi_i) - \sin(\psi_i)^2 + \sin(\theta_i)^2)^{\frac{1}{2}}}{(\sin(\theta_i) \sin(\phi_i))^2 - 1} \sin(\psi_i); \\ \Delta y_i = \Delta l \sin(\phi_i) \sqrt{\frac{\sin(\theta_i)^2 - 1}{(\sin(\theta_i) \sin(\phi_i))^2 - 1}}; \\ \Delta z_i = \Delta l \sin(\theta) \sqrt{\frac{\sin(\phi_i)^2 - 1}{(\sin(\theta_i) \sin(\phi_i))^2 - 1}}. \end{cases} \quad (3)$$

Полученный массив данных представляет собой траекторию движения диагностического комплекса, которая в случае обеспечения нижнего положения с учетом радиального смещения будет отвечать трехмерной трассе трубопровода.

$$\begin{cases} x_0 = \sum_{i=1}^n \Delta l \cos \Delta \phi_i + R \sin \Delta \theta_i, \\ y_0 = R \sin(\Delta \theta_i + \Delta \psi_i), \\ z_0 = R(1 - \cos(\Delta \theta_i + \Delta \psi_i)) + R \cos \Delta \theta_i. \end{cases} \quad (4)$$

Во многих случаях удержать комплекс при диагностировании в нижнем положении не представляется возможным ввиду наличия препятствий разного происхождения. При этом мехатронный диагностический комплекс вынужден двигаться по сложной траектории отличающейся от оси трубопровода (рис. 2).

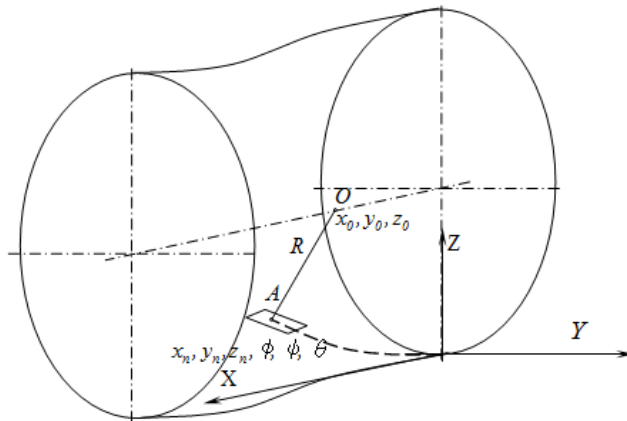


Рис. 2 Схема определения координат оси трубопровода по положению комплекса

Суммарный угол поворота, который определяет положение перпендикуляра  $AO$  к площадке комплекса относительно оси  $OZ$ :

$$\vec{\gamma} = \vec{\psi} + \vec{\theta}, \quad (6)$$

При чем направление данного вектора совпадает с осью трубопровода. Исходя из выше сказанного координаты оси трубопровода определяются из выражения:

$$\begin{cases} x_0 = x_n; \\ y_0 = y_n - R \sin \gamma_n; \\ z_0 = z_n + R \cos \gamma_n. \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом при любом положении комплекса при условии параллельности его корпуса касательной плоскости к поверхности контакта возможно получить координаты оси профиля трубопровода.

Следует отметить, что при поворотах и изменении по высоте последовательность полученных точек будет смешана.

В качестве базы диагностического комплекса, на которой смонтированы датчики положения и расстояния, использовано жесткое двухколесное шасси с невозвратными колесами (рис. 3). Вес комплекса составляет 1,7 кг.



Рис. 3 Внешний вид шасси мехатронного комплекса для диагностирования подземной выработки круглого сечения

#### Литература

1. Koshkarev, A., Burkov, V. (1998). *Heoynformatyka. Tolkovanye osnovnikh terminov. M.: HYS-Assotsyatsiya*, 213s..
2. Ysyu, Kh., Ynouэ, Kh., Symoiama Y. (1988). *Mekhatronyka. M.: Myr*, 318 s.
3. Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., & Scaramuzza, D. (2011). *Introduction to autonomous mobile robots*. MIT press.
4. Bares, J. E., & Wettergreen, D. S. (1999). Dante II: Technical description, results, and lessons learned. *The International Journal of Robotics Research*, 18(7), 621-649.

**И.С. ЕМЕЛЬЯНОВ, С.В. ЗАЙЧЕНКО, С.П. ШЕВЧУК**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНОЙ БАЗЫ ГЕОМЕХАТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Проникновения мехатронники и искусственного интеллекта происходят во всех отраслях мировой экономики. Общий объем мирового рынка мехатронных систем к в 2020 году по данным Bank of America Merrill Lynch сложит около \$152.7 млрд., которые повысят производительность производственных процессов на 30%. Внедрение полной автоматизации вдоль всей производственной цепи от разработки полезных ископаемых к нагрузке и транспортировке с широким применением мехатронных систем ожидается в горной промышленности. При проведении подземных работ особое внимание уделяется диагностированию состояния подземных выработок и технологического оборудования. При проведении мониторинга состояния горнотехнического оборудования в условиях при которых присутствие человека усложнено целесообразно использовать электромобильные мехатронные диагностические комплексы.

Одна из главных проблем, что появляется при создании мобильных систем, есть проблема энергопитания. Энергопитание мехатронных систем, является одной из четырех фундаментальных задач, рядом с разработкой системы управления, информационным обеспечением и реализацией физического процесса. Главным вопросам процесса энергопитания подвижных объектов это установления необходимого количества энергии которая необходима для реализации процесса перемещения. При создании наземных электромобильных мехатронных устройств используют гусеничные и колесные движители. Гусеничный движитель имеет преимущества с точки зрения повышенной проходимости, но значительные энергозатраты связаны с трением, склонность к заклиниванию. Данные недостатки являются причиной более широкого использования колесных движителей, которые при увеличении количества колес приближают свои характеристики проходимости к гусеничным.

При движении колесных электромобильных мехатронных устройств возникает потребность поворота, который реализуется поворотом оси вращения колес или разницей угловой скорости колес (бортовой

поворот). Использование бортового поворота для колесных электромобильных мехатронных устройств имеет ряд преимуществ :

- простота конструкции за счет отсутствия механизма возвращения
- меньшие габариты;
- возможность поворота на месте.

Однако данный способ поворота нуждается в значительных расходах энергии которые связаны с несовпадением направлением движущей силы и траекторией движения колеса. При возможных вариантах бортового поворота наибольшие расходы энергии системы следует ожидать при развороте на месте.

Исследованию процесса бортового поворота посвящен ряд работ, в основу которых лежит теория Ф.А. Опейко(1971), соответственно которой центры скольжения прямолинейно поступательно связанных тел лежат на прямой, перпендикулярной к их относительному сдвигу. Полученные решения устанавливают связь между скоростью поворота и шириной колесной базы[1]. При этом очевидно, что на скорость поворота существенное влияние имеет расстояние между осями колес.

Целью данного исследования является аналитическое установление энергосиловых параметров бортового поворота колесных электромобильных мехатронных устройств, что позволит определить необходимую мощность системы энергоснабжения.

Рассмотрим схему бортового поворота с минимальным радиусом поворота (рис. 1). Для реализации разворота на месте не обходимо обеспечить одинаковую по модулю и противоположно по направлению угловую скорость колес разных бортов  $\omega_2$ . Упростим расчетную схему, допустив, что вес мехатронного комплекса  $\vec{F}_g$  распределяется равномерно на четыре колеса.

Исходя из данного предположения направления векторы сил и скоростей симметричны центру  $D$ , который образуется пересечением диагоналей колесной базы шириной  $A$  и длиной  $B$ .

Вектор скорости проскальзывания колеса относительно опорной поверхности:

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_2 + \vec{V}_1, \tag{1}$$

где  $V_1$  – составляющая скорости поворота мехатронного комплекса:

$$V_1 = \frac{D \omega_1}{2}, \tag{2}$$

$V_2$  – окружная скорость колеса:

$$V_2 = R \omega_2, \tag{3}$$

где  $R$  – радиус колеса.

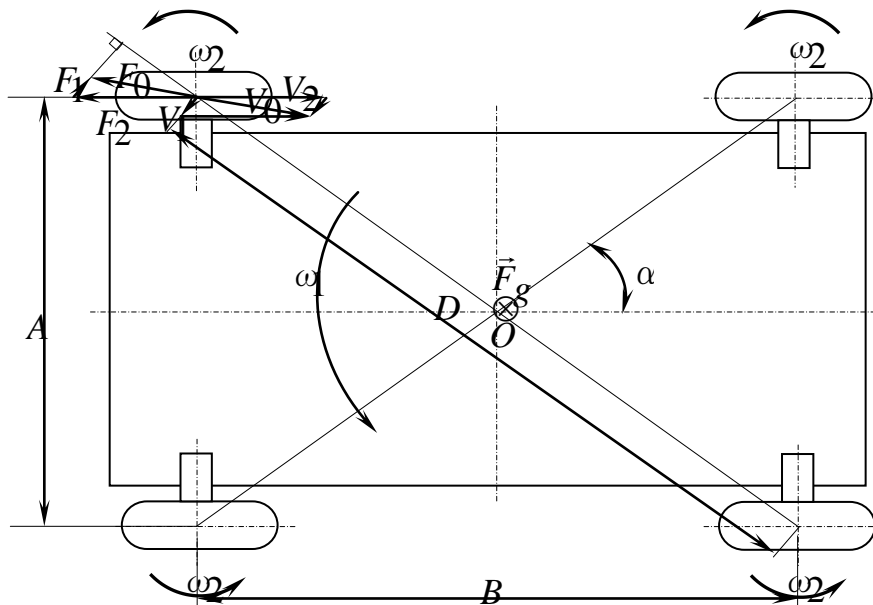


Рис. Схема бортового поворота колесного мехатронного устройства

Рассмотрим силовое взаимодействие колеса комплекса с поверхностью. При бортовом повороте возникает составляющая бортового трения  $F_1$ , которая вызвана проскальзыванием колеса при вращении комплекса вокруг центра  $D$ . Таким образом направление силы  $F_1$  коллинеарно направлению скорости

$V_1$ . Дана составляющая возникает от действия окружной силы  $F_2$  и может приобретать свое максимальное значение при условии, что векторы  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_0$  образуют прямоугольный треугольник. То есть  $F_1 \perp F_0$ , а  $F_0$  совпадает с диагональю колесной базы и противоположна за направлением со скоростью проскальзывания. Именно при данном условии окружная сила максимально реализуется в силу поворота. При данных условиях поворот состоится с максимальной скоростью и с максимальным расходом энергии.

Исходя из выше сказанного:

$$V_1 = V_2 \sin \alpha, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – кут между диагональю и продольной осью колесной базы.

После подстановки уравнений (2) и (3) у (4):

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{2R}{D} \sin \alpha.$$

Сила бортового трения :

$$F_2 = \frac{F_0}{\cos \alpha},$$

Мощность процесса бокового поворота :

$$N = \omega_2 R F_0 \operatorname{tg} \alpha = \omega_2 R F_g \operatorname{tg} \alpha.$$

Полученные результаты исследований проходят проверку на разработанном электромобильном мехатронном комплексе (рис. 2).



Рис. 2 Колесный электромобильный мехатронный комплекс с системой бортового поворота

Разработанные зависимости позволяют спрогнозировать расходы энергии и скорость поворота, которые возникают при движении электромобильных мехатронных комплексов с системой бортового поворота.

#### Литература

1. Опейко Ф.А. Математическая теория трения. - Минск, 1971. -148 с.

**В.А. ЗЮЛИН, О.В. КОСАРЕВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАКЕТА СОНАРА

Повышение эффективности работы различных отраслей промышленности требует широкого применения современных информационных технологий. Это продиктовано общемировым стремлением к цифровизации экономики. В Российской Федерации в целях реализации “Стратегии развития информационного общества” принята программа “Цифровая экономика Российской Федерации” [1]. Цифровая экономика - это экономическая деятельность, основанная на цифровых технологиях. Речь идёт не столько о разработке и продаже программного обеспечения, сколько об электронных товарах и сервисах, производимых электронным бизнесом и электронной коммерцией. Расчёты за услуги и товары электронной экономики производятся зачастую электронными деньгами. Исходя из мировых тенденций, информационные технологии должны

использоваться на всех этапах проектирования и реализации на рынке и в производстве товаров и услуг. Уже существуют и применяются на практике нейротехнологии, нанотехнологии, искусственный интеллект, промышленный интернет, робототехника, виртуальная и дополненная реальности, интернет вещей, облачные хранилища и др.

Одним из возможных применений интернета вещей в горнопромышленной отрасли может быть построение “умных шахт”, “умных газопроводов” и “умных заводов”. Управление производством подразумевает непрерывный контроль технологического процесса с помощью различных датчиков. Для построения макетов систем сбора и обработки информации с датчиков подходит аппаратно-программная платформа Arduino.

Аппаратно-программная платформа Arduino предназначена для создания простых систем автоматизации и робототехники. Платформа включает в себя бесплатное программное обеспечение и платформу микроконтроллера. Макеты реальных устройств на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами. К платформе можно подключить датчики различных газов и дыма, датчики огня, влажности, температуры, датчики движения, ультразвуковые датчики и многие другие.

На базе платформы Arduino был построен макет сонара. Сонар позволяет определять расстояние до предметов с помощью излучения импульсов ультразвука. В макете был применен ультразвуковой излучатель и сервопривод для поворота излучателя. Формирование ультразвуковых импульсов, управление поворотом датчика, вычисление расстояния до объекта и формирование изображения на экране монитора реализовано с помощью программного кода. Программный код был написан в среде программирования Arduino IDE. Язык программирования в этой среде основан на C++, поэтому его возможности очень обширны.

Сонар может быть использован как вспомогательная система для самодвижущихся промышленных роботов. Кроме того, к платформе Arduino могут быть подключены датчики огня, влажности, температуры, датчики наличия газа. С таким набором датчиков можно построить макет комплекса мониторинга воздушной смеси в шахте или в цеху. Информация с датчиков будет поступать по беспроводному каналу связи на центральный блок обработки. С помощью таких решений можно создать прототип “умной шахты” или “умного завода”. Прототип позволит отработать концепцию построения “умной шахты” и отладить обработку информационных потоков в лабораторных условиях [2].

Предложенный макет сонара является лишь прототипом, который может быть использован во множестве интересных решений. Основной акцент хотелось бы сделать на огромную вариативность в использовании платформы Arduino для построения цифровых производств и комплексов. Большое количество блоков расширения и датчиков для этой платформы в совокупности с их низкой стоимостью делает Arduino отличным решением для обучения будущих инженеров цифрового производства.

#### Список использованной литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации" <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (21.01.2018)
2. Разработка модели программно-аппаратного комплекса системы мониторинга техногенных объектов на базе Arduino / Бугакова Т.Ю., Волкова А.С. – Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. т. 1. № 1. С. 132-137.

**С. О. ЛОСКУТОВ**

ООО «Охотская горно-геологическая компания»

**Ю. Г. КРИВЕЦКИЙ**

ООО «Охотская горно-геологическая компания»

### **РАЗРАБОТКА СКРИПТА В ПРОГРАММЕ «DATAMINESTUDIO 3» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ДАННЫХ**

*Аннотация: Статья посвящена автоматизации обработки маркшейдерских данных. Актуальность данной темы обусловлена большими трудовыми затратами при подготовке данных для расчета Потерь и Разубоживания, которые являются одной из главных задач маркшейдерской службы. В ходе работы была выявлена проблема, поставлена цель и найдено решение этой проблемы путем разработки скрипта в программном обеспечении Датамайн. Для определения степени полезности для маркшейдерской службы был проведен сравнительный анализ, а также произведен расчет ожидаемого экономического эффекта.*

Основной целью задания было уменьшение трудовых затрат маркшейдерской службы при подготовке данных для подсчета Потерь и Разубоживания в программном обеспечении «DatamineStudio 3» при добычном производстве. Для этого было необходимо создать методику, позволяющую максимально автоматизировать подготовку данных. Объектом исследования являлись данные маркшейдерской съемки фактической

отработки добычных секторов за отчетный период. Предметом исследования было время, затраченное на подготовку данных.

В настоящее время весь процесс расчета Потерь и Разубоживания можно разделить на четыре этапа. Первый этап: обработка «сырых» данных маркшейдерской съемки в программном обеспечении AutoCADCivil 3D. Второй этап: загрузка и обработка данных в программном обеспечении CAEDatamineStudio 3. На этом этапе происходит импорт данных из AutoCADCivil 3D, построение каркасов. Третий этап: запуск скрипта для подсчета Потерь и Разубоживания, разработанный специалистами компании «Полиметалл УК». Четвертый этап: проверка полученных данных.

Порядок работы на втором этапе: После импорта данных сначала строятся поверхности кровли и подошвы сектора. Затем эти поверхности связываются между собой и получается борт сектора. Далее маркшейдер проверяет, есть ли ошибки в каркасе. Если есть, то борт сектора удаляется, делаются дополнительные построения. Борт сектора строится заново. Действия повторяются до тех пор, пока ошибок в каркасе не останется. Затем необходимо проверить, пересекает ли полученный каркас сектора уже существующие каркасы. Если же пересекает, то борт сектора снова удаляется, вносятся дополнительные построения и перестраивается сектор. Как только все ошибки и пересечения удалены, добавляются идентификационные поля и полученный сектор объединяется с уже существующими секторами.

Плюсами существующего метода являются: точность подсчета, отсутствие необходимости построения разрезов по каждому сектору. Отсутствует необходимость ручного подсчета Потерь и Разубоживания, так как этот процесс автоматизирован и подсчет делает специальный скрипт. Как следствие, времени на подсчет уходит гораздо меньше, чем уходило до внедрения программного обеспечения DatamineStudio 3.

Минусами является следующее: при импорте данных в DatamineStudio 3 приходится выполнять огромное количество повторяющихся действий. Для построения одного каркаса необходимо импортировать минимум четыре отдельных файла. Соответственно, если было отработано 20 секторов, то необходимо будет импортировать минимум 80 отдельных файлов.

При ручном построении каркасов очень часто приходится редактировать каркасы из-за того, что:

1. каркас построился и не соответствует фактической отработке;
2. каркасы могут построиться так, что между ними останутся «пустоты», или «зазоры», которые влияют на подсчет объем добытой руды;
3. каркасы могут построиться так, что происходит наложение одного каркаса на другой, что тоже влияет на качества подсчета объем руды.

В большинстве случаев исправление выше обозначенных ошибок равносильно полной перестройке каркасов, т.е. второй этап необходимо начинать с начала.

Учитывая минусы существующего метода, была поставлена цель автоматизировать процесс подготовки данных для подсчета потерь и разубоживания и уменьшить трудозатраты маркшейдерской службы. Идея была в том, чтобы схема работы приобрела следующий вид из трех пунктов: импорт данных, подготовка данных и запуск скрипта. Если имеется определенный алгоритм действий, то его можно записать в программный код.

Итогом работы получился скрипт, который был назван FastWF. Для его работы необходимо указать исходные данные, заполнить поля ввода идентификационных полей и нажать кнопку пуск. Последовательность действий у нас стала следующая: импортируем данные, подготавливаем данные и создаем дополнительные файлы и запускаем скрипт. В итоге получаем каркасы отбитой руды и отчет об объемах.

Проведем сравнительный анализ качества построения:

1. если при построении вручную у нас могут образоваться «пустоты» или «наложения», которые необходимо ликвидировать, то скрипт исключает их появление;
2. неверное построение каркасов с помощью скрипта тоже исключено, если правильно подготовить данные для его работы;

Плюсы и минусы при работе со скриптом. Плюсы все те же самые, что и при ручном построении, только к ним еще добавляются следующие:

- при импорте данных выполняется работы в десятки раз меньше;
- не нужно редактировать каркасы и исправлять ошибки;
- быстрое построение каркасов без потери качества.

Для минимизации ошибок и полного их исключения при построении каркасов, необходимы дополнительные построения в DatamineStudio 3.

Теперь сравним сколько времени требуется для подготовки данных вручную и с помощью скрипта. Исходными данными для сравнения является маркшейдерская съемка 20-ти секторов отбитой руды. Среднее время ручного построения одного каркаса с исправлением ошибок и добавления идентификационных полей 20 минут. Импорт данных: 20 секторов это 80 отдельных файлов. В среднем на это уходит 15-20 минут. Для работы скрипта нам нужны всего 3 файла, т.е. на импорт уйдет не более одной минуты. Подготовка данных для построения: при ручном способе этот пункт отсутствует, при работе со скриптом на это уйдет 20 минут. Построение каркасов: вручную на это уйдет 400 минут непрерывной работы. Скриптом все строится за 5 минут. Итого непрерывной работы вручную необходимо 7 часов, со скриптом всего 26 минут (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ затраченного времени на построение каркасов

№ п/п	Этап построения каркасов	Затраченное время:
-------	--------------------------	--------------------



		вручную	автоматически
1	Импорт данных	15-20 минут	1 минута
2	Подготовка данных для построения	0 минут	20 минут
3	Построение каркасов отбитой руды	20x20=400 минут	5 минут
Итого времени непрерывной работы		7 ч. 00 мин.	26 мин.

Для корректной работы скрипта для подсчета Потерь и Разубоживания (третий этап) необходимо построить на каждый каркас еще один каркас, так называемое ограничение учета потерь. Это увеличивает объем работы ровно в 2 раза. Так же стоит учесть, что согласно Санитарным нормам и правилам каждые 50 минут работы за компьютером необходимо делать перерыв 10 минут. Поэтому на подготовку данных для расчета Потерь и Разубоживания вручную уходит около двух дней. С помощью скрипта – всего 52 минуты.

При внедрении автоматизированных систем заменяющих ручной труд на производстве, ожидаемый экономический эффект рассчитывается как произведение сэкономленного времени на среднюю заработную плату работника в единицу времени. Таким образом ожидаемый экономический эффект составляет 120 тысяч рублей в год.

Подведем итоги. Был разработан скрипт и методика, позволяющие более оперативно подготавливать данные для расчета Потерь и Разубоживания. Качество получаемых данных осталось на прежнем высоком уровне при гораздо меньших трудозатратах. И можно еще сделать вывод, что большинство повторяющихся в большом количестве операций можно запрограммировать. Данная методика и скрипт будут внедрены в работу маркшейдерской службы ООО «Охотская горно-геологическая компания» и ООО «Светлое».

#### Использованные источники:

1. CAE Mining Documentation.
2. Studio 3 Scripting tutorial Help.
3. Studio 3 Macros tutorial Help.

**Ю.А. РАДЧЕНКО**

*РУП ПО "Белоруснефть", БелНИПИнефть*

**М.Ю. КУРНИЦКИЙ**

*НП ООО "Геослайн"; ООО УК "Интервейл"*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕБИТА СКВАЖИНЫ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИИ ГРПНА БАЗЕ ВЫДВИНУТОЙ ТЕОРИИ О МОРФОЛОГИИ ПРОЦЕССА**

#### Аннотация

##### Цель исследования:

- выдвижение, теоретическое и экспериментальное обоснование гипотезы о морфологии процесса гидравлического разрыва пласта в карбонатном коллекторе;
- разработка математической модели прогнозирования дебита скважин после проведения в них операции ГРП;
- разработка гидродинамического 3D симулятора процесса гидроразрыва на базе разработанной математической модели.

##### Актуальность исследования:

Отсутствие автономных методик и автоматизированных систем прогнозирования эффективности операций ГРП в карбонатных коллекторах, отсутствие возможности контроля развития геометрии процесса, обусловленное высокой степенью неопределённости строения, влекут за собой критическую погрешность прогнозных расчетов, в связи с чем, остро стоит вопрос о разработке методики качественной оценки эффективности и рисков проведения ГРП.

##### Критерии новизны:

Настоящая разработка относится к системе и способу прогнозирования дебита скважины после проведения на ней гидроразрыва пласта и представляет собой:

- фундаментальную гипотезу морфологии процесса гидравлического разрыва пласта;
- математическую модель, оперирующую исходной базой данных, конечным этапом которой является вычисление дебита скважины после проведенной операции;
- программный симулятор процесса, предназначенный для визуализации и расчета конечного результата воздействия.

**Практическая ценность:**

Осуществление настоящей разработки обеспечивает прогнозирование дебита скважины после проведения на ней гидроразрыва пласта, повышение точности прогнозных расчетов при максимальной стабильности результатов.

**Статья**

В настоящее время общепринятой является теория представления схемы скважины, содержащей единичную трещину эллипсоидной формы, получаемую в результате проведения операции ГРП. Согласно данной теории, длина трещины выражает ее фактическую полудлину (крыло трещины), в связи с предположением о существовании зеркального отображения трещины с противоположной стороны ствола скважины.

**Проблематика** данного подхода состоит в отсутствии учета влияния естественных характеристик пласта при проектировании эффекта ОПР, что влечет за собой фатальную погрешность прогнозирования результирующих дебитов скважин, эксплуатирующихся в условиях карбонатных коллекторов.

**Модель определения трещины гидроразрыва, предлагаемая автором**, основана на гипотезе о представлении схемы скважины, содержащей разветвленную трещиноватую структуру, образованную в процессе слияния трещины гидроразрыва с естественной трещиноватостью породы.

В целях подтверждения выдвинутой гипотезы был проведен ряд экспериментов, включающих:

- гидродинамическое 3D моделирование операции;
- лабораторные испытания на керне;
- промысловые испытания;
- математическое моделирование результата, с использованием разработанной автором методики.

**Гидродинамическое моделирование операции** осуществлялось посредством использования гидродинамического 3D симулятора Eclipse. Задача эксперимента состояла в оценке эффективности расчета, производимого с использованием:

- модели одиночной трещины гидроразрыва – методика определения одиночной трещины разрыва правильной формы;
- модели трещины, имеющей разветвленный характер – модель, предлагаемая к использованию автором.

Для проведения эксперимента созданы тестовые модели, содержащие скважину, характеризующуюся вышеуказанными структурами.

Полученная модель трещины разрыва правильной формы, характеризующаяся параметрами, заявленными для реальной промысловой скважины, показывает минимальное увеличение дебита, что не соответствует действительным показателям, для условий описываемых созданной моделью (см. рис. 1, а). При этом полученная модель трещины разрыва, имеющей разветвленный характер, характеризуется увеличением дебита, сопоставимым с реальными показателями (см. рис. 1, б).

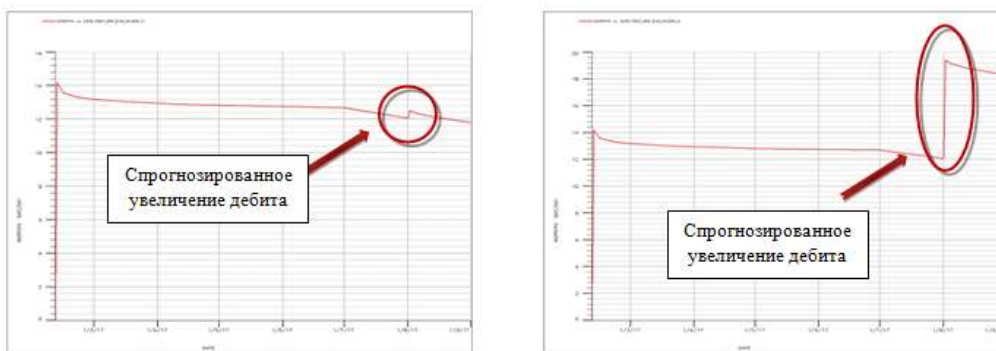


Рис. 1 – Увеличение дебита скважины после проведения в ней ГРП, смоделированное при помощи ПО Eclipse

Результаты гидродинамического моделирования, наглядно иллюстрируют очевидность создания в пласте разветвленной структуры сложного характера в процессе проведения операции по гидравлическому разрыву пласта.

**Лабораторные испытания на керне** проведены при помощи специализированного оборудования, позволяющего симитировать реальные условия, характерные при операции по гидравлическому разрыву пласта. Результаты исследования проанализированы при помощи томографа (см. рис. 2).



Рис. 2 – Образцы ядра до и после проведения эксперимента

**Результаты эксперимента подтверждают** гипотезу о возникновении в результате гидравлического разрыва пласта в карбонатном коллекторе разветвленной трещиноватой структуры, характеризующейся слиянием естественных трещин пласта в единую фильтрационную систему с некоторым подключением матричной составляющей, обладающей наиболее слабыми перегородками.

Также, в рамках экспериментального подтверждения выдвинутой гипотезы, **проведены ОПР с применением технологии СЛОЭ**, позволяющей осуществление непрерывного «прослушивания» геологической среды с выполнением 4-мерной визуализации микросейсмической активности исследуемого объема.

На рисунке 3 представлен пример фрагмента визуализации процесса формирования зон, иллюстрирующий общее поле эмиссии, обусловленное раскрытием и схлопыванием пустот породы.

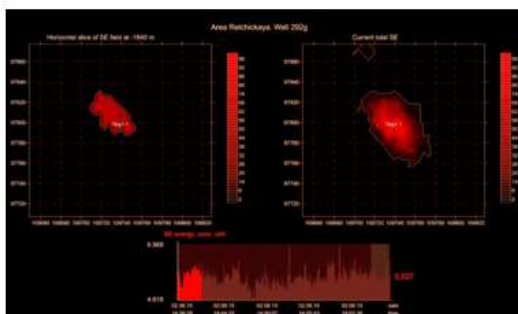


Рис. 3 – Фрагмент визуализации 2D-динамики процесса трещинообразования во время проведения гидроразрыва пласта

Таким образом, целесообразно заключение о подтверждении гипотезы как лабораторными, так и опытно-промышленными исследованиями.

**Экспериментальная оценка предлагаемой автором математической модели.**

В настоящее время, ни одна из существующих методик математического моделирования эффекта операции ГРП не может быть принята в качестве универсальной, что свидетельствует об актуальности исследований в данной области.

Математическая модель, предлагаемая автором, основанная на гипотезе о разветвленном строении трещины, возникающей в связи с переопределением пустотности карбонатного коллектора при проведении операции гидроразрыва, демонстрирует высокую стабильность результата наряду с максимальным снижением конечной погрешности (см. рис. 4).

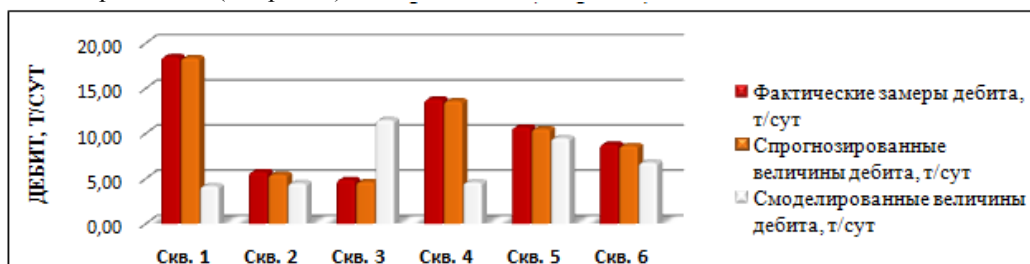


Рис. 4 – Визуальные характеристики отклонений фактических дебитов скважин от спрогнозированных, при помощи методики, разработанной автором величин

**Разработка гидродинамического 3D симулятора процесса гидроразрыва пласта АЖ**

**Проектное программное обеспечение АЖ** – разрабатываемый авторами, гидродинамический 3D симулятор, имеет своим предназначением численное моделирование операций по гидравлическому разрыву пласта различных степеней геологической сложности.

Модуль является локально-сетевым и предназначен для внутреннего пользования компаний.

В качестве исходной гидродинамической модели комплекс АЖ использует частичную выгрузку гидродинамической модели Eclipse с сохранением опции потока на границе, определенным в результате полного расчета месторождения. В качестве исходного математического базиса расчета эффективности операции гидравлического разрыва пласта, комплекс АЖ использует вышеозначенную методику.

На рисунке 5 представлены окна первичного ввода данных, характеризующиеся наличием следующих параметров:

- комплекс полей ввода общих характеристик исследуемого объекта,
- функция выбора дополнительных условий,
- функция создания итогового отчета заданной степени детализации,
- функция управления детализацией МГРП,
- функция сохранения / печати отчета
- характеристики моделируемой операции, заявленные в качестве исходной базы данных.



Рис. 5 – Окна первичного ввода данных

На основании исходных данных симулятором определяются ячейки геологической модели, пересеченные плоскостью трещины разрыва, между которыми создаются дополнительные виртуальные соединения. Моделирование притока флюида из пласта в скважину осуществляется путем аналитико-эмпирического расчета коэффициента соединения для каждой вскрытой ячейки гидродинамической сетки. Проектируемая модель представляет собой элемент системы разработки, включающий в себя добывающую скважину, заданную в центре моделируемой области и зону распространения нагнетаемого в пласт агента.

**Симулятор АЖ также предполагает реализация следующих возможностей:**

- моделирование эффекта прорыва пластовой воды в скважинах с проведенной операцией по гидроразрыву пласта;
- моделирование снижения эффекта ГРП во времени;
- моделирование операции ГРП в условиях терригенных коллекторов;
- увеличение приемистости нагнетательных скважин при обратном эффекте операции, а так же превышении проектного давления гидроразрыва пласта;
- моделирование распространения трещины разрыва за пределы пласта;
- проведение анализа чувствительности, а так же гибкое варьирование геометрических параметров трещины.

**Преимущества симулятора АЖ:**

1. Симулятор АЖ разработан и адаптирован для расчета эффективности операций по гидравлическому разрыву пласта в карбонатных коллекторах, что в настоящее время не имеет конкурентно способных аналогов.
2. Инновационный подход к определению геометрических характеристик результирующей пустотности породы позволяет осуществлять значительное снижение погрешности моделирования конечного эффекта при наглядной визуализации проекта.
3. Сравнительным преимуществом моделирования процесса гидроразрыва при помощи программного симулятора АЖ является значительное уменьшение времени расчета показателей при одновременном повышении качества моделирования
4. Методика прошла апробацию и оценку эффективности в сравнении с методикой моделирования трещины разрыва при помощи дробления ячеек гидродинамической сетки. В результате анализа установлена большая эффективность вышеописанного метода, поскольку учет геометрических параметров трещины в явном виде более соответствует реальным изменениям, происходящим в пласте в процессе проведения операции.

На основании вышеизложенного представленный комплекс рекомендуется для практического применения при проектировании операций по гидравлическому разрыву пласта.

**Основная исследуемая литература**

1. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1986. 332 с.
2. Желтов Ю.П., Христианович С.А. О гидравлическом разрыве нефтеносного пласта // Изв. АН СССР. ОТН. 1955. №5. С.3-41.
3. Оценка эффективности гидравлического разрыва пласта на основе гидродинамических исследований вертикальных скважин / М.Х. Хайруллин, Р.С. Хисамов, М.Н. Шамсиев, П.Е. Морозов, Е.Р. Бадертдинова, И.Т. Салимьянов // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №7. – С. 56\_59.

1. Интерпретация результатов гидродинамических исследований скважин / Р.С. Хисамов, Н.А. Назимов, Р.Г. Фархуллин, М.Т. Ханнанов, Е.Р. Бадертдинова, И.Т. Салимьянов, М.Х. Хайруллин // Материалы докл. науч. практ. конф., посвященной 60-летию образования ОАО «Татнефть». – Альметьевск, 2010. – С. 85\_97.

**Ю.В. РАСТВОРОВА, Ф.Г. АРСЛАНОВА, А.С. МУСТАФАЕВ**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ИНТЕГРАЦИЯ МИКРОПЛАЗМЕННОГО СЕНСОРА CES В НЕФТЕГАЗОВУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И МЕДИЦИНУ**

Группой плазменных исследований Санкт-Петербургского горного университета создан анализатор молекулярного состава газа, работающий на запатентованном методе столкновительной электронной спектроскопии (CES). Анализ производится за счет измерения энергии электронов, образующихся при ионизации газовой смеси источником фотонов с длиной волны в области вакуумного ультрафиолета (ВУФ). Зарегистрированные спектры энергии определяют количественный и качественный состав образца без использования эталонного спектра, что является главным отличием микроплазменного сенсора CES от газоанализаторов предыдущего поколения [1].

К настоящему времени в рамках проекта достигнуты следующие результаты:

- разработана принципиальная схема ВУФ-фотоионизационного детектора с источником ультрафиолетовых фотонов в виде миниатюрной газоразрядной трубки, наполненной смесью  $Kr - He$  с торцевым окном из  $MgF_2$  для генерации резонансного излучения криптона на атомарных линиях  $Kr$  116,48 нм (10.64 эВ) и 123,58 нм (10.03 эВ), диаметр стеклянного баллона 16 мм, внутри которого смонтированы цилиндрический катод и анод, излучение выводится через торец анода; напряжение зажигания разряда – 450 В, напряжение горения 220 В, ток разряда 3 мА, потребляемая мощность – менее 1 Вт;

- выбраны рабочие режимы, а именно в газоразрядной камере находится инертный газ под давлением от 102 Па до атмосферного, напряжение горения разряда 300-500 В, ток порядка 10 мА;

- изготовлен и собран макет микропроцессорной системы на основе микроконтроллера ADuC841, который управляет системой питания для зажигания разряда в постоянном режиме на высоковольтном DC-DC конвертере (регулируемый выход до 500 В); блоком пошагового цифрового сканирования задерживающего напряжения в диапазоне 0-5 В с шагом сканирования 0,01 В; аналогово-цифровым преобразователем, обеспечивающим оцифровку фототока с частотой до 300 кГц и усреднение полученных отсчетов;

- разработано программное обеспечение для микроконтроллера ADuC-841 на языке Ассемблера, которое предоставляет возможность установить пределы сканирования напряжения катода, шаг сканирования, длительность интервала измерения фототока на каждом шаге сканирования и число повторений измерения фототока;

- разработано макетное программное обеспечение обработки кривых «ток-напряжение» под ОС Windows на основе ранее созданного программного пакета для обработки спектральных данных. Графеновое покрытие электродов стало нововведением, которое позволило уменьшить работу выхода электронов до 1 эВ.

В ходе проведения экспериментов к настоящему времени с помощью разработанного сенсора CES уже распознано порядка сотни различных молекул, что доказывает его состоятельность и потенциально широкую область применения.

Главные преимущества созданных детекторов CES перед другими возможными конкурентами: низкая цена, малые габариты и энергопотребление, высокая чувствительность (1 ppm и лучше), широкий динамический диапазон измеряемых концентраций, возможность определения широкого спектра одновременно анализируемых веществ, в том числе, сложных органических молекул. Это обусловлено тем, что при облучении CES-ячейки ВУФ фотонами происходит ионизация всех присутствующих молекул, имеющих соответствующий потенциал ионизации, без фрагментации и производится их классификация по спектру энергии фотоэлектронов. Следует отметить, что эмиссионные методы, к которым фактически относится CES, заведомо, с точки зрения физики, имеют больший динамический диапазон измерений.

Особенности метода, не имеющие аналогов, позволили создать портативный анализатор, способный стать персональным средством контроля состояния здоровья людей. За счет своей компактности, малого веса, высокой скорости срабатывания, низкого энергопотребления, а также высокой для портативного прибора чувствительности распознавания широкого спектра молекул, такой прибор может эффективно использоваться как на опасных производственных объектах, так и в медицинских целях. К примеру, в нефтегазовой области и горном деле микроплазменный сенсор CES способен производить мониторинг состояния здоровья рабочих (в качестве контролирующего средства предлагается силиконовый браслет со встроенным сенсором, который будет отслеживать работоспособность персонала), проводить анализ воздуха экспресс-

методом с целью выявления превышений предельно-допустимых концентраций, контролировать буровзрывные работы и стать ориентиром для построения аэроэкологической карты [2]. В то же время, в сенсор может использоваться в качестве средства контроля биомаркерных молекул в амбулаториях, удаленных от медицинских учреждений с наиболее совершенным оборудованием [3].

Актуальность и значимость данной разработки признана патентами на изобретение: РФ 2217739, 2498441, 2584691; США 7,309,992; Японии 4408810; Великобритания, Франция и Германия - EP 1557667; КНР ZL200380106502.2, а также грантами УМНИК-2015, договор №7007ГУ/2015 и грантом компании «Schlumberger» на развитие и внедрение сенсоров в нефтегазовую отрасль. Разработка микроплазменного сенсора CES была включена в отчет Президенту РФ от Горного университета.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] A S Mustafaev et al 2017 Photoionization microplasma sensor J. Phys.: Conf. Ser.929 012105
- [2] (Mustafaev A, Rastvorova I and Arslanova F 2017 Ultra-compact photoionization analyzers. Ecological monitoring application at hazardous production facilities 59th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (Milwaukee, Wisconsin, USA) Abstract: YP11.00049.)
- [3] Мустафаев А.С. Фотоионизационный микроплазменный сенсор / А.С. Мустафаев, Ю.В. Растворова, К.Ю. Хобня, С.С. Поденко // Тезисы докладов международной молодежной конференции Физика.СПб/2016, Санкт-Петербург, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 2016. – С. 311-313.

**А. А. СЕМИКОЛЕННЫХ**

*ЗАО «Личкваз», Капан, Армения*

**П. М. МИШУЛОВИЧ**

*АО «Полиметалл Управляющая Компания»*

## **«РАСПРЯМЛЕНИЯ» ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БЛОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ПЛОСКОСТЬ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ**

**Аннотация:** В статье рассматривается вопрос трансформации координат блоков модели и опробования для улучшения процесса интерполяции. Рассмотрены основные подходы и принципы.

**Ключевые слова:** Моделирование в геологии, блочные модели, модели месторождений

В статье рассматривается вопрос трансформации координат блоков модели и опробования таким образом, чтобы совместить их в условной «распрявленной» системе координат для улучшения процесса интерполяции. Данная технология появилась достаточно давно [1], имеет своих сторонников в различных добычных и консалтинговых компаниях, применяющих ее для создания блочных моделей, однако массового распространения не получила. В горно-геологической информационной системе (ГИС) «Micromine» есть модуль, позволяющий производить распрямление. Однако интерполяция в среде «Micromine» производят в субблоки. В данной статье рассматривается методика, позволяющая производить интерполяцию в «панели» (крупные «материнские» блоки) «распрявленной» блочной модели (на базе ПО «Datamine»), что является более правильным с точки зрения использования кригинга.

Жильные геологические объекты часто имеют сложную морфологию (рис.1.). Этот фактор отрицательно влияет на качество интерполяции и результаты геостатистического анализа. Методика распрямления позволяет обойти данную проблему, путем преобразования модели рудных тел в рудную модель простой формы. Однако метод имеет ограничение и применим только к рудным телам с геометрической анизотропией, близкой к плоскости (жилы, пласты и линейные зоны) [2].

Идея «распрямления» заключается в параллельное смещение блоков модели и данных опробования к некоторой виртуальной плоскости так, чтобы центральные точки полных рудных пересечений и центров столбцов блоков оказались на этой плоскости. Далее проводятся исследования данных и интерполяция, после чего модель возвращается к исходным координатам. «Распрямление» может выполняться: с выравниванием мощностей рудных тел (приведение к единой плоскости и средней мощности); без выравнивания мощностей рудных тел (приведение только к единой плоскости).





Рис. № 1. Геологические объекты жильной формы зачастую имеют сложную морфологию.



Существуют и другие методы, позволяющие повысить качество оценки в блочных моделях (БМ) за счет учета сложной морфологии - «динамическая анизотропия», «разворот складок» и др.. Поэтому, как и во всем моделировании, выбор методики должен основываться на здравом смысле и личном опыте. Метод «распрямления» на плоскость XY, XZ или YZ - один из эффективных способов решения проблемы моделирования сложных тел, позволяющий проводить геостатистические исследования и интерполяцию в условной системе координат, которая близка к стратиграфическим координатам рудных тел.

Использование «распрямления» с выравниванием на мощность или без выравнивания зависит от условий распределения полезных компонентов в рудных телах (рис.3, 4.). Когда отдельные сорта руды внутри жилы, параллельны контактам рудного тела, следует применять «распрямление» на плоскость с выравниванием на единую мощность. Если распределение сортов руды внутри рудного тела имеют секущие контакты, присутствуют обогащенные зальбанды жил, то следует применять «распрямление» на плоскость без выравнивания.

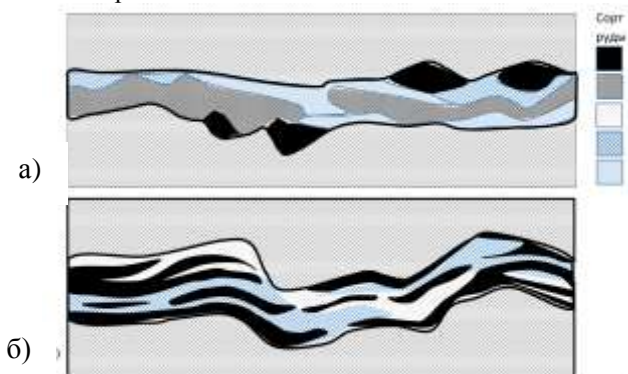


Рис. № 3. Геологические условия, при которых следует выбрать тот или иной стиль «распрямления». а) «распрямление» на среднюю плоскость б) «распрямление» на плоскость с выравниванием на мощность.

Сама методика «распрямления» может быть описана последовательностью шагов, приведенных ниже. На первом этапе производится перекладка исходной блочной модели на прототип, где размер материнской ячейки по оси, ортогональной к плоскости распрямления, должен превышать мощность рудных тел по этому направлению.

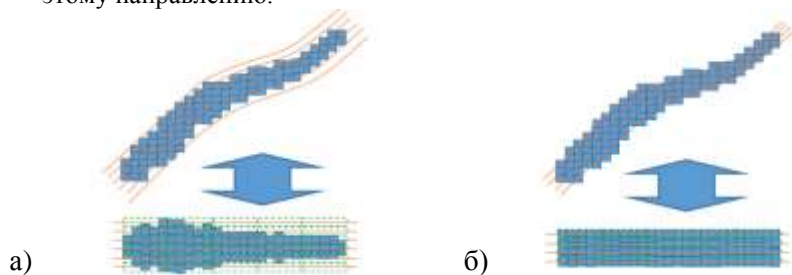


Рис. № 4. а - «Распрямленная» модель, н з приведенная к единой мощности, б - «Распрямленная» модель, приведенная к единой мощности на разрезе.

Это позволяет определить **минимальные** (1) и **максимальные** (2) координаты, **амплитуду** (3) и **смещение** (4) каждого столбца блочной модели до плоскости распрямления  $X_0$ . Также рассчитывается **средняя мощность** (5) по направлению распрямления и **коэффициент масштабирования**(6):

$$(1) X_{min_i} = \text{MIN}(XC_i) - XINC_i/2; (2) X_{max_i} = \text{MAX}(XC_i) + XINC_i/2; (3) DX_i = X_{max_i} - X_{min_i};$$

$$(4) H_i = (X_{max_i} + X_{min_i}) - X_0; (5) DM = \sum_i DX_i/n; (6) K_i = DM/DX_i,$$

где  $i$  соответствует ИКБлока модели.

Далее вводится поправка в координаты  $XC$ (7):

$$(7) XC_{Flat_i} = (XC_i - H_i - X_0) * K_i + X_0;$$

Имасштабируется размер блока  $XINC$ (8):

$$(8) XINC_{Flat_i} = XINC_i * K_i;$$

После того, как в координаты блока введены поправки, и блоки модели сдвинуты к плоскости распрямления, производится перекладка распрямленной модели на прототип в условной СК, с учетом SMU по мощности и не менее  $1/4$  разведочной сети по остальным осям. На этом цикл «распрямления» модели завершается.



Вместе с моделью к единой плоскости приводятся данные опробования. Математический механизм «распрямления» опробования аналогичен «распрямлению» модели. Для проб вводится только поправка к координате  $X$ , масштабирование длин не применяется (9):

$$(9) \quad X_{Flatj} = (X_j - H_j - X_0) * K_j + X_0,$$

где  $j$  соответствует каждой секционной композизированной пробе рудной выборки.

После математических преобразований модель перекладывается на новый прототип с размером материнской ячейки соответствующей наименьшей выемочной единице (SMU), после чего начинается этап геостатистических исследований и интерполяции.

Для возврата к исходным координатам  $X_{C\_Orig}$  и размерам блоков  $X_{INC\_Orig}$ , достаточно выполнить арифметические преобразования координат (10) и размеров блока (11) в обратном порядке:

$$(10) \quad X_{C\_Orig} = (X_{C\_Flat} + H_i * K_i + X_0 * K_i - X_0) / K_i;$$

$$(11) \quad X_{INC\_Orig} = X_{INC\_Flat} / K_i.$$

Для опробования возврат к исходным координатам производить нет необходимости, так как трансформации проб при распрямлении не производится.

Разработанный макрос «распрямления» для Datamine опробован на объекте Личквас-Тей (Республика Армения) (рис.5.). В результате получено улучшение оценки содержаний, в модели повышена контрастность оруденения, что сыграло свою положительную роль на оценку минеральных ресурсов месторождения.

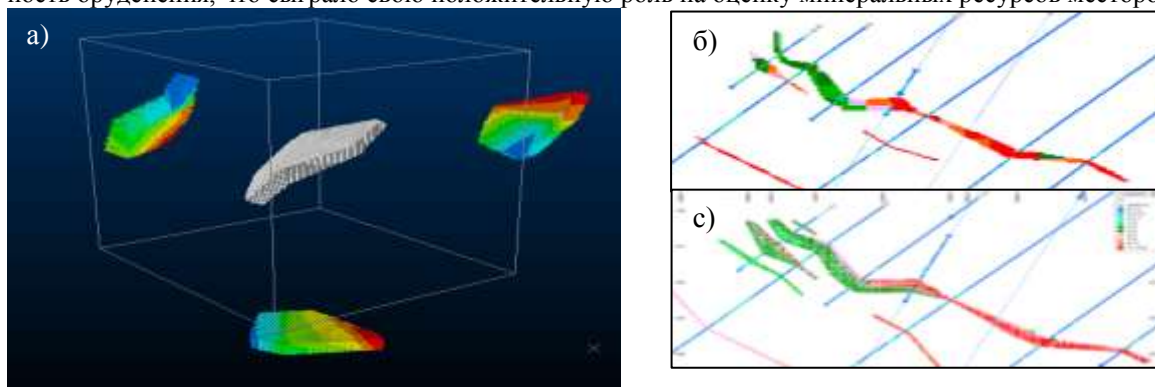


Рис. № 5.а -Результаты работы макроса «Распрямления» в ПО Datamine; б - результат интерполяции «ординарным кригингом» без распрямления; в - результат интерполяции «ординарным кригингом» с использованием метода «распрямления»

В качестве заключения отметим, что методика «распрямления» - полезный инструмент, не требующий серьезных трудозатрат, позволяющий повысить качество оценки содержаний за счет повышения контрастности их распределения по мощности тела.

#### Список использованной литературы

1. Marat Abzalov. Applied Mining Geology. Springer international publishing Switzerland, 2016.
2. Mathieu Poudret, Chakib Bennis, Jean-François Rainaud and Houman Borouchaki. "A volume flattening methodology for geostatistical properties estimation". Proceedings of the 20th International Meshing Roundtable. Springer, 2011. С. 569-587.

О.А. СИДЯЧЕНКО, И.М. КОРНИЕНКО

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

## АНИМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

**Актуальность.** Угольная шахта представляет собой сложную систему, изменяющуюся во времени и пространстве. Многообразие условий разработки, изменчивость и непредсказуемость факторов внешней и внутренней среды обуславливают особые требования к управлению такими системами. Стремительное развитие компьютерных технологий в настоящее время создает предпосылки для коренного изменения процедуры принятия решений при проектировании и управлении горнодобывающими предприятиями. Однако внедрение современных средств моделирования таких объектов, на наш взгляд, отстает от общего темпа развития компьютерных технологий в ряде других сфер.

**Цель исследования** – анализ возможных подходов к созданию анимационных моделей производственных процессов угольных шахт и реализация моделей очистных и подготовительных работ на примере шахты «Шахтерская Глубокая».

**Основная часть.** В последние годы устойчивыми лидерами в области трехмерного моделирования и анимации являются известные коммерческие продукты Autodesk 3d Max, Autodesk Maya, Cinema 4D, Blender и ряд других.

В результате трехмерного моделирования в этих программных средствах создается визуальная модель желаемого объекта. Полученное изображение какого-либо предмета в результате 3D моделирования можно увидеть на экране монитора в различных ракурсах, при различном освещении. Трехмерная графика незаменима и для презентации будущего изделия.

3D-моделирование также бывает необходимым в случаях, когда модель используется для предварительного анализа или отсутствует доступ к реальным объектам, что характерно для разработки месторождений полезных ископаемых.

В горном деле в силу невозможности проведения натуральных экспериментов трехмерная модель может обеспечить имитацию различных условий разработки и многовариантное формирование возможных сценариев разработки с учетом изменчивости условий во времени а также для различной степени неопределенности исходных данных.

Современное программное обеспечение позволяет достичь очень высокой степени детализации. В результате можно получить модель, максимально приближенную к реальности.

При моделировании шахты «Шахтерская Глубокая» при помощи стандартных программных средств построены модели пластов h8 и h7, главный ствол, вспомогательный ствол, вентиляционный ствол центрального блока, вентиляционный ствол восточного блока, воздухоподающий ствол восточного блока, а также все выработки, проведенные до 2013 года включительно.

В результате построена полномасштабная модель шахты со всеми имеющими выработками (рис. 1).

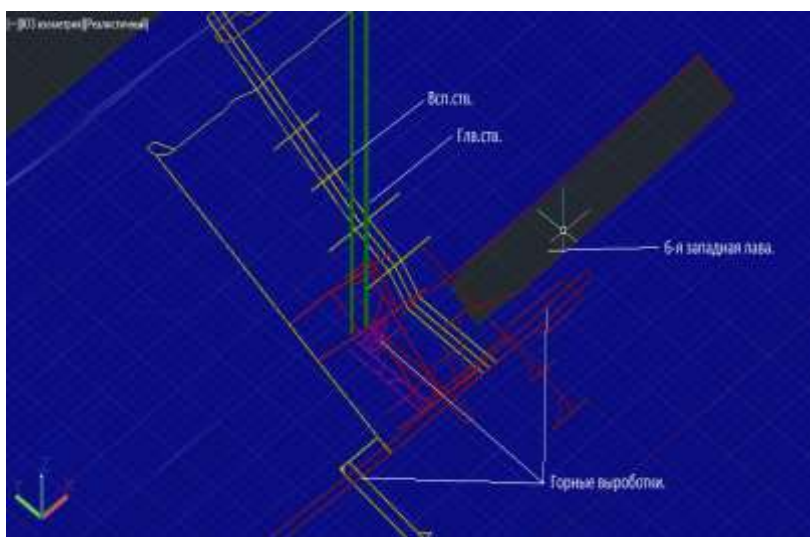


Рис.1 – Модель горных выработок и 6-й западной лавы пласта h<sub>7</sub>

В дальнейшем при помощи программ 3D Max и Blender построена модель очистных и подготовительных работ по пласту h<sub>7</sub>. Фрагменты модели представлены на рис. 2, 3.

Модель включает два штрека, транспортный и вентиляционный с рельсовым путем, секции механизированного комплекса и шахтный очистной комбайн (рис. 2 - 4).

Все эти объекты модели возможно визуализировать с большей детализацией с целью изучения особенностей технологического процесса.



Рис.2 – Модель сопряжения лавы со штреком пласта h<sub>7</sub>

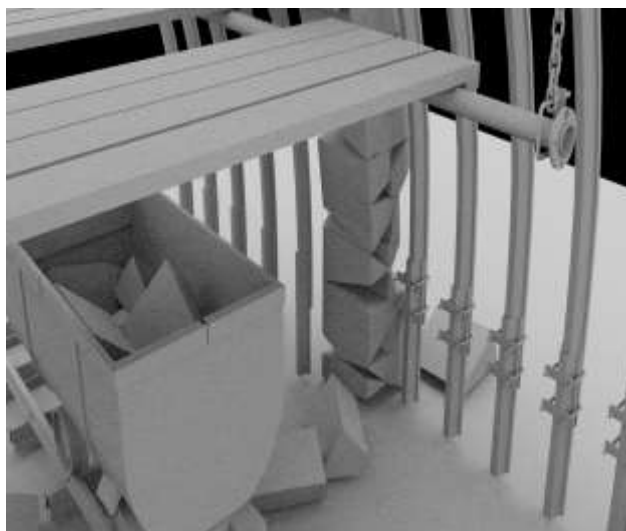


Рис.3 – Модель ремонта горных выработок

В целом построенная модель обеспечивает анимацию процессов очистных и подготовительных работ, что позволяет лучше представить функционирование угольной шахты.

Виртуальные модели основных объектов распечатаны на 3D – принтере.

**Выводы:** Построенные модели позволяют визуализировать в пространстве и времени горные работы на шахте, что создает предпосылки для совершенствования принимаемых решений. Наличие аналогичных моделей для различных технологий добычи угля позволит перевести обучение студентов горных специальностей на качественно новый уровень.

#### Литература

1. Верстак Анимация в 3ds Max 8. Секреты мастерства (+ CD-ROM) / Верстак, Владимир. - М.: СПб: Питер, 2006. - 432 с.
2. Верстак, В. 3ds Max 8 на 100% (+ CD-ROM) / В. Верстак, М. Бондаренко, С. Бондаренко. - М.: СПб: Питер, 2006. - 416 с.
3. Полещук AutoCAD 2007. 2D/3D-моделирование / Полещук, Николай. - М.: Русская Редакция, 2007. - 416 с.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Скаженик В. Б.

**Л.А. ЯЧМЕНОВА, А.Г. СЫРКОВ, А.Н. КУЩЕНКО, Н.С. ЦЫВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГИДРИДНЫЙ СИНТЕЗ МЕТАЛЛОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И НАНОСТРУКТУРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время металлы по-прежнему остаются основным конструкционным материалом в науке и технике. Существующие промышленные и лабораторные способы получения металлов не позволяют получать металлы, стабильные в условиях функционирования. Как правило, необходимо дополнительное легирование (модифицирование) металла, которое при традиционном подходе требует дополнительной стадии, а часто и нового производства.

Перспективным подходом к созданию термо- и химически стабильных материалов на основе металлов является метод твердотельного гидридного синтеза (ТГС), предложенный и экспериментально обоснованный Сырковым А.Г. [1]. С помощью ТГС возможно восстановление металла и одновременное регулирование свойств его поверхности за счет субмонослойной хемосорбции гидридного восстановителя [2]. В данной работе реализуется и анализируется модернизированный способ синтеза, все стадии которого проведены в токе метана (или очищенного природного газа).

Твердотельный гидридный синтез основан на восстановлении при нагревании в открытой проточной системе и по заданной программе твердых соединений металлов летучими термостойкими элементно-

дородными соединениями (аммиаком, моносиланом, метаном, метилдихлорсиланом, органогидридсилоксанами и др.).

Таблица 1

Энергия связи ( $E_{св.}$ ) элементов по данным РФЭС\* и химический сдвиг ( $\Delta$ )  $E_{св.}$  элемента ( $\Theta=N, C, Si$ ) относительно  $E_{св.}$   $\Theta$  в известных соединениях металла с элементом<sup>1)</sup> для металлических продуктов, полученных в условиях гидридного синтеза

Образец получен взаимодействием $NiCl_2$ с	$E_{св.}$ , эВ					$\Delta$ , эВ
	$M2p_{3/2}$	$Si2p$	$Cl2p$	** $C1s$	$N1s$	
$SiH_4$	854.6	104.0	-	-	-	5.0
$NH_3$	853.0	-	-	-	402.0	4.0
$CH_4$	853.4	-	-	284.3	-	1.3
$H_2$	853.4	-	-	-	-	-

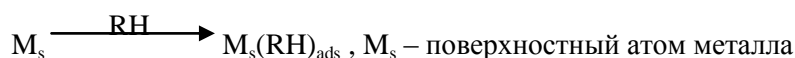
• Спектры регистрировали на приборе Escalab 220 iX1 (Университет Лейпцига). Для возбуждения спектров использовали излучение  $AlK\alpha$  (1486.6 эВ), давление в камере анализатора при съемке – не более 1.3 мПа.

<sup>1)</sup> Имеются ввиду соответственно нитриды, карбиды и силициды никеля;  $E_{св.}\Theta$  для них брали из справочника [Нефедов В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений. М.: Химия (1984)]

\*\*<sup>2)</sup> В этой графе  $E_{св.}$   $C1s$  приводится только в случае отличия от фонового пика  $C1s$  285.0 эВ, по которому были стандартизованы РФЭС-спектры.

Исходные реагенты для ТГС – твердые дисперсные хлориды и оксиды металлов ( $Ni, Cu, Fe$ ), оксидное сырье в виде Оленегорского суперконцентрата (близок по составу к  $Fe_3O_4$  – до 99%). В первых опытах по ТГС использовали простейшие восстановители-модификаторы ( $NH_3, CH_4, SiH_4$ , в.ч.) из баллонов), в дальнейшем к арсеналу восстановителей были добавлены пары алкилхлоргидридсиланов и органогидридсилоксанов, а в процессе восстановления стали использовать последовательную обработку разными гидридными реагентами [3].

Помимо реакции восстановления до металла ( $M$ ) происходит хемосорбция избытка восстановителя  $RH$  на поверхности металла по донорно-акцепторному механизму [1]:



Данные РФЭС-спектров образцов показывают (таблица 1), что при восстановлении одного и того же металла разными гидридными восстановителями меняется энергия связи электронов характеристического уровня металла  $M2p_{3/2}$ . Меняя гидридный восстановитель, мы можем регулировать энергию связи уровня  $M2p_{3/2}$ , а, значит, и его «окисленность». Самым «восстановленным» получается металл в среде газообразного аммиака, что связывается со смещением электронной плотности с атома азота  $NH_3$  на вакантные d-уровни металла по схеме  $N \rightarrow M$  при хемосорбции восстановителя [1,2]. Формально самый окисленный металл образуется при восстановлении в моносилане (таблица 1).

Как видно из таблицы 2, если менять природу металла и использовать один и тот же восстановитель ( $SiH_4$ ), то возможно регулирование энергии связи уровня  $Si2p$ , а, значит, и степени окисления кремния, который хемосорбируется в составе кремнийгидридных групп на поверхности металла.

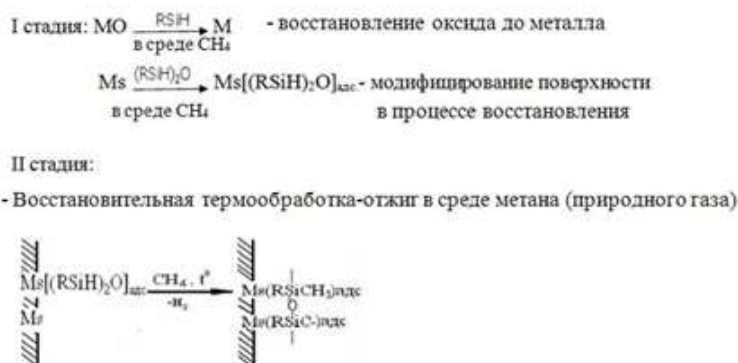
Таблица 2

Влияние природы металла на величину  $E_{Si2p}$  кремния, фиксирующегося в поверхностном слое металлических продуктов в условиях гидридного синтеза

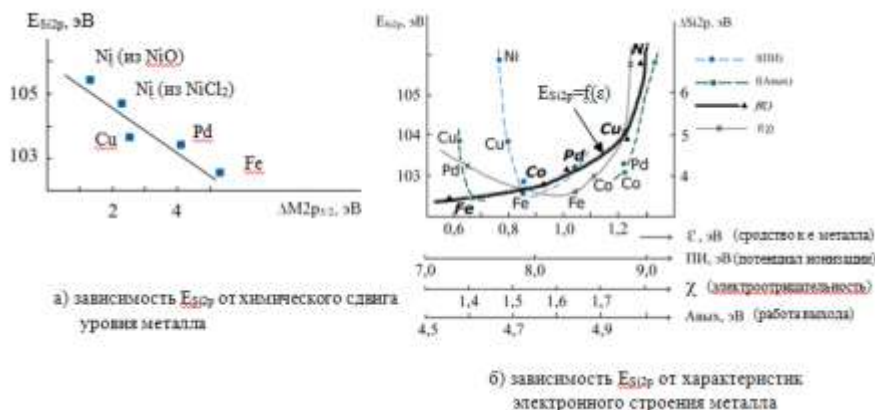
Образец получен взаимодействием	$E_{св.}$ металла $M2p_{3/2}$ , эВ	$E_{св.}$ , эВ		Сродство к электрону $M$ , эВ	Электроотрицательность $M$
		$Si2p$	$Cl2p$		
$NiCl_2 + SiH_4$	854.6	104.0	-	1.28	1.75
$NiCl_2 + H_2$	853.4	-	-		
$CuCl_2 + SiH_4$	934.3	103.5	-	1.23	1.75
$CuCl_2 + H_2$	933.2	-	-		
$FeCl_2 + SiH_4$	709.5	102.1	-	0.58	1.64
$FeCl_2 + H_2$	707.8	-	-		

Обязательным этапом ТГС является предварительное высушивание твердого металлосодержавшего сырья перед восстановлением [2]. Нами предложено, реализовано и запатентовано проведение в среде метана высушивания исходных соединений металла и их последующего восстановления парами низкомолекулярных органогидридсилоксанов  $RSiH$  (метил- или этилгид-

ридисилоксана с торговым названием препарата ГКЖ-94). Процесс формирования металлического продукта с хемосорбированными в поверхностном слое Si-C-группами завершается восстановительным отжигом в CH<sub>4</sub> или в очищенном [2,3] природном газе (см. схемы процессов на I и II стадиях ниже). Как видно из схемы первой стадии, одновременно с восстановлением металла идет хемосорбция производного RSiH на поверхности металла. Чтобы избавиться от реакционноспособных связей SiH на поверхности, довосстановить образец и уплотнить структуру вещества в объеме и на поверхности проводят более высокотемпературный отжиг при температуре около 600°C (вторая стадия синтеза) в токе метана. На поверхности металла формируется карбосилоксановая наноплёнка, которая придает металлу уникальные свойства. Плёнка химически взаимодействует с металлом, прочно связана с ним, что объясняют смещением электронов по схеме M-Si на поверхности металла с нанесенной кремнийорганикой [2,3].



Для синтезированных образцов получена зависимость энергии связи электронов кремния уровня 2p хемосорбированной кремнийорганики от химического сдвига уровня металла. Как следует из рис. с ростом химического сдвига уровня металла происходит снижение энергии связи Si2p. Наиболее корректно происходящее смещение электронной плотности в поверхностном слое по схеме M → Si объясняется с использованием корреляции E<sub>Si2p</sub> со средством к электрону металла ε, что иллюстрирует рисунок б. С повышением ε в ряду металлов Fe, Co, Pd, Cu, Ni, отражающим снижение восстановительных свойств M, экспериментально регистрируется рост E<sub>Si2p</sub>.



$$\epsilon_{Fe} < \epsilon_{Co} < \epsilon_{Pd} < \epsilon_{Cu} < \epsilon_{Ni}$$

$$0,58 < 0,94 < 1,02 < 1,23 < 1,28 \text{ (эВ)}$$

рост E<sub>Si2p</sub>

Рис. Регулирование энергии связи электронов уровня Si2p (степени окисления Si) по данным РФЭ-спектров твердых продуктов ТГС

Для промышленного использования синтезированных образцов важна воспроизводимость синтеза. Из таблицы 3 следует, что химический состав полученных металлических продуктов ТГС является стати-

стически постоянным с учетом погрешности анализа и повторяется от опыта к опыту при варьировании количества параллельных опытов (синтезов) от пяти до десяти.

Таблица 3

Химический состав металлических продуктов ТГС, полученных последовательным восстановлением соединений Ni, Cu, Fe в парах ГКЖ и в метане (CH<sub>4</sub>) с проведением всех стадий в среде CH<sub>4</sub> (режим 1)

Соединение металла, из которого получен образец	Содержание в металлическом продукте, мас %			
	M	Si	C (EDX)	Cl
Хлорид Ni(II)	I. 96,0±0,3	2,3±0,2	1,8±0,1	0,10±0,01
Оксид Ni(II)	II. 95,8±0,3	2,7±0,2	2,0±0,1	–
Оксид Cu(II)	III. 95,3±0,1	2,3±0,7	1,8±0,2	–
Оксид Fe(II)	IV. 94,5±0,5	0,8±0,4	1,7±0,3	–

I. Обработаны сведения о составе продукта по данным 10 синтезов (опытов); II. 7 параллельных опытов; III. 5 параллельных опытов; IV. 7 параллельных опытов.

В предложенном нами модернизированном режиме 1, как видно из таблицы 4, реализуется более высокая удельная поверхность для всех металлов и наиболее низкая адсорбция воды. Таким образом, полученные металлические продукты являются более гидрофобными, а следовательно, имеют улучшенные органофильные свойства.

Таблица 4

Структурно-химические характеристики\* полученных при разных режимах\*\* металлических материалов [3]

Образец на основе металла	I. Проведение всех стадий в среде CH <sub>4</sub> (восстановление в ГКЖ)			II. Восстановление в МДХС в среде Ar			III. Восстановление в ГКЖ в среде Ar		
	S <sub>уд.</sub> м <sup>2</sup> /г	Δm <sub>вод</sub> /m, %	Ж, мкг/см <sup>2</sup>	S <sub>уд.</sub> м <sup>2</sup> /г	Δm <sub>вод</sub> /m, %	Ж, мкг/см <sup>2</sup>	S <sub>уд.</sub> м <sup>2</sup> /г	Δm <sub>вод</sub> /m, %	Ж, мкг/см <sup>2</sup>
Никеля	15	0,42	0,399	11	0,89	0,401	10	0,85	0,398
Железа	3	0,11	0,1	1	0,19	0,101	2	0,2	0,102
Меди	18	0,51	0,3	12	1	0,303	13	0,98	0,301

\* Суд – удельная поверхность материала; Δm<sub>вод</sub>/m – масса сорбированной воды, отнесенная к массе исходной навески  $\rho_{вод}/\rho_s = 0,98$  (20°C); Ж- жаростойкость образца (900°C, 100ч); ГКЖ - гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость; МДХС – метилдихлорсилан.

\*\* **В I-ом** режиме: все стадии осуществляются в среде метана (природного газа); **Во II-ом** происходит восстановление образцов в МДХС в среде аргона; **в режиме III** восстановление парами ГКЖ ведут в среде инертного газа (Ar).

Важно отметить, что в сравниваемых выше режимах ТГС I-III заключительная стадия одинакова – отжиг в CH<sub>4</sub>; расходы газов и температуры проведения соответствующих этапов синтеза – идентичны.

#### Основные выводы

- Проанализированы РФЭ- спектры поверхностного слоя металлических продуктов ТГС. Выявлено снижение энергии связи электронов характеристического уровня M2p<sub>3/2</sub> при использовании в качестве гидридного восстановителя электронодонорных молекул NH<sub>3</sub> и повышение соответствующей энергии связи металла (его «окисленности») в случае восстановления гидридами кремния, обладающего электроноакцепторными свойствами.

- При последовательном восстановлении в условиях ТГС предварительно высушенных дисперсных оксидного сырья или хлоридов (Ni, Cu, Fe и др.) парами этилгидридсилоксана (газ-носитель – CH<sub>4</sub>) и в среде метана формируются Si-C-содержащие металлические продукты с регулируемыми адсорбционными и структурными характеристиками. Установлено, что увеличение энергии связи 2p-электронов кремния, по данным РФЭС, от 102 до 104-106 эВ в твердых продуктах происходит закономерно в последовательности M=Fe, Co, Pd, Cu, Ni, и коррелирует с ростом сродства к электрону M-металла, на основе которого получен образец.

- На основе изученных закономерностей формирования металлических продуктов с хемосорбированными карбосилоксановыми группами осуществлен способ получения поверхностно-наноструктурированных металлических материалов, защищенный патентом РФ 2570599. Синтез приводит к упрощению восстановления-модификации металла, снижению материалоемкости и токсичности процесса, росту гидрофобности и дисперсности материала по сравнению с известными аналогами.

Полученные методом ТГС металлические порошки находят применение в минерально-сырьевом комплексе России и Беларуси, в рамках хоздоговора №18017, выполняемого в 2018 г., используются в компании GMS (Москва) как присадки к смазке. Разработанный модернизированный вариант ТГС отмечен 5-ю золотыми медалями на международных конгрессах и выставках.



#### Литература

1. Сырков А.Г. // ЖНХ. 1993. Т. 38. №5. С.753-759.
2. Syrkov A.G. Smart nanoobjects: from laboratory to industry (Book Charter). New York: Nova Science Publishers, Inc., 2013. 214 p.
3. Сырков А.Г., Бажин В.Ю., Ячменова Л.А. и др. // Матер. Межд. Салона Крым «НИ-ТЕСН-2014». Севастополь, 2014. С.44.

## **МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ- КОНКУРСА СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА**

**И.А. АБДРАХМАНОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИЗОХИМИЧЕСКИХ ДИАГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПАРАГЕНЕЗИСОВ В ОБРАЗЦЕ ГРАНАТ-СИЛЛИМАНИТ-КОРДИЕРИТОВОГО ГНЕЙСА (ОАЗИС БАНГЕРА, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)**

Оазис Бангера представляет собой узкую полосу суши, свободной ото льда, тянущуюся вдоль антарктического побережья в районе Земли Уилкса. Геологическое строение этой территории изучалось советскими и австралийскими геологами (Равич и др., 1965; Sheraton et al., 1995). Она сложена крупными телами тоналитовых ортогнейсов палеопротерозойского (1700 млн лет) возраста, выступающими частью метаморфической толщи, в составе которой преобладающие гранат-силлиманит-кордиеритовые парагнейсы со шпинелью переслаиваются с мафическими и фельзическими ортогнейсами. В задачу работы входило определение условий метаморфизма этих пород с помощью методов физико-химического моделирования. Материалом для исследования послужил каменный материал, собранный в ходе 2-й САЭ (ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург). Для решения поставленной задачи было сделано детальное петрографическое описание представительного образца парагнейса и выполнен микрозондовый анализ состава породообразующих минералов (ИГГД РАН). Моделирование выполнялось с помощью программы *Theriak/Domino* (de Capitani, Petrakakis, 2010) на основе базы внутренне согласованных термодинамических данных (Holland, Powell, 1998). Входными данными для расчетов выступали результаты валового химического анализа горной породы. По итогам моделирования было показано, что активность воды в ходе гранулитового метаморфизма не превышала 0.2 (при больших активностях воды герцинит, наблюдающийся в образце, исчезает из парагенезиса). На ранних стадиях метаморфизма порода испытала изотермическую декомпрессию и частичное плавление, а на поздних – изобарическое охлаждение, что характерно для  $P-T$  траекторий, связанных с коллизионными событиями. Из-за низкой активности воды пиковая температура метаморфизма могла превышать 900 °С, что позволяет считать изученную породу возможным проявлением *УНТ* метаморфизма.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. каф. МКП Ю.Л. Гульбин.

**А.И. АГИБАЛОВ**

*Тюменский индустриальный университет*

### **КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Тюменская область является крупнейшим поставщиком углеводородного сырья в России. Широкомасштабное освоение территории области и, в особенности, её северных районов неизбежно сопровождается интенсивным техногенным воздействием на окружающую среду, осложняемое суровыми климатическими условиями.

Общее количество загрязняющих веществ поступающих за год в атмосферу от одного газоконденсатного месторождения в среднем составляет 580 тыс. тонн, основную массу которых составляют угарный газ, оксиды азота и предельные углеводороды.



В настоящее время очистка выбросов от газообразных загрязнений в промышленных установках на территориях месторождений не осуществляется, вследствие дороговизны существующих методов пылегазоочистки и сложности их эксплуатации. Поэтому разработка материалов для комплексного подавления выбросов нефтегазоконденсатных месторождений является актуальной для Севера Тюменского региона.

В работе предлагается способ получения медно-марганцевых катализаторов и условия их применения для снижения концентраций загрязнений на примере Уренгойского газоконденсатного месторождения.

**Научные руководители:** д-р.хим. наук, зав. кафедр. "Общая и специальная химия" Л.А.Пимнева, ст. преподаватель каф. Техносферная безопасность А. А. Загорская,

**В.Ю. АЛЕКСЕЕВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ШАХТНОГО МЕТАНА**

В работе предлагается обоснование перспективных направлений добычи и утилизации шахтного метана, обеспечивающих, как промышленную и экологическую безопасность подземных горных работ, так и экономическую целесообразность добычи и использования метана. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью решения трёх важных существующих в угледобывающей отрасли проблем: обеспечения безопасности подземной разработки газоносных угольных пластов, повышения полноты использования ресурсов метана, снижение выбросов парниковых газов в атмосферу. Целью работы является выбор и обоснование эффективных технологий добычи и утилизации шахтного метана. Достижение поставленной в работе цели обеспечивается путем проведения анализа лучших доступных технологий добычи шахтного метана (предварительной, заблаговременной и текущей дегазации), анализ современного мирового опыта утилизации шахтного метана для различных (в том числе взрывоопасных) его концентраций в метановоздушной смеси. В результате анализа технологических схем управления газовыделением в выработки выемочных участков угольных шахт выявлены наиболее эффективные технологии и выполнена оценка стоимости их реализации. Рассмотрен опыт утилизации метана в ведущих угледобывающих странах: США, Китай, Австралия, и показана возможность эффективной утилизации метана при применении современных технологий.

Таким образом, на основе выполненных исследований выявлены лучшие доступные технологии добычи метана на угольных шахтах и показана техническая возможность и экономическая целесообразность утилизации шахтного метана, а также определены современные перспективные технологии его утилизации (в том числе при взрывоопасной концентрации метана в метановоздушной смеси).

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.А. Сидоренко

**К.А. АНИСИМОВ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ ТРУБКИ “УДАЧНАЯ”**

В 2016 году завершилась разработка кимберлитовой трубки “Удачная” открытым способом до отм. -280/-320 м. Оставшиеся запасы кимберлитовой трубки будут отработаны подземным способом. В настоящее время ведутся горные работы по извлечению подкарьерных запасов до гор. -398 м. системой разработки этажного принудительного обрушения. Идёт проходка капитальных и нарезных горных выработок до отм. -580 м.

Ведение подземных работ осложняется горно-геологическими условиями трубки и окружающего массива горных пород. Между Восточным и Западным рудными телами расположен породный целик, прослеживающийся от дна карьера (отм. -280/-320м.) до разведанной глубины в -1080 м. По результатам исследований института горного дела УрО РАН и работам АУ СШСУ АК «АЛРОСА» этот породный массив между трубками пронизан большим количеством тектонических нарушений, в целике наблюдаются зоны повышенной трещиноватости, отдельные трещины прослеживаются на глубину более 100 метров, через них свободно могут проникать высокоагрессивные минерализованные рассолы, размывая породы целика. Эти факторы создают опасность динамических горных ударов и неконтролируемых вывалов в горные выработки.

В данной работе представлены результаты анализа горно-геологической ситуации на руднике “Удачный”, изучены применяемые технологии, позволяющие защитить капитальные горные выработки от влияния агрессивных внешних факторов. Предложен комплекс мероприятий для реализации концепции безопасного функционирования предприятия, в том числе для повышения безопасности разработки месторождения предложены и обоснованы параметры ведения работ по контролируемому обрушению пород целика с помощью технологий направленного взрывания.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.П. Зубов

**К.А. АНТОНОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ**

Резервирование (избыточность) – это один из множества различных способов повышения отказоустойчивости, довольно хорошо себя зарекомендовавший и применяемый с давних времен в самых разных областях деятельности человека. Основная идея резервирования – введение в дополнение к имеющемуся ответственному узлу дополнительных узлов, причем необязательно идентичных, но позволяющих полностью или частично заменить первый при выходе его из строя.

Резервирование отдельных узлов, блоков и целых подсистем уже длительное время применяется в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую надежность и живучесть устройства. Но анализ литературы показал, что вопросы резервирования в измерительных системах рассмотрены мало, а основной упор сделан на резервирование вычислительных систем. Однако этот круг вопросов достаточно важен, т.к. в современных системах управления ответственными объектами роль измерительных систем весьма значительна – фактически все решения в системе управления принимаются в соответствии с информацией, поступающей от измерительной системы (ИС).

Методы резервирования для ИС аналогичны методам, используемым в вычислительных системах, но в ряде случаев имеют свои особенности. Прежде всего, в зависимости от количества ветвей резервирования рассматривают дублированные и троированные системы. Троированное резервирование с мажоритарным элементом предполагает параллельную работу нескольких ветвей (обычно нечетное количество), причем нет деления на резервные и основные ветви – все они выдают информацию на вход восстанавливающего органа (“мажоритарного элемента”), который уже принимает решение о том, какой результат является правильным. В простом случае этот орган проводит голосование большинством.

Данная система имеет временное ограничение, т.е. период цикла измерения должен быть настроен так, чтобы система гарантированно успевала снять, обработать и передать в верхнюю систему результат измерения по всем резервированным ветвям.

Самый длительный процесс в работе системы – работа с АЦП, так как между отсчетами измерения должна быть выждена задержка, примерно равная 100 мкс, во избежание недостоверных результатов.

В работе при разработке системы выполнены следующие задачи: составление структурной схемы устройства; проектирование модулей центрального процессора и измерительных модулей, а также мажоритарного элемента; создание системы команд для пересылки информации по системе и ее синхронизации, составление исходных данных.

В результате была спроектирована резервированная измерительная система с высокими показателями отказоустойчивости и быстродействия. Период цикла измерения составляет 100 мс, т.е. каждую десятую долю секунды в верхнюю систему поступает новый результат измерения.

Кроме того система представляет собой универсальное устройство, способное поддерживать большое количество датчиков (64 измерительных канала) различных типов.

**Научный руководитель:** ассистент А.А. Белицкий

**А.Н. АХМЕДОВА**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БОРЬБЫ С АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН**

На сегодняшний день процесс добычи нефти на месторождениях осложняется влиянием различных негативных факторов, одним из которых является образование асфальтосмолопарафиновых отложений

(АСПО) – сложной структурированной системы высокомолекулярных соединений. Формирование и накопление отложений может происходить как в стволе скважин, так и в призабойной зоне (ПЗП) и в самом пласте. В результате наблюдается снижение межремонтного периода скважин и их продуктивности, а также ухудшение фильтрационных характеристик пласта, что может негативно сказаться на всем процессе разработки месторождения. В связи с этим актуальной задачей является предложение технологий, направленных на предупреждение образования АСПО при добыче нефти, особенно – склонной к структурообразованию.

В качестве примера в работе был рассмотрен терригенный нефтяной пласт-коллектор парафинистой нефти (6,1% масс.), представленный отложениями нижнехетской свиты берриас-валанжинского яруса нижнего мела. Причинами, способствующими образованию АСПО в рассматриваемых условиях, являются: преобладание парафинов над смолами и асфальтенами в добываемой нефти; снижение температуры потока ниже температуры насыщения нефти парафином; снижение давления ниже давления насыщения и последующее разгазирование нефти; технологические показатели – низкая скорость потока флюида и шероховатость поверхности труб.

Для борьбы с АСПО в добывающих скважинах в настоящий момент применяется очистка скважин механическими скребками и обработка горячей нефтью. Обе данные технологии характеризуются низкой эффективностью: ежемесячно наблюдается увеличение глубины отложений, увеличение затраченных на обработку часов, снижение межочистного периода, а также наличие АСПО на стенках труб и частях насоса при проведении ремонта.

С целью повышения эффективности борьбы с АСПО в добывающих скважинах предлагается химический метод – применение ингибиторов парафинообразования и реагентов-растворителей. Принимая во внимания условия разработки пласта, свойства добываемой нефти, а также накопленный научный и промышленный опыт, рекомендуется для дальнейших лабораторных исследований выбрать ингибитор диспергирующего действия и растворитель с преобладанием алифатических углеводородов.

Еще одним аспектом разработки рассматриваемого объекта является недопущение выпадения и накопления АСПО в поровом пространстве пласта. Предпосылки к возникновению данной проблемы выявлены по результатам гидродинамических исследований: в продолжительно разрабатываемой зоне, характеризующейся высоким темпом закачки холодной воды с целью поддержания пластового давления (ППД), наблюдается значительное снижение пластовой температуры. В случае кристаллизации парафина в пласте произойдет закупоривание пор и, как следствие, снижение пористости и проницаемости, а в самом пессимистичном варианте – отсечение части подвижных запасов.

С целью недопущения дальнейшего ухудшения температурных условий в пласте предлагается усовершенствовать действующую систему ППД путем использования горячей воды в качестве агента воздействия. Данное решение, успешно апробированное на месторождениях Западной Сибири, позволит увеличить охват пласта воздействием за счет теплопередачи, будет способствовать термическому расширению флюида и породы, снижению сил адгезии и поверхностного натяжения, увеличению подвижности нефти и полностью предотвратит структурообразование. Произведенный для опытного участка расчет показал, что прирост нефтеотдачи по фронту воздействия по сравнению с базовым вариантом составит 3,1%.

**Научный руководитель:** Д.С. Тананыхин

**Д.И. АХМЕТЗЯНОВА**

*Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им.Губкина*

## **ВЛИЯНИЕ РУБЕЖИНСКОГО ПРОГИБА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ СЕВЕРНОГО БОРТА ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

Построение трехмерных цифровых геологических моделей в настоящее время становится естественной составляющей геолого-разведочных работ, в том числе и построение бассейновых моделей малоизученных, сложных по своему строению и развитию областей. Прогнозирование нефтегазоносности залежей основано на понимании о эволюции бассейна, свойствах нефтематеринских толщ, процессах аккумуляции и миграции нефти.

Отложения Рубежинского прогиба, как элемент углеводородной системы, интересны в качестве нефтематеринской свиты. Однако, помимо оценки потенциала генерирующих толщ, необходимо также учитывать соотношение времени первичной миграции и формирования ловушек.

В ходе исследования был собран и проанализирован геолого-геофизический и геохимический материал, данные керн скважин в пределах Рубежинского прогиба. Был проведен сравнительный анализ имеющихся данных по близлежащим к прогибу месторождениям.

В ходе работы построены и проведены:

- схемы корреляции скважин девонских отложений в пределах изучаемой территории
- анализ условий осадконакопления на основе результатов исследования керн палеогеографических карт
- анализ геохимических данных по региону

- результирующая бассейновая модель в программном пакете Petromod.
- В результате работы был оценён нефтегазогенерационный потенциал прогиба и, как следствие, его вклад в формирование прибортовых залежей Прикаспийской впадины.

**Научный руководитель:** доктор геолого-минералогических наук С.Ф. Хафизов

**Р.Р. АХУН-ВАЛИЕВ, К.В. ЩЕТИНИНА**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НАДЁЖНОСТИ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ СОВРЕМЕННОГО ГОРНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

С началом производства первых цифровых микросхем возникла проблема использования средств и методов контроля основных параметров, а также функционального контроля. Основными проблемами также стали: 1) отсутствие методологического подхода к испытаниям цифровых микросхем; 2) доступ возможен только к внешним выводам; 3) практически нет аппаратных средств для проведения испытаний. Многие производители электроники в настоящий момент, в первую очередь, заинтересованы на выпуске качественной элементной базы. Для обеспечения надёжности каждого элемента необходимо провести комплекс испытаний на соответствие требуемым характеристикам, а также контроль его функционирования в критических и предельных условиях. Как в процессе производства, так и в процессе эксплуатации одним из способов обеспечения надёжности является использование средств и методов диагностики, позволяющих осуществлять выявление неисправности и контроль.

Диагностический контроль надёжности цифровой микросхемы в данной работе проводится с помощью платформы компании National Instruments - устройством адаптер плат. Данная платформа позволяет проверять правильность функционирования цифровых микросхем, не выпаивая их из печатной платы (ПП). Среди основных параметров цифровых микросхем следует выделить: напряжение питания микросхемы, мощность потребления от источника питания, пороговые уровни напряжений логического нуля и единицы, выходные напряжения логических уровней нуля и единицы, и др.

Во время тестирования микросхемы с помощью адаптера плат в контакте с контрольными точками находятся зонды, размещенные на ней, поэтому скорость контроля определяется быстродействием переключателей ключей. Наличие тестовых зондов, расположенных на одной дорожке печатной платы (ПП), позволяет достаточно точно локализовать обрывы.

Тестирование любой микросхемы выполняется в 2 этапа: тест контактов (1 этап) и функциональный тест (2 этап). На первом этапе, при тестировании микросхемы, проверяется исходное состояние контактов (к примеру, измерение напряжений на выводах микросхемы). На втором этапе, при проведении функционального теста, на входные контакты тестируемой микросхемы генерируется последовательность тестовых сигналов, затем в каждом такте теста считываются реальные данные со всех контактов. Полученные данные сравниваются со стандартом, заданным в программном файле. Рассмотренные тесты позволяют провести проверку печатных плат, к примеру, на обрыв цепи, короткое замыкание и правильность топологии.

Для диагностики цифровой микросхемы был реализован алгоритм параметрического и функционального контроля, а также предложены методы диагностического неразрушающего контроля, которые используются в демонстрационной подпрограммной платформе для тестируемого устройства.

С помощью установки, состоящей из генератора сигналов произвольной формы (РХИ), адаптера плат и тестируемой платы, был проведён параметрический, функциональный и диагностический неразрушающий контроль с использованием модульных инструментов и демонстрационной подпрограммной платформы по следующему алгоритму: 1) анализ высокоскоростного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП); 2) измерение потребляемой мощности; 3) определение характеристик проходного полосового фильтра; 4) тест на обрывы и короткие замыкания; 5) параметрические тесты постоянного тока (определение динамического тока потребления, определение порогов логических уровней на входах, определение токов утечки на входах, измерение логических уровней напряжений на выходах); 6) тест короткого замыкания на выходах; 7) тест шины I<sup>2</sup>C; 8) функциональный тест памяти.

В результате проведённого исследования был разработан алгоритм диагностического контроля надёжности цифровых микросхем современного горного электрооборудования с помощью лабораторно-научного устройства «Адаптер плат» аппаратно-программной платформы «National Instruments», а также реализованы методы диагностического неразрушающего контроля, позволяющие выявлять скрытые дефекты, потенциально снижающие продолжительность функционирования исследуемой микросхемы. На основе анализа возможных причин неисправностей и отказов необходимо сделать вывод о том, что одним из наиболее эффективных методов и способов их устранения, для обеспечения надёжности цифровых микросхем, является применение, в первую очередь, современного контрольного и испытательного оборудования.

## АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОЛЕЗНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ ИХ ЧЕРЕЗ КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В данной работе было проведено сравнение различных типов электростанций. Вопросы брались из ключевых областей: Экологии, Экономики и Энергетики.

На рисунке 1, представлено сравнение станций по вопросам экологии. Оценка каждого вопроса делилась на 3 варианта, например «Загрязнение атмосферы твердыми, газообразными, радиоактивными выбросами»: 1 – обозначает наименьшее, негативное воздействие, 2 – занимает позицию между, 3 – воздействие по этому вопросу, самое значительное. Чем меньше сумма значений по вопросам, тем лучше сказывается работа станции на данном секторе, и следовательно, для нее полезнее.



Рис. 1. Лепестковая диаграмма анализа полезности станций, построенная по основным вопросам экологии.

Оценив все типы станций, была составлена таблица, в которой можно будет увидеть сумму баллов всех типов станций. Проанализировав её, можно сделать выводы и о том, например, что каждая станция по-разному воздействует на окружающую среду, и по разными способами сокращает негативное воздействие.

Научный руководитель: доц. В. А. Почечун

Т.А.БАБЕНКО

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И.Платова

## ЛИКВАЦИЯ В ВУЛКАНИТАХ МАРИАНИТ-БОНИНИТОВОЙ СЕРИИ И ЕЁ РУДОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В образованиях палеозоя Северного Кавказа известны два крупных медноколчеданных объекта – Урупское и Худесское месторождения, локализованные в полосе развития девонского вулканогенно-осадочного комплекса.

По геотектоническим условиям формирования эти объекты различны. Руды Урупского месторождения являются медноколчеданными золотоносными, и локализованы в контрастно дифференцированном базальт-риолитовом комплексе, а руды Худесского месторождения относятся к медноколчеданным кобальтоносным. Важнейшей особенностью вулканитов данной серии являются высокие концентрации магния, достигающие 13-25%, при сравнительно высоких содержаниях кремнезема (52-58%). Как известно, вулканиты марианит-бонинитовой серии распространены только в островодужных энсиматических геодинамических обстановках.

Автором были установлены различные текстурные и структурные признаки магматического расслоения в вулканитах марианит-бонинитовой серии. Особенно отчетливо они проявились в бонинитах области восточного выклинивания зоны передового хребта Северного Кавказа (Гырныаузское рудное поле). Они выражены вариолитами с вариолями различного минерального состава и размера, продуктами их слияния –

вариолевыми жилками, зонками контрастного состава ликватов в подушечных блоках и более значительными по размерам телами кислых и ультраосновных пород контрастного состава.

Петрографическое изучение вариолей и продуктов их слияния, которые наблюдаются в шаровых блоках бонинитов показывает, что расслоение бонинитового расплава на несмешивающиеся жидкости начинается с обособления в нём участков, обогащенных кислым плагиоклазом и кварцем. Такого рода расслаивание бонинитовой магмы наблюдается в "подушках" и отмечается обычно в их краевой зоне под закалённой внешней оболочкой.

Анализ химического состава данных образований показывает, что зонки кислого ликвата и соответствующие им вариоли в результате слияния которых они возникают, обогащены  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ , а сопровождающие их зонки ультраосновного ликвата наоборот, обогащаются  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  и в меньшей степени  $\text{CaO}$ .

подавляющее большинство исследователей, считают, что данным фактором, определяющим ликвацию, является состав расплава и содержание в нем летучих компонентов. Различие типов колчеданного оруденения рассмотренных выше месторождений, на взгляд автора, обусловлено формированием их в разных геотектонических обстановках. В образовании руд Худесского месторождения сыграли большую роль процессы магматического расслоения марианитового расплава. Описанная ликвация в бонинитах, а также описанная ранее Скрипченко Н.С. ликвация в спилитах (марианитах) Худесса, проявлялась и в глубинных очагах, которая привела к появлению силикатно-солевых расплавов, обогащенных рудными компонентами, которые явились источниками руд Худесского кобальтоносного месторождения.

**Научный руководитель:** доц., к. г.-м.н. В.С.Исаев

**К. В. БАБЫРЬ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) являются наиболее распространенным видом аварийных повреждений (75-80 % от общего числа аварийных случаев) в распределительных электрических сетях напряжением 6-10 кВ, что сопряжено со значительным количеством перерывов в электроснабжении добычных машин и механизмов вследствие выхода из строя ответственного электрооборудования. Для минимизации ущербов в электрических сетях 6-35 кВ по причине однофазных замыканий на землю необходимо применять эффективные средства релейной защиты и автоматики, позволяющие селективно выявлять поврежденное присоединение и своевременно устранять возникшее ОЗЗ путем отключения поврежденного участка сети.

Для повышения чувствительности действия защиты от однофазных замыканий на землю было предложено использовать разделительные трансформаторы, предназначенные, в первую очередь, для потенциальной развязки электрической сети 6-10 кВ поверхностного и подземного комплекса. Разделительные трансформаторы следует устанавливать на линиях с большим коэффициентом долевого участия, что позволит увеличить соотношение между собственным емкостным током линии и суммарным током замыкания на землю сети, вследствие чего повысится чувствительность действия защиты.

В результате экспериментальных исследований эффективности функционирования защиты от ОЗЗ в электрических сетях среднего напряжения угольных предприятий были выявлены случаи неселективного действия защиты в нормальных режимах работы сети. Основной причиной ложных срабатываний защиты являлся неучёт величин небалансов по току и по напряжению нулевой последовательности при расчете и выборе уставок защиты. Однако особенностью небалансов в защитах от ОЗЗ является то, что некоторые из них могут не только приводить к ложным или излишним срабатываниям защиты в нормальном режиме работы сети, но и влиять на её чувствительность при замыкании на защищаемом присоединении. В работе была предложена методика разделения небалансов по току и напряжению в зависимости от причин, вызывающих их возникновение.

На основании выполненных исследований была разработана методика выбора уставок и проверки чувствительности действия защиты от ОЗЗ в условиях высокой неоднородности электрической сети и существования небалансов по току и напряжению нулевой последовательности.

**Научные руководители:** д.т.н., проф. Б.Н. Абрамович, к.т.н., ассистент Д.Н. Пеленев

## СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДОМ МЕЛКИХ ФРАКЦИЙ ИЗ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ВЗРЫВА ПРИ ВЕДЕНИИ БВР

В работе предлагаются способы управления выходом мелких фракций из ближней зоны взрыва. Целью работы является анализ эффективности конструкций применяемых зарядов на производстве для снижения выхода мелких фракций в ближней зоне разрушения. Исследуемая проблема, т.к. в зонах переизмельчения и дробления происходит интенсивное разрушение горной породы с образованием значительного количества мелких фракций, что ведет к нерациональному использованию энергии взрыва и потерям полезного ископаемого.

При формировании методов уменьшения объемов мелкодисперсной фракции на производстве следует руководствоваться следующими факторами:

- снижение диаметра заряда в скважине (эффективность применения конструкций данного типа объясняется уменьшением выхода мелкой фракции на 10% при снижении диаметра в 2 раза);
- взрывание с радиальными зазорами (данный вид конструкции уменьшает энергетическую плотность и первостепенное давление взрыва, уменьшает сильное дробящее действие в зоне переизмельчения);
- взрывание рассредоточенных зарядов (эффективность применения конструкций данного типа объясняется уменьшением первоначального давления газов вследствие устремления продуктов взрыва в воздушные промежутки);
- взрывание зарядов без перебура, зарядов на воздушной подушке (данная конструкция обеспечивает хорошую проработку подошвы уступа, не подвергая дополнительному разрушению призабоечную часть нижележащего горизонта и не создавая новообразованные системы трещин);
- использование взрывчатых веществ с низкой бризантностью (снижение бризантного действия ВВ, и как следствие, снижение выхода мелких фракций в ближней зоне).

Необходим обоснованный выбор параметров БВР, обеспечивающий требуемый выход мелких фракций.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент В.А. Ишейский

Л.Ф. БАЙГУСКАРОВА

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЯЗКОСТИ ТОПОЧНОГО МАЗУТА, ПОЛУЧЕННОГО СМЕШЕНИЕМ ГУДРОНА С ТРЕМЯ РАЗБАВИТЕЛЯМИ

Топочный мазут, как и остальные товарные нефтепродукты, получается на нефтеперерабатывающем заводе компаундированием. Основными компонентами для его получения служат тяжелые остатки первичной и вторичной переработки.

В целях обеспечения соответствия мазута требованиям ГОСТ по содержанию серы и вязкости в его состав вовлекаются маловязкие компоненты, играющие роль разбавителей.

Определение и прогнозирование вязкости мазута, получаемого компаундированием, является актуальной задачей на сегодняшний день.

Существует несколько моделей для расчета вязкости топочного мазута, состоящих из двух компонентов: гудрона – базового компонента, и одного разбавителя.

В данной работе предложена модель, включающая две формулы, но которая предназначена для расчета вязкости мазута, компонентами которого являются гудрон и три разбавителя.

Математическая модель для расчета вязкости разбавителей:

$$v_{\text{разб}} = 3,2 \cdot \omega_{\text{д/г}} + 2,0 \cdot \omega_{\text{ЛКГ}} + 5,2 \cdot \omega_{\text{ЛВГ}} \quad (1)$$

Конечная модель для расчета вязкости представляет наиболее распространенное уравнение для расчета вязкости смеси:

$$\ln(\ln(v_{\text{см}} + 0,8)) = x_{\text{Г}} \cdot \ln(\ln(v_{\text{Г}} + 0,8)) + x_{\text{разб}} \cdot \ln(\ln(v_{\text{разб}} + 0,8)), \quad (2)$$

где  $v_{\text{Г}}$ ,  $v_{\text{разб}}$  – вязкости гудрона и разбавителей;

$x_{\text{Г}}$  – массовая доля гудрона;

$x_{\text{разб}}$  – суммарная массовая доля разбавителей.



Предложенная модель расчета вязкости была проверена рядом экспериментов со смесями, приготовленными в соответствии с расчетами. Вязкость каждой смеси измеряли в лаборатории и сравнивали с ее расчетными значениями для той же смеси. Относительная погрешность не превышает 1,16 %.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.Р. Гайсина

**Д.В. БАЙРАЧНЫЙ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка химических реагентов для объектов нефтедобычи, в частности для конкретных геолого-физических условий, осуществляется путем проведения комплексных лабораторных исследований, включающих физико-химические, реологические и фильтрационные. В данной работе представлены результаты теоретических и практических реологических исследований полимерных растворов и составов, применяемых для полимерного заводнения и внутрискважинной водоизоляции.

С технологической стороны, при закачке полимерных составов в продуктивный пласт возникает необходимость оценки критических значений эффективной вязкости. Это важно при подборе технологии внутрискважинной водоизоляции для конкретных условий, ограниченных по геолого-физическим параметрам (например, проницаемость, пористость) и техническим особенностям установок для закачки (например, подача или давление).

В работе приведены результаты теоретических и лабораторных исследований реологических характеристик полимерных растворов, применяемых для полимерного заводнения и внутрискважинной водоизоляции. Предложена формула для определения эффективной вязкости полимерного раствора в поровом пространстве во время закачки его в пласт. Данная формула позволяет рассчитать эффективную вязкость линейного геля в зависимости от режимов закачки (давление, скорость закачки) и от расстояния от нагнетательной скважины до произвольно выбранной точки пласта для конкретных геолого-физических условий (пористость, проницаемость, пластовая температура). Приведен пример расчета эффективной вязкости 1%-ного водного раствора «Геопан-М» при различных расстояниях от нагнетательной скважины до произвольно выбранной точки пласта и при различных режимах закачки по предложенной формуле.

При закачке в продуктивный пласт вязкость водного раствора конкретного полимера, представляющего собой линейный гель, будет зависеть от скорости сдвига и давления при постоянной пластовой температуре и отсутствии влияния внешних факторов.

Обобщая теоретические и лабораторные исследования, получено следующее выражение для плоско-радиальной фильтрации:

$$\mu_{PD} = \frac{\tau \cdot \exp \left( \delta \left( P_{заб} - \frac{P_{заб} - P_{пл}}{\ln \frac{R_K}{R_{кв}}} \ln \frac{R_K}{r} \right) \right)}{\left( \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot m} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m}{k}} \right)^b}$$

На основе данных зависимостей создана программа, представляющая собой задание в среде Visual Basic. Программа предназначена для обработки входных данных, расчета технологических параметров процесса и построения графика зависимости вязкости от расстояния от нагнетательной скважины при плоско-радиальной фильтрации. В программе учитываются: конструкция скважины, толщина пласта, пластовые давление и температура, фильтрационно-емкостные свойства пласта, тип коллектора, плотность горной породы, режимы работы насоса для закачки, изменение вязкости от скорости сдвига.

Программа позволит оптимизировать режим закачки полимерного раствора. Рассчитывая критическую вязкость, при достижении которой может произойти гидравлический разрыв пласта, можно выбрать правильный расход полимерного раствора и давление насоса, а также подобрать оптимальную концентрацию полимера.

**Научный руководитель:** И.Р. Раупов

## **РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

В работе рассматривается возможность применения LPWAN-технологий для организации беспроводных сетей параметрического мониторинга удаленных объектов, а также приводится решение, обеспечивающее реализацию разветвленных информационно-измерительных систем на базе данной технологии.

Установлено, что ввиду специфики ограничений на использование частот ISM-диапазона, в котором предусматривается передача данных по протоколам технологии LPWAN, в Российской Федерации для устройств приемопередатчика доступна полоса частот шириной в 500 кГц. Организация разветвленных информационно-измерительных систем, поддерживающих одновременную работу каналов связи, в полосе частот указанной ширины требует основательного подхода к разрешению вопроса разделения частотного диапазона на передачи данных на отдельные каналы, непосредственно связанного с выбором величины девиации и максимально стабильным поддержанием несущей частоты передатчика. Было выявлено, что уход частоты приемопередатчика определяется, главным образом, нестабильностью несущей частоты кварцевого генератора радиотрансивера, обусловленной такими факторами как изменение температуры окружающей среды, временной дрейф характеристик (старение) и особенностями производства. Так, при стабильности частоты  $\pm 25$  ppm (миллионных долей от номинальной частоты резонатора), характерной в среднем для типового кварцевого генератора, работающего на частоте 39 МГц, в случае передачи данных по радиоканалу на частоте 869 МГц реальное отклонение несущей частоты достигает  $\pm 21,725$  кГц, что приводит к потере связи.

Предложено решение на базе схемы с GPS-приемником, позволяющее компенсировать уход частоты кварцевого генератора, и, как следствие, увеличить число радиоканалов в сети за счет меньшей величины девиации.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. А.Н. Краснов.

**П.А. БАННИКОВА**

*Уральский государственный горный университет*

## **ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ДЕТАЛИЗАЦИОННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ЧУСОВСКОМ МЕДНОКОЛЧЕДАННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

В работе приведена геологическая характеристика месторождения, расположенного на юге Свердловской области. Тела вкрапленных руд залегают в толще крутопадающих кварц-серицитовых сланцев мощностью 130 м, которая сформировалась в склоновой рудовмещающей депрессии по первичным кремнистым осадкам. Месторождение разведано в XX веке бурением и комплексом полевых и скважинных геофизических методов. Целью работы является выделение уровней колчеданного рудоотложения в концепции эксгалационно-осадочного происхождения руд.

Нами на месторождении проведены детализационные электроразведочные работы с минимальным размером приемной линии 5 м: метод вызванной поляризации (ВП) по профилю, метод электрической корреляции в поисково-картировочном варианте (питающая линия перемещалась с шагом 10 м), электротомография; и площадная съемка по методу срединного градиента (МСГ) по сети 10x10 м на площади 240x100 м. В толще рудовмещающих пород выделены четыре субвертикальные электропроводные зоны сопротивлением 150-300 Ом·м, которые соответствуют уровням рудоотложения.

Количественно определена геологическая информативность МСГ и электротомографии при известном положении рудных зон в разрезе. Для численной оценки информативности геофизических методов применен алгоритм расчётов меры неопределённости (энтропии).

Анализ расчетов информативности показал эффективность метода электротомографии. Значение информативности для сводного графика по центральному профилю МСГ получилось небольшим, хотя на площадной карте сопротивлений по МСГ простирание и протяженность проводящих зон, обусловленных вкрапленными рудами, четко прослеживаются.

**Научный руководитель:** к. г.-м. н., доц. А.В. Кузин

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КООРДИНАТНО-ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СИСТЕМ В АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Антропометрические характеристики – объем и площадь поверхности тела человека, в том числе и его конечностей – важнейший источник информации для решения прикладных медицинских задач. В онкологии на основе этих величин производится расчет вводимой дозы лекарственного препарата для химиотерапии. Очевидно, что оперативное определение этих параметров с заданной погрешностью – актуальная задача. Настоящее исследование посвящено поиску оптимального метода ее решения на основе применения результатов трехмерного сканирования, как альтернативы существующим методам.

В ходе исследования была решена задача по определению объема и площади поверхности ноги человека. Применялись два типа сканирующих систем: лазерный сканер HP-L20.8, установленный на координатно-измерительной машине RomerAbsoluteArm, и оптический ручной сканер ArtecEVA.

Обработка данных сканирования – построение и редактирование триангуляционных моделей, автоматизированный расчет объема и площади поверхности – проводилась в программном комплексе Geomagic.

Предварительно была выполнена априорная оценка необходимой погрешности метода. Допустимая ошибка определения искомого параметра составляет 0.5-1% от истинного значения измеряемой величины.

Результаты исследований и апостериорная оценка точности подтвердили применимость метода. С точки зрения удобства его использования на практике и затрачиваемого для измерений времени, наиболее оптимальными представляются измерения оптическим сканером ArtecEVA.

Экспериментальные работы в лабораторных условиях проводились на базе компании ООО «Промышленная геодезия». На практике метод опробован в НМИЦ онкологии им. В.В. Петрова.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. каф. ИГ Ю.Н. Корнилов

## **УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ В СОСТАВЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА ПРИ ПРОВАЛАХ НАПРЯЖЕНИЯ**

Провалом напряжения называется кратковременное (до 1 минуты) снижение действующего значения напряжения ниже установленного порогового значения (от 0,9 до 0 от номинального значения) в конкретной точке электрической сети. Провалы напряжения являются серьезной проблемой для электроустановок на промышленных предприятиях с непрерывным технологическим циклом, так как могут вызывать аварийное прекращение работы двигателя с частотно-регулируемым приводом (ЧРП) вследствие срабатывания защиты минимального напряжения при снижении напряжения в звене постоянного тока. Проблема эта касается только систем с нерегулируемым выпрямителем, ЧРП же с активным выпрямителем (АВ) и в частности АВ напряжения с векторным управлением поддерживают величину напряжения в звене постоянного тока на уровне задания.

- В работе установлено, что при несимметричном провале напряжения, активный выпрямитель с векторным управлением является источником высших гармоник.

- Предложена стратегия управления, позволяющая на основе параметров годографа обобщенного вектора напряжения и мгновенной мощности двигателя сформировать входные токи выпрямителя, таким образом, чтобы при провале напряжения сохранить синусоидальную форму токов.

- Предложенная стратегия управления реализована в компьютерной модели, разработанной в среде SimulinkMATLAB.

- Проанализированы входные токи выпрямителя в условиях провала напряжения при работе преобразователя с векторным управлением и с предложенной системой управления.

Сравнение результатов моделирования двух систем управления показало, что коэффициент гармонических искажений входных токов устройства с модернизированной системой управления снизился в 8 раз.

**Научный руководитель:** д.т.н., доц. Я.Э. Шклярский

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ИССЛЕДОВАНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ**

В настоящее время проблемы, связанные с улучшением низкотемпературных свойств масел, не исчерпаны. На сегодня, основными контрольными показателями, определяющими низкотемпературные свойства товарных масел, являются температурозастывания и вязкостно-температурные характеристики. При этом традиционный способ исследования низкотемпературных свойств масел – измерение температуры застывания масла по ГОСТ 20287-91 не дает полной информации о возможности эксплуатации масла при конкретных условиях, т.к. эти температуры определяют только лишь переход масел в гелеобразное состояние.

В работе рассматривается температура стеклования – как контрольный показатель для определения нижнего порога работоспособности масел. Температура стеклования – это истинный переход в твердое состояние, как следствие вязкостного застывания. Температуру стеклования нефтепродуктов можно определять методом диэлектрической спектроскопии. Метод заключается в измерении диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь исследуемого продукта от температуры на различных частотах электрического поля. Структурные изменения в исследуемых нефтепродуктах сопровождаются резкими изменениями диэлектрических свойств.

Также в работе рассматриваются перспективы использования метода диэлектрической спектроскопии в исследовании низкотемпературных свойств нефтяных масел с целью оценки их физико-химических свойств, структурных переходов при изменении температуры и потенциальных критериев эффективности подбора присадок к маслам.

**Научный руководитель:** к.т.н., А.А.Байда.

**А.С. БЕЛОВА**

*Тверской государственной технической университет*

## **РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АНТИСЛЕЖИВАЮЩИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

В работе проведены исследования по получению и изучению свойств комплексного антислеживающего порошка на основе инертного тонкодисперсного материала и торфа. Опудривание полученным порошком частиц или гранул ряда сыпучих материалов позволяет предотвратить образование контактов между их поверхностями, успешно решая тем самым проблему слеживаемости при хранении и транспортировке. Традиционно в качестве антислеживателей применяют инертные тонкодисперсные материалы (тальк, гипс, каолин, мел и др.), а также различные виды поверхностно-активных веществ (ПАВ). Однако большинство из них являются гигроскопичными, что затрудняет их использование для обработки гидрофильных систем.

Для формирования эффективного гидрофобного покрытия на гидрофильных порошках предложено использование битумных соединений, извлекаемых из торфяного сырья. В качестве материалов для гидрофобной обработки в исследованиях использовались тонкодиспергированные (размер частиц менее 40 мкм) каолин и мел. На поверхность их частиц термохимическим способом наносились торфяные битумы. Способ нанесения позволяет получать на частицах сплошную пленку толщиной от 10 до 20 нм. Полученный таким образом гидрофобно-модифицированный порошок предназначен для использования в качестве антислеживающего агента. Для предотвращения слеживания сыпучего материала, он смешивается с гидрофобно-модифицированным порошком в количестве от 5 до 10%.

В качестве обрабатываемых материалов было использовано минеральное удобрение карбамид, а также гранулированный бутадиен-нитрильный каучук. Проведено экспериментальное обоснование перспектив использования разработанных антислеживателей, а также определены их оптимальные концентрации для обработки вышеуказанных сыпучих материалов.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. Е.Ю. Чертова

## **ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБИН МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОТДАЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ИСКОПАЕМЫХ**

Наша страна занимает одно из первых мест в мире по запасам многих полезных ископаемых. На данный момент в нашей стране открыто более 20 тыс. месторождений полезных ископаемых [1]. Труднодоступные регионы России, где имеются национальные ресурсы полезных ископаемых, испытывают острый недостаток энергии для их развития. Несмотря на исключительную привлекательность уникальных месторождений, практическое отсутствие или слаборазвитая энергетическая инфраструктура является одной из главных причин, по которым перспективные проекты освоения этих месторождений до сих пор остаются нереализованными [2].

Для энергообеспечения отдаленных месторождений целесообразно использовать малоразмерные газотурбинные установки.

Одной из основных проблем создания эффективных и надежных ГТД является повышение КПД турбин, в частности, за счет предотвращения появления потерь вследствие действия вторичных вихрей.

Как показали проведенные эксперименты, газодинамическая эффективность турбинных венцов малоразмерных ГТД зависит от характера динамики распространяющихся в них вторичных течений. При высотах, превышающих  $h_r = 70$  мм, течение в межлопаточном канале характеризуется отсутствием смыкания вторичных вихрей, образующихся из погранслоя на торцевых поверхностях. При снижении высоты до  $h_r = 45 - 42$  мм, возникает активное взаимодействие зон вторичных течений, что решительным образом влияет на рост уровня потерь. Далее при снижении высоты наблюдается разрушение вторичных вихрей, рост нового погранслоя, что сопровождается снижением потерь.

Таким образом, на основании проведенных экспериментов можно сделать важные рекомендации разработчику по повышению КПД малоразмерных турбин. Необходимо избегать высот аэродинамически коротких лопаток, при которых вторичные вихри наибольшим образом взаимодействуют друг с другом.

### **Библиография**

1. 130 бюджетов России под землей. //Российская газета. 26.01.2015
2. Использование атомных станций малой мощности для энергоснабжения арктических месторождений твердых полезных ископаемых. // Мельников Н.Н., Гусак С.А., Наумов В.А.- Вестник Кольского научного центра РАН, 2017.

**Ю.О. БЕЛОСЛУДЦЕВА**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРНОЛЫЖНОЙ ТРАССЫ № 4 НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ КРАСНОЙ ПОЛЯНЫ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕГО ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ**

Длительная устойчивость природных склонов во многом определяется сложностью инженерно-геологических условий, климатическими факторами, влиянием подземных вод, а также сейсмичностью региона. Горнолыжная трасса проложена по северному склону хребта Аибга, представляющего собой отрог Южного склона Большого Кавказского хребта. В разрезе исследуемого склона прослеживаются флишевые толщи нижнеюрских отложений, где отмечаются ритмы аргиллитов, алевролитов, песчаников с преобладанием первых.

Для оценки устойчивости принципиальное значение имеют следующие инженерно-геологические особенности: наличие поверхностей ослабления, присутствие в разрезе неблагоприятно ориентированных трещин, особенности формирования раздробленности пород.

На основе региональных исследований установлено, что для территории характерно присутствие тектонической трещиноватости, а также литогенетических трещин и трещин выветривания. Измененность пород флишевой толщи обусловлена воздействием агентов выветривания в сочетании с высокой влажностью и повышенной температурой, характерными для субтропического климата.

Особое внимание должно быть уделено достоверности положения поверхностей скольжения, расчетным параметрам, обводненности разреза, а также воздействию сейсмического эффекта. В процессе про-

ектирования не было уделено должного внимания достоверности положения поверхностей скольжения, влиянию трещиноватости на характеристики сопротивления сдвигу – угла внутреннего трения и сцепления. В расчете, произведенном на стадии проектирования, была использована круглоцилиндрическая поверхность скольжения, завышенные значения сцепления и особенно угла внутреннего трения, и сделан вывод о гарантии устойчивости при отсутствии сейсмического эффекта. При исследовании разреза элювиально-делювиальных отложений, которые слагают потенциальное оползневое тело, не обращено внимания на влияние крупнообломочного заполнителя на параметры прочности. Использование криволинейных поверхностей скольжения, снижение параметров сопротивления сдвигу, приводящие к развитию оползневых процессов подтверждаются наблюдаемыми нарушениями устойчивости склонов в пределах рассматриваемого района.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. каф. ГиИГ Р.Э. Дашко.

**Р.С. БЕРЕЗЮК**

*ФГБОУВО Тюменский Индустриальный Университет*

## **СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕРВИСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Современные экономические условия, характеризующиеся политической, конъюнктурной, валютной нестабильностью, порождают ряд серьезных проблем в разных секторах промышленности, в т.ч. в секторе нефтегазового сервиса, обеспечивающего эффективность функционирования основных бизнес-процессов разведки и добычи углеводородного сырья и являющегося драйвером не только развития топливно-энергетического комплекса в РФ, но и перевода экономики на инновационно-технологический путь развития.

Введение секторальных санкций спровоцировало сокращение доли иностранного сервиса на российском рынке, что выявило существенное технологическое отставание отечественного нефтегазового сервиса и, как следствие, негативно отразилось на конкурентоспособности нефтегазовых компаний. Кроме того, необходимость развития данной отрасли обуславливается ростом потребности в буровых работах, а также расходов на текущие и капитальные ремонты на существующих месторождениях (более 25% за 2016 г.). Из-за сохранения режима санкций и валютной нестабильности сокращается финансирование геофизических исследований (30% в 2016 г.). Высокий износ производственных фондов отечественного нефтегазового сервиса, а также серьезные требования к постоянному улучшению качества и оптимизации издержек, ставят под вопрос эффективное развитие отечественного нефтегазового сервиса.

В этой связи представляется целесообразным создание специальных экономических условий: возврат до 10% стоимости приобретённого отечественного оборудования; введение прогрессивной ставки налога на долю использования зарубежного оборудования (НДИЗО) с возможностью его отмены и системой дополнительных льгот; создание фонда рефинансирования кредитной ставки для приобретения основных средств. Данные рекомендации, по нашему мнению, должны показать результат в виде перехода нефтегазового сервиса на отечественное оборудование, обновления производственных фондов, снижения себестоимости, роста заинтересованности заказчиков, а также роста вложений в НИОКР.

**Научный руководитель:** д.э.н, доц. Е.М. Дебердиева

**М.О. БОВДУЙ, К.Р. АРГИМБАЕВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАБОЧИХ ЗОН ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА НА ВРЕМЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА**

На сегодняшний день шагающий экскаватор является одним из самых высокопроизводительных выемочно-погрузочных оборудований. К преимуществам данной техники можно отнести большой радиус рабочей зоны, низкое удельное давление на площадку установки, а также высокую производительность. Для того, чтобы экскаватор показал большую производительность, место разработки грунта должно находиться непосредственно перед машиной, а перемещение ковша к забою должно происходить маятниковым способом – опытный машинист, раскачав рабочее оборудование, может «забросить» его на большее расстояние, нежели позволяет стрела.

Рабочий цикл драглайна состоит из шести операций: копание, подъем ковша, поворот платформы на выгрузку, выгрузка, обратный поворот платформы и опускания ковша. Для того, чтобы изучить зависимость

рабочего цикла от рабочей зоны, было проведено исследование на предприятии АО «БКО» г. Боровичи, Новгородской области.

Компания АО «БКО» предоставила для изучения шагающий экскаватор ЭШ-10/70, который располагался на уступе и работал нижним черпанием. Глубина копания была условно разделена на 4 зоны по 6 метров для того, чтобы сравнить время каждой операции, выявить возможные слабые стороны и предложить решение для увеличения производительности экскаватора.

После обработки полученных данных было выяснено, что время поднятия ковша и время опускания ковша зависят от глубины черпания: для выполнения операций в первой (самой неглубокой зоне) требуется меньше времени, чем для выполнения операций в четвертой (самой глубокой) зоне.

Предполагается, что для увеличения производительности драглайна некоторые операции можно совместить: поднятие ковша и поворот платформы на выгрузку и обратный поворот платформы и опускание ковша. После проверки данного предположения и обработки полученных данных было выяснено, что время цикла существенно сокращается.

Данное натурное исследование позволило подробно изучить особенности работы шагающего экскаватора, проследить ход каждой операции рабочего цикла, а также выявить зависимость времени цикла от рабочей зоны экскаватора. Итак, чем больше глубина черпания, тем больше времени требуется для выполнения рабочего цикла, а возникающие потери можно сократить с помощью совмещения операций. Предложенная технология совмещения операций позволила перевыполнить суточную норму по отгрузке для участка «Малиновец» карьера Окладнево.

**Д. А. БОГДАНОВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

В связи с интенсивным старением магистральных трубопроводных систем вопрос совершенствования интегральных методов их технического диагностирования имеет приоритетное значение. В число ключевых задач применения таких методов входит оценка коррозионного и напряженно-деформированного состояния трубопроводов. Получение такой информации - неотъемлемая часть вопроса определения остаточного ресурса до наступления предельного состояния, когда дальнейшая эксплуатация объекта становится невозможна.

Известно, что к числу основных причин наступления предельных состояний на магистральных трубопроводах (МТ) можно отнести накопление микроструктурных дефектов в локальных зонах концентрации пластических деформаций. Для достоверной оценки технического состояния трубопровода необходимо использовать комплексный диагностический подход с применением нескольких независимых методов контроля, в том числе интегральных. Применение, в частности, интегрального метода акустической эмиссии – неотъемлемая составная часть концепции внедрения комплексной системы технической диагностики магистральных трубопроводов.

В рамках этой концепции в задачи метода акустической эмиссии (АЭ) на магистральных нефтепродуктопроводах прежде всего входит выявление разрушений задолго до их наступления и определение степени их опасности. Ресурс и безопасность работы сложнагруженных технических объектов различных отраслей промышленности являются основными показателями надежности и эффективности функционирования, определяются их прочностью, которая позволяет техническим объектам сопротивляться процессу накопления повреждений. Представительной характеристикой прочности и показателем одного из свойств надежности объекта является время до его разрушения, лимитируемое моментом накопления критической концентрации повреждений. Для описания процесса накопления повреждений используется микромеханическая модель разрушения объекта контроля.

В данной работе изложен метод нахождения времени до разрушения объекта контроля на основе автоматизированного определения параметров микромеханической модели разрушения и временных зависимостей количества регистрируемых сигналов акустической эмиссии.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.В. Носов



## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУШЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПЕРЕД ПОДЗЕМНЫМ РЕМОНТОМ В УСЛОВИЯХ ТРЕЩИННО-ПОРОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ И ВЫСОКОГО ГАЗОВОГО ФАКТОРА**

При эксплуатации нефтяных скважин время от времени возникает необходимость проведения ремонтных работ, что подразумевает осуществление операций глушения. При использовании традиционных жидкостей глушения (солевых растворов, либо подтоварной воды) может наблюдаться их поглощение в продуктивный пласт, что приводит к ухудшению фильтрационных характеристик призабойной зоны пласта (ПЗП) и осложнению освоения скважин после ремонта.

Поглощение жидкости в пласт может наблюдаться при глушении скважин с различным пластовым давлением, но особенно интенсивно происходит в условиях аномально-низкого пластового давления. Для восстановления притока углеводородов из пласта, в этом случае, требуются дополнительные работы по воздействию на ПЗП, связанные с большими затратами средств и времени, что в совокупности с возможным риском газонефтепроявлений свидетельствует о необходимости проведения тщательного подбора типа и рецептуры жидкости глушения скважин.

В настоящее время в нефтегазовой отрасли актуальной является разработка блокирующих эмульсионных составов с наполнителем, которые помещают в скважину с перекрытием интервала перфорации или с продавливанием в призабойную зону продуктивного пласта. Благодаря этому обеспечивается сохранение фильтрационных характеристик пласта и, как следствие, продуктивности скважины. Также наблюдается сокращение объемов продавливаемого в ПЗП блокирующего состава, уменьшение сроков освоения и вывода скважин на режим эксплуатации и снижение затрат на проведение капитального ремонта скважин.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Д.В. Мардашов

**А.А. БОРИСОВ**  
*Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовске*

## **ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО БУРЕНИЯ ПЛАСТОВ ПОКУРСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОМЫСЛОВОГО АНАЛИЗА**

Работа посвящена изучению пластов Покурской свиты Западной Сибири с целью повышения эффективности системы разработки. В работе представлена общая геолого-физическая характеристика продуктивных пластов Покурской свиты. Приведены геологические особенности их залегания. Представлена степень изученности объектов посредством бурения.

Показаны объемы и результаты интерпретации геофизических исследований продуктивных пластов. Проведен анализ и систематизированы результаты отбора глубинных проб нефти. Приведены результаты испытания поисковых и разведочных скважин и показатели действующего эксплуатационного фонда. Обозначены эксплуатационные характеристики рассматриваемых продуктивных пластов.

Проанализирован и сопоставлен опыт бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин. Выявлены проблемы, связанные с плохим качеством цементирования скважин и прорывом пластовых вод. Рассмотрены различные режимы работы скважин и применение форсированного отбора жидкости. Проведен анализ реализованной системы поддержания пластового давления. Представлен опыт и проанализирована эффективность различных видов геолого-технических мероприятий.

Изучены результаты гидродинамических исследований и показано текущее энергетическое состояние продуктивных пластов. Продемонстрирован потенциал пластов по зонам насыщения коллектора. На основании проведенного анализа выбраны самостоятельные и возвратные объекты разработки и участки для первоочередного эксплуатационного бурения добывающих и нагнетательных скважин.

Представлено рекомендуемое расположение скважин на карте нефтенасыщенных толщин и накопленных отборов. Даны рекомендации по типу профиля, проводке и длине ствола, а также методам закачивания скважин при бурении.

**Научный руководитель:** канд. техн. наук, доц. Н.Р. Кривова

## **ОБ УХУДШЕНИИ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ**

В данной работе основное внимание уделено изменениям геологической среды Восточного Донбасса, а именно ухудшению качества подземных вод от воздействия предприятий угледобывающего и углеперерабатывающего комплексов. В первую очередь это действующие и недавно ликвидированные угольные шахты (более 60 единиц), давно закрытые и брошенные шахты (около 200 единиц), породные отвалы шахт (около 500 единиц), пруды-отстойники и др.

Основные закономерности формирования химического состава подземных вод приведены по результатам опробования 108 источников и колодцев за 20-летний период (1950 – 1960е годы XX столетия), когда угледобывающая промышленность интенсивно развивалась, и по результатам 240 анализов вод из скважин и колодцев, опробованных в 2015 г, когда большинство угольных шахт было ликвидировано.

С помощью G-метода классификации многомерных наблюдений (выделения однородных совокупностей) установлены пространственно-временные закономерности формирования химического состава подземных вод в Восточном Донбассе.

В первый этап изученного периода (1955-1999 гг.) происходило постепенное увеличение минерализации грунтовых вод (в 1,2 раза). Далее (1999-2006 гг.) в процессе и после завершения массовой ликвидации угольных шахт региона происходит ухудшение качества грунтовых вод, за счет резкого повышения содержания  $SO_4$ ,  $HCO_3$ , Ca, Mg, Na и ряда тяжелых металлов, минерализация увеличилась в 2 раза. К 2015 году продолжалось увеличение содержания всех компонентов вод, и минерализация увеличилась в 2,4 раза. С 1950 года до 2015 доля загрязненных вод повысилась с 33 до 83%.

Таким образом, в Восточном Донбассе ликвидированные шахты являются мощным источником загрязнения грунтовых вод и необходимо принятие срочных реабилитационных мероприятий по предотвращению негативного воздействия на все компоненты окружающей среды.

**Научный руководитель:** док. геол. – мин. наук, проф. Гавришин А. И.

**И.А. БОРИСОВСКИЙ, Д.А. ГОРБУНОВ**  
*Санкт-Петербургский Горный Университет*

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА**

В настоящее время, проблема повышения выхода товарных блоков при добыче природного камня на уникальных месторождениях, имеющих сложные горно-геологические условия, остаётся весьма актуальной. Одним из таких месторождений является месторождение габбро-диабазов "Другорецкое-3". Габбро-диабазы обладают уникальными физико-механическими и минералогическими свойствами, позволяющими использовать их для изготовления базовых деталей в прецизионном машиностроении, в связи с этим необходимо обеспечить полное отсутствие наведенной трещиноватости в отделяемых блоках.

До последнего времени отделение блоков от массива на месторождении производилось по традиционные технологии: бурением строчки шпуров в вертикальной и горизонтальной плоскости отрыва до проектной отметки с последующим заряданием и взрыванием ДВП (дымный взрывной порох). Применение существующей технологии не позволяет в достаточной степени сохранять природные свойства габбро-диабазов, что отрицательно сказывается на выходе товарных блоков.

В настоящей работе предлагается применение новой ресурсосберегающей технологий добычи природного камня для условий месторождения с высокой степенью трещиноватости массива с последующим обоснованием внедряемой технологии. В работе приведены результаты внедрения новой технологии, основой которой является сотрясательное взрывание в горизонтальных шпурах зарядами ЗЭТ "Гранилен".

Целью создания и введения данной технологии является значительное увеличение выхода товарных блоков, сокращение объёма бурения шпуров, сохранение природных свойств габбро-диабазов. Кроме того обеспечивается формирование рабочей площадки с минимальными затратами и создание благоприятных условий для правильного развития фронта работ непосредственно в карьере. Это достигается путём рационального использования вертикальных систем трещин.

**Научный руководитель:** доц. В.Н. Ковалевский

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ДЕСТРУКТОРА ПОЛИСАХАРИДНОЙ ЖИДКОСТИ ГРП В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

С целью существенного снижения вязкости полисахаридных гелей ГРП при одновременном разрушении их молекулярной структуры на практике используют так называемые деструкторы (брейкеры). Широко применяемыми деструкторами являются персульфаты аммония и калия, обеспечивающие быстрое разрушение, но окислительная способность таких соединений проявляется в диапазоне температур от 30 до 120°C и использование таких реагентов в условиях низкотемпературных коллекторов нецелесообразно.

В лабораториях НОЦ «Промысловая химия» были проведены исследования по использованию энзимов в качестве деструктора для полисахаридных гелей в условиях низкотемпературных коллекторов.

Исследования проводились на вискозиметре Rheotest 2.1 при двух температурах с различными концентрациями деструктора (рис. 1). Рассматривались жидкости ГРП следующего состава на 1 м<sup>3</sup> геля: гелеобразователь водных гелей РГУ ГВГ марка С – 3.0 кг; боратный шиватель водных гелей БСВГ марка 10 – 2.0 л; деструктор на основ энзима брейкер ферментный водных гелей БФВГ марка Ж – 0.5-2.0 л или персульфат аммония – 2.0 кг; дистиллированная вода – остальное.

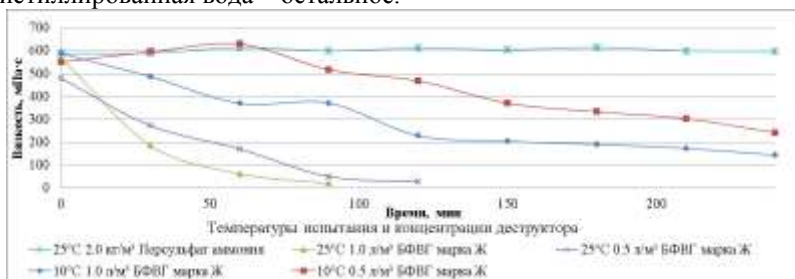


Рисунок 1 – Зависимость вязкости сшитого полисахаридного геля от времени и температуры при

Научный руководитель: д.т.н. проф. Л.А. Магадова, Д.Н. Малкин

Е.Е.БОТАЛОВА

Уральский государственный горный университет

## ПРИОРИТЕТЫ МЕДНОРУДНОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ УРАЛА; ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОИСКИ КРУПНЫХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Работа включает три раздела. В первом обсуждается сложившаяся ситуация смены минерального источника меднорудного производства. Традиционные для Урала колчеданные месторождения – основа ресурсов и запасов меди в последние 20-30 лет фактически перестали восполняться новыми открытиями. Они сменяются нетрадиционными месторождениями медно-порфирирового типа. Возникла новая проблема, и она может быть разрешена за счет выявления крупных колчеданных месторождений и изменения структуры запасов эксплуатируемых месторождений этого типа.

Второй раздел доклада раскрывает содержание нереализованной ещё в СССР перспективы выявления на Южном Урале крупных колчеданных месторождений на глубинах до 300-500 м. Для этого имеются объективные предпосылки: высокий уровень геолого-геофизической изученности региона; начата реализация современной технологии поисков. Решение последней проблемы в Уральском государственном горном университете осуществляется за счет составления и защиты квалификационных дипломных работ выпускающих кафедр факультета геологии и геофизики.

Третий раздел на практических примерах демонстрирует макетные реализации для условий Южного Урала решения отдельных трудно формализуемых геологических задач, возникающих в процессе прогнозирования и поисков крупных и супер-крупных месторождений. Показана возможность и необходимость использования в одном проекте факторов и критериев планетарного, регионального, локального и детального характера. При этом учитывается типизация и разработанная оптимальная схема проверки локальных аномалий одиночными скважинами, сопровождаемыми ГИС.

Очевидна и обсуждается в докладе необходимость законодательного решения проблемы связи и взаимодействия бюджетных и частных информационных потоков при формировании ресурсов и запасов междунородного производства на Южном Урале.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., старший научный сотрудник А.М. Виноградов

**Ю.С. БРЕЖНЕВА**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

В настоящее время важнейшим инструментом управления предприятием является увеличение производственного потенциала с учетом производственных затрат. Для решения поставленной цели на примере предприятия горно-металлургического комплекса, были определены следующие задачи: проведен анализ финансовых результатов деятельности, хозяйственно-производственной деятельности, а также прикладной стратегический анализ.

В результате анализа выявлено, что основной проблемой в эффективном использовании производственного потенциала является то, что капитальные вложения в обновление основных фондов каждый год не значительны. Об этом свидетельствуют сроки обновления основных средств, которые на начало 2015 года, 2016 года, 2017 года равны 10,09 лет; 50,93 лет; 25,64 лет соответственно, коэффициент износа же - 54,01 %; 58,93 %; 61,98 %.

Поэтому было целесообразным предложение мер по обеспечению технологического совершенствования производства, увеличению показателей эффективности использования основных и оборотных фондов, снижению себестоимости продукции, совершенствованию производственных мощностей и повышению производственного потенциала. В данном направлении было предложено проведение экономической оценки реконструкции установки металлизации № 2 с заменой реакционных труб реформера.

Потребность в капиталовложениях по настоящему проекту составляет 2272,000 млн руб. Осуществление реконструкции позволит увеличить выпуск готовой продукции на 598,605 тыс. тонн в год, то есть на 28 %. Дисконтированный срок окупаемости капитальных вложений равен 3,7 года, а чистый дисконтированный доход - 2 192,835 млн руб.

**Научный руководитель:** к.э.н., доц. Е.Н. Елисева

**А.М. БРУСНИЧКИН**

*Самарский государственный технический университет*

## **ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПЕСЧАНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ, НАСЫЩЕННЫХ ВЫСОКОВЯЗКОЙ И ТЯЖЕЛОЙ НЕФТЬЮ**

В работе дано описание особенностей разработки месторождений высоковязких и тяжёлых нефтей, приведено обоснование необходимости внедрения новых технологий. Рассмотрены два способа разработки залежей высоковязкой нефти на примере месторождений Казахстана, а также метод стимулирования выноса песка в добывающие скважины.

В качестве одного из таких способов предлагается технология полимерного заводнения. Для испытания указанной технологии на нефтяной залежи предложено создание двух опытных участков в виде двух элементов 9-ти точечной системы площадного заводнения. В центре каждого из опытных участков расположены нагнетательные скважины. В одну из них будет закачиваться обычная вода, в другую – загущенная вода с периодической закачкой гелеобразующей системы. Закачка гелеобразующей системы должна предотвращать преждевременный прорыв воды в добывающие скважины за счет снижения проницаемости наиболее проницаемых пропластков, в которые поступает закачиваемая в пласт вода. Одновременно по добывающим скважинам обоих опытных участков необходимо осуществить комплекс воздействий на призабойную зону скважин с целью повышения их продуктивности.

Одним из методов интенсификации добычи нефти может являться стимулирование выноса песка из пласта в добывающую скважину при ее эксплуатации, или, метод создания «червоточин». В настоящее время расходуется много сил и средств для борьбы с выносом песка. Предлагается перейти от борьбы с песком к мерам, обеспечивающим максимально возможный вынос песка в скважину. При этом в продуктивном пласте будут происходить процессы, значительно улучшающие его фильтрационную характеристику.

В сложных геолого-физических условиях требуется применение комплексных мероприятий, включающих несколько эффективных методов воздействия, в данном случае – сочетание метода "холодной" добычи тяжелой нефти с тепловым воздействием.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Г.А. Ковалева

**И.А. БУЛЬБАШЕВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОВЗРЫВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОПОРУ ВЛ-110 кВ**

Работа посвящена исследованиям колебаний опоры ЛЭП напряжением 110 кВ при сейсмозрывном воздействии. С целью обеспечения безопасной эксплуатации и устойчивости опор трассы ЛЭП необходимо провести оценку сейсмозрывного воздействия при ведении взрывных работ, а также разработать мероприятия по защите отдельных секций трассы ЛЭП, наиболее близко граничащих с фронтом добычных работ.

Сопровождение аналитических расчетов при обеспечении устойчивости опор ЛЭП при сейсмозрывном воздействии, а также при разработке специальных мероприятий по защите ЛЭП численным моделированием обеспечивает возможность рассмотрения большого количества комбинаций исходных условий, а также корректность принятия решений о способах защиты сооружения.

На этапе решения задачи в статической постановке был получен критерий потери устойчивости опоры, а также в результате проведения динамического расчета выявилось, что опора имеет остаточную величину деформаций после каждого цикла загрузки сейсмозрывной волной, которая возрастает по линейному закону.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Г.И. Коршунов

**Г.О. БУРОВА, Г.И. ДУСМЕТОВА, Е.В. ХАРИТОНОВ, ESTHER OLADELE**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет*

## **КОМПЛЕКСНАЯ ПРИСАДКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ И НЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

В настоящее время истощаются запасы легких нефтей, вследствие чего начинается активное освоение добычи трудноизвлекаемых нефтей. Последние, как правило, имеют высокие показатели вязкости и содержания твердых парафинов, смол и серы, из-за этого переработка и транспортировка таких нефтей осложнена.

Из оценки структуры мировых запасов углеводородов следует, что запасы тяжелых нефтей составляют большую их часть, в связи с чем актуальна проблема снижения экономических затрат при добыче и транспортировке вязких нефтей. Наиболее перспективным методом является введение специальных добавок – вязкостных и противотурбулентных присадок.

Актуальность данной работы заключается в разработке комплексной присадки на основе полимера и поверхностно-активного вещества, которая обладает не только эффектом снижения вязкости, но и способностью снижать гидродинамическое сопротивление трубопровода при прокачке тяжелых нефтей и нефтяных эмульсий.

Разработана композиция, состоящая из севилена и олеиновой кислоты, которая при малых напряжениях сдвига проявляет вязкостные свойства, а при больших – противотурбулентные.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.В. Шарифуллин

## СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ СГУЩЕННЫХ ГИДРОСМЕСЕЙ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Трубопроводный гидравлический транспорт на предприятиях горно-обогатительной промышленности России является важным звеном технологического процесса добычи и переработки минерального сырья. Тем не менее, анализ работы гидротранспортных систем на горных предприятиях показывает, что эффективность использования этого вида транспорта не соответствует его техническим возможностям: высока трудоемкость работ при эксплуатации оборудования, высок гидроабразивный износ грунтовых насосов и трубопроводов, низок рабочий ресурс насосов, высоки металлоемкость и энергоемкость гидротранспортных систем. Основная причина недостаточной эффективности трубопроводного транспорта на предприятиях горной промышленности заключается в высокой энергоемкости процесса транспортирования, что является следствием низкой концентрации твердого материала в потоках перекачиваемых гидросмесей. Решение актуальной задачи повышения энергетической эффективности трубопроводных гидротранспортных систем непосредственно связано с необходимостью разработки:

- теоретических закономерностей сгущения гидросмесей в аппаратах пластинчатого типа до высоких концентраций твердой фазы в сгущенном продукте;

- методик расчета гидравлического транспорта высококонцентрированных гидросмесей для определения оптимальных соотношений кинематических и динамических характеристик взвешенного потока и выбора соответствующего насосного оборудования, что требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

В работе выполнены технико-экономические расчеты системы гидротранспорта сгущенных хвостов текущей переработки медной руды ОФ №3 Джезказганского ГМК на закладочные комплексы шахт, в технологию приготовления закладочной смеси. Твердая фаза гидросмеси в этой технологии используется в качестве инертного наполнителя закладочной смеси.

Сравнение годовых затрат электроэнергии  $P_1$  в проектном (существующем, без сгущения) варианте системы гидротранспорта хвостовой пульпы в технологию приготовления закладочной смеси и в рассмотренном варианте системы гидротранспорта при высоких концентрациях твердого материала  $P_2$  указывает на значительную эффективность предлагаемого варианта. Снижение годовых энергозатрат при гидравлическом транспорте концентрированных гидросмесей обусловлено уменьшением необходимого расхода смеси при неизменной производительности системы по твердому материалу. При этом среднее абсолютное значение удельной энергоемкости процесса уменьшилось в 1,42 раза, а гидросмеси годовой расход электроэнергии сокращается на  $1,905 \times 10^6$  кВт·ч.

Расчеты показали, что снижение энергоемкости процесса гидравлического транспорта гидросмесей с высокими концентрациями твердого материала приводит к сокращению эксплуатационных затрат гидротранспортных систем. Уменьшение объема транспортируемой гидросмеси требует применения для систем гидротранспорта трубопроводов с меньшими диаметрами. С увеличением концентрации с 0,1 до 0,536 удельная металлоемкость линейной части системы гидротранспорта снижается с 0,91 до 0,26 кг/т или в 3,5 раза. При гидравлическом транспорте гидросмесей с высокими концентрациями твердого материала должны использоваться высоконапорные насосы объемного типа.

Научный руководитель: д.т.н., проф. В.И. Александров

М. А. БУСЛОВА

Санкт-Петербургский горный университет

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОЙ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ БЕТОНА С РАЗУПРОЧНЕНИЕМ

Набрызгбетонная крепь представляет собой покрытие, наносимое под давлением сжатого воздуха на обнаженную поверхность горной выработки. Армирование полимерными фибрами позволяет повысить трещиностойкость крепи и её прочность на растяжение, увеличивая несущую способность крепи и обеспечивая её устойчивость.

Задачей данной научной работы является разработка методики оценки несущей способности набрызгбетонной дисперсно-армированной крепи. В результате решения данной задачи в плоской постановке была разработана следующая методика определения несущей способности дисперсно-армированной набрызгбетонной крепи:

1. Проведение лабораторных испытаний дисперсно-армированных бетонов.
2. Выбор модели пластического поведения бетона с накоплением повреждений.
3. Подбор параметров механической модели бетона, задающих её поведение, аналогичное натурному эксперименту.
4. Разработка геометрии базовой численной модели. Задание основных параметров модели вмещающих пород, граничных условий, нагрузок, а также площади контакта в своде и коэффициента трения скольжения по контакту крепь-порода.
5. Выполняется многовариантное моделирование, по результатам которого строятся зависимости несущей способности от площади контакта в своде, от коэффициента трения и от толщины крепи. Выполняется их анализ и аппроксимация.

Результатом решения задачи в объемной постановке, помимо сопоставления с результатами решения задачи в плоской постановке, стало исследование влияния на несущую способность крепи торцевого эффекта, возникающего при неравномерном нагружении крепи в призабойной зоне горной выработки.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. Н. А. Беляков

**В.С. БУЧЕЛЬНИКОВ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

## **ДИНАМИКА ПОСТУПЛЕНИЯ ПЫЛЕАЭРОЗОЛЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ТОМСКОЙ ГРЭС-2 ПО ДАННЫМ ПОСЛОЙНОГО АНАЛИЗА СНЕГОВОГО ПОКРОВА**

В мониторинге загрязнения окружающей среды широко используются природные планшеты — накопители аэрозоля, в том числе и снежный покров. Снежный покров можно считать надежным индикатором загрязнения атмосферы, он дает информацию о пространственном распределении химических элементов и интенсивности воздействия источников выбросов за определенный период: период одного снегопада или за весь период лежания снега.

В данной работе представлены результаты послойного распределения минеральных и техногенных частиц в снеговом покрове, опробование проводилось в зимний сезон 2016/17 гг. на территории г. Томска в 700 м к северо-востоку от труб ГРЭС-2. с использованием пробоотборника конструкции Тентюкова (патент № 2477461 и № 2411487) с шагом опробования 2 см.

Отобранные пробы растапливались при комнатной температуре, полученная при этом снеготалая вода отфильтровывалась с помощью мембранного фильтра в соответствии с методикой. Описаны типы, морфология и размерность частиц. Определены источники поступления частиц. Выявлены частицы – индикаторы техногенного воздействия теплоэнергетики.

Для определения плотности снега и водородного показателя шаг опробования составил 2 см, тогда как в снежной толще объединяли 3 слоя с учетом типа зернистости снега (мелкий, средний, крупный) и тем самым интервал увеличивали до 6-8 см.

Исследование техногенных и минеральных частиц производилось в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ «Урановая геология» на кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S3400N с приставкой для микроанализа Bruker Xflash 4010. Определено, что частицы распределены не равномерно по снежным слоям, а их состав различен.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. А.В. Таловская

**М.В.БЫКОВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВО-ГРУНТОВ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Российской Федерации принадлежит значительная доля на мировом нефтяном рынке, что делает страну одним из ведущих участников системы глобальной энергетической безопасности. Наряду с наращи-



ванием доли добычи нефти в России, увеличивается и уровень загрязнения всех компонентов природной среды нефтепродуктами, что становится одной из важнейших экологических проблем страны. На объектах хранения нефтепродуктов из-за систематических утечек из резервуаров или несоблюдения технологических процессов их перекачки и налива происходит значительное загрязнение почвогрунтов.

Целью работы является оценка современного состояния качества почв в зоне воздействия распределительного перевалочного комплекса, расположенного на территории Ленинградской области, с последующей разработкой природоохранных мероприятий, направленных на снижение антропогенной нагрузки.

В работе рассмотрены основные источники поступления нефтепродуктов в почвы и особенности загрязнения геологической среды. Представлены результаты инженерно-экологической съемки на исследуемой территории, проведенной в июле 2017-ого года, а так же установлены уровни концентраций нефтепродуктов в отобранных пробах почвогрунтов, анализ которых проводился на базе Центра коллективного пользования Горного университета. Для разработки способа снижения уровня загрязнения почв, был проведен анализ существующих методов утилизации нефтесодержащих отходов и определен в качестве наиболее подходящего – термический метод.

Представленные результаты эксперимента, заключающегося в подборе оптимального температурного диапазона при котором достигается допустимый уровень содержания нефтепродуктов в почве, позволяют использовать в дальнейшем термическое воздействие для очистки почвогрунтов с возможностью возврата последних в экосистему.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. М.А.Пашкевич.

**О.А. ВАКОРИНА**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКООКТАНОВЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

Проблемы, связанные с окружающей средой, требуют снижения содержания ароматических углеводородов в бензиновых фракциях. Особенно жесткое требование предъявляется к бензолу, объемная доля которого ограничена содержанием не более 1%.

При сгорании бензола образуется бензопирен, который относится к первому классу опасности. Он способен вызвать рост раковых клеток и вызывать мутации, то есть, изменяет клетки ДНК.

Каталитический риформинг, производящий компоненты товарных автомобильных бензинов с большим содержанием ароматических углеводородов (до 80 % масс.), является наиболее часто используемым процессом в России. Поэтому необходимо разработать новые способы, позволяющие снизить содержание бензола в бензинах, удовлетворяя при этом требованиям к октановому числу.

Технология каталитического риформинга с гидроизомеризацией головных фракций риформата (РИГИЗ) позволяет перерабатывать бензолсодержащие фракции риформатов в продукты с минимальным содержанием аренов, составляющих доли процента, однако имеющих высокие октановые числа смешения, что позволяет сохранять хорошие антидетонационные свойства бензинов при компаундировании с гидроизомеризатами процесса РИГИЗ.

Данная технология, разработанная на кафедре «Технология нефти и газа» более 30 лет назад, становится весьма актуальной и в настоящее время, когда производство экологически чистых автобензинов выходит на первый план.

Проведенные исследования по данному процессу позволяют авторам рекомендовать предлагаемую технологию РИГИЗ к промышленному внедрению на нефтеперерабатывающих предприятиях России.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. О.Ю. Белоусова

**И.А. ВИКДОРОВИЧ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ ДЕТАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ АЛЕКСЕЕВСКИЙ ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ**

Инженерные изыскания на шельфе - важный этап добычи углеводородов и должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий (ИГУ) района.

Алексеевский лицензионный участок (ЛУ) площадью 556 кв. км находится в пределах шельфа Карского моря, что во многом предопределяет его географо-климатические условия. Климат территории холодный, полярный, соленость моря ниже, чем в водах мирового океана (3-5‰ в южной части). В рельефе дна выделяют прибрежную полого-наклонную равнину с глубиной моря 15-50 м и тектонический уступ, отмечаемый резким понижением до 110 м. В тектоническом отношении район исследований расположен в пределах Западно-Сибирской эпигерцинской плиты. В геологическом строении региона участвуют отложения мезозойско-кайнозойского плитного комплекса, перекрытые толщей новейших отложений. Последние, до глубины 50 м, сложены верхнеплейстоценовыми и голоценовыми стратиграфо-генетическими комплексами морского и аллювиального генезиса. Они представлены глинистым илом (на глубинах моря более 32 м), суглинками и глинами от твердой до текучей консистенции с прослоями песка, включениями гравия. В целом слои выдержаны по простирацию и мощности.

На Алексеевском ЛУ на стадии проекта было пробурено шесть скважин с отбором проб и их лабораторным исследованием, а также проведен комплекс геофизических работ. По результатам изысканий построены разрезы, определены показатели физико-механических свойств, выделены инженерно-геологические элементы. Были выявлены характерные арктическому шельфу процессы и явления, связанные с наличием многолетнемерзлых пород и палеоврезов, газонасыщенностью отложений, представляющих опасность при бурении разведочных скважин, воздействием волн и льда на донные отложения. Территории присвоена третья категория сложности ИГУ. Для проведения детальных инженерно-геологических изысканий с целью обоснования будущего местоположения стационарной платформы наиболее благоприятными с учетом описанных факторов являются районы площадью 1 км<sup>2</sup> вблизи инженерно-геологических скважин 2 и 3. Изыскания предусматривают бурение скважин с отбором проб и статическое зондирование, необходимые для окончательного выбора несущего слоя, а также комплекс геолого-геофизических методов для уточнения рельефа дна, геокриологических условий и распространенности газонасыщенных отложений.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. каф. ГиИГ Т.Н. Николаева.

**С.С. ВЛАСЕНКО**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ФОССИЛИИ ИЗ ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ УХТИНСКОЙ АНТИКЛИНАЛИ**

В основу работу положена вновь поступившая коллекция верхнедевонской фауны из Тимано-Печорской нефтегазонасыщенной провинции. Коллекция собрана сотрудниками Ухтинского государственного технического университета и предоставлена в результате обмена материалами между кафедрой Исторической и динамической геологии Санкт-Петербургского горного университета и кафедрой минералогии и геохимии Ухтинского государственного технического университета. Всего представлено 26 образцов, включающих в себя остатки каркасостроящих организмов табулят и строматопороидей, а также головоногих моллюсков и панцирных рыб.

В геолого-структурном отношении район сбора образцов принадлежит Южному Тиману с хорошо развитой и продолжающей развиваться нефтегазовой промышленностью. На территории Южного Тимана находятся известные далеко за пределами России стратотипические разрезы верхнего девона с богатым комплексом органических остатков, среди которых – уникальные находки панцирных и кистеперых рыб. Нефтегазонасыщенность фиксируется в отложениях верхнего девона, начиная со среднефранского подъяруса.

Доказаны условия, в которых жили перечисленные фоссилии. Хорошая сохранность говорит о близости места жительства, кроме цефалопод, живших в поверхностных водах глубоководного бассейна с нарушенным водообменом.

Исследованные коллекционные образцы представлены группами организмов, входящими в учебный план специальности «Прикладная геология» и в частности направления «Геология нефти и газа».

Сохранность образцов позволяет использовать их в учебных целях (ранее отсутствовали образцы бактригов).

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. каф. ИДГ Е.Д. Михайлова.

## **КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДА АЗОТА (I)**

**Оксид азота (I) является третьим по значимости долгоживущим парниковым газом после диоксида углерода и метана. По эффекту воздействия на окружающую среду  $N_2O$  в 298 раз превышает воздействие равного объема выбросов углекислого газа.**

Оксиды азота образуются при сгорании топлива в двигателях автомобилей, являются выбросами в производствах аммиака (на стадии риформинга природного газа), азотной и адипиновой кислот и др. Наиболее эффективным методом обезвреживания технологических газов, содержащих оксиды азота, является их каталитическая очистка. В промышленности используется два метода каталитической очистки: высокотемпературная – основанная на восстановлении оксидов азота природным газом на алюмопалладиевом катализаторе и низкотемпературная – основанная на восстановлении оксидов азота аммиаком на алюмованадиевом катализаторе. Необходимо отметить, что данные катализаторы плохо улавливают оксид азота (I).

Целью настоящей работы является синтез оксидного железокобальтового катализатора и исследование его каталитических свойств в реакции разложения оксида азота (I).

В работе с помощью методов рентгенофазового, рентгеноструктурного и синхронного термического анализа, а также сканирующей электронной микроскопии исследуются процессы керамического и механохимического синтеза оксидного Fe-Co катализатора. Показано влияние метода получения на формирование активной фазы катализатора. Приведены результаты исследований каталитической активности полученных катализаторов в реакции разложения оксида азота (I). Установлено влияние способа получения на физикохимические и каталитические свойства. Рассмотрены технологические особенности использования дополнительных катализаторов для обезвреживания оксида азота (I) в производствах азотной кислоты и аммиака.

*Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ (СП-3477.2016.1). При выполнении исследований привлекались ресурсы Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ*

**Научный руководитель:** к.т.н., с.н.с. Р. Н. Румянцев

**В. А. ВОСТРИКОВА**

*Московский Физико-Технический Институт (Государственный Университет)*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ**

Гидро разрыв пласта (ГРП) является наиболее эффективной технологией разработки нетрадиционных коллекторов, характеризующихся сверхнизкой проницаемостью матрицы породы, высокой неоднородностью геологического разреза пласта и наличием естественной трещиноватости. Распространяясь в таком коллекторе, трещины ГРП пересекают естественные трещины и в результате образуют связанную систему трещин – стимулированный объем пласта (SRV).

Данная работа посвящена созданию расчетного инструмента, позволяющего моделировать процесс формирования SRV при гидро разрыве пласта в условиях естественной трещиноватости. Реализованная модель учитывает пересечение трещин ГРП с естественными трещинами, используя физически обоснованные критерии взаимодействия. Применение cell-based Pseudo-3D модели трещины позволяет проводить расчет динамики роста трещин ГРП в многослойной литологии и течения смеси нескольких видов пропантов и жидкостей в образующейся разветвленной сети трещин. При этом учитывается как латеральное, так и вертикальное распределение пропанта, а также моделируется процесс его осаждения после остановки закачки. Моделирование процесса закрытия трещины позволяет определить геометрию закрепленных на пропант трещин для последующего расчета притока нефти к скважине с SRV в специализированном гидродинамическом модуле. В модели вычисляются изменения поля напряжений, вызванные взаимным влиянием трещин ГРП друг на друга (эффект «stressshadow»), а также присутствием неоднородного поля пластового давления, для более корректного учёта траектории развития трещин. Кроме того, рассматривается влияние эффекта «stressshadow» на гидродинамически несвязанные общей сетью естественные трещины, приводящее к их активации и увеличению стимулированного объема.

**Научный руководитель:** Ю.В. Овчаренко

## РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В СОСТАВЕ ТРЕХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В последние годы принцип электропередачи постоянным током на среднем напряжении (MVDC) находит применение в различных областях промышленности. Перспективным является способ реконструкции трехпроводной линии электропередачи переменного тока в трехпроводную линию электропередачи постоянного тока, работающую в повторно-кратковременном режиме. При работе линии электропередачи в таком режиме её пропускная способность может быть увеличена на 11%, что подтверждается компьютерным моделированием, поэтому возникла идея апробации такой системы на натурной модели. Исследовательский коллектив, состоящий из студентов, аспирантов и преподавателей кафедры общей электротехники Санкт-Петербургского горного университета разрабатывает стенд для подтверждения адекватности полученных зависимостей и проверки разработанного алгоритма управления.

Вставка постоянного тока состоит из двух пар выпрямитель-инвертор. Предварительно переменное напряжение выпрямляется, затем подаётся на инвертор напряжения. Управляемый инвертор обеспечивает попеременное протекание постоянного тока по трём проводам. В конце линии располагается трёхфазный выпрямитель, обеспечивающий «приём» постоянного тока, необходимый для перевода трёхпроводной системы в двухпроводную. Заключительным элементом вставки является инвертор, который преобразует постоянный ток в переменный, передаваемый потребителю.

При создании стенда возникла задача разработки инвертора напряжения, переключающего провода. Силовой частью инвертора послужило устройство Mitsubishi PM50CL1A120, для управления которым необходим драйвер, что определяет **актуальность** работы.

**Целью работы** является разработка и изготовление драйвера для согласования микроконтроллера с силовой частью инвертора. В рамках достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработана топология платы драйвера и в соответствии с расчетом выбраны необходимые электронные компоненты;
- проведено компьютерное моделирование работы устройства в программе SprintLayout;
- субтрактивным методом изготовлена печатная плата и выполнен монтаж элементов;
- написана программа для микроконтроллера ATmega8U2, управляющего инвертором;
- с помощью однофазного трансформатора и специально изготовленного однофазного выпрямителя проведена проверка работы системы драйвер – силовая часть преобразователя.

Тестирования показали необходимость дальнейшей отладки платы драйвера и совершенствования её топологии, а также проверки устройства в составе трёхпроводной линии постоянного тока.

**Научные руководители:** д.т.н., проф. Я.Э. Шклярский, ассистент А.И. Барданов

Р.М. ГАЛИКБАРОВА  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ГИДРОСФЕРЫ В РАЙОНАХ ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

Одной из наиболее актуальных проблем в горном деле является профилактика и снижение экологических последствий в ходе закрытия шахт. Ликвидация шахт в районе Восточного Донбасса привела к подтоплению углепромышленных территорий, что, в свою очередь, оказало загрязняющее действие на водные источники Ростовской области, как на поверхностные, так и подземные. Кроме того происходит сброс в природные объекты загрязняющих, недостаточно очищенных сточных вод с промышленных и сельскохозяйственных объектов.

Необходимые мониторинговые исследования ведутся для контроля за состоянием окружающей среды и разработки технических решений по снижению воздействия на гидросферу техногенных вод ликвидированных шахт.

Приведено обобщение условий «выхода» загрязненных подземных вод на поверхность по направлениям: способы выхода подземных вод, гидрогеоэкологические компоненты и объекты ландшафта, и показатели, характеризующие содержание веществ в реках. Проанализированы геоэкологические характери-

ки и оценки по природно-техногенным условиям речной сети на территории шахт в Восточном Донбассе. На основании анализа полученных материалов можно выявить участки для первоочередного применения мероприятий по защите окружающей среды.

Реализация разработанных решений приведет к улучшению состояния водной среды, поверхностной гидросферы и предотвращению эколого-экономических издержек за счет прекращения загрязнения почвы и биоты вредными веществами от гидрогеологических стоков подземных вод закрытых шахт. Положительным результатом предложений является улучшение санитарно-гигиенических условий проживания населения с обеспечением безопасности жизнедеятельности. Методами исследования явились мониторинговые изыскания, аналитические, краткосрочные и статистические прогнозирования.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.С. Батугин

**А.С. ГАММ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ВЫБОР МАШИН ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Сегодня, при выборе средств транспорта существует много неопределенностей, не позволяющих проектировщику однозначно назначить вид транспорта при проектировании новой транспортной системы или реконструкции горного предприятия, эксплуатационникам приобретать технику взамен изношенной. На большинстве горных предприятий парк машин сильно изношен и требует замены. В настоящее время он восполняется оборудованием отечественного и зарубежного производства, причем по многим позициям импортная техника вытесняет продукцию отечественного производителя и в будущем следует ожидать увеличения предложений от иностранных фирм.

Производители транспортной техники постоянно совершенствуют свою продукцию и нуждаются в определении плана выпуска новых машин, учета условий эксплуатации техники и уверенности, что эта техника будет востребована горной промышленностью. Нужны оценочные показатели эксплуатационных свойств, достоверность потребности в производстве машин каждого типоразмера как в настоящее время, так и на перспективу и обоснованные предпосылки для разработки принципиально новых видов транспорта.

Идея работы заключается в том, что существующее многообразие транспортных машин и даже их виртуальных конструкций можно однозначно охарактеризовать (идентифицировать) по качественным критериям, что позволяет обосновать выбирать машины и составлять из них транспортные комплексы, прогнозировать изменение требований к свойствам машины и в динамике развития горных работ.

В работе на основе имитационных моделей, конечного результата функционирования (КРФМ), энергетической оценки выполненной транспортной работы (ТРАН), оценки уровня качества (КТУ), рангового мультикритериального метода PROMETHEE, методе функционально-стоимостного анализа получены и проанализированы критерии сравнения качественных показателей горно-транспортной техники для обоснованного их применения при формировании транспортных комплексов с наиболее рациональными параметрами для определенных (конкретных) условий работы.

Другое направление применения предложенных критериев – оптимизация транспортной системы при применяющемся виде транспорта (его парке) и назначенной стабильности работы транспорта за счет определения параметров транспортных маршрутов.

Рациональные транспортные системы позволяют повысить эффективность управления производственной эксплуатацией предприятия на уровне структуры парка машин, обосновать на основе аутсорсинга создание центров техники с функциями выполнения технической эксплуатации и предоставления лизинговых услуг.

Предложенное исследование может быть применимо также и к горным машинам (буровые станки, экскаваторы) и строительно-дорожной технике (бульдозеры, краны, сваебойные машины), городскому транспорту мегаполисов и к другим видам производственной деятельности, использующих парки технологически однородных машин. Представляется возможным применение результатов работы по оценке инновационных проектов и для решения задач импортозамещения.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. В.Ю.Коптев

## ПОТООТКЛОНЯЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА

Разработка любого нефтяного месторождения классическим методом заводнения неизбежно сопровождается существенным снижением дебита скважин по нефти, хотя степень отбора от начальных балансовых запасов, при этом, еще достаточно низка и составляет 40-50%. Помимо проявления сил адсорбции и капиллярных сил, удерживающих нефть в пласте, отрицательное влияние на нефтедобычу оказывает неравномерное вытеснения нефти водой.

Этот фактор в той или иной мере устраняется применением востребованных на рынке потокоотклоняющих технологий, без которых сегодня не разрабатывается практически ни одно крупное месторождение России. Их сущность заключается во введении в промытые водой участки пласта гелеобразующих составов, замедляющих движение воды в высокопроницаемых зонах, ускоряющих – в низкопроницаемых, и, тем самым, повышающих коэффициент охвата пласта заводнением. Среди множества модификаций потокоотклоняющих композиций одними из наиболее перспективных представляются составы на основе биополимеров микробиологического и растительного происхождения. Преимуществами этих реагентов являются высокая стойкость против механической, термокислотной деструкции и совместимость с высокоминерализованными пластовыми водами.

В рамках проведенной работы разработан потокоотклоняющий состав на основе биополимера и полиэфира, а также изучены основные факторы, влияющие на выход тампонирующего геля. Определены оптимальные расходные коэффициенты каждого компонента и порядок их смешения. Показана устойчивость получаемого состава к воздействию пластовых вод, пластовых температур и к углеводородам нефти.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.А. Елпидинский

**Д.Ю. ГЛУХАНИЧ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МНОГОСТАТОРНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Погружные асинхронные электродвигатели для привода насосов выпускаются рядом зарубежных и отечественных фирм мощностью от 22 до 250 кВт на частоту 50 Гц напряжением 1000÷2000 В.

Основными недостатками выпускаемых двигателей являются:

- большие удельные размеры (особенно диаметр);
- отсутствие возможности глубокого регулирования и адаптации к параметрам промысла;
- низкий КПД и  $\cos\varphi$ ;
- низкий ресурс работы.

Одним из возможных вариантов решения проблемы большого поперечного размера является использование многостаторных асинхронных двигателей, в которых, за счет нахождения обмоток каждой из трех фаз в отдельных аксиально разнесенных статорах, снижены их радиальные габариты. Однако такие двигатели имеют и существенный недостаток в виде низкой энергоэффективности, из-за наличия нескомпенсированных обратно вращающихся магнитных полей, образуемых в аксиально разнесенных фазных обмотках.

Для решения этой проблемы была исследована и разработана модель многостаторного асинхронного двигателя с дополнительными короткозамкнутыми обмотками. Данная модель состоит из трех аксиально разнесенных фазных обмоток, находящихся каждая в своем сердечнике статора и сдвинутых на  $2\pi/m$ , где  $m$  – число фаз (то есть электрическая машина имеет три отдельных статора, каждый из которых состоит из одного сердечника и одной фазной обмотки), и общей внутренней короткозамкнутой обмотки ротора, поверх которой и, одновременно, под тремя сердечниками статора, в пределах их осевого участка, размещены три дополнительные внешние короткозамкнутые обмотки ротора, которые позволяют компенсировать обратно вращающиеся магнитные поля, образуемые тремя фазными обмотками.

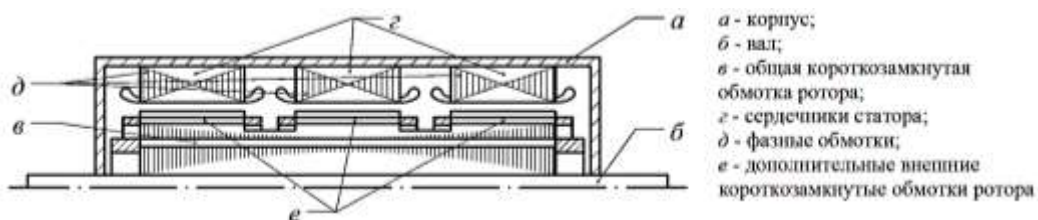


Рис. 1. Конструктивная схема многостаторного асинхронного двигателя с дополнительными короткозамкнутыми обмотками

Практически полная компенсация обратно вращающихся магнитных полей статоров, образуемых тремя фазными обмотками, позволяет существенно разгрузить электромагнитную систему машины от намагничивающего (индуктивного) тока и повысить ее энергоэффективность, главным образом, за счет повышения коэффициента мощности, при этом сохраняя невысокие радиальные размеры. Расчеты показывают, что в результате предлагаемых конструктивных мер появляется возможность поднять  $\cos\varphi$  многостаторного асинхронного двигателя с 0,3-0,4 до 0,8-0,9.

**Научный руководитель:** к.т.н. доц. А.В. Каган

**Д.Ю. ГЛУХАНИЧ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК НЕФТИ

Ежегодно на предприятиях топливно-энергетического комплекса России по данным Минэнерго России происходит до 20 тысяч официально зарегистрированных аварий. В США ежегодно фиксируется до 14 тысяч разливов нефти. Общая протяженность магистральных нефтепроводов на территории России составляет более 55 тыс. км, а промысловых более 400 тыс. км. Поэтому обеспечение безопасной и надежной эксплуатации нефтепроводов, представляет собой первостепенную задачу, для решения которой используются различные системы обнаружения утечек (СОУ).

Единого универсального метода, точно определяющего местоположение утечки, а также не требующего больших капитальных затрат на реализацию и обслуживание нет.

Одной из проблем систем обнаружения утечек нефти является то, что зачастую нефтепроводы находятся в труднодоступных местах, а рекомендуемая частота установки пунктов сбора данных – 1 пункт на 20 км нефтепровода. В зависимости от типа системы обнаружения утечек расстояние между датчиками варьируется от 10 до 70 км.

Для решения проблемы электроснабжения систем обнаружения утечек нефти предлагается использование автономного электрогенерирующего комплекса на основе термоэлектрических модулей, использующих эффект Зеебека.

В данной научно-исследовательской работе:

- Проведен анализ существующих методов и систем обнаружения утечек нефти, а также существующих способов их электроснабжения.

- Рассмотрены и выполнена оценка возможных сфер применения разрабатываемого термоэлектрогенератора.

- Создана лабораторная установка для определения величины вырабатываемой мощности термоэлектрогенераторных модулей в зависимости от разности температур между холодной и горячей сторонами термоэлектрогенератора с широким диапазоном регулирования температур.

- Получены зависимости: вырабатываемой мощности от разности температур; вырабатываемого напряжения от разности температур.

- Создана 3D модель термоэлектрогенератора.

- Рассмотрены способы установки термоэлектрогенерирующего комплекса на нефтепровод.

Применение термоэлектрогенераторов может решить не только проблему энергоэффективного электроснабжения систем обнаружения утечек, но и, благодаря появляющейся возможности более частой установки данных систем, а также их установки в труднодоступных местах, возможно уменьшение время поиска местоположения утечек на нефтепроводах, что снижает как негативное воздействие на окружающую среду, так и финансовые затраты предприятий на ликвидацию аварий.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.А. Бельский



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНЕЦЕНТРЕННОЙ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЕМ СКВАЖИНЫ**

В настоящий момент пневмоударное бурение является одним из наиболее эффективных видов бурения. Проводимые исследования направлены на повышение производительности пневмоударного способа бурения за счёт модернизации используемых технических средств, а также на разработку техники и технологии направленного пневмоударного бурения.

Проведённые экспериментальные исследования показали, что при определённых величинах эксцентриситета наблюдается увеличение объёмов разрушения горных пород, предположительно, вследствие возникновения тангенциальных сдвиговых усилий в плоскости забоя, которые оказывают влияние на форму и размеры лунок разрушения. Также, сдвиговые усилия в плоскости забоя способствуют отделению от забоя части массива горных пород, находящейся в зоне трещинообразования, испытавшей разрушающее усилие, но не отделённой от массива горных пород.

Управление направлением скважины при использовании внецентренной ударной нагрузки предполагается осуществлять за счёт формирования ориентированного перекоса забоя скважины, образующегося вследствие неравенства нормальных напряжений под породоразрушающими вставками.

Предложен и осваивается новый способ разрушения горных пород при бурении забойными машинами ударного действия. Разработана конструкция забойной машины для реализации способа разрушения горных пород внецентренными ударными импульсами с целью интенсификации процесса разрушения породы, а также для формирования направленной кривизны скважины. Разработана конструкция долота для типовой забойной машины, применение которого обеспечивает передачу тангенциальных сдвиговых усилий на забой и компенсирует деструктивный момент, возникающий при передаче внецентренного ударного импульса.

Область применения предлагаемых технических средств – средне–твёрдые хрупкие породы, в том числе достаточно пластичные.

Перспектива представленных разработок состоит в увеличении показателей пневмоударного бурения не за счёт интенсификации режимных параметров, а за счёт модернизации конструкции используемых в процессе работы технических средств.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.В. Нескоромных

**Д.Д. ГОЛУБЕВ**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ВЫЕМКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ УГЛЯ, СКЛОННОГО К САМОВОЗГОРАНИЮ**

В работе рассматриваются возможные технологии выемки пологих пластов угля, склонного к самовозгоранию. Целью разработки таких технологий является существенное снижение эндогенной пожароопасности, эксплуатационных потерь угля в целиках и их влияния на отработку смежных пластов свиты по сравнению с существующими эффективными технологиями ведения горных работ.

Предложенные технологии основаны на применении систем разработки длинными столбами, включающих подготовку столба сдвоенными выработками с последующей отработкой целиков угля между ними и возведением искусственной полосы, на которую будут возложены необходимые функции целика.

Применение разработанных технологий позволит повысить безопасность ведения горных работ, избежать значительных материальных затрат, связанных с возникновением эндогенных пожаров, снизить эксплуатационные потери угля и влияние на состояние смежных пластов свиты при сохранении высоких нагрузок на очистной забой.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.П. Зубов

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕДУР ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ**

Снижение травматизма и аварийности при разработке угольных месторождений должно быть реализовано за счет превентивного предупреждения возникновения опасных производственных факторов. Между тем установлено, что одной из причин травмирования работников на угольных шахтах являются нарушения при осуществлении технологических процессов. Эти нарушения связаны с недостаточной эффективностью методов обучения безопасному ведению горных работ, не в полной мере учитывающих динамику рисков травматизма, и несовершенством используемых в настоящее время средств для оперативного контроля трудовой деятельности горнорабочих на всех стадиях производственного процесса. Вышесказанным и определяются перспективы разработки и внедрения методов предупреждения производственного травматизма, основанных на использовании риск-ориентированного подхода, и инновационных средств контроля производственных процессов.

Показателем для определения периодичности проведения внеплановых инструктажей по обучению нормам и правилам безопасности при ведении работ в подземных условиях может являться соотношение между риском производственного травматизма и величиной частоты нарушений правил безопасности, после достижения которого некоторого критического значения 0,5-0,8 характерна тенденция к росту риска травматизма. Для контроля поведения подземного персонала при выполнении различных технологических операций и принятия решения о необходимости его дополнительного обучения может быть использована система визуализации кинематики движения, основанная на определении и последующем сопоставлении углов перемещения крупных суставов у наблюдаемых горнорабочих и горнорабочих, имеющих навыки профессиональной деятельности в рассматриваемых условиях.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. С.Г. Гендлер

**К.В. ГРОМЦЕВ, А.А. ЛЕЙБА**  
*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ НИВЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ ДЛИННЫМИ СТОЛБАМИ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА**

При разработке калийного месторождения необходимо учитывать быструю растворимость солей и наличие водоносных горизонтов в вышележащих породах. Прорыв подземных вод в рудник и его дальнейшее неконтролируемое затопление приводит к потере запасов, деформации пород, и как следствие, образованию провалов на поверхности. Результатом является экологическая катастрофа и высокий экономический ущерб. В мировой практике было затоплено и не подлежало восстановлению около 80 калийных и соляных рудников. Гидрогеологические условия на Нивенском месторождении сложные: над продуктивной толщей находятся 7 подвижных водоносных горизонтов, в 6 км от участка находится Калининградский залив, над участком проходят долины рек Прохладная и Майская, местность частично заболочена. Все вышперечисленное говорит о недопустимости больших оседаний поверхности и необходимости применения закладки выработанного пространства.

Разработан вариант технологии отработки Нивенского месторождения системой разработки длинными столбами с закладкой выработанного пространства. Были проведены расчеты высоты распространения техногенных водопроводящих трещин, на основе которых был сделан вывод о безопасности предлагаемого варианта. Для достижения высокого коэффициента извлечения выбрана технология разработки длинными столбами. Чтобы минимизировать влияние на вышележащие слои, в процесс добычи внедрены мероприятия закладки путем применения специализированного оборудования и подачи в выработанное пространство лавы закладочных материалов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Е.Р. Ковальский

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

В данной работе представлен полуаналитический метод введения распределенных фиктивных источников для нахождения поля давления в пласте при наличии дизъюнктивных нарушений.

Если месторождение содержит непроницаемые границы или зоны выклинивания, то необходимо наложить условия, гарантирующие отсутствие фильтрации жидкости в этих зонах. Таким условием является равенство нулю проекции вектора градиента пластового давления на непроницаемых границах. Размещение распределенных по границам зон выклинивания непрерывных фиктивных источников (стоков) позволяет моделировать граничные условия.

Значение давления в месторождении от функционирования всех источников в точке с радиус-вектором  $\vec{r}$  находится по формуле:

$$p(\vec{r}, t) = p_0 + \frac{1}{4\pi} \sum_{j=1}^N \frac{\mu_i}{k_i h_i} \sum_{i=1}^{\tau} (Q_{ij} - Q_{i-1j}) Ei \left( -\frac{(\vec{r} - \vec{r}_j^{real})^2}{4\kappa_j (t_\tau - t_{i-1})} \right) + \sum_{j=1}^{n'} \frac{1}{L_j} \sum_{i=1}^{\tau} (q_{ij} - q_{i-1j}) \int_{[M_j, M_{j+1}]} Ei \left( -\frac{(\vec{r} - \vec{r}_j^{slot})^2}{4\kappa_j^{slot} (t_\tau - t_{i-1})} \right) dl$$

В результате проделанной работы был реализован алгоритм, основными преимуществами которого являются: достоверность оценок пластового давления высокая скорость расчетов, возможность моделирования дизъюнктивных нарушений пласта, трещин и горизонтальных скважин, учет неоднородности проницаемости. Результаты были верифицированы как с аналитическими расчетами, так и с вычислениями коммерческого программного продукта KAPPASAPHIR.



Научный руководитель: к.ф.-м.н., Е. В. Юдин

И. В. ДАНИЛОВ, Н.И. КОТЕЛЕВА, В.Ю. БАЖИН

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ФОРМ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Литье сплавов в формы является одним из способов получения конечного продукта на металлургическом предприятии. Одной из основных проблем в литейных цехах является отсутствие надлежащего контроля за состоянием изложниц в реальном времени. Поверхность изложниц осматривают либо при плановом техническом обслуживании машины для литья, либо непосредственно во время процесса оператором линии. Продолжение эксплуатации изложницы с критическим дефектом (большая сетка разгара, крупные трещины, скол бортов, пролив сплава на борт) может привести к аварийной ситуации, поломке машины или к изменению геометрии слитка.

Для решения данной проблемы предлагается использовать камеру технического зрения, установленную на холодном конце машины для литья, для получения изображений форм. Изображения с камеры по Ethernet будут поступать на микрокомпьютер RaspberryPi 3, где будут обрабатываться при помощи алгоритма, основанного на сверточных нейронных сетях. Сверточные нейронные сети являются аналогом биологического механизма зрения и позволят с высокой точностью распознать дефект на поверхности. Обучение алгоритма осуществлено на основе заранее подготовленных изображениях форм с реального производства. Выходные данные алгоритма после обработки будут отправляться на OPC-сервер цеха для дальнейшего ис-

пользовании в качестве индикации в SCADA или для изменения усилия на отбойных молотках для извлечения слитка.

Обученный на 400 изображениях алгоритм способен определять дефект на изложнице с вероятностью в 95%. Процесс возникновения критического дефекта занимает определенное время и можно предположить, что полученной точности определения будет достаточно для своевременного распознавания.

Интеграция разработанной системы в реальное производство позволит своевременно реагировать на появляющиеся поверхностные дефекты, сократить количество брака в конечном продукте и возможные издержки на ремонт машины, а также повысить безопасность персонала цеха

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.Ю. Бажин, к.т.н. Н.И. Котелева

**Е.С. ДЕМЕНТЬЕВА**

*Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ ОГНЕЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ НА ОСНОВЕ ВОДНОГО РАСТВОРА ЖИДКОГО СТЕКЛА**

Пенополистирол (ППС) является популярным материалом, который имеет различные области применения. Рассматривая его в строительстве, можно отметить, что он применяется на всех этапах строительства в качестве утеплительного и изолирующего материала. ППС имеет ряд преимуществ, одно из них – низкая теплопроводность. Но основной его недостаток – пожароопасность. Пенополистирол относится к группе горючести Г3–Г4 – нормальногорючие и сильногорючие материалы. Кроме того, при горении ППС образуется горящий плав, что вызывает еще большее распространение пламени при пожаре.

Для снижения горючести ППС был выбран метод нанесения огнезащитных покрытий поверхностным способом. Огнезащитные покрытия состоят из негорючих веществ, где базовым веществом является водный раствор жидкого стекла, а в качестве добавок к нему – каолиновая глина и шпатлевка латексная, в составе которых вещества с высокими огнезащитными характеристиками. Данные покрытия имеют высокие адгезионные свойства при покрытии на поверхность ППС. По разработанным методам оценки степени выгорания обработанных образцов наличия плава в ходе экспериментов было установлено, что эти покрытия позволяют снизить скорость горения и плавления пенополистирола. Для оценки измененных свойств теплозащиты обработанного огнезащитными составами ППС была проведена экспериментальная оценка теплопроводности ППС, которая выявила, что коэффициент теплопроводности образцов, обработанных составами и необработанных, почти не изменился.

Проведенные исследования доказывают, что с помощью предлагаемых огнезащитных покрытий, возможно снизить пожароопасность пенополистирола, а именно горючесть и плавление, не ухудшая его теплофизические свойства.

**Научные руководители:** к.т.н., доц. И.П. Палатинская, к.т.н., доц. С.И. Боровик

**И. О. ДЕРКУНСКИЙ, Н. А. ЧАУЛКИН, В.А. РУДКО, Н. К. КОНДРАШЕВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ СРЕДНИХ ДИСТИЛЛЯТОВ**

На сегодняшний день в нефтеперерабатывающей отрасли усиливается тенденция вовлечения продуктов вторичных процессов в цикл производства топливных и смазочных материалов, наряду с которой происходит постоянное ужесточение экологических норм и требований, предъявляемых к эксплуатационным свойствам готовой нефтяной продукции. В связи с этим предприятия вводят в эксплуатацию технологические комплексы, способные осуществлять процесс глубокого облагораживания нефтяного сырья. Одним из основных процессов вторичной переработки нефти, применяемых сегодня на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) России и мира, является процесс гидроочистки, который позволяет уменьшить содержание высокорекреакционных непредельных углеводородов, гетероорганических соединений серы, азота, кислорода и тяжелых металлов, содержание которых нормируется российскими и международными стандартами.

В данной работе был изучен углеводородный состав среднестиллятных фракций, которые являются основными компонентами топлив, как дизельных, так и судовых [1]. Для анализа с промышленных установок были отобраны: легкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК), легкий газойль замедленного коксования (ЛГЗК) и прямогонная дизельная фракция (ПДФ). Также был исследован углеводородный состав гидроочищенной прямогонной дизельной фракции (г/о ПДФ) и гидроочищенной смеси ПДФ, ЛГЗК и ЛГКК (50:25:25, % масс.) [2].

На основе полученных результатов был произведен расчет водородсодержащего газа (ВСГ), необходимого для проведения процесса гидроочистки.

#### Список литературы

1. Кондрашева Н.К. Низкосернистые судовые топлива / Н.К. Кондрашева, В.А. Рудко, Д.О. Кондрашев, К.И. Смышляева, В.С. Шаклеина, Р.Р. Коноплин // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2018. – № 2. – С. 84-88.

2. Kondrasheva N.K. Effect of Hydrocarbon Composition on Quality and Operating Characteristics of Middle Distillate Fractions and Low-Viscosity Marine Fuels / N.K. Kondrasheva, D.O. Kondrashev, V.A. Rudko, A.A. Shaidulina // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2017. V.53.– P. 163-172.

3. Гидроочистка смесей дизельных фракций с бензином и легким газойлем коксования / П.С. Солманов, Н.М. Максимов, Ю.В. Еремина, Е.О. Жилкина, Ю.Ю. Дряглин, Н.Н. Томина // Нефтехимия. – 2013 – Т. 53 – № 3. – С. 199-202.

4. Ancheyta J., Speight J.G. Hydroprocessing of Heavy Oils and Residua. – CRC Press, 2007. – 376 pp.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Н.К. Кондрашева

**Ч.Ю. ДОНГАК**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

Российская Федерация самое большое государство в мире по площади, занимает первое место в мире по этому показателю. В настоящее время общая площадь территории РФ составляет 17 125 191 км<sup>2</sup>. Следует отметить, что протяженность электрических сетей в РФ также весьма значительно, однако имеется ряд удаленных объектов, которые необходимо электрифицировать. Электрификация этих объектов достаточно затратное мероприятие, ввиду того, что в качестве источника электрической энергии выступают дизель-генераторные установки, потребляющие большое количество моторного топлива, стоимость которого достаточно велика. Проведения отдельной линии электропередачи также не целесообразна экономически ввиду того, что удаленные объекты, как правило, являются маломощными потребителями электрической энергии, поэтому возникает актуальная задача по электроснабжению удаленных объектов от источников альтернативной энергетики.

На сегодняшний день наиболее перспективными направлениями солнечной энергетики на территории Республики Тыва являются электроснабжение удаленных объектов, к которым можно отнести чабанские стоянки (насчитывается более 2000 чабанских стоянок. 90% из них не имеет электроснабжение), туристические базы, населенных пунктов, функционирующих от дизель-генераторных электростанций. Модификация данных установок, с целью повышения их КПД (коэффициента полезного действия) значительно затруднена ввиду того, что находятся в эксплуатации достаточно длительное время (как правило, не один десяток лет). Сервисное обслуживание также весьма затруднительно ввиду отсутствия необходимых комплектующих. Все это, в значительной степени, сказывается на уровне надежности системы электроснабжения удаленных объектов.

Следует отметить, что в Республике Тыва имеется достаточно слабо развитая инфраструктура, применение данной технологии позволит повысить их за счет применения современных, энергоэффективных, автономных и экологически безопасных технологий производства электрической энергии, а также значительно понизит финансовые затраты на приобретение моторного топлива для дизель-генераторных установок.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. С.Н. Решетняк

## **ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА ОПР И ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ РАЗРАБОТКИ ОТОРОЧКИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ**

В последнее время в структуре российских запасов углеводородов значительно увеличилась доля трудноизвлекаемой, высоковязкой нефти, именно поэтому темой данной работы послужило формирование стратегии эффективной разработки залежи пласта, представленной обширной газовой шапкой с высоковязкой нефтяной оторочкой, полностью подстилаемой водой путем, обобщения результатов опытно-промышленных работ.

Исследуемый объект представляет собой газонефтяную, массивную, водоплавающую залежь размером 31 x 8.5 км, слабоконсолидированный коллектор. Средняя общая толщина равна 98.2 м из них 20.5 м средняя газонасыщенная и 8.6 м нефтенасыщенная толщины. Вязкость нефти в пластовых условиях составляет 377 мПа·с.

В работе представлены геологические особенности исследуемого объекта, а также влияние высоковязкой нефти на систему разработки. Приведены результаты реализуемых ОПР. Выявлены критерии, которые необходимо соблюдать при бурении новых скважин и геологические аспекты их заложения. Приведены перспективные районы бурения исследуемого объекта.

Установлено что используемые геологические подходы и технические решения по бурению, заканчиванию и эксплуатации скважин позволяют проводить экономически рентабельную разработку высоковязкой нефти.

Текущие знания о строении пласта и понимание геологических предпосылок успешности позволяют рассматривать возможность расширения объемов разбуривания и разработки нефтяной оторочки в зоне пологого залегания пластов. Для качественного планирования потенциальных возможностей объекта требуется получение большего количества данных и большее время отработки опытного участка. Также необходимо дополнительно рассмотреть вопрос формирования опытных элементов заводнения, так как на сегодняшний день полученные расчеты не дают однозначной эффективности системы поддержания пластового давления вследствие быстрых прорывов воды.

**Научный руководитель:** канд. техн. наук, доц. Н.Р. Кривова

**Е.А. ДОРМИДОНТОВА**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

В случае изготовления тепловыделяющего элемента может образоваться легко корродирующий промежуточный слой между топливом и оболочкой; это может вызвать одновременную коррозию практически всей поверхности тепловыделяющего элемента. Быстрее всего коррозия развивается у торцов тепловыделяющих элементов и часто приводит к разрушению оболочки в этих местах.

Коррозия начинается с адсорбции молекул воды поверхностью циркония. Молекулы диссоциируют, образуя ионы кислорода и водорода. Кислород растворяется в металле, при достижении определенной концентрации на поверхности образуется оксид. После образования пленки оксида, образующиеся на его поверхности ионы кислорода диффундируют сквозь пленку, достигая металла и наращивая толщину пленки оксида.

Кинетика реакции циркония с водой при повышенных температурах характеризуется двумя периодами. Первоначальный период характеризуется образованием тонкого и плотно прилегающего к металлу слоя продуктов реакции, окрашенных в цвета побегалости или имеющих черную окраску. Благодаря этому слою скорость увеличения веса образцов следует закону, характерному для металлов, образующих защитный или пассивирующий слой продуктов реакции.

На допереломной и послепереломной стадиях коррозии скорость окисления лимитируется переносом кислорода через барьерный слой у границы оксид/металл. В точке перелома толщина барьерного слоя уменьшается, что увеличивает скорость дальнейшего окисления. Явление перелома связано с релаксацией накапливающихся напряжений в оксидной пленке и с процессами их релаксации в зернах  $ZrO_2$  и, как следствие, с трансформацией тетрагональной фазы в моноклинную.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. М.В. Котенева

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОРПУСОВ РЕАКТОРОВ ВВЭР**

На сегодняшний день считается, что корпус реактора ограничивает срок службы всей реакторной установки в связи с ограниченностью его радиационного ресурса. Корпус является крупногабаритным элементом АЭС и весит около 350 и более тонн и состоит из отдельных кованных элементов, соединенных сварными швами.

Так как замена корпуса реактора признана экономически нецелесообразной, из этого следует, что основной задачей разработчиков корпусов реакторов АЭС является создание корпусов, которые не ограничивают ресурс реакторной установки.

В связи с вышесказанным материалы корпуса реактора должны удовлетворять комплексу требований по механическим свойствам перед началом эксплуатации. Свойства материалов корпуса изменяются под воздействием эксплуатационных факторов в течение десятков лет. Основное требование состоит в том, что в любой момент эксплуатации материалы корпусов реакторов должны удовлетворять комплексу требований по прочностным и пластическим свойствам.

Исследования структуры нетравленных шлифов 15Х2НМФА и 15Х2НМФА класс 1 на оптическом микроскопе позволили получить данные о плотности неметаллических включений на пяти образцах: образец 1 - 15Х2НМФА, класс 1 - 74,740 1/мм<sup>2</sup>, образец 2 - 15Х2НМФА, класс 1 - 70,052 1/мм<sup>2</sup>, образец 3 - 15Х2НМФА - 84,396 1/мм<sup>2</sup>, образец 4 - 5Х2НМФА - 91,663 - 1/мм<sup>2</sup>, образец 5 - 15Х2НМФА - 78,249 1/мм<sup>2</sup>

В сталях с оптимизированным химическим составом обнаружена меньшая плотность неметаллических включений. Распределение по значениям площади неметаллических включений можно считать нормальным по критерию Колмогорова-Смирнова. Наиболее часто на фотографиях видны неметаллические включения (при увеличении ×1000), имеющие вид характерный для силикатов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Рожнов А.Б.

**Х.Ю. ЕВЛОЕВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УГЛУБКИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ» ПАО «АЛРОСА»**

Данная работа посвящена техническим проблемам освоения рудника «Удачный», который расположен в 540 км северо-западнее г. Мирного, Месторождение состоит из двух рудных тел, которые разделены между собой массивом осадочных пород верхнего кембрия. Одной из особенностей рудника Удачный является наличие тектонических разломов заполненных газогидратами.

Верхняя часть месторождения обрабатывалась карьером. При этом предельная глубина карьера достигла 640 м. Нижняя часть разрабатывается подземным способом. Месторождение вскрыто тремя вертикальными стволами: клетевым стволом (КС) диаметром в свету 8 м; вентиляционно-вспомогательным стволом (ВВС) диаметром 8 м; и скиповым стволом (СС) диаметром 8 м.

При строительстве клетевого и скипового стволов в 2006 и 2007 году произошел ряд аварий с разрушением копров, вследствие выброса газа в ствол после проведения очередного взрывания. Учитывая большие глубины при проведении углубочных работ, возможно повторение подобных аварийных ситуаций.

Следовательно, разработка методик проведения взрывных работ при углубке стволов, направленных на предотвращение аварийных ситуаций является актуальной современной задачей.

В работе предлагается бурение специальных дегазационных скважин, оборудованных разработанным газоанализатором, системой оповещения, системой противопожарных устройств, а также возведение специальных перемишек на существующем рабочем горизонте.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.А. Атрушкевич



## ПРОИЗВОДСТВО СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В АРКТИКЕ: ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТОВ

Технология сжижения природного газа в целях повышения его мобильности послужила стимулом для создания отдельной отрасли, которая на сегодняшний день является самой быстрорастущей в энергетическом секторе. Позиции России на мировом рынке сжиженного природного газа (СПГ) пока слабые, однако в нынешних условиях диверсификация экспортных поставок газа является важной стратегической задачей.

Арктический регион ввиду колоссальных запасов природного газа, благоприятного температурного режима и удачного географического расположения относительно ключевых рынков сбыта является перспективным для развития российской индустрии СПГ.

Целью данного исследования является оценка целесообразности развития СПГ-индустрии в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) и оценка эффективности арктических СПГ проектов с учетом их специфики.

На основании результатов исследования были сделаны следующие выводы: 1) Индустрия СПГ имеет важное значение в топливно-энергетическом комплексе России, ее развитие позволит укрепить позиции страны на мировом рынке углеводородного сырья за счет диверсификации поставок газа; 2) Российский СПГ ввиду относительно низкой себестоимости добычи газа, сжижения и транспортировки конкурентоспособен на мировом рынке СПГ; 3) Арктические СПГ-проекты перспективны для получения государственной поддержки, поскольку государство заинтересовано в развитии СПГ-производства и реализации инфраструктурных проектов в АЗРФ; 4) Особенности СПГ-проектов обуславливают необходимость применения специфического инструментария оценки их эффективности; 5) Ямал СПГ доказал целесообразность взаимодействия хозяйствующих субъектов, государства и зарубежных компаний – в результате реализации проекта были достигнуты значимые макроэкономические, геополитические, социальные, экологические и инновационные эффекты.

Научный руководитель: д.э.н., проф. А.Е. Череповицын

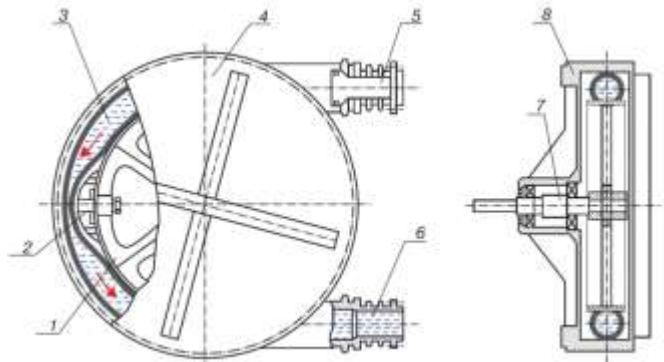


Рис.1 – Устройство перистальтического насоса

Р.С. ЕРШОВ

Санкт-Петербургский Горный университет

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОГО НАСОСА ДЛЯ ОТКАЧКИ ОСТАТКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ РЕЗЕРВУАРОВ

В нефтяной промышленности, в частности, актуальными являются проблемы, связанные с перекачиванием различного рода шламов, в том числе нефтесодержащих, из резервуаров и отстойников, предназначенных для хранения или транспортировки высоковязких нефтепродуктов.

Для решения подобных задач во многих странах мира начинают получать все большее распространение перистальтические насосы.

Основная деталь насоса – это эластичный трубопровод (шланг) – 3, который уложен полукольцом внутри корпуса – 8, 5 – линия всасывания, 6 – линия нагнетания, стрелками показано направление движения перекачиваемой среды. Корпус насоса герметично закрыт крышкой – 4 и частично заполнен охлаждающе-смазывающей жидкостью. На валу – 7 установлен вращающийся ротор – 1, который обеспечивает перемещение закрепленного на нем ролика – 2 с заданной скоростью. Число роликов равно одному.

Гидравлические характеристики перистальтического насоса определяются по формуле:

$$\Delta H = m \cdot \xi \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} - \frac{4 \cdot m \cdot \xi \cdot w}{\pi \cdot d^2 \cdot g} \cdot Q + \frac{8 \cdot (m \cdot \xi - \lambda(v)) \cdot \frac{L}{d}}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g} \cdot Q^2 \quad (1)$$

где  $Q$  – подача насоса,  $H$  – напор,  $m$  – число роликов.  $\lambda(v)$  – коэффициент гидравлического сопротивления;  $t$  – время движения ролика от начального сечения,  $d$  – диаметр эластичного трубопровода;  $\rho$  – плотность перекачиваемой среды;  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления,  $L$  – длина шланга.

Очевидно, что коэффициент  $m \cdot \xi \cdot w^2 / 2 \cdot g$ , не содержащий расхода  $Q$ , является максимальным значением дифференциального напора, который может развить насос. Таким образом, увеличить напор перистальтического насоса можно за счет повышения скорости движения ролика  $w$ , уменьшения коэффициента местного сопротивления  $\xi$  (уменьшения перетока жидкости через ролик) или увеличения числа роликов  $m$ .

Однако нужно учитывать, что, кроме увеличения потребляемой мощности, эти меры могут привести к преждевременному износу рабочей части насоса – эластичного трубопровода.

Создание перистальтического насоса повышенной надежности и производительности может способствовать его широкому распространению в нефтяной промышленности для решения широкого спектра задач.

В данной работе был выполнен анализ гидравлических характеристик перистальтического насоса, обработаны полученные данные. Разработана новая конструкция насоса путем применения большего числа роликов, а также повышения степени пережатия трубопровода или скорости движения пережимаемого ролика.

**Научный руководитель:** А.М. Щипачев

**Д.А. ЕФИМОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА**

В отличие от предшествующих исследований, проводящихся с 2012 г. в Санкт-Петербургском горном университете под руководством проф. Когана В.Е., в качестве базисного нами был выбран не порошок стекла, а жидкое натриевосиликатное стекло ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) по ГОСТ 13078-81, которое смешивали с изопропиловым спиртом. Отмеченное позволило достичь почти двукратного понижения температуры получения сорбента, т.е. обеспечивало достижение экономического эффекта.

Оценка эффективности сорбентов проведена согласно ТУ 214-10942388-03-95 «Оценка эффективности сорбента». В качестве нефти в работе использована нефть REBCO 2.2э.1.1 ГОСТ Р-51858.

Все полученные образцы нефтесорбентов практически непотопляемы. На кинетической кривой нефтепоглощения для сорбентов фракции 3 – 8 мм имеет место максимум при выдержке 12,5 мин, в то время как таковой отсутствует для одиночного образца сорбента размерами 20×18×16 мм.

Введение в состав для получения нефтесорбента порошка железного распыленного ПЖР3.200.28 / ГОСТ 9849-86 приводит к исчезновению максимума на кинетической кривой нефтепоглощения образцов фракции 3 – 8 мм. В то же время наблюдается повышение кажущейся плотности образцов с 0,05 г/см<sup>3</sup> до 0,29 г/см<sup>3</sup>, что важно для устранения сложностей равномерного размещения диспергированного сорбента по загрязненной нефтью поверхности водоема и последующего извлечения сорбента из воды. Эти образцы имеют магнитные свойства и могут как загружаться на поверхность воды, так и собираться с нее посредством электромагнита.

В теоретическом отношении настоящее исследование является экспериментальным подтверждением сделанных ранее заключений, а именно: необходимым условием наличия максимума на кинетических кривых нефтепоглощения является стеклообразный характер поверхности сорбента, а необходимым и достаточным условием – стеклообразное состояние поверхности сорбента и механизм поглощения за счет капиллярных сил, в первую очередь, в пространстве порозности между образцами, которые образуют структуру типа коагуляционной.

**Научный руководитель:** д.хим.н., проф. В.Е. Коган

## **РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА**

Тема выпускной квалификационной работы предложена по заявке предприятия реального сектора экономики. Основная цель ВКР заключается в разработке комплекта конструкторской документации для изготовления оборудования для производства древесно-полимерного композита (ДПК), который совмещает в себе достоинства дерева и пластика, а так же лишен недостатков натуральной древесины.

В ходе работы для достижения поставленной цели, а именно, разработки конструкции технологического устройства для производства ДПК, были реализованы следующие задачи:

- разработка конструкции для производства ДПК;
- внедрение устройства для придания формы древесно-полимерной плите;
- внедрение ленточного конвейера для перемещения листа из ДПК;
- разработка и внедрение системы охлаждения и нагрева;
- обеспечение подачи армирующего материала и защитной пленки.

В конструкторской части ВКР согласно требований ЕСКД была разработана принципиальная схема технологического оборудования, на основании которой в системе САПР машинной графики Компас 3D разработана сборочная модель установки для производства ДПК. Технологическое оборудование представляет собой следующее: в двухшнековый экструдер попадает сырье – древесная мука, полимер и песок, далее смешивается и проходит между вальцов, придающих материалу форму листа с необходимой толщиной. В момент, когда лист попадает на конвейер ленточного типа, начинается подача армирующей сетки для придания изделию прочности и долговечности. Следующий этап – защитная пленка, внедряемая во избежание царапин при транспортировке. Затем лист переходит по конвейеру на пресс для придания окончательной формы.

Таким образом, разработан комплект конструкторской документации для изготовления оборудования для производства ДПК и передан на производство для создания опытного образца. Данный проект утвержден руководством предприятия-заказчика.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Р.Ю. Некрасов

**Н.М. ЖУКОВ**

*Тверской государственной технической университет*

## **ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ КРАЁВ ТОРФЯНЫХ КАРТ**

В работе предлагается обоснование конструкции высокопроизводительного средства для профилирования краёв торфяных карт, принцип действия которого основан на одновременной обработке двух сторон картового канала.

В связи с тем, что после работы фрезерующих машин происходит срабатывание центральной части торфяной карты, по краям поля образуются бровки. Их удаляют или полным профилированием карты, или односторонними профилирующими устройствами, которые за один проход обрабатывают только одну сторону карты.

Задача заключается в проектировании высокопроизводительного средства, которое бы за один проход обрабатывало две стороны картового канала. Поставленная задача решается путем навески на трактор двустороннего профилирующего устройства.

Трактор, оснащенный сдвоенными передними и задними колесами, проезжает непосредственно над картовым каналом. Крутящий момент передается от вала отбора мощности трактора на центральный редуктор, от которого распределяется на обе фрезы, расположенные под углом 70° к продольной оси агрегата через карданные шарниры неравных угловых скоростей. Профилирующее устройство поднимается в транспортное положение и опускается в залежь за счет действия гидроцилиндров. Угол наклона фрез в поперечной вертикальной плоскости, регулируемый стяжками, позволяет создать выпуклый профиль карты для стока дождевых вод в каналы.

Спроектированное устройство решает ряд проблем, связанных с операцией профилирования. Во-первых, за один проход обрабатываются оба края картового канала. Это позволяет увеличить производительность обработки в два раза по сравнению с известными аналогами. Во-вторых, упрощается транспортировка профилировщика от одной производственной площадки до другой за счет возможности перевозки устройства даже в прицепе легкового автомобиля в разобранном состоянии. Использование штифтовых но-

жей дает возможность производить быструю их замену без демонтажа фрез и транспортирования их в ремонтную мастерскую.

**Научный руководитель:** д.т.н., доц. А.Л. Яблонев

**А.Д. ЗАМИРАЛОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **КОМФОРТ И БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

На многих предприятиях нефтегазовой отрасли цеха расположены на расстояниях между собой порядка 200-300 м, вплоть до 500 м. При этом, осуществляются транспортные потоки по автомобильным дорогам, которые включают в себя: доставку сырья, транспортировку оборудования, перемещение погрузчиков, спецавтомобилей, вывоз готовой продукции и т.д. Работники перемещаются по территории предприятий соблюдая правила безопасности, однако существует вероятность получения травмы.

Предлагаю принципиально новый подход к организации перевозок пассажиров и грузов – проект "SkyWay", в котором транспорт — это эффективное средство передвижения, а не источник опасности для каждого человека и всего человечества. Были заложены теоретические и экспериментальные основы для струнных технологий транспортных систем. Наиболее прогрессивным поколением инновационной транспортно-инфраструктурной технологии явилась "SkyWay" - "Небесная дорога".

Самой важной и значимой наукой при создании высокоскоростного транспорта, движущегося в воздушной среде, оказалась аэродинамика, так как более 90% мощности привода транспортного средства расходуется именно на преодоление аэродинамического сопротивления. Для того, чтобы вдвое улучшить аэродинамику высокоскоростного транспорта, достаточно устранить экраный эффект. Это достигается поднятием транспортного средства над землёй.

Из всех известных вариантов строительства дорог над землёй поднимаются только эстакады. Для достижения оптимальных условий движения высокоскоростного подвижного состава пришлось убрать сплошное полотно и оставить только узкие полоски для движения колёс. При этом, если сделать путевую структуру по длине неразрезной, без температурных швов, то можно увеличить несущую способность эстакады вдвое. Для того же, чтобы исключить сжатие и потерю устойчивости, несущую конструкцию эстакады пришлось растянуть в продольном направлении, то есть сделать её предварительно напряжённой.

Такая инженерная оптимизация позволила создать не только самый эффективный транспорт, но самый безопасный и экологически чистый транспорт, который я предлагаю внедрять на производствах.

**Научный руководитель:** ст.преподаватель Т.Г. Макарова

**Е. Е. ЗЕБЗЕЕВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ПОТЕРЬ СЫРЬЯ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ-СОЛЕОТВАЛА**

Галитовые отходы калийного производства, находящиеся на солеотвале, представляют собой сложившуюся техногенную породу с массовым содержанием NaCl 95%. В настоящее время существуют технологии получения NaCl как технического, так и пищевого качества из галитовых отходов. С течением времени значительная часть полезного компонента выносится атмосферными осадками, при этом в теле и на поверхности солеотвала происходят карстогенные процессы, из-за которых последующие работы на отвале становятся опасными. Поэтому изучение мероприятий по изоляции поверхности солеотвала с целью сохранения сырья и предотвращения дальнейшего засоления грунтовых вод является актуальной задачей. Основной проблемой изоляции является большой угол откоса отвала (30-35° при сухой отсыпке и 38-40° при гидронамыве), при данных углах велика вероятность отрыва экрана изоляции и покрывающего насыпного грунта. Для решения данной проблемы следует предусматривать следующие технические решения:

- Создание сложных конструкций противофильтрационных экранов, включающих пропитку битумом поверхности солеотходов;
- Устройство на внешних откосах солеотвала в продольном направлении контр-барьеров в виде усеченных пирамид либо замкнутых микробассейнов выщелачивания;

В работе рассмотрены варианты и опыт применения данных технических решений. Основными недостатками в представленных технологиях укладки являются недостаточная механизация работ, использование в основном ручного труда, а также необходимость, для соблюдения техники безопасности, применения при укладке спецоборудования. Для решения указанных проблем предусматривается устройство технических и транспортных берм на откосах с созданием на откосах горизонтальных участков.

**Научный руководитель:** д.т.н., доц. Э.А. Кремчев

**А. К. ЗЕЙНАЛОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЁСТКОСТИ ПАКЕТА ТАРЕЛЬЧАТЫХ ПРУЖИН ВИБРАЦИОННОЙ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ

Вибрационные конусные дробилки предназначены для переработки рудных и нерудных материалов повышенной прочности и имеют широкое применение в горнорудной, металлургической и строительной отраслях промышленности. Разрушение материала в них происходит методом удара в сужающемся пространстве между внутренним и наружным конусами, за счет их относительного сближения по вертикали. Обязательным элементом рабочего механизма (рис. 1) является упругая система, состоящая из набора винтовых пружин и обеспечивающая передачу движения между конусами, а также амортизацию дробилки.

Большие типоразмеры этих машин требуют большей жесткости упругой системы, что достигается установкой пружин большего диаметра и в большем количестве.

Замена винтовых пружин на тарельчатые позволяет снизить габариты и металлоёмкость конструкции, поскольку при тех же значениях жесткости они обладают меньшими размерами. Однако, поскольку в отличие от винтовых пружин жесткость тарельчатых пружин зависит от величины их хода, для осуществления динамического расчета дробилки возникает необходимость определения их механической характеристики.

Построение механической характеристики (рис. 2) осуществлялось по результатам проведения натурального эксперимента с использованием физической модели на машине сжатия Zwick Roell Z100 и обработкой данных в программном пакете testXpert R.

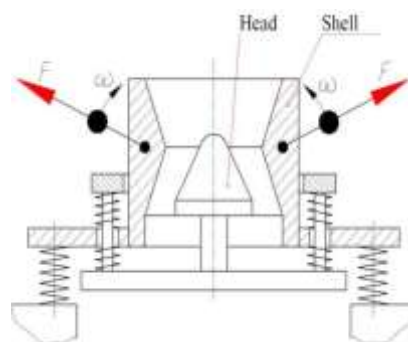


Рис. 1. Кинематическая схема вибрационной конусной дробилки

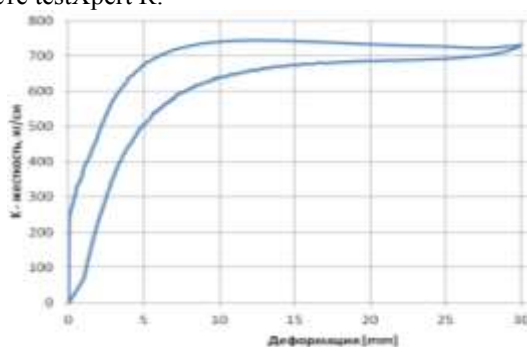


Рис. 2. Зависимость жёсткости пружин

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Н.С. Голиков

## **КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ**

Управление коммерческой реализацией подземных питьевых вод в России на сегодняшний момент несовершенно. Данная ситуация сформировалась под воздействием множества факторов, одним из которых является нерационально разработанная система налогообложения в области регулирования коммерческой реализации подземных питьевых вод. Несущественные поступления целевых денежных средств в бюджет и недифференцированные тарифные ставки – основные проблемы, ограничивающие мониторинг, защиту водоносных горизонтов и контроль за их использованием.

В результате анализа налогового законодательства РФ в области регулирования коммерческого использования подземных вод была разработана и обоснована концепция системы налогообложения подземных вод именно для коммерческих целей, которая позволила решить ряд важных проблем:

- существенная доля средств не поступает в казну государства, что ограничивает спектр мероприятий, связанных с природоохранными мероприятиями и ликвидацией последствий добычи и разработки месторождений полезных ископаемых;

- несовершенная тарифная сетка на воду, поставляемую населению и предприятиям.

Для решения выявленных проблем рекомендуется:

1. Приведение системы налогообложения всех коммерческих подземных вод к одному отраслевому налогу – НДС.

2. Ставку налога целесообразно уменьшить до 4 % (среднеотраслевая) и разработать систему дефляторов, которые будут менять свои значения в зависимости от типа водозабора, ресурсной базы, качества воды и др.

3. Базой налога в случае коммерческой реализации будет являться стоимость реализации товара или тарифа.

4. Пересмотр и обоснование тарифов в регионах.

**Научный руководитель:** к.э.н., ассистент Е.И. Головина

**А.В. ЗИНОВЬЕВ**  
*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ ПО ДЛИНЕ КАНАТНОЙ ШТАНГИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОКОВЫХ СТВОЛОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА**

В России имеется около 5000 скважин, которые эксплуатируются с помощью боковых стволов малого диаметра, при этом ежегодно вводится в эксплуатацию до 1000 скважин с боковыми стволами.

Бурение боковых стволов является одним из перспективных направлений, позволяющих добиться повышения добычи нефти на старых месторождениях и увеличения коэффициента извлечения нефти (КИН) из пластов, а также добычи трудноизвлекаемых запасов, что в итоге обеспечит получение дополнительной прибыли.

Одним из способов эксплуатации скважин с боковыми стволами является штанговая скважинная насосная установка (ШСНУ) с канатной штангой. Канатная штанга устанавливается в месте интенсивного набора кривизны и позволяет избежать истирания колонны штанг, труб и муфт. На сегодняшний день на месторождениях в ООО «Лукойл ПЕРМЬ» такими установками с канатной штангой оборудовано более 30 скважин, в Самаранефтегаз – 27 скважин.

Необходимость проведения исследований заключается в возможном обрыве каната, при действии сжимающих нагрузок при ходе вниз канатной штанги, а также в возможности его зависания. Целью же проведения работы является повышение надежности установки с канатной штангой при эксплуатации скважин с боковыми стволами.

В ходе работы будут проведены экспериментальные исследования, а также будет разработана математическая модель работы колонны штанг с канатной штангой и сравнение полученных теоретических расчетов с результатами испытаний и промысловыми данными.

**Научный руководитель:** к.т.н. А.В. Деговцов

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА НА СВОЙСТВА КАТОДНОЙ МЕДИ, ПОЛУЧЕННОЙ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОРАФИНИРОВАНИЯ

В целях повышения качества катодных осадков в электрохимии металлов широко применяются добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ), способствующие получению пластичных катодных осадков. При электрорафинировании меди в роли такой добавки используют тиомочевину.

В соответствии с требованиями Европейского стандарта EN 12893 пластичность медных осадков определяется методом измерения показателя удлинения спирали SEN (Spiral Elongation Number). При этом считается, что пластичность осадка напрямую зависит от размера кристалла катодного осадка.

Целью настоящей работы было выявление зависимости между концентрацией тиомочевины в серноокислом сульфатном медном электролите и средним размером кристалла катодного осадка, полученного в процессе электрорафинирования меди.

Исследования проводили с использованием лабораторного электролизера с рабочим размером катода 125x120 мм и анода 115x75 мм при плотности тока 300 А/м<sup>2</sup>. Электролитом служил раствор состава, г/дм<sup>3</sup>: серная кислота – 163; медь – 55,35; никель – 29,36; мездровый клей –  $3,55 \cdot 10^{-3}$ ; тиомочевина –  $0 - 9,4 \cdot 10^{-3}$ . Продолжительность электролиза составляла 4 часа.

Размер кристаллов измеряли с использованием электронного микроскопа CamScan MV2300, оснащенного системой энергодисперсионного анализа EDX Inca, а также ПО Vega TC и Inca Issue.

По результатам исследований получены зависимости между концентрацией тиомочевины в электролите электрорафинирования меди, размером кристаллов катодного осадка и величиной SEN.

**Научный руководитель:** директор «Центра инженерного сопровождения производства» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», к.т.н., доц. кафедры МЦМ А.И.Юрьев

Е.М.ЗОТОВА

Ивановский государственный химико-технологический университет

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИС(ТРИФТОРМЕТИЛСУЛЬФОНИЛ)ИМИДНЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Одной из тенденций современной науки является поиск новых функциональных материалов и органических растворителей, обладающих высокой химико-термической стабильностью и экологической безопасностью. К таким материалам относятся ионные жидкости (ИЖ) – сравнительно новый и обширный класс органических соединений – солей с температурой плавления ниже 100°C. Повышенный интерес исследователей к ионным жидкостям обусловлен совокупностью уникальных свойств, таких, как низкое давление насыщенных паров, высокая термическая, химическая и электрохимическая устойчивость, широкий температурный диапазон жидкого состояния, высокая ионная проводимость. К наиболее важным характеристикам, определяющим перспективы использования ионных жидкостей в электрохимической технологии, относятся ионная проводимость, и вязкость.

В данной работе изучены ионные жидкости с анионом бис-(трифторметилсульфонил)имид [NTf<sub>2</sub>]<sup>-</sup> и с катионами 1-бутил-1-метилпирролидиния ([BuMePyr][NTf<sub>2</sub>], (ИЖ1)) и метилтриоктиламмония ([MeOс<sub>3</sub>Am][NTf<sub>2</sub>], (ИЖ2)). Изучено температурное поведение электропроводности  $\kappa$  (при  $t$  от -40 до 150°C), вязкости  $\eta$  и плотности  $\rho$  ( $t=20-80^\circ\text{C}$ ) ИЖ., температуры стеклования.

Установлено, что значения  $\kappa$  и  $\rho$  у ИЖ2 существенно ниже, чем у ИЖ1, что обусловлено более разветвленной структурой катиона [MeOс<sub>3</sub>Am]<sup>+</sup>. При  $t > 0$  температурное поведение  $\kappa$  описывается уравнением Аррениуса ( $r^2=0.999$ ). Эффективная энергия активации  $\kappa$  имеет характерные для ИЖ значения 21 и 35 кДж/моль для ИЖ1 и ИЖ2 соответственно. Уравнение VFT было применено для описания температурного поведения  $\kappa$  во всем исследованном диапазоне температур, рассчитаны идеальные температуры стеклования  $T_0$  и сопоставлены с температурами стеклования  $T_g$ , измеренными методом ДСК. Сделан вывод о перспективности применения ИЖ1 в качестве электролита в электрохимической технологии и для электрохимических устройств.

**Научный руководитель:** д.т.н., доц. Е.П. Гришина



## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ НА ШЛАМОВОМ ПОЛЕ ВИЛЮЙСКОГО ГОКА**

Насыпные гидротехнические сооружения представляют собой объекты повышенного внимания, в случае их разрушения урон и потери трудно оценить, поэтому крайне важно следить за их состоянием.

В работе представлен и обсуждается пример использования электроразведочных исследований для изучения и мониторинга состояния хвостохранилища Вилюйского горно-обогатительного комбината. Геофизические работы выполнялись для определения геокриологических условий грунтов хвостохранилища, прослеживания предполагаемых фильтрационных потоков. Использовался метод сопротивлений в модификации электротомографии по системе параллельных профилей. Общая протяженность профилей 7,5 км, их длина от 320 до 2000 м. Шаг съемки 10 м. Применялась аппаратура «Скала-64», разработанная КБ «Электротометрия». По данным электротомографии построены геоэлектрические разрезы до глубины 100 м и планы кажущегося удельного электрического сопротивления ( $УЭС, \rho_k$ ) на разных глубинах.

Наблюдаемые значения геофизических полей вдоль профиля можно считать реализациями различных случайных функций. Этот факт предполагает использование в процессе обработки и интерпретации геолого-геофизической информации статистических методов. Исследованы графики  $\rho_k$  для глубин 5, 10, 20, 40 м. Определены средние значения и дисперсия  $\rho_k$ , радиус автокорреляции (АКФ) и взаимная корреляция параметра  $\rho_k$  на разных профилях.

Установлены выдержанные низкие значения  $\rho_k$  (3 – 15 Ом·м) на глубине 20 и более метров, что указывает на наличие фильтрации высокоминерализованных шламовых вод через тело ограждающей дамбы. На глубине 5 – 10 м УЭС составляет 70 – 100 Ом·м, а радиус АКФ порядка 20 м, что указывает на неоднородность параметра  $\rho_k$ , обусловленную наличием участков сезонного промерзания даже в летний период, и отсутствие фильтрации. Сильная изменчивость параметра  $\rho_k$  не позволяет строить планы изометр для верхнего слоя дамбы, если расстояние между профилями исследования превышает радиус АКФ.

**Научный руководитель:** к. геол.-мин. наук, доц. А.В. Кузин.

**П.Н. ИВАНОВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ САМОРАСКРЫВАЮЩИХСЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ ЯКОРНОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PLAXIS 2D**

Неотъемлемой частью современного строительства становится инженерная защита территории, которая призвана обеспечить устойчивость системы сооружений и прилегающей территории. Одним из инструментов, применяемых при проектировании и строительстве инженерной защиты, являются анкерные системы.

Классический подход при расчете несущей способности самораскрывающегося грунтового анкера якорного типа основан на теоретическом решении задачи о выдергивании якоря определенной площади с определенной глубины. Однако, данная схема не позволяет учесть сложность геологического строения территории и нет возможности оценить поведение анкерной тяги, что в некоторых случаях, может оказаться основополагающим.

Поэтому был проведен расчет с использованием программного комплекса Plaxis 2D. Грунтовой анкер моделировался следующим образом – конструкция анкера была разделена на два составляющих элемента:

Непосредственно якорь – самораскрывающийся элемент, который жестко фиксируется в грунте при обустройстве анкерного поля.

Стальная тяга – элемент, воспринимающий действующее усилие и передает его на якорь.

Показано, что при использовании программного комплекса Plaxis 2D, возможен учет напряженного состояния системы с учетом инженерно-геологических условий, а также учет работы как грунтового-анкерной системы в целом, так и отдельных его элементов. При расчете, возможно получить информацию о величинах усилий в каждом из элементов конструкции анкера, а также величины деформации.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Е.Б. Черепецкая

## **ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА НЕФТИ В ПРОЦЕССЕ БИОДЕГРАДАЦИИ**

Наблюдаемое в последнее время значительное истощение традиционных запасов нефти ставит перед нефтедобывающими компаниями непростую задачу, заключающуюся в поиске способов добычи трудноизвлекаемых ресурсов нефти. За последние годы введено множество способов эффективной разработки месторождений высоковязких и битуминозных нефтей, основанных на различных физических химических и иных явлениях. Однако, далеко не все из используемых на практике методов увеличения нефтеотдачи безопасны для окружающей среды.

Одним из возможных способов добычи нетрадиционных нефтяных ресурсов является биологический метод, основанный на способности некоторых микроорганизмов преобразовывать высокомолекулярные углеводороды в низкомолекулярные, снижая тем самым вязкость нефти непосредственно в пласте и облегчая тем самым процесс нефтеизвлечения. В отличие от многих данных способ характеризуется экологичностью, что в совокупности с его эффективностью порождает интерес учёных всего мира к более тщательному его изучению.

Целью настоящего исследования является изучение изменения состава нефти в процессе биодegradации, что является актуальным ввиду недостатка фундаментальных данных для разработки практически и экономически эффективных методов интенсификации добычи трудноизвлекаемых ресурсов.

Объектом исследования стала нефть Ашальчинского месторождения, характеризующегося запасами тяжёлой нефти. В качестве деструкторов были выбраны бактерии рода *Bacillus subtilis* в питательной среде, представленной водным раствором полисахаридов амилозы и амилопектина. В целях моделирования нефтемещающей породы использована карбонатная добавка из кальцита и доломита. Эксперименты проводились в лабораторном реакторе периодического действия. Образующиеся в результате опыта газы и компонентный состав проанализированы при помощи хроматографии. Кроме того, изучены реологические свойства начального и конечного состояния образца нефти. Результаты представлены в графическом виде и проанализированы.

**Научный руководитель:** к.х.н, доц. Д.А. Ибрагимова

**А.В. ИВАНОВСКИЙ**

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина*

## **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН С УСТАНОВКАМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ**

На сегодняшний день в РФ основным методом эксплуатации добычных скважин является применение установок электроприводных лопастных насосов (УЭЛН), как правило центробежного типа. Данными установками добывается около 75% от общего объёма добычи нефти, и эта цифра неуклонно возрастает.

Широкое применение такого типа добычного оборудования обуславливается свойствами добываемого флюида и технологиями эксплуатации скважин (в т.ч. в одновременно-раздельной эксплуатации и добыча нефти из боковых стволов малого диаметра). Так, одной из проблем применения ЭЛН на нефтяных месторождениях с терригенными коллекторами является отказ оборудования из-за износа и засорения рабочих органов механическими примесями.

Поскольку традиционные методы борьбы с выносом мехпримесей не всегда позволяют полностью решить проблему защиты оборудования и увеличить его наработку на отказ, вопрос эксплуатационной надёжности УЭЛН при выносе мехпримесей является очень актуальным.

Целью представленной работы было исследование по определению зависимости рабочих показателей ступеней ЭЛН от износа абразивными частицами, в т.ч. при разных концентрациях абразивных частиц откачиваемой жидкости.

Полученные результаты экспериментальных работ по определению деградации характеристик ЭЛН позволяют повысить энергоэффективность добычи за счёт повышения точности при подборе УЭЛН к скважине, а так же могут быть использованы при оптимизации работы систем автоматизированного беспарационного замера дебита скважин – так называемого «виртуального расходомера».

**Научный руководитель:** к.т.н. Деговцов А.В.

## **ТЕХНОГЕННОЕ ПОЛЕ ВИБРАЦИЙ ТЕРРИТОРИИ ВАСИЛЬЕВСКОГО ОСТРОВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

Развитие городов приводит к росту интенсивности динамических нагрузок на геологическую среду. В 2015 году в инженерно-геологических изысканиях впервые был введен ГОСТ Р 56353-2015 «Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов». Это подчеркивает актуальность анализа техногенных полей вибрации и необходимость изучения динамических свойств грунтов на территории Санкт-Петербурга. Объектом исследований выбран Васильевский остров, поскольку восточная часть его территории относится к историческому центру города, а западная часть активно развивается.

Основными источниками техногенных нагрузок на территории Васильевского острова являются автомобили, метрополитен, трамвайный транспорт и работающие строительные и промышленные механизмы. Протяженность трамвайных путей на территории Васильевского острова – 3,4 км, линии метрополитена – 2,5 км, автомобильных дорог – более 45 км.

Для определения уровня вибрационного воздействия на территории Васильевского острова летом 2016 года были проведены замеры на следующих характерных участках: у метро Василеостровская – вдоль Среднего проспекта, между 6 и 12 линиями; в районе Смоленского кладбища – между улицами Беринга и Наличная. Измерение характеристик поля вибрации проводилось посредством определения виброскорости виброметром Экофизика 110А.

Верхняя часть геологического разреза Васильевского острова представлена слабыми дисперсными грунтами, которые подвергаются воздействию динамических нагрузок на глубину до 10-15 м, оказывая влияние на область взаимодействия зданий и геологической среды.

По результатам замеров была построена схема районирования Васильевского острова по уровню вибрационной нагрузки. Были выявлены участки с высоким и средним уровнем воздействия, три и два источника воздействия соответственно, где необходимо производить учет вибрационного воздействия на грунты. Поскольку считается, что при значениях виброскорости 124 дБ возможно уплотнение водонасыщенных песков. На исследуемой территории такого значения виброскорость достигает на пересечении 6 и 7 линий и Среднего проспекта.

После совмещения геологической карты и схемы районирования по уровню вибрационной нагрузки было выявлено, что наибольшее воздействие приходится на озерно-морские литориновые отложения, сложенные песками и супесями, и озерно-ледниковые отложения, представленные глинами и суглинками.

В дальнейшем, будут проведены исследования этих грунтов с использованием установки динамического трехосного сжатия для определения их динамических свойств.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. каф. ГиИГ К.В. Панкратова.

**А.П. ИЛЬИНА**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРАКЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВОГО СЫРЬЯ**

Редкоземельные элементы (РЗЭ) применяются во многих высокотехнологичных отраслях промышленности. Россия занимает второе место в мире по запасам редких земель, но при этом практически не производит готовой редкоземельной продукции. Значительная часть РЗЭ России сосредоточена в рудах хибинского апатита. Таким образом, разработка технологии извлечения и разделения редкоземельных элементов при переработке апатита является критически востребованной стратегической задачей в соответствии с государственной программой РФ [1].

Основная масса апатита перерабатывается путем сернокислого выщелачивания, в результате которого получается экстракционная фосфорная кислота (ЭФК), используемая в дальнейшем для производства фосфорных удобрений. В ЭФК содержится около 0,01% РЗЭ. При использовании ЭФК для получения РЗЭ не требуется предварительная обработка сырья, а также утилизация и сбыт вторичной продукции. Кроме того, ЭФК по сравнению с другими источниками РЗЭ обогащена наиболее ценной средне-тяжелой группой редкоземельных металлов. Это обуславливает ее потенциальную привлекательность в качестве источника РЗЭ.

В настоящее время существуют технические решения по извлечению РЗЭ из ЭФК [2]. В предыдущих работах был подробно изучен метод жидкостной экстракции РЗМ с использованием в качестве экстрагента ди-2-этилгексилфосфорной кислоты и доказана его эффективность для извлечения и разделения РЗМ. Однако метод жидкостной экстракции имеет и свои недостатки, такие как использование больших объемов токсичных экстрагентов и пожароопасных растворителей, вызывающих неизбежное загрязнение окружающей среды [3]. Поэтому в данной работе был сделан переход к такому методу как твердофазная экстракция, который объединяет свойства экстракционных и сорбционных процессов. Метод твердофазной экстракции во многом позволяет избежать перечисленных недостатков жидкостной экстракции и является экологически более привлекательным. Таким образом целью данной работы стало изучение экстракционных характеристик твердофазного экстрагента на основе Д2ЭГФК и сравнение их с показателями, полученными ранее при исследовании жидкостной экстракции.

Исследования в данной работе проводились на образце ТВЭКС-Д2ЭГФК. При его производстве активное вещество – Д2ЭГФК добавлялось в процессе сополимеризации стирола и дивинилбензола. Он представляет собой белые сферические гранулы, массовая доля фосфора в которых составляет не менее 5,3%. Экстракционные зависимости определялись в статических условиях, с использованием термостатируемого перемешивателя с возможностью регулирования скорости перемешивания.

В результате проведенных экспериментов были определены зависимости степени извлечения РЗМ на примере иттрия от факторов времени перемешивания, скорости перемешивания, температуры, от соотношения твердой и жидкой фаз и от концентрации фосфорной кислоты. Кроме того, определено значение емкости ТВЭКС-Д2ЭГФК по иттрию и получены сравнительные характеристики твердофазной и жидкофазной экстракции катионов иттрия и железа (3+) при их экстракции из оборотной экстракционной фосфорной кислоты.

В ходе данной работы выявлено, что прогнозы по применению ТВЭКС-Д2ЭГФК весьма перспективны, твердофазная экстракция не уступает жидкофазной по показателям равновесной степени извлечения, а также она позволяет в значительной степени отделять конкурирующие ионы железа (3+) от целевых ионов РЗМ.

#### Литература

1. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 328 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности"//КонсультантПлюсURL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162176/?frame=1#p37](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176/?frame=1#p37), свободный(дата обращения:26.05.2017) – загл. с экрана.

3.Сорбция в химии редкоземельных элементов, Эрлих Г.В., Лисичкин Г.В. Журнал общей химии. 2017. Т. 87. № 6. С. 1001-1027.

**В.Р. КАБИРОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА И ТОЛУОЛА**

Задачей данной работы является рассмотрение возможной модернизации секции четкой ректификации бензола и толуола комплекса получения ароматических углеводородов «Башнефть-Уфанефтехим», предназначенной для фракционирования бензола, толуола, суммарных ксилолов и тяжелых ароматических углеводородов. Разделение происходит методом ректификации в бензольной и толуольной колоннах.

В результате моделирования рассмотренной установки в программном пакете Hysys с применением термодинамического пакета NRTL была получена модель, адекватно описывающая реальную установку. Корректность модели была оценена по корреляции массовых расходов, составов, температур сырья и целевых продуктов в модели с данными операционного листа установки. Состав исходного сырья (масс %): бензола - 18,07 %, толуола - 55,41 %, этилбензола - 0,89 %, П-Ксилола - 10,47%, М-Ксилола - 4,66%, О-ксилола - 4,19%, вода - 0,7%, С9 - 5,06%, С10 - 0,55%.

Была предложена и смоделирована схема вторичного использования тепла, включающая в себя подвод тепла в бензольную колонну за счет конденсации и охлаждения паров толуола концентрационной секции толуольной колонны. Реализация данной схемы требует проведение ректификации под вакуумом с целью снижения температуры кубового продукта бензольной колонны, что позволит увеличить разность температур с верхом толуольной колонны до приемлемого уровня порядка 20-30°C.

Тепловые потоки, подводимые в куб бензольной колонны и необходимые для конденсации паров в толуольной колонне, соответственно равны 5,4 Гкал/ч и 7,0 Гкал/ч. Значительная разность тепловых потоков необходима для обеспечения гибкости работы установки и может быть компенсирована аппаратом воздушного охлаждения.

Был предложен и проанализирован метод оптимизации технологического процесса фракционирования бензола и толуола путем использования тепла, выделяемого при конденсации толуола, для обогрева куба бензольной колонны. Схема позволяет сократить расход тепла на 5,4 Гкал/ч. Экономический эффект, при средней цене греющего пара 1200 руб/Гкал, составляет 43 млн. руб. в год. Срок окупаемости 1,5 года.

**Научный руководитель:** доц., к.т.н. Н.А. Романова, доц., к.т.н. Д.В. Горленков

**Ю.А. КАЗАКОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ УКЛАДКИ МОБИЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ ПЛИТ НА СЛАБЫХ ОСНОВАНИЯХ**

В настоящее время на пути освоения земель присутствуют заболоченные участки общей площадью около 110 млн. га, на которых проводится большой комплекс работ по строительству, геологической разведке, лесозаготовкам, добыче и переработке нефти и газа, добыче торфа, прокладке магистральных нефте- и газопроводов. При осуществлении технологической деятельности предприятий, возникает необходимость в обеспечении транспортной связи по труднопроходимым заболоченным территориям посредством сооружения временных дорог. В соответствии с научно-техническим прогрессом такие дороги реализуются из так называемых дорожных плит, которые скрепляются между собой, образуя единое полотно. Для механизированной прокладки дорожных пластин предлагается использовать специальное оборудование, которое устанавливается на передвижную несущую базу. Такая машина называется сланеукладчик.

Сланеукладчик состоит из трех основных частей:

- тракторного двухосного полуприцепа (несущая база), в качестве тягача которого выступает трактор,
- системы барабанов и отклоняющих блоков,
- кассеты, так называемой обоймы из плит (рисунок).

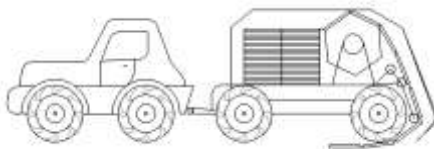


Рисунок. Тракторно-транспортный агрегат для прокладки временного дорожного покрытия

Принцип слаженной работы этих частей оборудования заключается в их последовательном размещении на несущей базе (полуприцепе), что позволяет наименее энергозатратно и максимально эффективно осуществлять прокладку дорожных плит. Пластины из обоймы попадают в систему барабанов шестигранной формы и укладываются на грунт, образуя непрерывное дорожное покрытие. Укладка происходит за счет того, что сама несущая база наезжает на пластины и тем самым под действием вектора скорости машины цепь из пластин укладывается на необходимый участок грунта.

Оборудование сланеукладчика включает в себя систему отклоняющих блоков и катков, способствующих перемещению сланей, направляющие полозья, в кормовой части машины, которые способствуют стабильной укладке и сворачиванию дороги, а также главный барабан шестигранной формы, каждая грань которого равна ширине одной пластины. Тракторный двухосный полуприцеп и трактор оборудованы двоячными колесами с флотационными широкими шинами для обеспечения высокой проходимости всего агрегата по слабым грунтам на подъезде к месту укладки.

Простота взаимодействия оборудования сланеукладчика позволяет осуществлять развертку и сбор дорожного полотна на слабых грунтах в короткие сроки без использования ручного труда, и тем самым решить проблему проезда техники в различных природно-климатических условиях.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.В. Михайлов

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Проектирование вошло в новый этап – BIM-моделирования (BuildingInformationModelling), которое позволяет создать модель объекта, содержащую всю необходимую информацию для проектирования, строительства, эксплуатации сооружения и различные инструменты для управления этими данными. Информационная модель здания предполагает объединение различных данных (инженерных сетей, архитектуры и т.д.) в одно взаимосвязанное информационное целое для визуализации, оптимизации работы нескольких групп специалистов, как в проектировочной организации, так и на строительных площадках.

На сегодняшний день программное обеспечение для BIM-проектирования Revit остается одной из основных платформ для BIM-проектирования. Интерфейс данной программы позволяет работать в одной «модели», но автономно друг от друга и с разными правами доступа, обеспечивая возможность менять параметры только в подведомственной группе.

Опыт предпринятых показывает, что внедрение данной технологии снижает время на проектирование объекта. Пик активности моделирования при использовании BIM-технологии сдвигается на начальный этап проектирования, что позволяет минимизировать вероятность возникновения ошибок при формировании документации, так как с течением времени жизненного цикла здания уменьшается возможность внесения изменения в проект. Также, информационное моделирование предоставляет возможность автоматического формирования документации после процесса моделирования.

В докладе представлена технология BIM-моделирования объекта теплоэнергетики – системы общеобменной вентиляции промышленного здания алюминиевого завода.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В. А.Лебедев

**А.П. КАЛАЕВ**  
*Тюменский индустриальный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПО СРЕДСТВАМ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ**

Целью данной работы является повышение точности фрезерных станков с числовым программным управлением по средствам разработки интеллектуальной системы диагностики, определение погрешностей, возникающих в процессе обработки криволинейных поверхностей у рабочего узла станка «шпиндель».

На данном этапе работы, произвели диагностику исполнительных рабочих узлов фрезерного станка без силового воздействия.

Для определения геометрической точности фрезерного станка с учетом силовых нагрузок, был произведен замер погрешностей исполнительного узла станка «шпиндель» в процессе обработки детали – диск (Ст. 40), базируемой в трехлапчатом патроне, установленном на столе станка. В качестве режущего инструмента использовалась концевая фреза Ø16мм (P6M5). Обработка детали производилась по наружной и внутренней цилиндрической поверхности с размерами.

После механической обработки детали «Диск» на фрезерном станке, производились измерения по внутренней и наружной поверхности контактным методом на контрольно-измерительной машине с ЧПУ EOS 5-4-4, прямым щупом с резьбой M2, рубиновым шариком диаметром 2 мм, длиной: 20 мм, ЭРД: 14 мм. Для интерпретации данных измерений использовалось программное обеспечение Metrologicgroup.

По проведенным измерениям выявлено, что погрешности рабочего узла «Шпиндель» фрезерного станка и детали «Диск» имеют схожие числовые значения. Следовательно при уменьшении контакта рабочей поверхности режущего инструмента – фреза, будет уменьшаться погрешность получаемых размеров, в связи с уменьшением контактных напряжений. Так же выявлено, что в месте врезания инструмента происходит превышение допуска. При смене траектории движения инструмента с перпендикулярного на касательное (для внешней поверхности) и спиральное (для внутренней) происходит выдерживание размера в пределах поля допуска.

**Научный руководитель:** к.т.н, доц. Р.Ю. Некрасов

## **ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В данной работе рассмотрены основные достоинства и недостатки применения спутникового геодезического оборудования при производстве разбивочных работ на строительной площадке. Использование ГНСС по принципиально новым технологиям позволит значительно упростить и ускорить процесс разбивки на монтажных горизонтах высотных зданий и сооружений [1,2]. Однако на данный момент технология производства таких работ ещё недостаточно отработана.

Разбивочные работы с применением ГНСС следует производить в следующей последовательности: вначале от ближайших пунктов государственной геодезической сети определяют положение пунктов ГРО стройплощадки, от которых разбивают главные или основные оси сооружений. Закрепленные пункты внешних сетей оборудуют устройствами принудительного центрирования и используют их в качестве базовых станций для детальных разбивок на монтажных горизонтах. При наличии экранирующих препятствий базовые станции располагают на крышах соседних зданий.

Предлагаемая технологическая схема смоделирована на примере многоэтажного жилого комплекса. Выполнены расчеты точности положения пунктов сетей и выносимых точек с использованием ГНСС приёмника Trimble R8. Полученные результаты согласуются с требованиями действующих нормативных документов.

### *Список литературы:*

1. Яндров И.А. Исследование и разработка координатного метода разбивочных работ в строительстве. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук М.: 2009
2. <http://sgs-geo.ru/rabota>

**Научный руководитель:** к.т.н, доц. каф. инженерной геодезии В.Г. Потюхляев

**Ж.Ю. КАПАЧИНСКИХ**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКОВОДНОГО ГАЗОПРОВОДА ИЗ ВЛАДИВОСТОКА В ЯПОНИЮ ПО ЯПОНСКОГО МОРИЮ**

Природный газ трубопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» предлагается транспортировать в Японию (юг острова Хонсю) по маршруту, обходящему глубоководную Японскую котловину, находящуюся в Японском море.

В технологию включено строительство дожимной компрессорной станции в районе порта Владивосток и обоснованы специальные методы прокладки глубоководного газопровода над дном моря для защиты от землетрясений. Проектная производительность газопровода - 8-16 млрд. м. куб. газа в год.

В течение ряда последних лет ПАО «Газпром» обсуждает с правительством Японии возможность и целесообразность прокладки подводного газопровода по Японскому морю.

В связи со следующими проблемами, возникающими при прокладке:

- большая глубина Японского моря - 3699 м;
- высокая сейсмичность района;
- стоимостные соображения;

Рассмотрен альтернативный маршрут и новые технологии строительства, снижающие вышеуказанные риски.

Газопровод прокладывается минуя глубоководную Японскую котловину на глубинах не более 1500 м. вдоль КНДР, но вне ее территориальных вод и прилегающей зоны (44,4 км). В этом случае увеличивается на 300 км длина маршрута. Риск разрушению газопровода вследствие катастрофических землетрясений предлагается снизить за счет прокладки вблизи дна Японского моря на разной глубине. Технология строительства принята аналогичной технологии строительства морских трубопроводов «Голубой поток», «Турецкий поток» и «Северный поток».



Для обеспечения производительности 16 млрд. м. куб. в год диаметр газопровода принят равным 813 мм., а толщина стенки в районе Владивостока 39 мм. которая уменьшена таким образом, чтобы трубопровод обладал небольшой положительной плавучестью. Проектное давление в трубопроводе составит 28,45 МПа.

С помощью бетонных пригрузов обеспечивается положение трубопровода на расстоянии 5-10 м от дна моря. Профиль трубопровода в разрезе имеет вид "змейки" как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. По предварительным расчетам, которые в дальнейшем должны быть подкреплены экспериментами, такая технология строительства впервые позволит снизить риски разрушения трубопровода вследствие подвижек дна Японского моря и подводного цунами в случае катастрофических землетрясений.

Для того, чтобы избежать данных проблем, в работе писана предложенная нами технология, которая позволит бесперебойно поставлять газ в Японию и снизит риск землетрясений и бедствий.

Строительство газопровода будет эффективно содействовать принятой сейчас в Японии стратегии экономического роста, планам перестройки энергетики страны. Поэтому мы считаем, что данная тема имеет актуальность в настоящее время и нужно дальше развивать научные исследования по ней.

**Научный руководитель:** Е.И. Крапивский

**А.В. КАРМАНОВА**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД ОБЬ-ТОМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Экологическая ситуация на территории Обь-Томского междуречья в последние годы становится все более напряженной из-за сильного антропогенного воздействия. Сейчас на данной территории столкнулись интересы многих водопользователей. Самые крупные из них: «Сибирский химический комбинат» (СХК), водозабор города Томска, два водозабора г. Северска и население. В результате деятельности этих четырех водопользователей возникли проблемы. Основная – формирование воронки депрессии в результате длительной эксплуатации водозабора на территории Обь-Томского междуречья, которая по данным ряда исследований перешла на правый берег р. Томь, где расположены площадки 18 и 18А захоронения жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината. По данным наших исследований возможно перетекание из нижележащего мелового водоносного горизонта в вышележащие палеогеновые. Так на территории Обь-Томского междуречья в палеогеновом водоносном горизонте выявлена хлоридная гидрогеохимическая аномалия, которая является индикатором гидродинамических взаимосвязей двух водоносных горизонтов.

Геохимическая особенность подземных вод территории Обь-Томского междуречья заключается в способности вод образовывать различные вторичные минералы, ухудшающие эксплуатацию подземных вод и технологического оборудования. Возникает еще одна проблема, которая связана с образованием во время водоподготовки большого количества железосодержащего осадка. Он является практически невостребованным вторичным минеральным сырьем. Своевременная обработка такого осадка при соблюдении существующих правил охраны поверхностных вод от загрязнения и при ограниченной возможности отвода значительных земельных участков для естественной подсушки железосодержащего осадка является одной из наиболее актуальных проблем в технологии обработки воды. Нами были проведены лабораторные исследования, направленные на выявление и установления минерального состава железосодержащего осадка на разных стадиях водоподготовки.

**Научные руководители:** д.г.-м.н., проф. В.К. Попов, к.г.-м.н., доц. Е.Ю. Пасечник

**Н. И. КАРПЕКИНА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСТАНОВЛЕНИЕ ВИДА РАЗРЕШЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ И ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ ЗОНЕ ВАСИЛЕОСТРОВСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

Разрешенным использованием является такое использование земельных участков и объектов капитального строительства, которое соответствует не только установленным градостроительным регламентам,

но и принципу рационального и полного использования земли. Грамотное установление вида разрешенного использования позволяет оптимизировать механизмы управления земельными участками и объектами капитального строительства.

Вследствие недостаточной законодательной обоснованности области исследования и отсутствия методического обеспечения порядка установления видов разрешенного использования, целью работы является разработка методического подхода к установлению видов разрешенного использования.

Главной задачей выступает формирование и обоснование перечня факторов, влияющих на установление видов разрешенного использования земельных участков и объектов капитального строительства. В результате подбора факторов, основанного на анализе документации по планировке территории и градостроительному зонированию, выявлено шесть факторов, влияющих на установление видов разрешенного использования, и дано их обоснование.

Для определения степени влияния выделенных факторов проведен опрос экспертной группы и в результате обработки полученных оценок установлены коэффициенты значимости для каждого фактора.

В целях применения имеющихся результатов проведена оценка оптимального вида разрешенного использования на примере одного земельного участка района исследования. В результате было получено 2 оптимальных вида разрешенного использования исследуемого земельного участка и 2 менее оптимальных, которые, по мнению автора, соответствуют характеристикам и особенностям местоположения земельного участка.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. каф. инженерной геодезии М. Е. Скачкова

**К. В. КАРПОВ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЬЕВ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

В процессе эксплуатации по абразивным сыпучим породам, например при вскрышных работах, зубья ковшей экскаваторов подвергаются интенсивному износу, что приводит к необходимости их частой замены. Так срок службы зубьев из стали 110Г13Л, как наиболее широко используемого конструкционного материала, на экскаваторах “прямая лопата”, составляет примерно 2...3 месяца. Для борьбы с указанным явлением изготавливают зубья в виде составных конструкций, применяют наплавки, упрочняют взрывом и т.д. Однако, все эти методы имеют свои недостатки и проблема повышения износостойкости зубьев остается актуальной. В этой связи эксперименты, проведенные на кафедре Машиностроения Санкт-Петербургского горного университета, показывают, что эффективным средством повышения (до 10 раз) износостойкости стальных деталей, контактирующих с абразивной средой, является их высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО), заключающаяся в пластическом деформировании стали, находящейся в аустенитном состоянии, и последующей закалки. Так, применительно к стали 110Г13Л, применение ВТМО способствует повышению ее твердости и абразивной износостойкости по сравнению с типовой термической обработкой (ТТО), практикуемой на заводах изготовителях зубьев, до 47 и 70%, соответственно. При этом, получаемые значения указанных параметров зависят от интенсивности пластической операции  $\alpha$  при ВТМО и возрастают с ее увеличением (таблица)

*Таблица*

Твердость и характеристики изнашивания стали 110Г13Л после различных режимов обработки

Способ обработки образца	$\alpha$	Твердость, НВ	Скорость изнашивания $K_i$ , мг/(мм <sup>2</sup> ·мин)	Величина износостойкости $R_i$ , (мм <sup>2</sup> ·мин)/мг
ТТО	-	180	3,46	0,29
ВТМО	1,56	228	3,02	0,33
ВТМО	2,25	264	2,05	0,49

По нашему мнению износостойкость зуба можно существенно повысить применив ВТМО в процессе его производства, придав наибольшую интенсивность пластической деформации наиболее изнашиваемым зонам. Работу по повышению абразивной износостойкости зубьев ковшей экскаваторов планируется провести по следующей схеме:

- разработка математической модели процесса изнашивания зуба по однородной сыпучей абразивной породе с установлением зон наибольшего изнашивания;
- создание модели пластического течения металла в процессе горячего прессования зуба и определение формы заготовки, при которой в местах наибольшего изнашивания достигается максимальная интенсивность деформации;

- усовершенствование технологии изготовления зуба, внедрением ВТМО.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.И. Болобов

**А.Н. КАСЬЯНОВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

При разработке нефтегазовых месторождений в качестве первичного энергоносителя используется природный или попутный газ. Для эффективного использования потенциала первичного энергоносителя применяются когенерационные комплексы, генерирующие как электрическую, так и тепловую энергию, причем КПД производства электрической энергии достигает 40%, а тепловой – до 60%. Однако тепловая энергия не всегда может быть использована, из-за сезонного характера ее потребления. Следовательно, чтобы максимально использовать потенциал первичного энергоносителя, тепловую энергию нужно преобразовывать в электрическую.

Для решения данной задачи нами был разработан когенерационный комплекс с бинарным циклом, которая включает два генератора: основную (ОЭУ) и вспомогательную электроустановки (ВЭУ). В качестве ОЭУ в условиях нефтегазовых предприятий целесообразно использовать микрогазотурбинную электроустановку, в качестве ВЭУ – паротурбинную установку. Уровень параметров выхлопных газов для привода паровой турбины, при которых имеет место эффективная работа ВЭУ, обеспечивается с помощью дополнительного контура с промежуточной низкокипящей рабочей средой. При работе на общую сеть в режиме когенерации возникает необходимость осуществления параллельной работы источников с условно нерегулируемой производимой мощностью при которой достигается максимальная передача электрической энергии с частотой 50 Гц в нагрузку. Из-за различия частот генерируемых токов и величин выходных напряжений, требуется обеспечить преобразование параметров электроэнергии, генерируемой каждой установкой, для ее эффективной передачи в нагрузку.

ОЭУ питает шины постоянного тока (ШПТ) через неуправляемый выпрямитель (НУВ). Для согласования напряжения на выходе ВЭУ с напряжением ШПТ используется повышающий активный преобразователь по схеме активного выпрямителя напряжения (АВН). От ШПТ получает питание автономный инвертор тока (АИТ), осуществляющий электроснабжение потребителей напряжением 220 В с частотой 50 Гц.

Для оценки эффективности работы установки с бинарным циклом разработана компьютерная модель в среде Matlab Simulink.

Проверка обоснованности результатов моделирования параллельной работы ОЭУ и ВЭУ проводилась в промышленных условиях с использованием активных преобразователей, реализованных на IGBT типа SK 15 GB 063 компании Semikron. В результате исследований выявлено, что использование активного повышающего выпрямителя для балансировки выпрямленных напряжений электрогенерирующих установок, позволит максимально эффективно использовать потенциал первичного энергоносителя. Таким образом, электротехнический когенерационный комплекс с бинарным циклом позволяет осуществлять эффективное питание нагрузки при снижениях напряжения ОЭУ и обеспечивает высокое качество электроэнергии в соответствии с требованиями ГОСТ.

**Научный руководитель:** проф., д.т.н. Б.Н. Абрамович

## АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО БЕТОНА В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛА ПОСТОЯННЫХ ОБДЕЛОК ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Освоение подземного пространства крупных городов должно основываться на новые достижения науки и техники, внедрение которых в реальное производство позволит снизить трудоемкость выполнения операций и снизить их стоимость. Значительную часть от сметной стоимости строительства тоннелей Санкт-Петербургского метрополитена составляет стоимость изготовления обделки. Традиционно в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга нашли применение сборные обделки из армированного бетона или чугуна. Если чугунная обделка в последнее время не используется при строительстве горизонтальных тоннелей, то обделка из армированного бетона получила повсеместное распространение. По данным независимых экспертов стоимость изготовления железобетонной обделки может быть снижена вплоть до 40% при замене отдельных арматурных стержней в обделке на дисперсное армирование отдельными металлическими волокнами или волокнами, выполненными из других материалов. Помимо уменьшения стоимости изготовления обделки, такие конструкции приобретут и другие положительные качества свойственные дисперсно-армированному бетону. В тоже время на практике применения данного вида армирования бетонных обделок пока еще не получило широкого распространения, что в не последнюю очередь связано с некоторой неопределённостью при выборе типа волокон и их расхода. Таким образом, вопросы изучения механического поведения дисперсно-армированного бетона на уровне элементарного образца, элемента обделки и всего кольца является актуальной задачей, решение которой может ускорить процесс внедрения данного материала в практику крепления тоннелей.



В докладе представлены основные результаты исследований, выполненных сторонними исследователями в области изучения механического поведения дисперсно-армированного бетона и его использования для изготовления обделок подземных сооружений. Основное внимание уделено экспериментальным исследованиям механического поведения дисперсно-армированного бетона как на уровне элементарных образцов, так, будут рассмотрены и крупномасштабные эксперименты нагружения элемента обделки вплоть до достижения ее предельного состояния. В работе затронуты вопросы математического моделирования деформирования и разрушения дисперсно-армированных бетонных конструкций, выполнен анализ существующих подходов и моделей деформирования среды, используемых для этих целей. Выполненный анализ позволит сформулировать направление дальнейших исследований по заявленной тематике.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. каф. строительства горных предприятий и подземных сооружений М.А. Карасев

**Е.П. КВАША**

*Брянский государственный технический университет*

## УПРАВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМАМИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

В условиях современной рыночной экономики одну из главных ролей занимает сфера промышленности. Большая часть промышленников считает спрос на сырьё нормальным «в современных непростых и не до конца понятных условиях», это обязывает современные предприятия, работающие в сфере добычи полезных ископаемых, заниматься постоянными и последовательными инновационными разработками с целью поддержания своей конкурентоспособности и повышения производительности в соответствии с заказами или меняющимся спросом.

Инновационное развитие промышленности стоит сегодня рассматривать в качестве ведущего звена экономики. Системный анализ, управление и обработка информации – основные аспекты в изучении проблем разработки механизмов управления инновационного развития. Воздействие человека на объект исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и приня-

тия решений необходимо рассматривать с целью повышения эффективности инновационного развития промышленного комплекса.

Управление инновационными изменениями на предприятиях должно включать в себя обеспечение необходимых материально-технических, финансовых, кадровых и информационных условий, позволяющих разработать стратегию инновационного развития на краткосрочную и долгосрочную перспективу.

В целях управления инвестициями в сфере промышленности, опирающейся на достижения в области современных технологий обеспечения нанотехнологий, биотехнологий и др., в рамках федеральных целевых, адресных и ведомственных инвестиционных программ необходимо:

- 1) использование государством институтов развития, инновационных инструментов;
- 2) создание центров НИОКР (по типу строящегося центра «Сколково» в г. Москва), направленных на развитие рынка НИОКР для замещения технологического импорта, в т.ч. в регионах, в которых находятся центры добычи полезных ископаемых;
- 3) стимулирование инноваций непосредственно на производственных объектах.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Демиденко А.И.

**Е. Г. КЕРИМОВА**

*ФГАОУ ВО Северо-Кавказский Федеральный Университет*

## **ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ОТЛОЖЕНИЙ НЕФТЕКУМСКОЙ СВИТЫ**

В докладе рассмотрены вопросы повышения эффективности геолого-геофизических исследований сложнопостроенных карбонатных коллекторов нижнетриасового возраста Предкавказья на основе внедрения высокоинформативных методов промысловой геофизики (разноглубинного бокового каротажа и широкополосного акустического каротажа) с целью повышения достоверности выделения и оценки фильтрационно-емкостных свойств коллекторов на примере отложений нефтекумской свиты Восточного Предкавказья.

Отмечается, что отложения нефтекумской свиты характеризуются высоким сопротивлением (200–500 Ом·м) и значительной их дифференциацией по разрезу, низкими значениями на кривых ГК (4–5  $\gamma$ ) и высокими показаниями НГК (10–13 усл. ед.). В целом разрез характеризуется как уплотненный, слабоглинистый с коллекторами трещинно-кавернового, трещинно-каверново-порового типа, поэтому такие признаки глубокозалегающих коллекторов порового типа, как наличие глинистой корки, расхождение показаний микрозондов, отрицательные амплитуды ПС, трехслойный характер кривых БКЗ для карбонатных коллекторов *не характерны*.

Для эффективного изучения продуктивной карбонатной толщи нефтекумской свиты предлагается заменить стандартные методы геофизических исследований скважин следующими эффективными методами промысловой геофизики: методом разноглубинного БК, в котором сопоставляются сопротивления полученные зондами различных длин и методом широкополосной акустики, в котором измеряются динамические и кинематические характеристики трех типов упругих волн. В докладе приводятся каротажные диаграммы этих методов.

**Научные руководители:** А.-Г. Г. Керимов, д. т. н., доц. О. Е. Зеливянская

**Е.К. КИРИЛЛОВА, А.А. ЯКОВЛЕВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДОБЫЧИ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ**

Одним из важнейших мировых регионов, как с экономической, так и с геостратегической точки зрения является Арктика. Экономический потенциал региона огромен. Так, на Арктическую зону приходится 12-15% ВВП России и около 25% экспорта. Поэтому развитие какой-либо из отраслей экономики, как в мировом контексте, так и в контексте нашей страны не стоит рассматривать без учёта стратегического значения данного региона.

Для арктических регионов России характерно влияние экстремальных природно-климатических условий, очагового характера расселения и освоения, отсутствия нормальной транспортной инфраструктуры. На сегодняшний день действующие угледобывающие предприятия, участвующие в завозе угля в регион или поставляющие его в смежные районы используют традиционные откры-

тые или подземные геотехнологии. При этом они сталкиваются со следующими производственными сложностями: слабой технической оснащенностью, высоким износом основных фондов, дефицитом квалифицированного персонала. Амортизационные отчисления и получаемая прибыль не обеспечивают проведение нормальных реновационных мероприятий.

Важно учесть, что при разработке месторождения, необходимо минимизировать разубоживание и засорение угля, что позволит снизить затраты на переработку и обеспечить спрос со стороны потребителей.

Вышеперечисленные сложности лишь малая часть того, с чем придется столкнуться при разработке месторождения в Арктике, однако грамотные и эффективные инженерные решения позволят справиться с такими задачами и обеспечить высокую рентабельность и эффективность открытой добычи угля в условиях Арктики.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.С. Семенов

**В. А. КИРИЧЕНКО**

*Тюменский индустриальный университет*

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Целью настоящей работы являлось всестороннее изучение причинно-следственных связей, определяющих уровень и интенсивность развития транспортно-логистической инфраструктуры региона. Так же произведены расчеты в обосновании требуемых уровней интенсивности развития дорожного строительства Тюменской области, которые бы отвечали потребностям развития транспортно-логистической инфраструктуры региона в целом. Для достижения вышеотмеченной цели в работе дана комплексная оценка показателям, характеризующим транспортно-логистическую инфраструктуру региона и строительную отрасль в том числе за период с 2005 по 2017 гг.

И по сей день автомобильные дороги остаются национальной особенностью российской экономики, ввиду их отсутствия, неудовлетворительного состояния или низкого уровня транспортно-эксплуатационных показателей, сдерживающих развитие транспортно-логистической инфраструктуры региона, а как результат его экономического и социального потенциала.

В связи с чем, результаты исследования могут быть использованы федеральными и региональными органами исполнительной власти для корректировки стратегических программ социально-экономического развития региона и повышения эффективности инвестиционно-строительной деятельности на региональном уровне; отечественными и зарубежными инвесторами при разработке планов, проектов; предприятиями строительного комплекса с целью повышения эффективности их деятельности. Практическая значимость использования основных результатов работы состоит в повышении предсказуемости развития транспортно-логистической инфраструктуры региона и его дорожного хозяйства, придании процессу управления системности; улучшения взаимодействия секторов торговли, строительства и ЖКХ, муниципальных органов власти и населения региона.

**Научный руководитель:** д.э.н., доц. Л. А. Филимонова

**КИРОС КАБАСКАНГО ВАЛЕРИЯ ЭСТЕФАНИЯ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРРОЗИИ НА УСТАНОВКЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА PRIME G+ НА НПЗ ЛА-ЛИБЕРТАД, Г. САНТА-ЕЛЕНА, ЭКВАДОР**

Термин "коррозия" происходит от латинского слова "corrodere" что означает "пожирать, изгладывать". Наиболее известной формой коррозии является ржавление железа и стали. Согласно определению термин "коррозия" означает процесс. Этот процесс заключается в физико-химической реакции между материалом и окружающей средой и приводит к изменениям в свойствах материала. Результат является "коррозионным эффектом" обычно вредная, но иногда и полезной (коррозионное разрушение консервных банок, брошенные машины). Примерами вредных коррозионных эффектов являются такие как: порча материала,

загрязнение окружающей среды продуктами коррозии и, как следствие, нарушение работы системы, физико-химический составная части которой является и материал, и окружающая среда. Процесс коррозии нас заинтересовал и поэтому мы решили изучить его на установках селективной гидроочистки бензинов каталитического крекинга Prime G+, на НПЗ Ла-Либертад г. Санта-Елена, Эквадор.

Необходимость защиты установки селективной гидроочистки бензинов каталитического крекинга от коррозии вызвана тем, что установка находится на полуострове Санта-Елена, на высоте 21 метра над уровнем моря и влажностью 70%, которые могут ускорять процессы коррозии. Коррозия снижает работоспособность установок или делает его полностью неработоспособным.

#### **Ключевые слова**

Коррозия, установка Prime G+, НПЗ Ла-Либертад

#### **Литература**

1. [Fundamentals of corrosion – Mechanisms, Causes and Preventative Methods]. Philip A. Schweitzer, Taylor and Francis Group, LLC (2010) [ISBN 978-1-4200-6770-5](#), p. 25.
2. Shparber A. Защита от коррозии в нефтеперерабатывающей промышленности США // 2-й Междунар. конгр. «Защита-95». Москва 20-24 ноября. 1995: Тез. докл. М., 1995 с.204.
3. Дьяков В.Г. Защита от коррозии аппаратов и оборудования установок каталитического риформинга. Обзор. М.: ЦНИИТЭНефтехим. 1979. 55с.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. О. В. Кулинич

**В. И. КНЯЗЬКИНА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ ТОРФЯНОЙ МАШИНЫ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

На сегодняшний день уровень развития горнодобывающей техники предъявляет высокие требования к эффективности и надежности торфяных машин и оборудования. Наиболее полное использование индивидуальных возможностей торфяных машин и обеспечение на этой основе повышения их надежности может быть осуществлено за счет внедрения в технологический процесс технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) дополнительной технологической операции - диагностирования технического состояния по фактическому состоянию. Такое обслуживание базируется на обязательном применении новейших средств, методов контроля и наладки оборудования и требует комплексного подхода к решению инженерно-технических проблем. Наиболее информативным и интегральным методом диагностики состояния трансмиссии торфяной машины является акустико-эмиссионный метод.

В зубчатых передачах торфяных машин контактные давления достаточно велики, в связи с этим в столь тяжелых условиях эксплуатации смазка должна гарантировать разделение контактирующих поверхностей, предотвращать задиры и заедание, снижать износ.

При определении смазывающей способности масел необходимо достоверно определить состояние контакта в паре трения. Сигнал акустико-эмиссионного трения не зависит от температуры и материалов пары трения, от свойств испытываемой смазки, а также от площади контакта.

В целях изучения данного процесса были поставлены эксперименты. Прибором ООО «МЕТКАТОМ» АРП-11 проводились измерения относительного показателя  $D$ , пропорционального величине акустической эмиссии, возникающей в контакте при трении в паре «контртело-плита» и коэффициенту трения в паре.

Учитывая выявленные тенденции на основании лабораторных экспериментов удалось выявить области граничного трения ниже 4 МПа. Данная область является предельной для конкретного вида смазки «Индустриальное масло И-20». Учитывая результаты и других экспериментов, следует констатировать, что при трении омедненных образцов сигнал акустической эмиссии имеет меньшую величину при сохранении общих тенденций и такое трение более эффективно.

Своевременное качественное обслуживание и ремонт торфяных технологических машин и оборудования является важным условием для обеспечения эксплуатационной надежности элементов трансмиссий торфяных машин. Удалось получить экспериментальное подтверждение того, что изменение величины акустической эмиссии отражает трибопроцессы в паре трения и по его величине можно оценить характер трения. В конечном итоге, экспериментально подтверждена возможность получения оценки технического состояния элементов трансмиссии при ее работе по величине и характеру акустико-эмиссионного сигнала, с одновременной компенсацией негативных воздействий искусственной окружающей среды на долговечность элементов трансмиссии.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. С.Л. Иванов



## **ОПТИМИЗАЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ШТАМПОВКИ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ ГТД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В наше время в машиностроительном производстве все чаще используют роботов и робототехнику. Внедрение робототехники в машиностроение дает большие преимущества. Производство может работать непрерывно и при этом выполнять требуемые нормы точности. Также понижается риск травмоопасного производства за счет того, что вся опасная для здоровья человека работа может выполняться роботами. Но у робототехники есть небольшой минус. Роботы сами по себе сложные машины, состоящие из множества элементов, управляющей системы, системы связи, исполнительных системы. И на реализацию одной операции может уходить много времени, для уменьшения времени делают оптимизацию РТК. Оптимизация очень важна, так как оптимизированный роботизированный комплекс может не только сократить время на проведение операций, но и поднять производительность. Именно эту проблему мы попытались решить в своей работе.

Проект представляет собой работу в виртуальной среде с целью оптимизировать работу роботизированного технологического комплекса и увеличить производительность предприятия. Для этого был проведен анализ существующих систем компьютерного моделирования роботизированных комплексов и выбрана наиболее подходящая программа. Для реализации поставленных целей нами был составлен компоновочный план роботизированного комплекса автоматизированной штамповки лопатки компрессоров ГТД. В этом плане был выбран наиболее подходящий нам робот, его оптимальное расположение и вспомогательное оборудование. Проведено виртуальное программирование в среде fanuc roboguide. В ходе которого были выявлены все достоинства и недостатки РТК, его возможности. Проанализированы технико-экономические показатели работы комплекса, безопасность, производительность и оптимизация цикла работы РТК.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.В. Кордюков

**И.Н. КОКОРИН**  
*Тюменский индустриальный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МНОГО ОСЕВЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ**

Целью данной работы является определение погрешностей, возникающих в процессе обработки криволинейных поверхностей у рабочего узла станка «Стол».

На данном этапе работы, произвели диагностику исполнительных рабочих узлов фрезерного станка без силового воздействия.

Для определения геометрической точности фрезерного станка с учетом силовых нагрузок, был произведен замер погрешностей исполнительного узла станка «Стол» в процессе обработки детали – диск (Ст. 40), базируемой в трехкулачковом патроне, установленном на столе станка. Данная форма детали в полной мере отражает возможные погрешности при изготовлении. В качестве режущего инструмента использовалась концевая фреза Ø16мм (Р6М5). Обработка детали производилась по наружной и внутренней цилиндрической поверхности с размерами.

После механической обработки детали «Диск» на фрезерном станке, производились измерения по внутренней и наружной поверхности контактным методом на контрольно-измерительной машине с ЧПУ EOS 5-4-4, прямым щупом с резьбой М2, рубиновым шариком диаметром 2 мм, длиной: 20 мм, ЭРД: 14 мм, стержнем из нержавеющей стали диаметром 1,4 мм. Для интерпретации данных измерений использовалось программное обеспечение Metrologicgroup.

По проведенным измерениям выявлено, что погрешности рабочего узла «Стол» фрезерного станка и детали «Диск» имеют схожие числовые значения.

Так же выявлено, что в месте врезания инструмента в заготовку происходит превышение допуска.

При смене траектории движения инструмента с перпендикулярного на касательное (для внешней поверхности) и спиральное (для внутренней) происходит выдерживание размера в пределах поля допуска.

**Научный руководитель:** к.т.н, доц. Р.Ю. Некрасов

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ЗА НАБЛЮДЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

В последние годы развитие космических технологий ознаменовалось большим прорывом в появлении бесплатных спутниковых систем. Мониторинг окружающей среды имеет важнейшее значение в современном мире для обеспечения безопасного и комфортного проживания людей. Оптимизация мониторинга антропогенных и техногенных факторов вышла на новый уровень и получила большое развитие благодаря получению бесплатных данных на исследуемых территориях в любых уголках земного шара.

В данной работе рассмотрено применение радиолокационной интерферометрии с целью оптимизации маркшейдерско-геодезических работ с использованием бесплатных данных, полученных со спутниковой системы Sentinel-1B. Проведение современных маркшейдерско-геодезических работ на территории газоконденсатных месторождений осложнены большой площадью горного отвода, что приводит к необходимости прокладывания многокилометровых нивелирных ходов, что в свою очередь снижает их эффективность.

Благодаря развитию космических технологий и применению спутниковых данных появилась возможность получать радиолокационные снимки, которые покрывают в один момент времени всю территорию исследуемого или эксплуатируемого объекта, в нашем случае Астраханского ГКМ.

В работе по данным радарной съемки, находящимся в свободном доступе и обработанных методом радарной интерферометрии появляется возможность выявить смещения земной поверхности по всей площади газоконденсатных месторождений и строить карты смещений земной поверхности с субсантиметровой точностью за рассматриваемый период времени.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Г.О. Абрамян

**Д.Д. КОНДРАТЬЕВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННОГО КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА**

В работе предлагается вариант снижения негативного воздействия на окружающую среду от техногенной нагрузки «Коркинского» разреза.

За многолетний период эксплуатации разрез внес серьезные нарушения в экологическое равновесие в районе его размещения.

Целью проводимых исследований являлось определение состояния компонентов окружающей среды на момент окончания функционирования разреза, а также составление прогноза возможных изменений компонентов окружающей среды на момент ликвидации горных выработок. Произведен отбор и анализ проб почв, поверхностных вод и донных отложений в районе техногенного воздействия разреза и в месте будущего строительства Томинского горно-обогатительного комбината. В результате анализов выявлено: превышение предельно допустимых концентраций в почвах по таким элементам как Ni, Zn, Cu, As и Cd; в водах р. Каменка и р. Чумляк превышение ПДК для рыбохозяйственных водоемов по  $K^+$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ; а также в донных отложениях превышение ПДК по Zn, Cu, Mg, Co и As.

В настоящее время разработан проект ликвидации карьерной выработки путем размещения в выработанном пространстве пастового материала, поступающего с обогатительной фабрики Томинского ГОКа. Намечаемая хозяйственная деятельность включает в себя профилактику и тушение эндогенных пожаров до начала подачи закладочного материала, что приведет к минимизации уровня загрязнения атмосферного воздуха. Также в результате прогноза было установлено, что вокруг разреза будет сохраняться депрессионная воронка, это полностью исключает поступление воды из техногенного водоема в водоносные горизонты и ее подтягивание к подземным водозаборам.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. М.А. Пашкевич

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ОБВОДНЕННОСТИ МАССИВА**

В данной работе рассматриваются, проблемы, приводящие к обрушению и заиливанию буримых скважин, способы ведения буровзрывных работ в условиях высокой степени обводненности массива на примере Коашвинского месторождения АО “Апатит”.

Расчетом показывается эффективность применения дренажных систем при водопонижении уступов. Описанные в работе методы водопонижения достаточно хорошо апробированы и находят применение при решении практических задач повышения устойчивости породных массивов добычных уступов.

Произведен расчет затрат, а также экономическая оценка каждого из предлагаемых способов, с использованием моделирования предлагаемых способов в специальном программном обеспечении Shotplus 5 Premier. При расчете экономической эффективности способов поясняется целесообразность введения специальных поправочных коэффициентов потери скважин на разрабатываемом блоке, которые учитывают насыщенность водой в зависимости от расположения скважин на блоке.

Как целесообразность водопонижения добычных уступов, можно выделить следующие положения:

- Уменьшение процента бракованных скважин по причине завалов.
- Повышение производительности погрузочной техники в зимнее время, вследствие того, что не происходит намерзания пород на зубья и стенки ковша экскаватора.
- Увеличивается вес перевозимого полезного ископаемого (вследствие уменьшения влажности и объемного веса пород)
- Повышается стойкость шарошечных долот за счет бурения в обезвоженном массиве.

Поэтому задача снижения обводнённости разрабатываемых пород является весьма актуальной.

Необходим выбор наиболее эффективного способа водопонижения, обеспечивающий требуемый результат при проведении БВР на карьере.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. М.А. Маринин

**Н.А. КОРОЛЁВ**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПО ПОТРЕБЛЯЕМОМУ ТОКУ (ON IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF DIAGNOSTIC SYSTEMS OF THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE ON THE CONSUMPTION CURRENT)**

Эффективность промышленного производства непосредственно связана с надежностью работы технологического оборудования, одним из структурных звеньев которого являются электротехнические комплексы (ЭТК) с электроприводом, который на сегодняшний день в большей степени реализован на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Затраты на ремонт и техническое обслуживание составляют значительную часть от общих эксплуатационных затрат предприятия, а также энергопотребление асинхронного электропривода с наличием одного дефекта возрастает на 5-10% от номинального. При этом их общая доля в процессе эксплуатации с течением времени возрастает. В связи с этим в области диагностики остаются нерешенные задачи:

- точность определения технического состояния электропривода в условиях динамики эксплуатационных воздействий;
- достоверное выявление вида и степени развития дефектов.

При выборе диагностических параметров приоритет отдается тем, которые удовлетворяют требованиям достоверности и избыточности информации о техническом состоянии системы в реальных условиях эксплуатации. На практике обычно используют несколько диагностических параметров одновременно, при этом их количество во многом будет зависеть от следующих факторов:

- 1) сложность технологического процесса;
- 2) применение или отсутствие полупроводниковых преобразователей частоты;

- 3) возможность непосредственного доступа к электроприводу;
- 4) экономическая целесообразность;
- 5) степень опасности при аварийной ситуации.

Повышение точности и качества диагностик (оценки технического состояния и остаточного ресурса) асинхронного электропривода и связанного с ним механического оборудования с учетом качества питающей сети и условий эксплуатации, достигается путем применения комбинированных методов, обеспечивающих полноценную картину состояния.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.Е. Козярук

**Н.М. КОРОТАЕВА**

*Ивановский Государственный Энергетический Университет им. В.И.Ленина*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ**

В процессе термической переработки в реакторе шахтного типа твердые коммунальные отходы (ТКО) проходят последовательно зоны сушки и пиролиза, где разлагаясь, образуют топливный газ. В зоне сушки из влажных ТКО производится удаление влаги в результате нагрева слоя фильтрующимся пиролизным газом. По высоте высушиваемого слоя ТКО будет происходить не только изменение температуры, но и изменение гидравлического сопротивления.

Проведено экспериментальное исследование коэффициента гидравлического сопротивления высушиваемого слоя ТКО, получены данные о перепаде давления, скорости движения газа, произведен расчет порозности слоя. В процессе эксперимента порозность слоя ТКО изменялась в пределах от 0,78 до 0,58, высота слоя – от 0,04 м до 0,16 м, скорость движения газа – от 0,8 м/с до 2,7 м/с.

Расчет коэффициента гидравлического сопротивления слоя твердых коммунальных отходов в процессе его сушки проводили по методике, предложенной Л.М. Мариенбахом [1].

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot H \cdot w^2}{2 \cdot d \cdot f^2},$$

где  $d$  – средний размер элемента ТКО;

$H$  – высота слоя, м;

$f$  – порозность слоя;

$w$  – скорость движения газа, м/с;

$\rho$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta P$  – перепад давления на входе и выходе из слоя, Па;

$\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления слоя.

По результатам исследования построены номограммы для определения коэффициентов сопротивления высушиваемого слоя ТКО. Номограммы могут быть использованы при расчетах гидродинамики в зоне сушки термического реактора для утилизации ТКО.

**Научный руководитель:** к.т.н, доц. О.Б. Колибаба

**А.К. КОТЦОВА**

*Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина*

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ «СУХОКИСЛОТНЫХ» СОСТАВОВ ДЛЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПЛАСТОВ**

Кислотные обработки используются на различных этапах добычи нефти и газа. Разработка кислотных составов включает в себя несколько этапов исследования: определение скорости реакции кислоты с породой, скорости коррозии оборудования; межфазного натяжения на границе кислотный состав-углеводороды; совместимости кислот с пластовыми флюидами и удержания ионов Fe<sup>3+</sup> в объеме кислоты при нейтрализации.

Существуют различные методики исследования кинетики реакции кислотных составов с породой, самый сложный и трудоемкий проводят на ядерном материале, менее сложный - на кварцевом песке и более простой – на кварцевом стекле. Однако эти методики никак не коррелируются между, поэтому получе-

ние зависимости, которые бы связали скорости реакции растворов кислот с кварцевым стеклом и зернами кварца представляет научный и практический интерес.

Так же одним из перспективных направлений совершенствования кислотных составов является применение «сухокислот», которые выпускаются в сухом виде, что позволяет легче осуществлять транспортировку. Кроме того, «сухокислоты» менее токсичны и представляют меньшую опасность для человека.

При разработке составов на основе «сухокислот» проводились сравнения базовыми составами, применяемыми в кислотной обработке терригенных коллекторов – грязевой кислотой (смесь плавиковой и соляной кислот). В НОЦ «Промысловая химия» были проведены работы по анализу растворимости кварцевого стекла и кварцевого песка в плавиковой кислоте и ее «сухокислотных» аналогах – фториде и бифториде аммония, а также в смесях данных кислот с соляной кислотой. Также были исследованы зависимости доли растворенного вещества и скорости растворения от концентрации кислот, температуры и времени реагирования.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Л.Ф. Давлетшина

**Н.В. КРАСНОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ИНДУКЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ЛИТЬЕ АЛЮМИНИЯ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР**

Металлические слитки, получаемые при непрерывном литье алюминия в кристаллизаторы скольжения, имеют ряд дефектов поверхности и внутренней структуры. Вызваны они, в первую очередь, наличием физического контакта металлического расплава и корпуса кристаллизатора. Решить эту проблему позволяет использование электромагнитного кристаллизатора (ЭМК), принцип действия которого основан на использовании электродинамического воздействия переменного магнитного поля на жидкометаллический расплав. Использование ЭМК способствует сокращению цикла производства, повышению технологических свойств и однородности внутренней структуры слитка. Жидкий металл в пульсирующем электромагнитном поле испытывает силовое воздействие, которое возникает за счет взаимодействия вихревых токов, наведенных в металле, с магнитным полем индуктора. В результате жидкий металл, находящийся под некоторым давлением, удерживается от растекания. С помощью электромагнитного экрана происходит воздействие на электромагнитное поле и тем самым оказывается влияние на циркуляцию металла.

Расплавленный металл подается по лотку в распределительную коробку. С помощью плавающей чаши поддерживается постоянный уровень поверхности жидкой зоны и равномерное распределение металла. Поддон вытягивает слиток из электромагнитного кристаллизатора. Сам ЭМК состоит из индуктора, кольцевого охладителя и электромагнитного экрана.

Правильно определенные геометрические параметры ЭМК позволяют минимизировать энергетические затраты при литье, ликвидировать поверхностные складки и свести к минимуму разнородность структуры слитка. Рассчитываемая конструкция электромагнитного кристаллизатора имела диаметр слитка 34 см; диаметр индуктора 39.4 см; частоту тока 2400 Гц с электромагнитным экраном из нержавеющей стали с переменными параметрами смещения экрана внутрь индуктора ( $h$ ) и изменением угла скоса экрана ( $\varphi_3$ ).

В первой серии расчетов исследовалось влияние электромагнитного экрана с постоянным углом  $\varphi_3=30^\circ$  на распределение электромагнитных сил при различных заглублениях. Во второй серии расчетов конструкций ЭМК исследовалось влияние угла скоса экрана на распределение электромагнитных сил. Также исследовалось возрастание потерь экрана от параметров  $\varphi_3$  и  $h$ . Исходя из результатов расчетов был сделан вывод о том, что конструкция с прямоугольным экраном является самой энергоемкой.

По результатам расчета ряда конструкций была построена график-схема оптимизации ЭМК с пассивным экраном. График-схема позволяет определить энергетические потери в установке. Наиболее оптимальны варианты с  $\varphi_3=30-45^\circ$  при  $h = 6-8$  мм. Они обеспечивают необходимое распределение электромагнитных сил при минимуме затрат энергии в таких конструкциях.

**Научный руководитель:** проф., д.т.н. И.И. Растворова

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАРКИРОВКИ ЭКСПОНАТОВ ГОРНОГО МУЗЕЯ**

В данной статье рассматриваются такие современные методы маркировки с использованием QR – кода и Нанобар-кода (НБК) и с применением лазерного маркировочного комплекса.

QR – код представляет собой матричный код с закодированной общедоступной (открытой) информацией. Основное его достоинство – это лёгкое распознавание доступным сканирующим оборудованием. Основным недостатком данного кода является то, что с увеличением закодированной информации увеличивается минимальный размер кода и он уже не может быть размещен на небольших экспонатах. Кроме того, из-за его открытости возможно создание "клонов", которые могут размещаться на подделках.

Нанобар-коды – это отечественное ноу-хау, собственная запатентованная разработка сотрудников кафедры материаловедения – двумерные и трехмерные цветные коды с ультравысокой плотностью содержания информации. Основными достоинствами данных кодов является ультраплотная запись на минимальных размерах кода (до 10000 символов), и возможность использования шифрования, а также электронной подписи, что обеспечивает надежную защиту от подделок. Данный вид кода является наиболее практичным для использования при маркировке музейных экспонатов.

В качестве материалов для нанесения двумерных кодов рассматривались несколько вариантов: маркировка на бумаге с применением принтера и лазерная маркировка на пленке. Сразу же был исключен вариант прямого нанесения маркировки на экспонаты с помощью лазера, т.к. многие из них являются редкими или уникальными. Наиболее подходящим способом маркировки является лазерное нанесение на пленку, т.к. данная пленка имеет клейкий слой с высокой адгезией к различным материалам, кроме того обладает высокой стойкостью против химических и климатических воздействий, температуры, истирания. Наклеенные на сухую обезжиренную поверхность этикетки снимаются только путем уничтожения, во избежание возможности подмены, кражи или случайной утере маркировки.

Основными требованиями, предъявляемыми к нанесенному коду на пленку, являются получение максимальной контрастности и четкости изображения при его минимальных размерах, необходимых для считывания, и удовлетворяющие эстетические потребности пользователя.

В результате проведенных исследований была принята решение о маркировке экспонатов с использованием полимерной пленки, позволяющей создавать лазером этикетки размером 20x20 мм с объемом закодированной информации от 1500 до 2000 символов. Информация на этикетках формируется с применением Нанобар-кода.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Пряхин Е. И.

**А.А. КРУТЕЙ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛИНЕЙНОЙ АЛКИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В данном исследовании представлены основные выкладки по теме, связанной с оптимизацией технологии синтетических моющих средств (СМС). Известно, что наибольшей популярностью пользуются СМС, в основе которых лежат анионные поверхностно-активные вещества. Линейная алкилбензолсульфокислота (ЛАБСК) является типичным представителем данных химических соединений. Данное вещество в основном получают путем взаимодействия серного ангидрида с линейным алкилбензолом (ЛАБ).

Целью данной работы стало моделирование оптимального процесса подачи серы в технологии ЛАБСК и выработка рекомендаций по оптимизации с целью получения алкилбензолсульфокислоты высокого качества (содержание ЛАБСК не менее 96 % масс., содержание несulfурируемых соединений не более 2% масс.), на основе прикладного использования разработанной математической модели процесса сульфирования ЛАБ. В основу исследований лег анализ технологических данных и результаты, полученные с помощью математической модели.

В ходе работы была установлена непосредственная связь между содержанием нежелательных ароматических соединений в исходном сырье и качеством конечного продукта. Поэтому была выдвинута гипотеза, что для нормального протекания процесса сульфирования линейного алкилбензола серным ангидридом в реакторе при большом содержании побочных ароматических компонентов в исходном сырье необходимо повышать подачу серы на сжигание с целью увеличения концентрации серного ангидрида в реакторе суль-

фирования. С помощью математической модели удалось рассчитать оптимальные количества серы, которые необходимо направлять на сжигание в зависимости от той или иной концентрации ароматических соединений в сырье, с целью поддержания выхода ЛАБСК на постоянно высоком уровне. Установлено, что полученные данные по оптимальному расходу серы позволяют повысить содержание ЛАБСК в продуктивном потоке на 1,5%.

**Научный руководитель:** к.т.н., научный ассистент И.О. Долганова

**И.С. КРЮЧКОВ**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ**

При открытой разработке месторождений основными природными факторами, влияющими на взрываемость различных литологических типов горных пород, являются их трещиноватость (выраженная размером элементарного блока) и крепость (прочность), что определяет необходимость инженерно-геологического сопровождения буровзрывных работ на карьерах, цель которого заключается в достоверной оценке указанных параметров для каждого планируемого к отработке буровзрывного блока и на основе этого правильного выборе удельного расхода взрывчатого вещества.

В статье на примере карьера разрабатывающего Олимпиадинское золоторудное месторождение изложена методика такого сопровождения на основе геометризации карьерного поля по блочности пород по данным дистанционной оценки блочности породного массива в откосах уступов фотометрическим методом с использованием для фрагментации изображения алгоритма маркерного водораздела Ф. Майера.

Путем совмещения карты блочности пород с блочной моделью Олимпиадинского месторождения по крепости пород определены значения данного параметра по категориям блочности пород для каждого их петрографического типа.

При этом установлено отсутствие связи между средним размером отдельности и средним значением прочности (крепости) пород, но в пределах их одного петрографического типа четко наблюдается тенденция к увеличению прочности пород в направлении от II к V категории блочности, особенно контрастно проявленная между соседними III и IV категориями.

**Научный руководитель:** д.г. – м.н., проф. В.А. Дунаев

**В. И. КУДРЯВЦЕВА**

*ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени  
П. А. Соловьева*

## **ГИБРИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Общемировая тенденция к сокращению жизненного цикла промышленных изделий, в том числе машиностроения, диктует противоречивые требования на этапах их проектирования и подготовки производства. В первую очередь это касается существенного сокращения сроков выпуска новых изделий, улучшения технических характеристик, обеспечения требуемых качества и надежности при снижении себестоимости до конкурентоспособного уровня. Очевидно, что при существующем технологическом укладе одновременное выполнение этих требований является трудноразрешимой задачей. Одним из возможных подходов к её решению является изменение парадигмы построения гибких автоматизированных технологических комплексов, когда на смену классическим технологиям заготовительного производства, механической обработки и сборки приходят гибридные технологии, обеспечивающие синергетический эффект от сочетания субтрактивных и аддитивных методов в рамках одного технологического цикла.

В работе рассматривается структура гибридного технологического комплекса для мелкосерийного многономенклатурного производства сложнопрофильных деталей и сборочных единиц на базе листовых материалов. Особенностью комплекса является интеграция заготовительного, механического и сборочного этапов на единой промышленной площадке с однотипным оборудованием класса многоцелевых станков с ЧПУ. Формообразование заготовок осуществляется с помощью технологии послойного деформирования листовых материалов на станке с ЧПУ или с помощью промышленного робота (*Incremental Sheet Metal Forming, ISMF*), позволяющей исключить дорогостоящую штамповую оснастку. Монолитные элементы деталей получают одним из аддитивных методов, например, селективной лазерной наплавкой. Обеспечение требуемой точности и шероховатости рабочих поверхностей деталей достигается



механической обработкой (фрезерованием, шлифованием) по управляющей программе на том же многоцелевом станке с ЧПУ.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. М.В. Тимофеев

**П.А. КУЗНЕЦОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ**

В настоящее время в традиционных электрических сетях появляется все больше источников альтернативной энергии и генераторов малой мощности, что превращает их в сети с распределенной генерацией. Анализ статистики Ростехнадзора демонстрирует, что количество объектов распределенной генерации, получивших допуск на ввод в эксплуатацию за последние 10 лет увеличилось на 940%, а суммарная мощность установок составила более 3 ГВт.

Сети такого типа считаются более надежными и мобильными, в сравнении с энергокомплексами традиционного типа. Тем не менее, рост источников альтернативной энергетики и эксплуатационные проблемы свидетельствуют о том, что эксплуатация сетей с распределенной генерацией является трудной задачей. Большое количество генераторов, работающих в разное время с разными параметрами выдвигает дополнительные требования к их синхронизации и поддержанию баланса мощностей. Негативный пример электросетей Германии, где множество ветряных станций работают на 30-50% своей нагрузки из-за отсутствия возможности быстро синхронизировать распределенную генерацию с основной энергосетью говорит о том, что быстрая модернизация может нанести вред. Перспективным решением кажутся вставки постоянного тока. Однако, наличие нелинейных преобразователей генерирует множество гармоник, искажающих формы кривых тока и напряжения, делая работу оборудования в сети неустойчивой. Все это приводит к возникновению каскадных отключений, что делает работу модернизированных сетей менее надежной, чем традиционных.

На кафедре Электроэнергетики и электромеханики были разработаны алгоритмы развития каскадных аварий в традиционных электросетях и их модернизированных аналогах с наличием источников распределенной генерации, а также варианты их предотвращения. Положительный эффект достигается благодаря установке разработанного прототипа контроллера, соединенного через протокол Ethernetc активным силовым фильтром с возможностью селективной компенсации гармоник.

Разработанный контроллер выполнен на базе одноплатного компьютера RaspberryPI3 с подключаемым модульным дисплеем и устройствами ввода. Аппаратная платформа монтируется в алюминиевый корпус с возможностью установки на DIN-рейку. Контроллер сообщается по протоколу Ethernetc исполнительными модулями нижнего уровня, получающими информацию от потребителей и выполненными на платформе Arduino.

Функционально контроллер состоит из следующих модулей: модуль настраиваемых параметров пользователя, модуль вычисления уменьшения нагрузки, модуль вычисления отключения нагрузки, модуль контроля отключения нагрузки, модуль выбора подсетей и приоритетности, модуль вычисления степени критичности степени снижения частоты, модуль вычисления степени снижения частоты, модуль количества ИБП, модуль определения подсетей, модуль вычисления массива фазовых углов, умное электронное устройство нижнего уровня.

В настоящее время устройство проходит доводку алгоритмов и испытания в составе лабораторных стендов.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Б.Н. Абрамович

**И.В. КУЗНЕЦОВА**

*Иркутский национальный исследовательский технический университет*

## **ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ ТАШКЕНТА С УЧЕТОМ УЯЗВИМОСТИ ЗАСТРОЙКИ И ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ**

Вопросы сейсмического риска и уязвимости жилой застройки городов и населенных пунктов тесно связаны с особенностями сейсмической обстановки территории и влиянием местных грунтовых условий. Многие конструктивные типы зданий Узбекистана неповторимы, отражают традиции и национальный уклад

коренного населения Республики и не идентифицируются с типовой классификацией зданий, отраженной в сейсмических шкалах. Территория Узбекистана расположена в Центрально-Азиатской зоне и характеризуется сложным геологическим строением и высокой тектонической активностью. На основании многолетних сейсмотектонических исследований на территории Узбекистана выделены три категории сейсмогенных зон, где возможно возникновение землетрясений с максимальными магнитудами  $M \leq 7.5$ ,  $M \leq 6.5$  и  $M \leq 5.5$ , что соответствует интенсивности сотрясений на поверхности земли  $I \leq 9$ ,  $I \leq 8$  и  $I \leq 7$  баллов

Характер застройки г. Ташкента сильно отличается от других городов. В современной структуре жилищного фонда преобладают крупнопанельные дома, в которых проживет почти половина населения города. Каркасные и крупнопанельные 9-этажные здания запроектированы с уровнем сейсмоусиления не менее 8 баллов согласно требованиям норм сейсмостойкого строительства. Следует обратить внимание на то, что при расчете сейсмического риска в работе не учитывался частный жилой сектор, т.к. отсутствовали данные по количеству существующей общей площади застройки и численности проживающего на ней населения.

Расчет показал, что уровню приемлемого риска  $1 \cdot 10^{-5}$  (1/год) в г. Ташкенте в результате 8-балльного землетрясения будет соответствовать половина жилищного фонда – это сейсмостойкие дома, постройки после 1966 г. Сегодня в Ташкенте возводятся новые микрорайоны с домами, отвечающими требованиям сейсмических норм, а старые ветхие постройки постепенно уходят в прошлое, что говорит о благоприятных перспективах.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. С.С. Тимофеева

**Научный руководитель с места практики:** к.т.н., старший научный сотрудник Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Л.П. Бержинская

**К.И. КУЗЬМИНА**

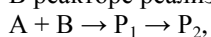
*Ивановский государственный химико-технологический университет*

## СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ АСТАТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ В ПОЛИТЕРМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

Повышение требований к качеству работы химических реакторов - устойчивости и надежности - обуславливают актуальность и необходимость поиска путей совершенствования систем управления этими объектами.

В данной работе предлагается решить задачу синтеза системы управления химическим реактором, используя синергетический подход, который позволяет аналитически синтезировать эффективные законы управления для нелинейных, многомерных и взаимосвязанных динамических систем.

В реакторе реализуется экзотермическая реакция вида:



где А и В - исходные реагенты,  $P_1$  и  $P_2$  - продукты реакции. Целевым компонентом является  $P_1$ .

Используя метод АКАР, получен закон управления концентрацией целевого продукта. Примеры переходных процессов регулирования представлены на рис. 1.

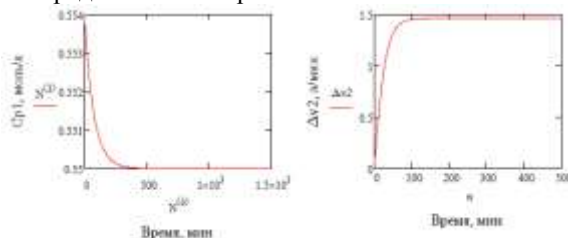


Рис. 1. Изменение регулируемой переменной и управляющего воздействия при действии ступенчатого возмущения по входной концентрации

Результаты моделирования говорят о том, что система управления инвариантна к возмущениям и ковариантна с заданием. Это свидетельствует об эффективности синергетического подхода к решению задач синтеза законов управления нелинейными объектами.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.Н. Лабутин

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ХВОСТОВИКА - ФИЛЬТРА ДЛЯ СКВАЖИН С БОЛЬШИМ ОТХОДОМ ОТ ВЕРТИКАЛИ**

Сложность освоения труднодоступных территорий, таких как Арктический шельф, предусматривает бурение скважин с морской платформы, либо с береговой линии. Как правило, проектный профиль таких скважин имеет большой отход от вертикали (БОВ), который может превышать 12 км. При этом длина наклонных и горизонтальных участков скважины составляет от 4 км до 9 км.

При бурении и заканчивании скважин с БОВ возникают осложнения и аварии обусловленные силами трения и неконтролируемостью напряжённо-деформированных состояний (НДС) бурильного инструмента и обсадных колонн во время их вращения и спуско-подъёмных операций. К наиболее частым осложнениям можно отнести недохождение в процессе спуска до проектной глубины хвостовика – фильтра. Это привело к необходимости совершенствования конструкции фильтровой части хвостовика оптимизацией параметров НДС в зонах критических напряжений в зависимости от технологии спуска колонны с учётом горно-геологических условий, которое в первую очередь позволит обеспечить повышение его надёжности и долговечности в процессе эксплуатации скважины с БОВ.

В работе научно обоснована необходимость разработки конструкции и технологии спуска фильтра хвостовика в скважины с БОВ с целью снижения рисков аварийных ситуаций, обусловленных недостаточной контролируемостью НДС инструмента, приводящего к посадкам и подклинкам в процессе спуска. Предложена конструкция жёсткого турбулизатора с регулируемым углом наклона направляющих винтовых линий и выделены критерии для его установки на фильтре.

Разработка конструкции фильтровой части хвостовика оптимизацией параметров НДС в зонах критических напряжений в зависимости от технологии спуска колонны с учётом горно-геологических условий скважины позволит обеспечить повышение его надёжности и долговечности в процессе эксплуатации скважины с БОВ.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. М.В. Двойников

**Н.С. КУРМАНЧУК**  
*Тюменский индустриальный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКА НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА**

В настоящее время увеличение коэффициента извлечения нефти путем улучшения коллекторских свойств является перспективным направлением развития в нефтяной и газовой индустрии. Новые технологии позволяют повысить нефтегазоотдачу пласта при этом улучшить управляемость, экономическую рентабельность, экологичность процесса.

В данной работе рассмотрен один из таких методов - импульсное воздействие тока на призабойную зону пласта. Данный способ представляет собой создания электрической дуги в текучей среде, находящейся в скважине, пробуренной в пласте, причем электрическая дуга индуцирует волну давления, которая совершает полезную механическую работу в пласте. В данном случае воздействие на пласт происходит во всех направлениях, а не узко локализованной трещине.

Так же в работе показаны схемы установок, с конкретными характеристиками, описан принцип действия, проведен их анализ и сравнение. Помимо воздействия на пласт происходит физическое и химическое воздействие на углеводороды в призабойной зоне.

В ходе анализа способов и установок импульсного воздействия тока на призабойную зону пласта были выявлены преимущества, а так же проблемы которые предстоит решить для дальнейшего перспективного развития данной технологии.

**Научный руководитель:** ассистент, Н.М. Паклинов

## **КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ БАЗОВЫХ ВАРИАНТОВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «А», РАСПОЛОЖЕННОГО НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ**

Россия обладает одним из самых высоких минерально-сырьевых потенциалов в мире. Это, в частности, относится к арктическому региону, где запасы углеводородного сырья оцениваются Министерством Природных Ресурсов и Экологии РФ приблизительно в 15,5 млн. тонн нефти и 84,5 трлн. куб. м. газа.

Ввиду малой изученности континентального шельфа Арктики и жестких природно-климатических условий, освоению нефтегазовых месторождений сопутствуют технические и коммерческие сложности. Локализованный характер развития инфраструктуры, особенно в таких районах, как Восточно-Сибирское море, затрудняет сбор данных, необходимых для проведения детального технологического анализа в рамках концептуальных исследований.

Целью данной работы является подготовка комплексной основы базовых вариантов освоения условного месторождения «А», расположенного на шельфе Восточно-Сибирского моря, путем:

- определения статуса технологий для разработки месторождений в экстремальных условиях Арктики и ранжирования существующих лучших практик освоения таких месторождений;
- сбора и анализа доступной информации по природно-климатическим условиям;
- расчета возможных природных нагрузок на сооружения, которые могут быть использованы при освоении условного месторождения в Восточно-Сибирском море;
- идентификации ключевых опасностей и рисков.

Проведенные исследования позволили:

- 1) выявить спектр существующих технико-технологических решений, применимых для освоения шельфа Восточно-Сибирского моря,
- 2) подготовить информационный базис, который в будущем, при наличии требуемого объема данных, может использоваться для проведения подробного концептуального анализа,
- 3) предварительно оценить эффективность разработки таких месторождений, что будет подробно обсуждено в докладе.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.Б. Золотухин

**Н. А. КУКСОВ, П.А. САФОНОВА**  
*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА И ГЕНЕРАТОРА НА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ ПИТАНИЯ УДАЛЁННЫХ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**

Россия из-за своей большой площади имеет множество удаленных промышленных объектов, которые расположены на расстоянии сотен километров друг от друга. При этом на объектах могут отсутствовать операторы и другой обслуживающий персонал. Исходя из этого, задача автономного электроснабжения оборудования для мониторинга состояния объектов актуальна. Особенностью данного типа оборудования является низкий уровень энергопотребления (мощность порядка нескольких ватт), поэтому использование мощных ветрогенераторов и внешнего централизованного электроснабжения излишне.

На данный момент в исследуемой области применяются системы, питающиеся от сетей электроснабжения. При этом в подавляющем большинстве случаев доступ к сетям ограничен. В проведенном исследовании рассматривается возможность использования для автономного электроснабжения оборудования термоэлектрических генераторов (ТЭГ), работа которых основана на эффекте Зеебека, и солнечных батарей.

В целях исследования была собрана установка, включающая себя термоэлектрический модуль, и получены экспериментальные данные. По полученным данным были выведены зависимости позволяющие дальнейшее проектирование электроснабжения автономных систем. В частности получены зависимости мощности от разности температур на сторонах модуля, вольт-амперная характеристика и другие. При рассмотрении характеристик возможных к применению фотоэлектрических элементов были выбраны поликристаллы. На современном этапе развития монокристаллические панели имеют несколько больший КПД пре-

образования, но преимуществом поликристаллических являются низкая цена и меньший коэффициент деградации. В исследовании для двух типов генераторов была рассчитана стоимость одного ватта мощности, вырабатываемой в центральной части Западной Сибири, одним из крупнейших субъектов РФ по доле нефтедобычи. При этом наиболее выгодным оказался термоэлектрический генератор, в то время как генератор на солнечных батареях в выбранных климатических условиях не является полностью автономным. Следует отметить, что при смещении к центральным и северным широтам результаты расчётов значительно отличаются.

Подводя итог, можно сказать, что результаты исследований подтверждают возможность использования как одного, так и другого источника энергии. Для выбора наиболее выгодного необходимо привязываться к конкретным условиям использования.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. В.С. Добуш

**А.Р. КУТЛУМУХАМЕТОВ**

*Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе*

## **РАСЧЕТ ОСАДКИ ПОД СООРУЖЕНИЯМИ АЭС**

В работе приводится расчет осадки под сооружениями АЭС. Наряду с традиционным расчетом методом послойного суммирования, был использован подход, основанный на методе граничных элементов (МГЭ), реализованный в программном комплексе Settle 3D. МГЭ рекомендован СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Однако практический опыт использования МГЭ для расчета осадок у нас в стране отсутствует.

Использование численных методов существенно расширяет возможности математического моделирования. К преимуществам Settle 3D следует отнести возможность моделирования осадки оснований со сложным инженерно-геологическим строением и учитывать трехмерные эффекты от нагрузок фундаментов сложной формы.

Цель работы заключается в сравнении расчета осадки методом послойного суммирования и в программе Settle 3D.

В методе нескольких слоев Settle 3D компании Rocscience, полное упругое решение осадки фундамента произвольной формы, опирающегося на слоистую упругую толщу грунтов, вычисляется путем интегрирования функции Грина на основе эффективной вычислительной процедуры, разработанной профессором Yue, Z. Q.

В качестве примера был выбран существующий объект атомной промышленности.

В результате обработки материалов инженерно-геологических изысканий в сфере взаимодействия сооружения с геологической средой выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

В качестве исходных данных, закладываемых в расчет использовались рекомендованные значения прочностных и деформационных свойств грунтов из отчета по инженерным изысканиям.

Расчет методом послойного суммирования проводился согласно СНиП 2.02.01-83 «Основания и фундаменты».

Максимальная осадка методом послойного суммирования составила 49,8 см.

Далее были произведены расчеты в программе Settle 3D методом граничных элементов. Расчет в программе проводился с теми же исходными данными. Максимальная осадка составила 53,3 см.

Проведенные расчеты показали, что максимальная осадка сооружения (даже при неблагоприятных условиях) не превышает нормативную, установленную проектом и нормативными документами.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. И.К. Фоменко

**Т.С. ЛАДЕЙЩИКОВА**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА «ХОЛОДНЫЙ ПОТОК» В БОРЬБЕ С АСФАЛЬТЕНОСМОЛОПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ**

Одной из актуальных проблем трубопроводного транспорта является накопление асфальтеносмолопарафиновых отложений (АСПО). Основным механизмом формирования АСПО является молекулярная диффузия, основанная на влиянии температурного градиента. Современные методы предупреждения АСПО, воздействующие на температурный градиент, направлены на поддержание температуры нефти выше темпе-

ратуры кристаллизации парафина. Альтернативным способом борьбы является метод «Холодный поток», предполагающий охлаждение нефти до температуры окружающей среды. Целью данной работы является оценка эффективности применения метода «Холодный поток» в борьбе с АСПО.

Для оценки эффективности предлагаемого метода в симуляторе многофазного потока OLGA построена модель существующего нефтепровода. Выполнены лабораторные исследования компонентного состава и реологических свойств нефти. Компонентный состав обработан в программном продукте PVTsim. На основе результатов лабораторных исследований в программном комплексе OLGA проведен расчет парафиноотложения с использованием методики Matzain.

В результате работы установлено, что эффективность применения метода «Холодный поток» в борьбе с АСПО составляет 94%. Использование предлагаемого метода может значительно уменьшить издержки производства, связанные с транспортировкой парафинистой нефти. На сегодняшний день основной проблемой использования метода «Холодный поток» является отсутствие оборудования для охлаждения нефти, успешно применяемого на практике. Для эффективного использования рассматриваемого метода необходима дальнейшая разработка технологии охлаждения потока нефти перед транспортировкой.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. П.Ю. Илюшин

**М. А. ЛАЗЕБНАЯ**

*Российский Государственный Университет нефти и газа (Научный Исследовательский Институт) имени И. М. Губкина*

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТРАССАХАЛИНСКОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ В ВИДУ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РЕГИОНА**

Транссахалинская Трубопроводная система является одним из сложнейших проектов в сфере трубопроводного транспорта: подземный способ прокладки нитей, высокая сейсмическая активность острова, 19 активных тектонических разломов и более 200 водных объектов, которые пересекают трубопроводы, всегда вызывали много вопросов и споров.

В течение последних 7 лет произошло более 200 землетрясений (по данным eqalert.ru) магнитудой более 4 баллов, в зону воздействия которых попала полоса отвода трубопроводной системы.

В настоящее время эксплуатирующей компанией «Сахалин Энерджи» проводится локальный мониторинг положения трубопровода в местах активных тектонических разломов посредством геодезической съемки.

Однако, землетрясения могут оказывать воздействие не только на зоны тектонических разломов, но и на изменения литогенной основы любых ландшафтов, попадающих в зону их влияния.

Помимо этого, землетрясения напрямую влияют на режим грунтовых вод, не только изменяя их уровень, но могут также и трансформировать потоки и перенаправить их, что в конечном итоге может привести к подтоплению полосы отвода трубопровода, или оголению нитей в местах перехода водных объектов.

Ежегодно компания проводит мониторинг грунтовых вод, в который входит замер уровня воды и геодезические работы в местах прокладки трубопроводной системы через реки. Однако, корреляции между изменениями параметров и сейсмическими событиями никогда не проводилось.

Помимо прочего, для повышения точности, быстроты реагирования и объема получаемой информации, необходимо поставить вопрос об использовании данных ДЗЗ и съемки с БПЛА для построения мультипараметрической модели полосы отвода и дальнейшего мониторинга ее изменения.

**Научный руководитель:** к.п.н., доц. Н. Е. Лобжанидзе

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ МЕТОДОМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Оценка уровня накопленных повреждений металлом, который эксплуатируется при различных видах напряженно-деформированного состояния и внешней среды для нефтегазовой отрасли сегодня весьма актуальна. Это связано с проблемой оценки остаточного ресурса газонефтепроводов, находящихся в эксплуатации длительное время (средний возраст магистральных трубопроводов в РФ свыше 15 лет).

Сегодня при определении остаточного ресурса трубопроводов основное внимание уделяется наличию или отсутствию дефектов в стенке трубопровода, а также толщине стенки трубы. Но немаловажным фактором, который может повлиять на прочность трубопроводов является циклические пульсации среды и, как следствие, возникающие циклические нагрузки в металле трубы. Под воздействием циклических нагрузок металл деградирует, что ведет к снижению его прочностных характеристик и, как следствие, к возможному разрушению стенки трубы.

Для увеличения достоверности оценки и прогноза остаточного ресурса возможно применение не одного, а двух или трех диагностических параметров. Для подтверждения данной гипотезы был произведен ультразвуковой и магнитный контроль циклически нагруженных образцов. В результате было получено, что с увеличением наработки снижается скорость ультразвуковых волн в материале, а также снижение напряженности магнитного поля.

Так как необходима комплексная оценка диагностических параметров, позволяющая оценить деградацию, а получение эмпирических, полуэмпирических и др. зависимостей между диагностическими параметрами достаточно затруднено, то для обработки результатов возможно использование искусственных нейронных сетей. Обработка результатов производилась при помощи модуля Anfis в математическом пакете Matlab. Благодаря использованию нейросетей удалось получить более точное значение остаточного ресурса, которое учитывает взаимное влияние диагностических параметров друг на друга. Также по полученной поверхности возможно прогнозирование остаточного ресурса трубопроводов.

**Научный руководитель:** А.М. Щипачев

**С.С. ЛЕБЕДЬКОВ**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ГАЗА**

Анализ расходомеров различных видов показывает, что в настоящее время весьма перспективными являются вихревые расходомеры, которые используют в своей работе эффект дорожки Кармана. Однако, расходомеры данного типа, имеют один серьезный недостаток – снижение точности при их использовании в трубопроводах большого диаметра.

Целью данной работы является повышение точности результатов измерения газа с помощью погружных вихревых расходомеров. В работе был произведен анализ погрешностей измерения расхода вихревым расходомером, оценены основные факторы, влияющие на точность измерения. Подробно рассмотрена погрешность, вызванная ошибками монтажа тела обтекания в погружных расходомерах, возникающая из-за неточностей при выполнении данной операции. К ним можно отнести: неперпендикулярность высоты основания тела обтекания и оси трубопровода; неперпендикулярность ширины основания тела обтекания и оси трубопровода; смещение оси тела обтекания преобразователя расхода относительно оси симметрии поперечного сечения трубопровода.

Предложена информационно-измерительная система расхода с переменной структурой, что делает её инвариантной к возмущающим воздействиям, а реализация её позволит значительно уменьшить погрешность при измерении расхода и количества газа. В предложенной системе параллельно основному трубопроводу установлен байпасный измерительный трубопровод, на котором размещен образцовый ультразвуковой расходомер. Выведен алгоритм вычисления расхода, который позволяет добиться повышения точности измерения расхода за счет исключения мультипликативной составляющей погрешности вихревого расходомера. Для данной системы произведен расчёт погрешности, и на основании расчетов даны рекомендации по уменьшению погрешности при измерении расхода вихревым расходомером.

**Научный руководитель:** канд. техн. наук, доц. Л.Н. Латышев.

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Целью работы является создание последовательного алгоритма восстановления профиля поперечных волн вдоль ствола скважины. Запись широкополосной акустики с профилем поперечных волн не входит в стандартный комплекс геофизических исследований скважин (ГИС) и является дорогостоящей, что обуславливает редкость проведения этих исследований на скважинах нефтяных месторождений, однако наличие этого профиля необходимо для построения модели устойчивости ствола скважины (одномерной геомеханической модели).

Используемые на данный момент методы восстановления профиля скоростей поперечных волн имеют ряд недостатков, которые можно решить с помощью методов машинного обучения. В работе предложен системный подход к отбору и визуализации входных данных и их подготовке, выбору наилучшей модели, оценке вклада входных переменных в точность прогноза и способам верификации полученных моделей. Рекомендуемый метод машинного обучения – математическая множественная регрессия с использованием нелинейных зависимостей. Данный метод зарекомендовал себя как относительно простой и быстрый (в сравнении с более сложными алгоритмами машинного обучения, такими как нейронные сети и решающие деревья).

В результате апробации предлагаемого метода на скважинах одного из месторождений получена высокая прогнозная сила модели, которая способна восстанавливать профиль скоростей поперечных волн вдоль ствола скважины, используя в качестве входных данных набор из четырех геофизических кривых (профили продольной волны, нейтронного каротажа, каротажа собственных потенциалов и градиент-зонда). Необходимо отметить, что набор входных данных для модели может отличаться в зависимости от геолого-физических условий месторождения, наличия и качества исходных данных, а также от цели прогнозирования (создание 1D/3D геомеханической модели, онлайн геомеханическое сопровождение бурения, восстановление скоростного закона в разрезе для обработки сейсмических данных и так далее).

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Д.В. Мардашов

**И.Н. ЛЕОНТЬЕВ**

*ФГБОУ ВО “Удмуртский государственный университет”*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ БУРЕНИЯ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ВСКРЫТИИ ПЛАСТА В ЗОНАХ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ**

Опыт промысловой практики показывает, что эксплуатационные характеристики горизонтальных скважин, размещенных в зонах трещиноватости различаются. В настоящее время известны технические решения повышения добывающих возможностей горизонтальных скважин путем оптимизации угла, между ориентированием скважины, доминирующим направлением трещиноватости и учетом вектора градиента давления. Наиболее оптимальным углом с точки зрения разработки нефтяной залежи является угол  $30^\circ$  к доминирующему направлению трещиноватости и увеличению данного угла в зависимости от агрегативной устойчивости водо-нефтяной эмульсии. Однако первичное вскрытие зон трещиноватости как правило сопровождается проявлением различных видов осложнения: поглощение и нарушение устойчивости стенок скважины. Известные технические решения по предупреждению данных видов осложнения заключаются в применении специальных кольматантов и буровых растворов с кольматантами. Основным недостатком применения данных технических решений является возможность кольматации при скваженной зоны буровыми растворами, что может привести к полной изоляции скважины от пласта. В анализе технологических параметров бурения горизонтальных скважин, пробуренных на Юськинском месторождении, была выявлена зависимость между интенсивностью проявления осложнений и углом между азимутальным направлением скважины и доминирующим направлением трещиноватости.

Основной рекомендацией, полученной в ходе проведения исследований является уменьшение рекомендованного угла, равного  $30^\circ$  в зависимости от интенсивности проявления осложнений.

**Научные руководители:** к.т.н., доц. О.М. Мирсаетов, ассистент А.А. Шумихин



## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОТВАЛЕ №7 АО «МИХАЙЛОВСКИЙ ГОК»

Формирование железнодорожного отвала № 7 рыхлой вскрыши Михайловского месторождения осуществляется в пределах южной границы на расстоянии от карьерного поля на 1.5- 2.0 км. Отвал предназначен для вскрышных песчано-глинистых пород. Юго-западная часть отвала расположена на левом склоне долины реки Речица и на основной части её поймы.

Рельеф основания отвала обусловлен понижением поверхности от центральной части на склонах реки Речица и Чернь с уклоном от 2 до 4°. Абсолютные отметки поверхности отвала составляют до 210 метров.

В разрезе преобладают келловейские глины и частично верхнебятские отложения, представленные мелкозернистым песком. Состояние породной смеси отвала характеризуется от мягкопластичной до полутвердой консистенции.

Особенно опасными являются участки бортов карьера АО «Михайловский ГОК», который вплотную подошел к внешнему отвалу рыхлой вскрыши №7. На этом отвале в 1997 и 2015 гг произошли мощные оползни объемом 20 млн м<sup>3</sup>. Оползень, произошедший в мае 2015 года, имел следующие параметры: протяженность по фронту 1 км; ширина 700 м; высота 60 - 70 м; горизонтально смещение 30 - 80 м; вертикальное смещение до 40 м.

Обратными расчетами были определены физико-механические свойства пород, слагающих тело отвала и келловейских глин, залегающих в его основании. Использование программы «Slope Stability Calculation», разработанной в НИУ «БелГУ», позволило разработать мероприятия по стабилизации оползневых процессов на отвале №7, включающих в себя: уменьшение высоты отвала на 20 м; создание призмы упора из пород скальной вскрыши в основание отвала; организация зарегулированного водосбора, путем восстановления водосборных канав, в которые уложены перфорированные трубы; восстановление водосборника.

**Научный руководитель:** доц. Б.А. Храмов

**К.В. ЛЕШУКОВА, М.А. СЕРЕБРЯКОВ, А.Я. БОДУЭН**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОКЛАВНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ДЛЯ НЕКОНДИЦИОННЫХ РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ МЕДЬ И ЦИНК

Запасы монометаллических руд сокращаются, вследствие чего увеличивается интерес к более сложным, полиметаллическим рудам, особенность которых заключается в сложности обогащения в связи с диспергированностью сульфидов и относительно близким значением флотационных свойств. Соответственно для вскрытия часто требуются сверхтонкое измельчение, большие энергозатраты на стадии обогащения и дальнейшей переработки полученных продуктов.

Поэтому большое значение в повышении комплексности использования сырья, создании малоотходного производства, сокращении выбросов серы в атмосферу имеют гидromеталлургические процессы с применением автоклавного выщелачивания.

Объектом исследования являлся некондиционный медный концентрат Балхашской обогатительной фабрики следующего химического состава (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав исходного концентрата

Содержание, масс.%						
Cu	Zn	Pb	Fe	S	Au, г/т	Ag, г/т
8,44	7,43	0,97	27,2	24,4	2,48	106,1

Процесс автоклавного выщелачивания осуществлялся при постоянных температурной 150 °С и давлении равном 0,6 МПа. Добавка хлорида натрия варьировалась в диапазоне 8 - 33 г. По литературным данным известно, что концентрация NaCl значительно влияет на скорость выщелачивания меди. С увеличе-

нием концентрации хлорида натрия, скорость выщелачивания халькопирита увеличивается. Хлорид в данном процессе катализирует реакции окисления сульфидов, препятствуя смачиванию их расплавленной элементарной серой и образованию серосульфидных конгломератов.

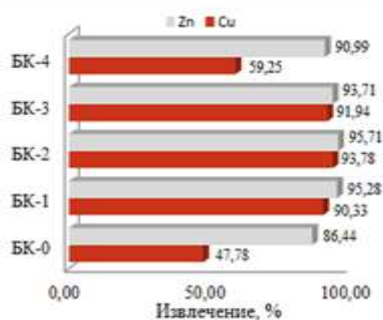


Рис. 1. Количество меди и цинка, извлеченных в раствор

По результатам экспериментов видно (рисунок 1), что добавка хлорида натрия способствует более полному переходу в раствор меди и цинка. Опыт БК-0 (базовый опыт) проводился без добавления NaCl, что обеспечило извлечение в раствор целевых металлов на уровне Cu = 47,78 %, Zn = 86,44 %. Остальные опыты проводились с добавлением хлорида натрия и извлечение во всех экспериментах оказалось значительно выше, чем в базовом опыте. Определено количество хлорида натрия, обеспечивающее наиболее полный переход меди и цинка в раствор. Максимальное извлечение Cu = 93,78 % и Zn = 95,71 % было достигнуто при 20 г/л по Cl<sup>-</sup>.

**Ж.В.ЛИСОВА**

*Самарский государственный технический университет*

## АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ И МАССЫ БРУТТО НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРАХ

Существующая система учета нефтепродуктов включает автоматическое измерение уровня и температуры, а также ручной отбор проб. Для вычисления массы брутто нефтепродукта требуется перевести измеренный уровень в объем с помощью градуировочной таблицы и измерить плотность отобранной объединенной пробы в лаборатории, а массу продукта можно получить произведением плотности и объема.

Для автоматизации получения массы брутто предлагается использование многофункциональной системы Multi-functionTankGauge (MTG). Система MTG реализует косвенный метод измерения, основанный на гидростатическом принципе, и обеспечивает: определение границы раздела сред, измерение с высокой точностью массы продукта, объема, уровня, температуры, посылкой и усредненной плотности, количества подтоварной воды, температуры и давления газовой фазы, обнаружение утечек, защиту от разрушения и перелива резервуара. Все измерения выполняются полностью автоматически одним прибором.

**Научный руководитель:** доц. Л.Е. Землеруб

**Е.В. ЛИТВИНЦЕВА**

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина*

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО И ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПЛАСТА НА ПОТЕНЦИАЛ НОВЫХ СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМ.Ю.КОРЧАГИНА

Целью работы является определение степени влияния неопределенностей в структурно-тектоническом и литологическом строении пласта на оценку потенциала новых скважин месторождения им.Ю.Корчагина.

На основе данных о погрешности интерпретации сейсмических областей и результатах сопровождения бурения установлена неопределенность в сейсмической модели. Для оценки влияния параметров структурно-тектонического строения пласта на потенциал новых скважин построено несколько реализаций структурной поверхности в районе бокового ствола одной из скважин и в районе скважин блок-кондуктора (БК). В каждой из реализаций при проводке траекторий бокового ствола и скважин БК обеспечивалось оптимальное соотношение интервалов между стволом, кровлей пласта, ВНК и ГНК, установленное на основе гидродинамического моделирования.

По результатам адаптации гидродинамической модели отмечено влияние распределения зон замещения коллекторов в законтурной области на показатели работы скважин. Создан ансамбль реализаций распределения зон замещения коллекторов в законтурной области месторождения им. Ю. Корчагина. В расче-

тах на модели оценено влияние неопределенности распределения зон замещения на величину накопленной добычи по скважинам.

По результатам данной работы сформированы рекомендации по проводке скважин в условиях неопределенностей структурно-тектонического строения и распределения зон замещения коллекторов в законтурной области, обеспечивающие минимизацию рисков бурения.

**Научные руководители:** к.т.н. А.В. Гавура, к.ф.-м.н. И.Н. Санников

**Д.Г. ЛИХОШЕРСТОВ**

*Самарский технический государственный университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕКАЧКИ НЕФТИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКО УЧАСТКЕ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ НПС**

В работе выполнен расчет возможных режимов перекачки нефти по рассматриваемому технологическому участку «Самара-Красноармейск» МН «Куйбышев-Лисичанск», в результате которого получена карта технологических режимов.

Определены оптимальные режимы работы МН, параметры перекачки (давление на входе/выходе НПС) и управляющие воздействия (комбинации включения насосов), для обеспечения суточной производительности. При этом выполняются условия по уставкам САР, отсутствия самотечных участков между НПС, а также учитываются ограничения по линейной части (не превышение допустимых рабочих давлений секций трубопровода). Кроме того, произведено экономическое обоснование работы.

**Научный руководитель:** к.п.н., доц. Г.М. Орлова

**В.М. ЛОГИНОВСКИХ**

*Тюменский индустриальный университет*

## **ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ**

Уравнение, позволяющее найти поперечные колебания с постоянной жесткостью  $EJ$

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{EJ}{L^4} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = 0$$

где  $\rho$  — плотность ( $кг/м^3$ ),  $EJ$  — жесткость на прогиб [ $Е (Па)$  — модуль упругости,  $J (м^4)$  — момент инерции поперечного сечения стержня относительно центральной оси сечения, перпендикулярной к плоскости колебаний],  $L$  — длина вала ( $м$ ).

Для решения используется метод Бубнова – Галеркина.

$$\mu_x \int_0^L \left( \sum b_n \ddot{a}_n \right) b_n dx + EJ \int_0^L \left( \sum a_n \frac{\partial^4 b_n}{\partial x^4} \right) b_n dx = 0$$

где  $a_1, a_2 \dots a_n$  — неизвестные функции переменной  $t$ ;

$b_1, b_2 \dots b_n$  — заданные базисные функции переменной  $x$ .

Для решения предложенным методом необходимо определить минимальное количество базисных функций, которое позволит рассчитывать параметры без потери точности. Оценим, как будут изменяться значения параметров при изменении количества базисных функций (от 1 до 10).

При увеличении базисных функций, параметры колебаний стремятся к некоторому пределу. Отклонения между решениями, в которых учитывалось семь и восемь функций, составляет – 0,02%. Отклонения при четырех и пяти слагаемых – 0,01%. Для получения удовлетворительных результатов достаточно удерживать по две функции.

Расчет параметров колебаний интегрирован в программный комплекс.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Д.А. Черенцов

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ НЕФТЯНОГО КОКСА МЕТОДОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ РЕАГЕНТОВ

В нефтяном коксе, вырабатываемом на НПЗ, концентрируется большинство металлов, содержащихся в нефти, в том числе ванадий. Он является рассеянным элементом и применяется в качестве легирующей добавки для улучшения свойств сплавов.

В данной работе предлагается извлекать ванадий из нефтяного кокса выщелачиванием различными реагентами, в качестве которых применяются: при сернокислотном выщелачивании - серная кислота (10 и 98 %), смесь концентрированных серной и азотной кислот (1:1); при щелочном выщелачивании - раствор гидроксида натрия (12 %).

Первоначально, был проведен термодинамический анализ процесса выщелачивания, из которого следует, что процесс является экзотермическим, а все реакции при рассматриваемой температуре (100 °С), за исключением серной кислоты (10 %), являются термодинамически вероятными.

Объектом исследования был выбран нефтяной кокс, полученный на лабораторной установке замедленного коксования, где в качестве сырья использовался асфальт после процесса деасфальтизации гудрона смеси западносибирских нефтей. Методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) была определена концентрация ванадия в исходном нефтяном коксе.

Выщелачивание проводили в фарфоровом тигле, куда помещали образец массой примерно 1 г и количество реагента в соотношении твердой фазы (кокса) и жидкой фазы (кислоты или щелочи) 1:3; 1:1 и 3:1. Процесс проводился в течение 1 и 2 часов при температуре 100 °С. Полученную смесь фильтровали и получали раствор, в котором определяли содержание ванадия на спектрофотометре по ГОСТ 10364 при длине волны 436 нм методом градуировочного графика.

В ходе эксперимента было установлено, что степень извлечения ванадия при сернокислотном выщелачивании составляет 21-99 %, а при щелочном - 17-67 %. Степень извлечения возрастает при увеличении количества кислоты или щелочи и уменьшается при увеличении времени с 1 до 2 ч.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Кондрашева Н.К.

Е.С. ЛЯЛИНА

Санкт-Петербургский горный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАССТРЕЛОВ В ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНАХ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В условиях плотной городской застройки возникает необходимость проектирования зданий со всё большим числом подземных этажей и, следовательно, устройства всё более глубоких котлованов с минимальными в плане размерами. Одним из способов избежать подвижки грунта при строительстве является сооружение несущей и ограждающей конструкции «стена в грунте» с применением распорных систем.

В данной работе рассматривается многоярусная система расстрелов с шагом 5 метров, устанавливаемых в котловане со стенкой 800 мм из бетона В40. Для исследования были приняты непросадочные, непучинистые песчаные грунты с коэффициентом пористости от 0,75 до 0,45 и глинистые грунты с коэффициентом пористости от 0,85 до 0,55. При выполнении численного моделирования сооружения котлована, в качестве геомеханической модели поведения грунтового массива принята модель упрочняющегося грунта (Hardening soil model). Расчёт велся на не дренированное состояние глин с учетом естественной скорости фильтрации и распределения порового давления. В качестве расстрелов были использованы стальные трубы. Цель работы – выявить закономерности при подборе сечений распорок в зависимости от глубины, ширины котлована и свойств грунта. Для выполнения поставленных задач был использован программный продукт Plaxis, где была создана модель котлована в плоской постановке задачи и были получены усилия, создаваемые грунтом в расстрелах при их заданной жесткости.

Результатом исследования является построенная зависимость геометрических характеристик сечения стальной трубы от её расположения по глубине в котловане с использованием вспомогательного коэффициента для перехода к различным по ширине, глубине и свойствам грунтов котлованам.

Полученные результаты могут применяться для предварительного назначения параметров расстрелов.

Научный руководитель: д.т.н., проф. П.А. Деменков

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют прямую биологическую и бактериологическую угрозу для населения. Использование их в качестве топлива может решить экологическую проблему утилизации свалок.

Существуют различные методы утилизации ТБО. Но все они либо требуют значительных финансовых вложений, либо не являются экологически безопасными.

Одним из наиболее эффективных способов переработки ТБО является их термохимическая переработка с помощью пиролиза с последующей газификацией. Продуктом пиролиза и газификации является синтезированный газ, сопоставимый по теплотворной способности с некоторыми марками бурых углей. Однако существенной проблемой является наличие в ТБО соединений серы и хлора.

Существуют отечественные установки по уничтожению различных типов отходов, использующие пиролиз и газификацию, которые сумели успешно решить проблему вредных выбросов. Это, с одной стороны применение сортировки отходов, и с другой – установка скруббера с душированием выхлопных газов известковым молочком, что связывает серу и хлор в безопасные соединения. Применение в конструкции таких установок камеры сгорания вихревого противоточного типа предотвращает возможность образования окислов азота. Исследования независимых лабораторий показали, что полученный на выходе выхлопной газ содержит в себе количество вредных веществ не превышающее допустимые нормы.

Наличие в таких установках водогрейных теплообменников и пароперегревателей даст возможность получать горячую воду или перегретый пар, который позволит использовать паровую турбину для получения электроэнергии.

Использование установок для переработки ТБО избавит человечество от свалок и снизит нагрузку на недра планеты. Это вполне реально осуществить путем замещения ископаемых невозобновляемых углеводородных топлив на легкодоступный и возобновляемый источник энергии - твёрдые бытовые отходы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. И.Н. Новиков

**И.А. МАКСЮТОВ**  
*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛИКОИДНЫХ ПЕРЕГОРОДОК В КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ**

В нефтегазовой отрасли, нефтегазопереработке и других отраслях промышленности невозможно обойтись без теплообмена, т.е. процесса передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному. Для осуществления данного процесса применяют теплообменные аппараты.

Наибольшее распространение на сегодняшний день получили кожухотрубчатые теплообменные аппараты (КТА). Но эффективность работы теплообменников недостаточна по сравнению с другими типами, это заставляет искать варианты увеличения эффективности их работы.

Применяемые на сегодняшний день виды перегородок в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах не обеспечивают необходимой эффективностью. Предлагаемая конструкция с геликоидными перегородками будет обеспечивать необходимый результат.

Многообещающим методом увеличения коэффициента теплопередачи и устранения застойных зон является организация в межтрубном пространстве движения теплоносителя по винтовой линии. Перемещение теплоносителя в этом случае получается без резких изменений направления, что обеспечивает равномерный прогрев и исключение застойных зон. Известны различные варианты создания винтового движения теплоносителя по межтрубному пространству, одним из которых является применение геликоидных перегородок – специальных секторных перегородок, которые устанавливаются под углом к оси кожуха.

Для определения эффективности применения в КТА геликоидных перегородок вместо сегментных, необходимо сравнить тепловые и гидравлические характеристики потока в межтрубном пространстве, для обоих типов перегородок

Для сравнения эффективности теплообмена в КТА с сегментными и геликоидными перегородками выполнено численное моделирование с использованием программного комплекса ANSYS.

Проведенное сравнение показывает эффективность применения геликодных перегородок в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Р.Г.Ризванов

**Е.А. МАЛОФЕЕВ**

*ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА**

В процессе извлечения и разработки новых месторождений полезных ископаемых, необходима как тепловая энергия, так и электрическая. Это возможно достичь путём модернизации паровой котельной. Она сможет вырабатывать тепловую энергию по прямому назначению, электроэнергию, и дополнительный пар для технических нужд.

Предлагается изменить рабочий процесс горелочного устройства котельного агрегата, осуществить замену его узлов с получением новых свойств и параметров работы котельной. В работе рассматривается вариант замены штатных котлов на паровые котлы в составе турбогенераторов, и замена горелочных устройств на камеры сгорания.

В результате проделанной модернизации котельная сможет функционировать на любом виде углеводородного топлива (твердого, жидкого, газообразного и их комбинаций, а также эмульсий с водой), получить экономию топлива, сможет обеспечивать как себя, так и производство тепловой и электроэнергией. Выхлопные газы котельной будет находиться в пределах норм СНиП. Расчеты показали, что при использовании водотопливной эмульсии можно существенно снизить затраты на топливо, при получении той же тепловой мощности и температуры в котле. Это достигается путем увеличения полноты сгорания топлива. Для этого следует применить камеры сгорания вихревого противоточного типа, настроенные на работу на водотопливной эмульсии. В частности, при использовании мазута М-100 количество воды в водотопливной эмульсии может достигать 20%, а при работе на дизельном топливе 37%.

Предполагаемый вариант модернизации позволит существенно облегчить жизнь рабочих при новых разработках месторождений природных ископаемых в труднодоступных участках страны.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. И.Н. Новиков

**И. М. МАЛЮШИН**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **НОВЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ 3-Х МЕРНЫХ ЦВЕТНЫХ МАТРИЧНЫХ КОДОВ БОЛЬШОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ**

**Аннотация.** На данный момент матричные коды в ряде случаев обладают недостаточной информационной емкостью и не обеспечивают надежной защиты интеллектуальной собственности, а также не раскрывают потенциал использования подобного метода хранения, записи и чтения информации, что обуславливает необходимость создания нового матричного кода.

Штриховой код — графическая информация, наносимая на поверхность, маркировку или упаковку изделий, представляющая возможность считывания её техническими средствами.

Самым существенным недостатком стандартных двухмерных матричных кодов является недостаточная большая информационная ёмкость самих кодов.

На кафедре МТХИ под руководством профессора Е. И. Пряхина был разработан значительно более емкий двухмерный код с ультраплотной записью, названный Нанобар-код. Объём записи информации в НБК может быть до 10000 символов, или до 10КБ любой цифровой информации. Также, на основе Нанобар-кода был разработан многослойный цветной трехмерный код, главным отличием которого от существующих цветных продуктов стало значительное увеличение емкости графических кодов, а также появилась возможность формирования разного количества слоев кода, каждый из которых имеет различную цветовую характеристику, причем каждый из слоев может содержать совершенно различную информацию (текст, изображение, видео, аудио и т.д.). При этом, сообщения никак не связаны между собой, могут иметь разные методы кодирования, быть открытыми или же зашифрованными.

Использование цветowych слоев основано на известной возможности разбиения растрового изображения на каналы. Таким образом, можно произвести кластеризацию цвета и выявить 3 или 4 слоя для записи информации в зависимости от используемой цветовой схемы. На основе этих слоев можно сформировать полноцветное изображение в выбранной цветовой системе.

Использование представленного метода позволяет не только увеличить емкость НБК и формировать многомерный матричный код, содержащий несколько зависимых или независимых слоев, но и матричный код, содержащий различные коды на независимых слоях.

Техническим результатом, достигаемым при использовании предлагаемых способов, является многократное повышение емкости кода, повышение защищенности информации, располагаемой на слоях кода, преобразование трехмерного объекта в двухмерный посредством формирования на плоскости многоцветного кода, повышение надежности самого кода.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Е.И. Пряхин

**И.Н. МАМАЛИЕВ**

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина*

## **КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ВЯЗКОЙ НЕФТИ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ**

В настоящее время в РФ основным методом эксплуатации нефтяных скважин является применение установок электроприводных лопастных насосов (УЭЛН). Данными установками добывается около 75% от общего объема добычи нефти, и эта цифра неуклонно возрастает.

Изменение диаметральных габаритов оборудования для добычи нефти, применение новых материалов и способов изготовления элементов, расширение диапазона подач и напоров ступеней насоса приводит к значительным погрешностям расчетов при использовании сложившихся методик подбора. Поэтому модернизация методики пересчета характеристики лопастных насосов, обеспечивающей оптимальный подбор насосного оборудования, является актуальной задачей. Значительный интерес представляют зависимости деградации характеристик ступеней ЭЛН при их износе, а также влияние износа ступеней на пересчетные коэффициенты на вязкую жидкость.

Для решения этой задачи на стендах кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» были проведены комплексы испытаний ступеней ЭЛН разных конструкций на воде и вязких жидкостях, построены расчетные и фактические характеристики ступеней, получены пересчетные коэффициенты, определены области применения стандартных и модернизированных методик пересчета характеристик центробежных насосов.

Полученные результаты экспериментальных работ по определению деградации характеристик ЭЛН позволяют повысить энергоэффективность добычи за счет повышения точности при подборе УЭЛН к скважине, а так же могут быть использованы при оптимизации работы систем автоматизированного безсепарационного замера дебита скважин – так называемого «виртуального расходомера».

**Научный руководитель:** к.т.н. А.В. Деговцов

**С.В. МАРКИТАН**

*Тверской государственной технической университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА ОТ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТОРФА**

В работе описана конструкция исследуемого ковшового элеватора и экспериментально определено влияние скорости подъема торфа на его параметры: производительность, мощность, необходимую для подъема груза, коэффициент заполнения ковшей, коэффициент полезного действия и удельный расход энергии при подъеме груза.

В связи с тем, что машины непрерывного транспорта, в т. ч. ковшовые элеваторы, наиболее многочисленны среди оборудования торфоперерабатывающих заводов, от эффективности их работы напрямую зависит производительность заводов.

Задача исследования заключается в экспериментальном определении влияния скорости подъема материала на производительность ковшового элеватора, мощность подъема груза, коэффициент заполнения

ковшей, коэффициент полезного действия и удельный расход энергии при подъеме груза. Поставленная задача решается путем проведения экспериментов на лабораторной установке ковшового элеватора, подсчета экспериментальных данных и построения графиков зависимости параметров работы ковшового элеватора от скорости транспортирования торфа.

Лабораторная установка ковшового элеватора, состоит из привода, включающего асинхронный электродвигатель переменного тока, вариатор, клиноременную передачу, червячный редуктор и упругую муфту; ленты с прикрепленными к ней ковшами; корпуса элеватора, оборудованного загрузочной воронкой и разгрузочным рукавом; натяжного устройства. Элеватор снабжен контрольно-измерительными приборами.

Данное исследование наглядно показывает, что скорость транспортирования груза влияет на все вышеперечисленные параметры. Оптимальное ее значение в условиях эксперимента составляет 0,95 м/с. С повышением данной скорости увеличиваются затраты энергии на подъем материала, а пропорционального повышения производительности не происходит. Пользуясь результатами этого исследования можно сделать работу ковшового элеватора более эффективной и высокопроизводительной.

**Научный руководитель:** д.т.н., доц. А.Л. Яблонев

**Я.В. МАРТЫНЕНКО**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОСТНО-ГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА В СИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА**

В работе теоретически доказана эффективность использования эжекторных систем для обеспечения безопасного хранения сжиженного природного газа, а также выбрана наиболее производительная аэродинамическая схема проточной части эжекторной установки, которая позволит значительно снизить капиталовложения и энергозатраты при строительстве и эксплуатации криогенных резервуаров.

**Ключевые слова:** сжиженный природный газ (СПГ), криогенный резервуар, отбор проб, жидкостно-газовый эжектор (ЖГЭ), сброс паров СПГ, эжекторная система.

В соответствии с правилами безопасности, применяемыми ко всем типам криогенных резервуаров, предъявляются многочисленные требования, связанные с условиями их эксплуатации. Одним из них является обеспечение сброса паров сжиженного природного газа (СПГ) из хранилища через газосбросной трубопровод и предохранительные клапаны. Такие сбросы образуются как периодически, так и в аварийных случаях.

При превышении избыточного давления в резервуаре относительно номинального на заданную проектом величину производится сброс избытка паровой фазы СПГ, который сжигается в факеле системы. Это приводит к значительным потерям дорогостоящего топлива. В случае если резервуар оборудован технологической обвязкой, то отбор избытка паровой фазы производится компрессорами, использование которых влечет за собой дополнительные энергозатраты.

В качестве альтернативы традиционным средствам контроля и сброса предлагается использовать жидкостно-газовые эжекторы (ЖГЭ), включенные в технологическую обвязку резервуара для поддержания рабочего давления путем сброса топлива в сепаратор за счет энергии высоконапорного потока газовой фазы. Так как срабатывание предохранительных клапанов в резервуаре СПГ происходит при превышении избыточного давления паров, вопрос создания высоконапорного потока не возникает. Такие системы преимущественно отличаются простотой, небольшими капиталовложениями и малыми энергозатратами [2].

Для обоснования эффективности использования ЖГЭ произведен теоретический расчет определяющих показателей, в соответствии с которыми выбрана наиболее производительная аэродинамическая схема [1,3]. Для наглядной оценки полученных результатов в работе приведены зависимости коэффициента эжекции от КПД установки, показателя мощности и давления смеси на выходе. На основании выбранной схемы построена напорная характеристика устройства, работающего на оптимальном, срывном и предельном режимах. Произведен расчет геометрических размеров проточной части эжектора и представлена его конструктивная схема.

Помимо технологической обвязки для сброса паров предлагается модернизировать систему точечного отбора проб, включив эжекторную установку, тем самым заменив компрессор, закачивающий регазифицированный СПГ в пробоотборник.

Список использованных источников

1. Донец К.Г. Гидроприводные струйные компрессорные установки. / К.Г. Донец - М.: Недра, 1990. - 174 с.
2. Любин Е.А. Обоснование технологии улавливания паров нефти из резервуаров типа РВС с использованием насосно-эжекторной установки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПГТИ (ГУ). Санкт-Петербург, 2010. - 197 с.



**С.П. МАУРИНА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В БАРАБАННЫХ И ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦАХ**

В работе представлены результаты исследования рабочего процесса измельчения материалов, рассмотрены технические средства оперативного контроля за работой барабанных мельниц, установлена взаимосвязь между виброакустическими эффектами и процессами, происходящими в машине, разработана методика калибровки виброакустических датчиков системы контроля и диагностики процесса измельчения в барабанных и трубных мельницах.

Известно, что работа барабанных мельниц сопровождается возникновением шумовых эффектов различной физической природы (акустического, вибрационного и электрического полей). При этом характеристики этих полей (интенсивность, частотные свойства) в значительной степени зависят от степени объемного заполнения барабана мельниц измельчаемым материалом, что предопределяет возможность построения систем стабилизации объемного заполнения мельниц, основанных на использовании этих эффектов.

Автоматическое регулирование процесса измельчения полезного ископаемого в мельнице должно включать в себя автоматическую догрузку измельчаемого материала и мелющих тел на основе объективных данных о степени заполнения мельницы измельчаемым материалом, мелющими телами, и о степени измельчения готового продукта.

Для повышения точности управления работой барабанных и трубных мельниц были разработаны способ автоматического контроля степени заполнения мельницы измельчаемым материалом и система контроля диаметров мелющих тел.

Предложенный в работе способ автоматического контроля степени заполнения барабанной мельницы измельчаемым материалом и система контроля диаметров мелющих тел базируются на измерении виброакустических колебаний корпуса мельницы на характеристической частоте, являющейся возмущающей частотой следования ударных импульсов мелющих тел о корпус барабана мельницы. Остальные частоты спектра виброакустических колебаний представляют собой гармоники и производные от характеристической частоты, наложенные на резонансные частоты корпуса барабана мельницы. Настройка на данную частоту позволяет избавиться от возмущений, вызываемых резонансом конструкции мельницы, а поскольку диапазон частоты незначителен, то это снижает возможность помех, наводимых как от работы соседних камер многокамерной мельницы, так и от соседних мельниц.

Непрерывно контролируя частоту соударений мелющих тел о корпус мельницы и частоту вращения мельницы, а также, зная длину и диаметр камеры можно в автоматическом режиме определить средний диаметр мелющих тел и его изменение во времени по дрейфу характеристической частоты.

Изменение амплитуды виброакустических колебаний корпуса мельницы на частоте соударений мелющих тел о ее корпус зависит от количества измельчаемого материала в размольной камере. Учет этого фактора позволяет эффективно управлять расходом материала в мельницу.

На основе полученных результатов была разработана методика калибровки виброакустических датчиков системы контроля и диагностики процесса измельчения в барабанных и трубных мельницах.

Научный руководитель: д.т.н., доц. Э.А. Кремчеев

**М. Э. МИХАЙЛОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОРОГРЕВА НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ С ПИТАНИЕМ ОТ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ**

При добыче нефти серьезной проблемой, вызывающей осложнения в работе скважин, нефтепромыслового оборудования и трубопроводных коммуникаций, является образование парафиновых отложений

(ПО), формирование которых приводит к снижению производительности системы и эффективности работы насосных установок.

Выбор оптимальных способов борьбы с ПО и эффективность различных методов зависит от многих факторов, в частности, от способа добычи нефти, термобарического режима течения, состава и свойств добываемой продукции. Несмотря на большое разнообразие методов борьбы с ПО, проблема еще далека от разрешения и остается одной из важнейших в отечественной нефтедобывающей отрасли.

Практика добычи нефти на промыслах показывает, что основными участками накопления ПО являются скважинные насосы, подъемные колонны в скважинах, выкидные линии от скважин, резервуары промысловых сборных пунктов. Наиболее интенсивно ПО откладываются на внутренней поверхности подъемных труб скважин. В выкидных линиях их образование усиливается в зимнее время, когда температура воздуха становится значительно ниже температуры газонефтяного потока.

Наиболее эффективными способами борьбы с парафиновыми отложениями являются тепловые методы воздействия на ствол скважины, основанные на способности ПО не образовывать твердой фазы или плавиться при температурах, превышающих температуру кристаллизации 35–50°C.

Прогрев позволяет предотвратить образование отложений на стенках труб. В результате, пропускное сечение труб остается постоянным и объемы добычи нефти из скважины не снижаются. Также происходит сокращение издержек на ремонт скважинного оборудования, за счет чего экономическая эффективность эксплуатации скважины увеличивается.

В статье предложена модель установки электропрогрева нефтяной скважины с использованием ветроэлектрической установки (ВЭУ) для борьбы с парафиновыми отложениями. Вся выработанная электроэнергия ВЭУ расходуется в нагревательном кабеле. Нагрев скважины зависит от текущих ветровых условий, таким образом, происходит ее периодический нагрев. В случае перегрева нефти, по сигналу от датчика температуры, установка временно отключается. Достоинствами данной концепции является непосредственное тепловое воздействие на парафиновые отложения без использования промежуточного теплоносителя, удобство технической реализацией, высокая надежность, отсутствие сложных систем управления.

В работе произведено имитационное и компьютерное моделирование, сравнение количества выработанной ВЭУ электроэнергии при неизменном сопротивлении нагрузки и при его регулировании. Полученные зависимости построены с учетом вариации ветровых условий, как по среднегодовой скорости ветра, так и по параметру формы по градациям скоростей ветра. Произведен тепловой расчет, который позволяет выбрать необходимую установленную мощность ветроэлектрической установки в зависимости от ветровых условий, климата и параметров кабеля.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.А. Бельский

**М.С. МИХАЛЕВА**

*Брянский государственный технический университет*

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ НА БАЗЕ БРЯНСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Россия – страна с мощным ресурсным потенциалом, что дает ей огромное преимущество во внешнеэкономической деятельности. Однако, как показало время, ресурсообеспеченности не достаточно для того, чтобы построить мощную экономическую систему.

В последние четыре года наблюдалось устойчивое развитие экономики страны, к примеру, в Брянской области наблюдается положительная динамика индекса промышленного производства, активно осуществляется поддержка инвестиционных проектов. Однако, недостаточно вкладывать деньги в уже существующие мощности, необходимо развивать инвестиционный потенциал предприятий. Следует уделить особое внимание интеллектуальным, финансовым, технологическим и инфраструктурным ресурсам предприятий. Приоритетным представляется развитие наукоемких отраслей, в том числе в рамках ВПК страны.

Стоит уделить внимание так же технологической базе предприятий, обновлять ее не по мере износа, а исходя из результатов мониторинга и оценки эффективности использования энергии и других ресурсов. Важным фактором инновационной деятельности на предприятиях так же станет принятие продуманной системы складирования и логистики в зависимости от специфики производства, что позволит снизить затраты на доставку, аренду, и благоприятно скажется на качестве готовой продукции.

Такое производство обеспечит развитие рынка Брянщины в долгосрочной перспективе, поскольку даст возможность крупным предприятиям получать большее инвестирование и развивать собственное производство. Развитое производство – это прибыль, а в дальнейшем и налоги, за счет которых увеличится региональный бюджет, а значит и качество жизни населения.

В масштабах страны данные меры позволят реализовать стратегические приоритеты в развитии социальной и производственной инфраструктуры и создании благоприятного климата для инвестирования производства.

**Научный руководитель:** к.э.н., доц. Н.Е.Бойко

**Н.А. МОРОЗОВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТРЕЩИНОВАТОСТИ ОСИ ГИДРОЗАТВОРА МЕТОДОМ ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ**

Целью данной работы является изучение прочностных свойств и сравнение метода лазерно-ультразвукового контроля с механическими испытаниями. Механические испытания проводились на производстве в соответствии с ГОСТ 25.506-85. «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении». В качестве объектов контроля выступали фрагменты разрушившейся оси гидрозатвора стали марки 25 (механические свойства представлены в таблице 1).

Таблица 1. Данные при температуре 20 °С.

$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_b$ (МПа)	$\delta_{10}$ ( $\delta_5$ ) (%)	%	КСУ (Дж / см <sup>2</sup> )	$E \cdot 10^5$ (МПа)	$\rho$ (кг/м <sup>3</sup> )	Vs
310	490	28	58	78	1.98	7820	5905-5920

В ходе механического испытания на сжатие, объект разрушился при достижении нагрузке составляющую ~25% от ожидаемого предела текучести. Причиной являлось предполагаемое наличие дефектов в структуре образца. Однако ультразвуковой контроль с использованием пьезоэлектрических преобразователей не смог выявить дефекты, что послужило предлогом к проведению лазерно-ультразвукового контроля.

Целью контроля являлось обнаружение внутренних дефектов структуры с последующем построением дефектограммы и визуализацией при помощи программного комплекса интерпретации «Autoscan». Дефектограмма представлялась в виде таблицы с глубинной залегания и структурными особенностями дефектов, а также приложением В-скана. В ходе исследования, на образце были выявлены 8 дефектов различной формы и глубины залегания, а также упругие характеристики объекта.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Е.Б. Черепецкая

**П. Д. МОРОЗОВСКИЙ**

*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого*

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖУСТКОГО УЗЛА СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ**

Рассматривается податливость жесткого узла стальной колонны типового двутаврового сечения под действием внецентренно-сжимающей нагрузки со случайным эксцентриситетом. Рассмотрена упрощенная схема защемления – жесткошарнирная. Также представлена аналогичная схема, где жесткая часть стержня смоделирована в виде узла фундамента, фундаментной плиты, траверс и планок с анкерными болтами. Были проведены численные исследования данного узла с использованием вычислительного комплекса Абакус 2017. Анализ результатов работы показал, что учет податливости при достаточно точном численном моделировании дает одинаковые значения сжимающих усилий. Таким образом, данный узел можно считать жестким, а коэффициент продольного изгиба практически равен теоретическому значению.

При расчете силы предполагалось, что равновесие стержня под действием внешних сил устойчиво. Во многих случаях, помимо проверки прочности, необходимо проверить устойчивость элементов. Состоя-

ние равновесия считается стабильным, если при любом возможном отклонении системы от положения равновесия возникают силы, которые стремятся вернуть его в исходное положение.

Предельная нагрузка в момент потери устойчивости колонны с помощью аналитического расчета по нормам СП 16.13330 получилась равной 2290 кН.

В настоящее время, с быстрым развитием технического прогресса и компьютерной техники, изучение устойчивости стержней выходит на новый уровень. Новые компьютерные программы, основанные на методе конечных элементов, способны обрабатывать большой объем информации, тем самым получая достаточно точные модели поведения стержней.

Программный расчет в программном комплексе Абакус 2017 показал результат 2320 кН и 2310 кН для плоской и объемной расчетной схемы соответственно, что примерно эквивалентно.

Таким образом, данный узел можно считать жестким, а коэффициент продольного изгиба данной колонны практически равным теоретическому значению.

**Научный руководитель:** доц., д.т.н. Т. В. Назмеева

**А.В. МЫСИН**

*Санкт-Петербургский горный Университет*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА В БЛОКЕ ГОРНОЙ ПОРОДЫ СРЕДСТВАМИ ПК ANSYS**

Технический прогресс в горнодобывающей промышленности определяется в первую очередь внедрением новейших научных достижений в производство. В частности, выполнение больших объемов работ по разрушению, уплотнению и выбросу порода невозможно без применения технологий, основанных на использовании энергии взрывчатых веществ. Одной из таких достижений является возможность применения компьютерного моделирования процесса взрыва.

Целью работы является решение задачи взрыва цилиндрического заряда взрывчатого вещества в трехмерной постановке. Для осуществления процесса моделирования в ANSYS AUTODYN рассматривались два типа решателей: Лагранжев, Эйлеров. Одной из главных уникальных особенностей данного расчетного модуля является хорошо разработанный алгоритм связывания различных решателей. Алгоритм связывания Эйлеровой расчетной сетки с Лагранжевой делает возможным решение задач взаимодействия течения жидкостей и газов с твердыми телами. Моделирование физических процессов в среде ANSYS AUTODYN реализуется посредством численного решения системы дифференциальных уравнений в частных производных, что представляет собой совокупность законов сохранения энергии, импульса и массы, а также дополнительных уравнений и моделей материалов.

Приведено сравнение результатов лабораторного эксперимента и численного моделирования, выполненного средствами программного комплекса ANSYS. Полученные результаты, позволяют использовать в дальнейшем отлаженную модель поведения взрывчатого вещества и горной породы для решения задач горного производства.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Г.П. Парамонов.

**А.Д. НАЗАРОВ**

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

## **СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЕКТОРНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМ ОБЪЕКТОМ**

В работе решается задача синтеза нелинейной векторной системы управления температурным режимом и концентрацией целевого компонента в химическом реакторе с использованием теории синергетического управления.

Математическая модель, описывающая динамику процессов, происходящих в химическом реакторе, имеет следующий вид:

$$\frac{dX_1}{d\tau} = f_1 - bX_1U_1; \quad \frac{dX_2}{d\tau} = f_2 + b(X_2^{ex} - X_2)U_1; \quad \frac{dX_3}{d\tau} = f_3 - bX_3U_1;$$
$$\frac{dX_4}{d\tau} = f_4 - bX_4U_1; \quad \frac{dX_5}{d\tau} = f_5 + b\beta_1X_6 + b(t_2 - X_5)U_1; \quad \frac{dX_6}{d\tau} = f_6 + b_1(X_6^{ex} - X_6)U_2,$$

где  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$  – нелинейные функции переменных состояния;  $U_1, U_2$  – управляющие воздействия.

Используя метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР) на основе последовательно-параллельного введения инвариантных многообразий были синтезированы законы управления химическим реактором. Управления переводят изображающую точку системы в фазовом пространстве из произвольного начального состояния в окрестность инвариантного многообразия, а затем обеспечивают движение системы вдоль многообразия в заданное положение. Выражения для алгоритмов управления имеют вид:

$$U_1 = \frac{(X_3 - \bar{X}_3)}{bT_3X_3} + \frac{f_3}{bX_3};$$

$$U_2 = -\frac{\left(X_6 + \frac{(X_5 - \bar{X}_5)}{b\beta_1T_2} + \frac{f_5}{b\beta_1}\right)}{b_1T_1(X_6^{ex} - X_6)} - \frac{f_6}{b_1(X_6^{ex} - X_6)} - \left(\frac{1}{b\beta_1T_2} - \frac{\beta_1 + \nu_1 + \nu_2 + U_1}{\beta_1}\right) \frac{(f_5 + b\beta_1X_6)}{b_1(X_6^{ex} - X_6)}.$$

Методами компьютерного моделирования была исследована работоспособность системы управления химическим реактором. Установлены свойства инвариантности к возмущениям, ковариантности с заданными воздействиями и устойчивости замкнутой системы управления.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. В.Ю. Невиницын

**А.А. НАЗИПОВА**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН И ПОДБОР ГТМ С ЦЕЛЮ НАРАЩИВАНИЯ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ЗАЛЕЖИ N**

Одной из важнейших задач рациональной разработки нефтяных месторождений является поддержание высокого уровня добычи углеводородов на ее III и IV стадиях. Уменьшение темпа падения добычи нефти на последних стадиях и ее стабилизация на текущем уровне достигается применением различных видов геолого-технических мероприятий (ГТМ), таких как бурение новых скважин, бурение СМД, ЗБС и т.д.

Подбор скважин-кандидатов при планировании ГТМ осуществляется по большому количеству критериев: наличие остаточных извлекаемых запасов, текущая обводненность пласта, ФЕС коллекторов, успешность ранее проведенных ГТМ.

В ходе написания работы был проведен анализ разработки залежи N Ромашкинского месторождения с построением гидродинамической модели, проведены анализ обводненности продукции по каждой скважине, анализ проведенных ранее ГТМ, были изучены динамики работы скважин и изменения пластовых и забойных давлений. Также, были построены карты остаточных извлекаемых запасов, по которым можно визуальным образом выявить и оценить в количественном выражении наиболее перспективные участки для заложения ГТМ.

В результате проведенного исследования, было выявлено, что наиболее оптимальными ГТМ являются ЗБС и бурение новых скважин. На основе полученных данных были рекомендованы следующие мероприятия: в 120 скважинах существующего фонда забуривание бокового ствола; на новых участках, где локализованы достаточные для технико-экономической выработки остаточные запасы предлагаются к бурению 220 скважин.

Рекомендуемые ГТМ были заложены в гидродинамическую модель, в которой был произведен расчёт прогнозных дебитов и ожидаемой обводненности по выбранным скважинам-кандидатам. Для уточнения входных дебитов также был проведен анализ коэффициентов продуктивности скважин.

**Научный руководитель:** зам. директора ИГиНГТ по инновационной деятельности В.А. Судаков

## **ПРОВЕДЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ СО СВЕРХТЯЖЕЛОЙ НЕФТЬЮ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

Значительная часть нефтяного сырья приходится на высоковязкие тяжелые битуминозные нефти. Изучение свойств нефти представляется актуальной задачей при выборе метода разработки и комплексного освоения сверхтяжелого битуминозного нефтяного сырья. Целью работы является изучение изменения в составе и геохимических характеристиках тяжелой битуминозной нефти в условиях протекания гидротермальных процессов. Для исследования была выбрана тяжелая нефть промышленного назначения Ашальчинского месторождения из пермских отложений Республики Татарстан. Для модельных экспериментов были выбраны соединения, входящие в состав породообразующих минералов карбонатных коллекторов: кальцит, доломит,  $MnO_2$ , коалин. В состав модельной смеси входила тяжелая нефть, вода и минеральные добавки. Работы по геотермальному преобразованию проводились в автоклаве при температурах от 250 до 300С и давлениях от 10 до 20 атм. В результате исследования были сделаны следующие выводы. Термокаталитическая конверсия тяжелой нефти сопровождалась изменением компонентного состава преобразованных нефтей. В результате элементного анализа во всех опытах произошло снижение содержания серы. Образцы с использованием только кальцита и доломита оказались наиболее термически устойчивыми. В результате хроматографического анализа во всех экспериментах наблюдалось возрастание парафино-нафтенового фона. Кроме этого нефть имеет биомаркерные признаки участия морского органического вещества водорослевого типа в формировании залежей нефти, о чем говорят рассчитанные геохимические показатели. В результате рентгеноструктурного анализа наблюдался рост зерен, что свидетельствовало о протекании процессов хемосорбции. Кроме этого, было отмечено то, что параметры решеток породообразующих соединений изменялись незначительно. Это говорит о том, что использованные соединения можно отнести к добавкам, проявляющие каталитические функции.

**Научный руководитель:** к. х. н., доц. каф. «ХТПНГ» С.М. Петров

**Т.Ю. НИКИТИНА, Е.В. СИЗЯКОВА**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФЕЛИНОВОГО СЫРЬЯ**

Выпуск спецмарокгидроксидов алюминия в мире непрерывно растёт и в настоящее время их ассортимент составляет более 65 наименований. Изучение опыта зарубежных глинозёмных заводов показывает, что полная или частичная модернизация производства с переходом на выпуск продукции неметаллургического назначения позволяет решить совокупность производственных проблем и существенно повысить экономическую эффективность предприятий.

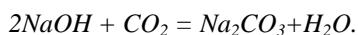
*Актуальность работы.* Производство тонкодисперсного  $Al(OH)_3$  является на сегодняшний момент высокоэффективным, так как сферы его применения многообразны и востребованы. Получение высокодисперсного гидроксида алюминия в качестве побочного продукта переработки нефелинов позволит снизить себестоимость глинозёма и повысить экономические показатели производства.

*Цель работы.* Получение тонкодисперсного  $Al(OH)_3$ , соответствующего требуемым техническим характеристикам; определение оптимального времени и режима сгущения продукта с использованием в качестве коагулянта ГКАК.

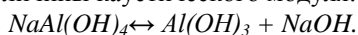
*Методика проведения эксперимента.* Лабораторные исследования осуществлялись по схеме, представленной на рисунке 1.

Основным способом, позволяющим получать тонкодисперсный гидроксид алюминия, является способ карбонизации алюминатных растворов. Передел карбонизации в способе спекания нефелинов с известняком на протяжении многих лет остается неизменным. Карбонизация является сложным гетерогенным процессом, сущность которого заключается в:

1. Нейтрализации свободной едкой щелочи с образованием содового раствора:



2. Разложении алюминатного раствора, сопровождающемся выпадением в осадок  $Al(OH)_3$  и снижением величины каустического модуля:



При проведении экспериментов по сгущению, промывке и фильтрации тонкодисперсного  $Al(OH)_3$  процесс проводился в соответствии со стандартными лабораторными методиками, концентрация ГКАК рассчитывалась исходя из данных производственной практики.

*Результаты эксперимента.* Зафиксированы технологические параметры получения тонкодисперсного гидроксида алюминия, соответствующего фазе байерита. Температура процесса карбонизации  $\sim 36^\circ C$ ; каустический модуль раствора 1,55; расход газа  $CO_2 \sim 1$  л/мин., продолжительность карбонизации  $\sim 446$  сек. или 7,43 минуты.

Проведены поисковые опыты по сгущению тонкодисперсного гидроксида алюминия в присутствии в качестве коагулянта ГКАК и в отсутствие его. Осуществлены исследования по процессу сгущения в соответствие с матрицей планирования эксперимента, построена математическая линейная модель, рассчитаны коэффициенты регрессии полинома, построены графики для определения скорости сгущения и ее зависимости от времени и концентрации ГКАК.



Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента

А.А. НИКУЛИНА

Ивановский государственный химико-технологический университет

## ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ТОРГОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В работе рассматривается модель, позволяющая оптимизировать политику продвижения продукции швейным предприятием.

Оптимизация политики продвижения продукции производилась на основе специальной формализованной модели, разработанной авторами. В качестве входных параметров модели учитывались конкуренты на исследуемом рынке, объемы производимой ими продукции, регионы - потенциальные потребители продукции, имеющие некоторые емкости, а также расстояния между различными регионами. При этом мы положили, что если потенциальный потребитель и производитель находятся в одном регионе, то в качестве данного элемента выбирался радиус площади этого региона, сведенный к условному кругу.

Мы исходили из предположения, что потребительская привлекательность рынка для производителя (по аналогии с законом гравитации) с одной стороны прямо пропорциональна его емкости, а с другой стороны обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. Кроме того, учитывалось влияние конкурентов на потенциальную долю рынка регионов, что аналогично действию своеобразного «антигравитанта».

Согласно данному предположению мы рассчитали величины потребительской привлекательности рынков для всех потенциальных конкурентов, а затем фактические величины оптимального распределения продукции исследуемого предприятия.

Апробация модели осуществлялась на примере швейного предприятия ПАО «Айвенго».

Можно отметить, что представленная и апробированная на одном виде продукции модель носит достаточно универсальный характер и может быть применена к любому предприятию, любому виду продукции и для любой выборки региональных рынков.

Научный руководитель: д.э.н., проф. М.Б. Ермолаев

Р. А. НОГТЕВ

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ НА ОСНОВЕ ЗАБОЙНОГО СКВАЖИННОГО ЭЛЕКТРОПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Состояние ресурсной базы углеводородного сырья в России и мире в целом характеризуется значительным увеличением доли трудноизвлекаемых запасов в низкопроницаемых коллекторах с нефтями повышенной и высокой вязкости. Особую важность приобретает рациональное освоение широко распространенных залежей тяжелых высоковязких нефтей (ВВН), мировые запасы которых приблизительно в 7 раз превышают запасы легкой нефти (более 700 млрд т). Безальтернативными методами нефтеотдачи отечественными и зарубежными специалистами признаны термические методы (ТМ) воздействия на продуктивные пласты ВВН.

*Цель работы* - совершенствование забойных электродных нагревателей и парогенераторов мощностью свыше 1000 кВт. Разрабатываемое скважинное электротермическое оборудование должно обеспечить тепловое воздействие на призабойные зоны добычных и нагнетательных скважин с использованием пластовой жидкости (товарной воды), а так же допускать применение термохимических методов повышения нефтеотдачи пластов ВВН. Проведён анализ разработок для термического воздействия на продуктивные пласты высоковязкой нефти. Произведена разработка структурной схемы системы управления электротермическим комплексом и проведено моделирование системы управления в среде MATLAB Simulink. Получены выходные характеристики основных электротехнических элементов комплекса. Очевидно, что каждому значению часовой мощности  $P_3$  при работе скважинного нагревателя должна соответствовать вполне определенная производительность питательного насоса  $Q_в$ . Обеспечивать строгое соответствие этих двух параметров с помощью ручного управления достаточно сложно. Если к этому добавить, что помимо режима парообразования на забое в комплексе должны быть так же предусмотрены режимы горячей и холодной воды, автоматизация комплекса в дальнейшем будет необходима. В режиме горячей воды скважинный электронагреватель должен работать с максимальным током  $I_{max}$  и питательный насос должен работать с максимальной производительностью  $Q_{max}$ . Это значит, что этот режим является предельным для установленного оборудования. В режиме холодной воды скважинный электронагреватель отключен от источника электроэнергии (тиристоры регулятора напряжения полностью закрыты). При этом ток нагревателя равен нулю, а питательный насос должен по-прежнему работать с максимальной производительностью  $Q_{max}$ . Поскольку выходные параметры главных элементов комплекса (энергия скважинного электронагревателя  $W$  и производительность насоса  $Q$ ) являются нелинейной (в первом приближении) квадратичной функцией выходных параметров (тока скважинного электронагревателя  $I$  и частоты вращения двигателя питательного насоса  $\omega_r$ ), объединение систем управления составными частями комплекса должно быть выполнено на основе микроконтроллера, в котором исходная информация о желаемом состоянии комплекса должна быть в виде таблицы вода-пар.

Научный руководитель: к.т.н., доц. В.И. Маларёв

**Р.Р. НУРЕЕВ**

Санкт-Петербургский горный Университет

## РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТРАБОТАННОЙ ВЫРАБОТКИ КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА

В работе предлагается обоснование и проект рекультивации отработанной выработки Коркинского разреза.

Коркинский разрез начал обрабатываться в 1934 году и являлся крупнейшим предприятием по добыче бурого угля в Европе. В 2005 году было добыто рекордное количество угля – 1,2 миллиона тонн. На сегодняшний день, ввиду нерентабельности отработки бурого угля было принято решение о закрытии предприятия. В результате длительного функционирования Коркинского разреза возник ряд проблем. Основными из них являются: многочисленные эндогенные пожары и оползневые деформации на бортах разреза. Эндогенные пожары являются главным источником загрязнения атмосферного воздуха близлежащих населенных пунктов. В результате горения выбрасывается значительное количество загрязняющих веществ, среди которых неорганическая пыль,  $H_2S$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$  и  $CO$ , концентрации которых превышают предельно допустимые, что в свою очередь, вызывает обострение хронических заболеваний верхних дыхательных путей у населения. Оползневые деформации приводят к катастрофическим подвижкам земной поверхности, которые



приводят к разрушению жилых построек, а также способствуют образованию новых очагов эндогенных пожаров. В этой связи, для устранения вышеперечисленных проблем необходима разработка проекта рекультивации Коркинского разреза.

Весь проект рекультивации Коркинского разреза делится на четыре этапа. На сегодняшний день совместно с АО «РМК», ООО «Промрекультивация» и ООО «НТЦ-Геотехнология» первые три этапа проекта рекультивации разработаны и подробно изучены. До настоящего времени проект финального этапа рекультивации Коркинского разреза не разработан. В этой связи, автором предлагается проект четвертого этапа рекультивации, который подразумевает реализацию технического и биологического этапов восстановления нарушенных земель Коркинского разреза.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. М.А. Пашкевич

**П.В.ОБОРИН**

*Тюменский индустриальный университет*

## **ПРИЧИНЫ НЕ СООТВЕТСТВИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ РАЗРАБОТКИ (НА ПРИМЕРЕ САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)**

Разломно-блоковая тектоника Западно-Сибирской НПП обуславливает формирование зон деструкции и развитиетрещинных коллекторов во всех продуктивных отложениях. В процессе вертикальной миграции УВ поступают в трещины и капиллярные каналы, соизмеримые с порами, имеющими тектоническое происхождение. По мере удаления от разломов нефтенасыщенность коллекторов и продуктивность скважин снижаются. Наличие обменных процессов между средами (порами и трещинами), и преобладающее развитие вертикальной трещиноватости объединяют многопластовые месторождения в единую гидродинамическую систему.

При незначительных депрессиях (до 2-3 МПа) дренирование осуществляется по латерали и не нарушаются обменные процессы, что обеспечивает одновременную выработку неоднородных по проницаемости коллекторов. Создание значительных депрессий или закачка больших объемов воды исключает подток нефти из пор в трещины и коллектор вырабатывается как однороднотрещинный. Это обусловило достижение максимального объема добычи (1980г) и высокий рост обводненности до 10-11% в год. При этом наблюдаются межпластовые перетоки из трещинной емкости всего месторождения и накопленный отбор по отдельным скважинам достигает 3,5-3,6 млн.т, их фонд не превышает 20% и на них приходится 80% всей добычи.

По данным сейсморазведки эти скважины находятся в разломных узлах, которые сформированы двумя системами зон трещиноватости, образованных разрывными нарушениями ранних стадий развития структуры.

Недостаточный учёт геологической модели месторождений приводит к раздельной выработке УВи формированию трудноизвлекаемых запасов. Выявленную модель залежей подтверждает анализ эффективности заводнения. Темп годовых отборов, не превышающий 2% балансовых запасов, способствует одновременной выработке двух сред, и обеспечивает достижение более высокой нефтеотдачи пластов.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. И.П. Попов

**И. М. ОВЧИННИКОВ**

*ФГБОУ ВО Уральский Государственный горный университет*

## **ИЗУЧЕНИЕ ОКОЛУРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ БАРАНЬЕВСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ЗОЛОТА (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)**

Проявление **Бараньевское** приурочено к субвулканической интрузии дацитов, прорывающей андезиты и туфы. Все образования принадлежат к кахтунскому комплексу миоцена–плиоцена. В приразломных частях рудопроявления образованы кварцевые золоторудные жилы, вдоль которых развились пропилитизация, аргиллизация, редко изменения до кварцитов. Среднее содержание золота 12,7 г/т, серебра 8,5 г/т.

Актуальность данной работы заключается в том, что эпitherмальные месторождения в последние время в России выделяются, как отдельный сравнительно новый промышленный тип золоторудных месторождений. Кроме того, «эпitherмальная среда является лишь небольшой частью всей гидротермальной системы, которая вовлечена в привнос, транспортировку и отложение металлов» (Hedenquist, 1988).

Цель исследований - изучить особенности минерального и химического состава пород и руд, определить тип рудоносных метасоматитов и условия их формирования.

В результате проведенных исследований получены новые данные о строении околорудных метасоматитов. Возле кварцевых прожилков наблюдается наличие кварц-полевошпатовых метасоматитов. Примечательно, что вдоль кварцевых прожилков обнаружены скопления апатита (химический состав уточняется). Согласно В.Н. Лодочникову, такие скопления апатита возле контактовых зон свидетельствуют о том, что это, вероятно, апатит пневматолический. Кроме того, в изученных к настоящему времени образцах не было обнаружено свободного золота, однако, при изучении шлифов на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV установлено, что золото находится в качестве микровключений в сульфидах, чаще всего в пирите.

Дальнейшие исследования продолжаются, планируется построение метасоматической колонки для изучаемых рудных тел и определение места в ней благороднометалльной минерализации.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н. А. А. Малюгин

**В.А. ОГАЙ**

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»*

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН С ПАВ**

В рамках проекта разрабатывается интеллектуальная система для эксплуатации газовых и газоконденсатных скважин, работающих в режиме накопления жидкости, с поверхностно-активными веществами (ПАВ). В качестве накапливающейся на забое скважины жидкости может выступать поступающая из пласта минерализованная вода природного происхождения или техническая вода; жидкий газоконденсат из пласта; газоконденсат, перешедший в жидкую фазу при движении природного газа в верхних участках ствола скважины; конденсационная вода, перешедшая в жидкую фазу из природного газа в верхних участках ствола скважины; водный или иной раствор ингибитора гидратообразования, подаваемый в скважину. Накопление жидкости происходит из-за недостаточной скорости потока газожидкостной смеси в эксплуатационной колонне и приводит к снижению дебита или остановке скважины.

Для решения данной проблемы разрабатывается система, включающая источник электроэнергии; ёмкость с жидким раствором пенообразующего ПАВ, необходимым для вспенивания скапливающейся в скважине жидкости и её удаления потоком газа, либо для постоянной эксплуатации скважины в условиях поступления жидкости; датчики и приборы для измерения давления в затрубном пространстве скважины, температуры и давления на устье, давления на забое в случае пакерной эксплуатации; промышленный контроллер, осуществляющий сбор, хранение и анализ информации, поступающей от датчиков, и управляющий регулирующим оборудованием с целью эффективной эксплуатации скважины с ПАВ; программируемый вычислительный модуль, входящий в состав промышленного контроллера и содержащий программное обеспечение, включающее расчётную модель по идентификации скопления жидкости и подбору необходимого объёма закачки ПАВ.

В результате работы скважины с системой происходит полностью автоматизированная эксплуатация скважины без остановок и снижения дебита. В рамках разработки проекта подано 2 заявки на патент на изобретение, проведены лабораторные исследования по влиянию ПАВ на вынос жидкости из скважины, разработан прототип описанной системы, тестирующийся на стенде.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. А.Ю. Юшков

**И.А. ПАВЛОВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ ПЕСЧАНИКА НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВОЙ КЕРН»**

Технология «Цифровой керн» является новым и перспективным методом исследования горных пород. На сегодняшний день в лабораторных условиях для получения физико-механических свойств образцов горных пород применяют различные методы, как разрушающие, так и неразрушающие, например, термографию, рентгеновскую дифрактометрию и томографию, ультразвуковую диагностику, акустическую и

электронную микроскопию, магнитные и прочие. Из вышеперечисленных, наибольшей популярностью пользуется ультразвуковой неразрушающий контроль, используемый для получения основных физических характеристик материалов: упругость (модуль Юнга, сдвига, коэффициент Пуассона); микроструктурные и морфологические особенности (размеры зерен, их распределение по размерам, текстура, микропористость и микротрещины).

Лазерно-ультразвуковая структуроскопия позволяет реализовывать 2D и 3D визуализацию внутренней структуры, обнаруживая микротрещины и расслоения, микропоры, микровключения и другие дефекты с точностью до 30 мкм.

Была реализована одна из методик получения информации о пористости образца песчаника. В глобальном масштабе данная методика, в условиях неоднородного характера пористого пространства горных пород, в перспективе сможет давать информацию для увеличения флюидоотдачи многих терригенных горных пород (например, при гидроразрыве пласта), а, соответственно, предоставит возможность повышения эффективности освоения месторождений полезных ископаемых. Нельзя не отметить также то, что лазерная ультразвуковая структуроскопия является одним из исследований комплексной методики построения «цифрового ядра». Ввиду разных достоинств и недостатков разных методик исследования горных пород, высокая потребность появляется в объединении разномасштабных исследований (РЭМ, петрография, рентгеновская томография и т.д.) и создании единого цифрового ядрохранилища.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Е.Б. Черепецкая

**Т.А. ПАВЛОВЕЦ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

## **УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НАДУГОЛЬНОЙ ТОЛЩИ БОЛТНОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

В работе на основе анализа геофизических материалов, макроскопического описания ядра, петрографических и гранулометрических исследований определены условия формирования терригенных отложений надугольной толщи Болтного нефтяного месторождения (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция, Васюганская нефтегазоносная область, Казанский нефтегазоносный район, Парабельский административный район Томской области). В тектоническом плане месторождение приурочено к одноименному локальному поднятию на западе Калгачского мезовыступа, осложняющего юго-восточный блок Васюган-Пудинского антиклинария.

Надугольная толща выделена в верхней части регионально продуктивного горизонта Ю<sub>1</sub> верхневасюганской подсвиты оксфордского времени (J<sub>3</sub>ovs<sub>2</sub>). Толща достаточно надежно выделяется и хорошо коррелируется по данным ГИС, в разрезах залегает на угольном пласте У<sub>1</sub> и перекрывается глинистыми отложениями георгиевской свиты (J<sub>3</sub>km), постепенно переходящими в битуминозные аргиллиты баженовской свиты (J<sub>3</sub>vbg). Литологически толща имеет сложное строение и представлена переслаиванием терригенных пород: песчаников (пласты Ю<sub>1</sub><sup>2б</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2а</sup>), алевролитов, углей, глинистых пород, а в кровле – глинистых, глинисто-карбонатных пород и органогенных известняков (реперный горизонт Р).

На основании генетических признаков (состав отложений, их толщина, преобладание волнистых типов слоистости, хорошая отсортированность песчаников, донная биотурбация и др.), характерных для отложений надугольной толщи, сделаны выводы:

- осадки накапливались в прибрежно-морских и переходных условиях;
- песчаный материал аккумулировался в центральных участках вдольбереговых прибрежных баров, алевролитовый – на их склонах, глинистый и углистый – в пределах отшнурованных от моря лагун, глинисто-карбонатный и карбонатный – в периодически сообщающихся с морем лагунах;
- в позднем оксфорде на территории Болтного месторождения осадконакопление осуществлялось на фоне усиливающейся трансгрессии моря на сушу.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. Н.М. Недоливко

**Р.С. ПАЛАМАРЧУК**

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МАСШТАБОВ ОРУДЕНЕНИЯ ПЛАТИНОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ И КОРЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДУНИТАХ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА УРАЛА

В целом, для МПГ клинопироксенит-дунитовых массивов и связанных с ними россыпей характерно абсолютное преобладание *Pt-Fe* минералов с включениями твердых растворов *Os-Ir-Ru* состава. Наиболее характерны пинакоидальные пластинки самородного осмия, реже встречается иридий, как в виде самостоятельных обособлений, так и в качестве распада *Pt-Fe-Ir* твердого раствора.

Меньшим распространением пользуются сульфиды ЭПГ изоморфных рядов лаурит-эрликманит и кашинит-баунит. Отмечаются единичные зерна тиошпинелей. В отдельных россыпях Вересовоборского массива в значительном количестве встречаются минералы наиболее позднего парагенезиса: ирарсит, холлингвортит, потарит, куперит и другие ртутные, мышьяковистые, сурьмяные соединения с элементами платиновой группы.

При сравнительном анализе россыпных и коренных ассоциаций наблюдается почти полное соответствие составов как для *Pt-Fe* твердых растворов, так и для различных минеральных включений *Os-Ir-Ru* твердых растворов, а также сульфидов ЭПГ. Исходя из стабильности состава МПГ в россыпях с различной удаленностью от коренного источника можно предполагать отсутствие вертикальной зональности на интервале, сопоставимом с величиной эродированных пород.

Несмотря на крупные самородки, характерные, например, для Вересовоборского массива, наиболее крупная Исовско-Туринская россыпь связана со Светлоборским массивом. Такие уникальные запасы платины в Исовско-Туринской россыпной системе обусловлены пространственной ориентировкой, а именно горизонтальным положением Светлоборского массива, из-за чего в процессы россыпеобразования были вовлечены значительно большие объемы пород дунитового ядра, чем в соседнем Вересовоборском массиве.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., зав.каф. ГРМП И А.В. Козлов.

**А.А. ПАНТЮХИН**

Санкт-Петербургский горный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОВОДКИ НАКЛОННО- НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

На участках ствола с пространственным искривлением возникают большие контактные нагрузки и огромные сопротивления движению буровой колонны при подъеме, что приводит к протиранию обсадной колонны и повышенному износу буровых труб, что в итоге значительно сокращает срок эксплуатации бурового оборудования.

Для снижения силы трения между буровой колонной и стенкой скважины в настоящее время чаще всего применяют буровые растворы с улучшенными смазочными свойствами.

Целью использования смазочных добавок в бурении является улучшение смазывающего эффекта и минимизация трения. Высокая смазывающая способность увеличивает скорость строительства скважины, что способствует значительному снижению затрат, в то время как малое содержание смазывающих веществ в буровом растворе приводит к износу долота, обсадных колонн, вызывает значительное сопротивление при передаче крутящего момента и повышает вероятность дифференциального прилипания. Во многих исследованиях было высказано мнение о том, что дифференциальное прилипания может быть предотвращено путем разработки состава бурового раствора, который снизит трение между буровой колонной и стенками скважины.

В статье представлены исследования различных смазочных добавок на определение параметров способных выявить наиболее подходящую добавку для повышения качества проводки наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

Исследования проводилось на тестере смазывающей способности Fann EP/Lubricity Tester Model 212, приборе для определения коэффициента трения глинистой корки КТК-2, ротационном вискозиметре Fann 35SA, pH-метре Crison GLP 21

**Научный руководитель:** к.т.н. доц. Е.Л. Леушева

**Г.М. ПЕНЬКОВ, Д.А. КАРМАНСКИЙ**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА В СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ПЛАСТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В современный гидродинамический симулятор заложено, большое количество моделей, позволяющих моделировать практически любой процесс, происходящий в пласте, стволе скважине и ПЗП. Одной из таких моделей, является модель фильтрации флюида. Для прогнозирования и расчета пластовых, забойных давлений, дебита флюида, необходим комплексный подход. Немаловажную роль при этом процессе играет выбранная модель фильтрации.

Большинство существующих моделей фильтрации не учитывают в полной мере механику горной породы. А физико-механические свойства нефтяных пластов оказывает сильное влияние на процесс притока флюида.

Цель работы: оценка влияния изменения основных фильтрационно-емкостных свойств на физико-механические свойства насыщенной породы

Исследования показали:

1. водоносность оказывает наибольшее влияние на изменение прочностных характеристик породы, которая преимущественно сложена глинами.

2. Фильтрация флюида зависит от различных процессов, протекающих в пласте. Одним из таких процессов является - изменение физико-механических свойств породы, зависящее от многих параметров, в том числе от соотношения нефти и воды в породе.

3. Более детальный учет изменения физико-механических свойств позволит точнее спрогнозировать изменение дебита флюида

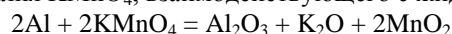
Научный руководитель: к.т.н., доц. Д.Г. Петраков

**В. А. ПЛАЩИНСКИЙ**

Санкт-Петербургский горный университет

## СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАЛИПАНИЯ ЖИДКОГО АЛЮМИНИЯ К ПОВЕРХНОСТИ МЕДНОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА

Одним из факторов, снижающих ресурс медного кристаллизатора литейной машины агрегата непрерывного литья и прокатки алюминиевой катанки, является налипание наростов алюминиевого расплава к стенкам проточки кристаллизатора, снижающих качество поверхности алюминиевой отливки. При удалении наростов механической зачисткой удаляется и поверхностный слой кристаллизатора, что приводит к утонению его стенки и нарушению работы. Для предотвращения указанного налипания поверхность проточки кристаллизатора смазывают различными противопригарными материалами (животные жиры, твердые смазочные материалы, масла, эмульсии, охлаждающие жидкости и др.), применение которых, тем не менее, не решает в полной мере указанную проблему из-за сравнительно высокой их цены и неблагоприятного воздействия некоторых из них, например, фторсодержащих, на персонал и на окружающую среду. В этой связи разработка эффективных и не дорогих мер защиты кристаллизатора от налипания жидкого алюминия является актуальной проблемой. В настоящей работе предлагается один из вариантов ее решения. Как показывает анализ литературных источников, наличие оксидной пленки на жидком металле является эффективным барьером для его адгезии к твердой металлической подложке. Производили подбор химических реагентов, способных вступать в реакцию с расплавом алюминия с образованием оксидной пленки, не оказывая негативного влияния на технологический процесс его кристаллизации. В качестве такого реагента был выбран водный раствор марганцовокислого калия  $\text{KMnO}_4$ , взаимодействующего с жидким алюминием по реакции



Антиадгезионный эффект  $\text{KMnO}_4$  проверяли экспериментально. Образцы меди МЗ в виде проволоки диаметром 1 мм выдерживали ~1 мин в термостате при температуре поверхности кристаллизатора ( $150^\circ\text{C}$ ). В другой термостат, нагретый до температуры жидкого алюминия в момент контакта с кристаллизатором ( $700^\circ\text{C}$ ), помещали навеску (~10 г) технического алюминия А5 и выдерживали в тигле до полного расплавления и нагрева до указанной температуры. Затем оконечности образцов окунали в расплав и осматривали на наличие следов налипшего алюминия. Другие образцы предварительно окунали в водный раствор  $\text{KMnO}_4$  различной концентрации. Было установлено, что предварительное окунание медных образцов в 3-х и более % раствор  $\text{KMnO}_4$  предотвращает налипание жидкого алюминия. Исходя из теплосодержания медного образца и удельной теплоты парообразования воды, оценивали количество  $\text{KMnO}_4$  ( $8,6 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup>), остающегося на медной поверхности после выкипания воды из 3% его раствора. С учетом параметров кристаллизатора,

рассчитывали расход 3% водного раствора  $KMnO_4$  (5,4 мл/с), который после попадания на проточку и выкипания воды должен обеспечить появление на поверхности кристаллизатора количества  $KMnO_4$ , достаточно для образования оксидной пленки, предохраняющей расплав от налипания. Как показывают расчеты это достигается при ее толщине (~0,2 мк), практически совпадающей с толщиной пленки  $Al_2O_3$ , образующейся на алюминии в естественных условиях. Подобрано соответствующее оборудование.

Научный руководитель: д.т.н. проф. В.И. Болобов

**Е.И. ПОГОРЕЛЬЦЕВА**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## **ОСОБЕННОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АЛЬБ-СЕНОМАНСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ОАО «СТОЙЛЕНСКИЙ ГОК»**

В пределах Старооскольского железорудного района КМА предприятием ОАО «Стойленский ГОК» открытым способом разрабатывается Стойленское железорудное месторождение, что оказывает существенное влияние на гидродинамические и гидрохимические показатели подземных вод, нарушая их естественное состояние.

Основным в районе по водообильности является альб-сеноманский ( $K_{1-2al-s}$ ) водоносный горизонт. Подземные воды горизонта приурочены к пескам, мощность обводненной толщи составляет 20-40 м. Нарушение естественного режима горизонта происходит за счет осушения дренажным комплексом карьера и водоотбора для хозяйственно-питьевого водоснабжения района. В среднем из альб-сеноманского водоносного горизонта откачивается 120 000 м<sup>3</sup> воды в сутки. В связи с использованием подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения требуется постоянный мониторинг гидрохимического режима альб-сеноманского водоносного горизонта и выявление источников техногенного загрязнения. Контроль качества подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта производится по 19 наблюдательным скважинам режимной сети, а также при отборе проб из хвостохранилища.

По результатам произведенного анализа установлено, что содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах хвостохранилища в основном ниже значений предельно-допустимых концентраций для вод хозяйственно-питьевого назначения. Содержание ряда веществ (железо общее и нефтепродукты) постоянно или эпизодически превосходит значение ПДК. По результатам гидрохимического опробования в альб-сеноманском водоносном горизонте выделено 6 типов воды: гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные натриево-кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

Таким образом выявлено, что основным источником нарушения гидрохимического режима альб-сеноманского водоносного горизонта в пределах деятельности ОАО «Стойленский ГОК» является хвостохранилище. В основании чаши хвостохранилища отсутствуют региональные водоупорные слои, что создает условия для затрудненной гидравлической связи техногенных вод с природными водоносными горизонтами.

Научный руководитель: доц., к. т. н. Д.А. Зайцев

**К.Б. ПОНОМАРЕНКО**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## **РАСЧЕТ УСТОЙЧИВЫХ ПРОЛЕТОВ ОБНАЖЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И НА ИХ СОПРЯЖЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА**

Вопрос крепления и устойчивости пролетов обнажений горных выработок при их проходке является актуальным при освоении подземного пространства в любых горно-геологических условиях. При ведении подземных горных работ на месторождениях Курской магнитной аномалии (КМА) необходимо знать устойчивые размеры обнажений горных выработок. Для определения устойчивых пролетов обнажений выработок и на их сопряжениях использовалась теоретическая формула [1]:

$$A_c = \frac{8\alpha R_{об} \Phi [2E_p \frac{\mu v}{1-v} \frac{\delta}{d_e} \sum_1^k \sin^{-2} \beta_i - P(1-\mu)]}{\sqrt{\pi D \rho_s d_3 c (1 - \frac{\mu v}{1-v})} K_{n\perp} K_{\perp}(N) K_{om} K_c K_3} \sqrt{\frac{\Delta}{\delta}} \quad (1).$$

Для получения инженерной формулы расчета на рудниках КМА проводились комплексы производственных, лабораторных и камеральных работ и определены численные значения параметров в формуле (1).

Установлено, что в формуле (1): расстояние между контурными шпурами -  $a=0,6$  м; допустимый размер обрушения ( $R_{об}=d_c$ ); показатель трещиноватости -  $\Phi=8$ ; модуль разгрузки  $E_p=4,25 \cdot 10^{10}$  Па; коэффициент трения между отдельностями -  $\mu=0,4$ ; коэффициент Пуассона -  $\nu=0,234$ ; величина смещения отдельностей, достаточная для их обрушения -  $\Delta$ ; раскрытие трещин -  $\delta=0,4 \cdot 10^{-3}$  м, размер отдельностей -  $d_c=0,45$  м,  $\delta/d_c=10^{-3}$ ;  $\sum_1^k \sin^{-2} \beta_i = 3,0$ ; величина горного давления в зоне максимума напряжений -  $P_3$  (в среднем -  $0,8 \cdot 10^7$  Па); скорость детонации -  $D=4,2 \cdot 10^3$  м/с; плотность заряда взрывчатого вещества -  $\rho_{вз}=0,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; диаметр заряда взрывчатого вещества -  $d_3=0,04$  м; скорость продольной волны -  $c=5,5 \cdot 10^3$  м/с; показатель учитывающий взаимодействие зарядов в группе  $K_{н\perp}=1,5$ ; взаимодействие групп зарядов при взрывании проходческих шпуров -  $K_{\perp}(N)=2$ ; коэффициент отдачи -  $K_{от}=0,7$ ; коэффициент запаса устойчивости -  $K_3=1,5$ ; показатель учитывающий сейсмическое действие взрыва для проходки одиночной выработки -  $K_c=1,14$ , при ответвлении  $K_c=1,32$ ; при пересечении  $K_c=1,56$ . Подставив численные значения в формулу (1) получим инженерную формулу расчета:  $A_r = d_e \Phi a [7.8 \cdot 10^7 \mu - P(1 - \mu)] \cdot 10^{-7} K_c^{-1} K_3^{-1}$ , (2). Подставив в формулу (2) численные значения параметров рудников КМА на глубине 225 м, получили, что устойчивый пролет обнажений: для одиночной выработки - 3,3 м; на ответвлении выработки - 2,88 м; на пересечении выработок - 2,44 м.

**Научный руководитель:** проф. д.т.н. Тюпин В.Н.

**Е.И. ПРЯХИН, И.М. МАЛЮШИН**  
Санкт-Петербургский Горный Университет

## НОВЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ 3-Х МЕРНЫХ ЦВЕТНЫХ МАТРИЧНЫХ КОДОВ БОЛЬШОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ

**Аннотация.** На данный момент матричные коды в ряде случаев обладают недостаточной информационной емкостью и не обеспечивают надежной защиты интеллектуальной собственности, а также не раскрывают потенциал использования подобного метода хранения, записи и чтения информации, что обуславливает необходимость создания нового матричного кода.

**Ключевые слова:** barcode, intellectual property, data protection, nanobar-code, laser marking.

**Abstract.** Currently, the two-dimensional matrix codes in some cases have insufficient information capacity and do not provide reliable protection of intellectual property, due to lack of the achievement of its potential that makes it necessary to create a new matrix code.

**Keywords:** barcode, intellectual property, data protection, nanobar-code, laser marking.

Штриховой код — графическая информация, наносимая на поверхность, маркировку или упаковку изделий, представляющая возможность считывания её техническими средствами.

Самым существенным недостатком стандартных двухмерных матричных кодов является недостаточно большая информационная ёмкость самих кодов.

На кафедре МТХИ под руководством профессора Е. И. Пряхина был разработан значительно более емкий двухмерный код с ультраплотной записью, названный Нанобар-код. Объём записи информации в НБК может быть до 10000 символов, или до 10КБ любой цифровой информации. Также, на основе Нанобар-кода был разработан многослойный цветной трехмерный код, главным отличием которого от существующих цветных продуктов стало значительное увеличение емкости графических кодов, а также появилась возможность формирования разного количества слоев кода, каждый из которых имеет различную цветовую характеристику, причем каждый из слоев может содержать совершенно различную информацию (текст, изображение, видео, аудио и т.д.). При этом, сообщения никак не связаны между собой, могут иметь разные методы кодирования, быть открытыми или же зашифрованными.

Использование цветных слоев основано на известной возможности разбиения растрового изображения на каналы. Таким образом, можно произвести кластеризацию цвета и выявить 3 или 4 слоя для записи информации в зависимости от используемой цветовой схемы. На основе этих слоев можно сформировать полноцветное изображение в выбранной цветовой системе.

Использование представленного метода позволяет не только увеличить емкость НБК и формировать многомерный матричный код, содержащий несколько зависимых или независимых слоев, но и матричный код, содержащий различные коды на независимых слоях.

Техническим результатом, достигаемым при использовании предлагаемых способов, является многократное повышение емкости кода, повышение защищенности информации, располагаемой на слоях кода, преобразование трехмерного объекта в двухмерный посредством формирования на плоскости многоцветного кода, повышение надежности самого кода.

**А.В. РАЗНИЦЫН**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

## ОСОБЕННОСТИ ФАЦИАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ МАГОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе рассматриваются фаменские отложения Маговского, Раевского и Южно-Раевского поднятий Маговского месторождения, которые представлены органогенными известняками, неравномерно насыщенными нефтью и газом.

Основой для выделения групп фаций в рифогенном массиве послужила гидродинамика и глубина палеобассейна осадконакопления, обуславливающая сортировку обломочного материала относительно ядра рифа и его состав. С данной точки зрения в рифовом фациальном комплексе могут быть выделены фации биогермного ядра (БГ), ровного морского дна с подвижным гидродинамическим режимом (РМДП), ровного морского дна со спокойным гидродинамическим режимом (РМДС), глубоководной отмели (ОТМ) и рифового склона (РС). Выделение фаций проводилось с помощью материалов исследования керна, описания петрографических шлифов, а также данных ГИС (ГК, НГК и КВ) по данным 16 скважин, включающих 105 описаний шлифов, 135 описаний керна.

В каждой группе фаций рассматривались значения открытой пористости ( $K_{оп}$ , %), проницаемости ( $K_{пр}$ , мкм<sup>2</sup>), объемной плотности ( $\rho_n$ , г/см<sup>3</sup>) и остаточной водонасыщенности ( $K_{ов}$ , %), определенные по 135 образцам керна фаменских отложений.

Для определения статистических различий ФЕС по средним значениям для рассматриваемых фаций был применен *t*-критерий Стьюдента. В результате анализа было выявлено, что по величине открытой пористости и объемной плотности все фации отличаются друг от друга, а по проницаемости и остаточной водонасыщенности статистически отличается лишь фация РМДП от фаций БГ, РМДС и ОТМ.

В ходе проведенного анализа при комплексном использовании данных керна и ГИС были выделены группы фаций БГ, РМДС, ОТМ, РМДП, РС для каждого циклита в фаменских отложениях и были построены фациальные схемы по каждому циклиту. Был проведен анализ изменчивости ФЕС для выделенных фаций. Полученные результаты можно использовать для построения детальных геологических моделей и выбора наиболее оптимальных точек заложения эксплуатационных скважин.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. О.А. Мелкишев.

**Я.А. РАЗНИЦЫНА**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ УНЬВИНСКОГО И ПАВЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛНОРАЗМЕРНОГО КЕРНА

Целью работы является сравнение геологических характеристик продуктивных пластов двух месторождений - Павловского, расположенного на Восточно-Европейской платформе (ВЕП) и Уньвинского, приуроченного к Предуральскому краевому прогибу (ПКП). Приуроченность месторождений к определенному геотектоническому элементу обуславливает особенности их геологического строения.

Исходными материалами для выполнения анализа послужили данные по фильтрационно-емкостным свойствам (ФЕС) образцов полноразмерного керна, отобранного из скважин изучаемых месторождений. В работе изучены ФЕС фаменских и турнейских карбонатных (пласты Фм и Т) и бобриковских и тульских терригенных отложений (пласты Бб и Тл).

Для сравнения свойств продуктивных пластов использовались следующие показатели: объемная плотность ( $\rho_n$ ), коэффициент открытой пористости ( $K_{оп}$ ), коэффициент проницаемости ( $K_{пр}$ ).

С целью определения статистических различий ФЕС изучаемых месторождений был применен *t*-критерий Стьюдента. По результатам анализа было установлено, что фаменские и турнейские карбонатные отложения обоих месторождений практически не отличаются друг от друга, а бобриковские и тульские терригенные - полностью различимы.

В результате проведенных исследований получены следующие выводы: во-первых, приуроченность месторождения к определенному геотектоническому элементу влияет на ФЕС коллекторов продуктивных отложений; во-вторых, причинами различия в свойствах могут являться, с одной стороны, фациальные обстановки, в которых происходило осадконакопление, а с другой стороны, влияние катагенетических процессов, которые наиболее развиты на месторождениях ПКП; в-третьих, при прочих равных условиях месторождения ПКП в большинстве случаев будут уступать месторождениям ВЕП по причине ухудшенных ФЕС, а



также большей глубины залегания продуктивных пластов, что, несомненно, увеличит стоимость бурения скважин.

**Научный руководитель:** старший преподаватель В.А. Репина.

**А.С. РАКИПОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЩАДЯЩЕЙ ДОБЫЧИ ЯНТАРЕНОСНОЙ ГЛИНЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ПРИМОРСКОЕ**

Приморское - единственное в мире, обрабатываемое промышленным способом, месторождение балтийского янтаря. В современных реалиях, где помимо спроса на янтарь, растут и требования, предъявляемые к качеству продукции, возникает необходимость разработки щадящей технологии, которая позволит уберечь янтарь от механического разрушения в процессе добычи. Экономический эффект от разработки подобной технологии очевиден, т.к. стоимость «солнечного камня» является нелинейной функцией от его размера и возрастает порой в десятки и сотни раз.

Подобная задача для горной промышленности достаточно нетривиальна, и в отсутствии исчерпывающих данных о степени воздействии механизмов на янтарь, требует экспериментального подхода.

При анализе существующей технологии добычи были выделены основные ее недостатки, самыми существенными из которых стали: устаревшее оборудование, наличие ручного труда, разрушение янтаря в процессе добычи и транспортирования по трубопроводу на обогатительную фабрику.

Для обеспечения сохранности янтаря рассмотрены различные технологии ведения добычных работ и выбран автомобильно-экскаваторный способ, проведены опытно-промышленные испытания на месторождении по выбору типа экскаватора, оказывающего наименьшее влияние на целостность добываемого янтаря. Испытания проводились с использованием драглайна, гидравлического экскаватора и их комбинации. Лучшие результаты показал гидравлический экскаватор, который был заложен в разработку проектной документации в рамках создания объектов горно-обогатительного производства на базе Приморского месторождения.

Автор выражает благодарность компании ООО «ТОМС инжиниринг», ее генеральному директору А.А. Потемкину и всему коллективу, за предоставленную возможность публикации данных материалов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.С. Семенов.

**И.В. РАМИХ**

*Тюменский индустриальный университет*

## **АНАЛИЗ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Понимание процессов образования и миграции углеводородов, выяснение закономерностей размещения месторождений нефти и газа на современном этапе развития геологической науки немыслимы без анализа тектонического развития территории месторождения.

Абсолютное число нефтяных и газовых месторождений тяготеют к границам литосферных плит и внутриплитным активным тектоническим образованиям, которые в геологической истории испытывали последствия чередования пассивных и активных этапов тектонического развития и имели взаимное сонахождение положительных и отрицательных структур, разделенных разломами.

Геологическая интерпретация кубов сейсморазведочных данных позволяет проследить все имеющиеся на волновом поле тектонические нарушения: сбросы, сдвиги, надвиги, растяжения. Также можем оценить характер расчлененности приразломного пространства по разрезу и по латерали с возможностью выделить главный и сопутствующие разломы. По данным 3-D сейсморазведки имеем возможность определения времени формирования того или иного дизъюнктива, что позволяет проводить структурно-стратиграфическую интерпретацию. От особенностей тектонического развития нижележащего геологического уровня зависит структурный облик верхнего, так системы разломов фундамента определяют сеть дизъюнктивных нарушений и в осадочном чехле.

Территория исследуемого месторождения представлена крупным мезовалом – структурой II-го порядка, антиклинальной складкой среднетриасово-кайнозойского осадочного чехла, которая возникла над блоком складчатого палеозойского фундамента, выдвинутого вверх по вертикальным разломам. Вся терри-

тория месторождения изрезана сетью тектонических нарушений. Многие своими корнями уходят глубоко в фундамент и дают «начало» для формирования нарушений в осадочном чехле.

Полученные результаты анализа указывают на значительную роль разрывной тектоники в образовании структурных ловушек месторождений нефти и газа.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. В.И. Кузнецов

**А.Ю.РОВКИНА**

*Тюменский индустриальный университет*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Система управления - систематизированный (строго определенный) набор средств, сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения определенных целей. Системный анализ представляет собой методологию исследования сложно понимаемых и сложно наблюдаемых объектов. Любой объект рассматривается с учётом его системного характера, не как единое целое, а как комплекс взаимосвязанных составных элементов, их свойств и процессов. Окружающая среда системы – это совокупность всех объектов, изменение которых влияет на систему.

Любая организация может быть рассмотрена как единая система, состоящая из отдельных подсистем и влияющих на нее факторов внешнего окружения (внешней среды) рис. 1

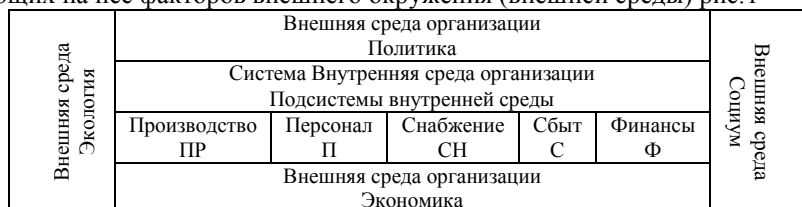


Рисунок 1 – Организация как система

Основным этапом изучения организации как системы является анализ ее текущего состояния с применением методик стратегического и комплексного анализа рисунок 2. Выводы, полученные в рамках исследований, позволяют достигнуть желаемого состояния системы.

		Методики анализа						
		SWOT	PEST (STEP)	SNW	Финансовый	Имущественный	Рыночный	Трудовой
Внешняя среда		+	+	+				
Подсистемы внутренней среды	П					+		
	УП						+	+
	СН						+	
	С						+	
	Ф				+			

Рисунок 2 – Количественные методики системного анализа

В практической части работы на основе системного анализа были сделаны соответствующие выводы по совершенствованию траектории развития и управления современной строительной организацией.

**Научный руководитель:** к.э.н., доц. Е. Г. Матыс

**А.В. РОЗЕНЦВЕТ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИГИБИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ РАСТВОРОВ ПРИ БУРЕНИИ В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ

Неустойчивость ствола скважины в глинистых отложениях – одна из главных причин остановки процесса бурения и возникновения осложнений. На устойчивость ствола скважины влияют такие факторы, как ориентация скважины в пространстве, высокие значения напряжений, действующих на контуре ствола скважины, тип бурового раствора, гидростатическое и поровое давление, геомеханические свойства глинистой породы, а также характер взаимодействия между дисперсионной средой бурового раствора и глинистой

породой. Указанные факторы влияют на горные породы по-разному: пластичные породы выдавливаются в ствол скважины, твердые хрупкие породы разрушаются под действием растягивающих напряжений, осыпаются и обваливаются. Все это приводит к сужению ствола скважины, образованию пробок из вывалов породы, что в конечном итоге приводит к прихватам и затыжкам бурового инструмента.

На степень устойчивости ствола скважины влияют такие факторы, как соотношение между углом наклона скважины и углом напластования, а также различием прочностных свойств вдоль поверхности напластования и по нормали к ней. Частичное обрушение ствола часто встречается в вертикальных скважинах, пробуренных в глинистых породах с большим углом падения или в наклонных скважинах, которые пересекают плоскости напластования глинистых сланцев под малыми углами.

Авторами были подготовлены несколько образцов глин с различной пластичностью. Исходя из активности ионов, были подобраны компоненты, которые должны были бы максимально замедлить процессы диспергирования глин

После обработки образцов, производился замер времени до частичного и полного разрушения структуры глин. Благодаря полученным данным удалось подобрать компоненты для создания растворов стабильных в любых видах глинистых пород. В дальнейшем планируется доработка этих составов и испытание в промысловых условиях.

**Научный руководитель:** д.т.н. проф. Н.И. Николаев

**М.А. РОСЛОВ, В.А. САСАРОВ**

*ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИЕЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПРИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

При освоении новых месторождений полезных ископаемых, а так же для дальнейшей их добычи требуется большое число рабочих и обслуживающего персонала. В связи с тем, что новые месторождения находятся в удалении от городов и поселений, необходимо организовывать места проживания людей в доступной близости от их места работы. Чтобы дом был пригоден для проживания необходимо наличие эффективной системы отопления. В таких условиях жилые дома могут отапливаться с помощью самостоятельного генератора тепла – водяного котла. В качестве топлива может использоваться: каменный уголь, дрова, разного рода брикеты, газ и др.

При выборе котла необходимо руководствоваться принципом экономии, который заключается в наименьшем потреблении топлива и наибольшем выделении тепла. Установку котла производят как можно ближе к жилым помещениям дома. При этом должны соблюдаться санитарно-гигиенические условия проживания людей.

В качестве топлива для котла выбираем пеллеты. Это гранулированное биотопливо, получаемое из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства.

Пеллеты отлично зарекомендовали себя в качестве доступного экологически чистого источника энергии. Пеллетные котлы подходят не только для регулярного обогрева жилого помещения и поддержания в нем нужной температуры. Их можно использовать и для получения горячей воды на бытовые нужды.

Принцип действия котла состоит в следующем. Пеллеты подаются внутрь топки при помощи специального автоматически-управляемого шнека. Когда все помещения дома прогреются до нужной температуры, шнек останавливается и подача гранул прекращается. Потребности в тепле напрямую определяют количество пеллет, необходимых для поддержания комфортной температуры в жилом помещении.

В работе выполнено описание системы отопления жилого одноэтажного дома, а так же обоснование выбора пеллет в качестве твердого топлива для котельного агрегата.

**Научный руководитель:** к.т.н., старший преподаватель А.М. Тошakov

**А. С. РЫБАКОВ**

## РАЗРАБОТКА 3D МОДЕЛИ ПОДЪЁМНИКА-ОПРОКИДЫВАТЕЛЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ КУЗОВОВ АВТОМОБИЛЕЙ В РАБОТОСПОСОБНОМ СОСТОЯНИИ

В данной научно-исследовательской работе на основе анализа методов ТО и Р автомобилей рассмотрены устройства, позволяющие повысить качество выполняемых работ и уменьшить время их выполнения.

Представляют интерес методы проведения ТО и Р, с помощью которых возможно обеспечить работоспособное состояние деталей, без приобретения новых, а также сократить время и трудоёмкость работы.

Кузов легкового автомобиля является несущей конструкцией. Ремонт кузова связывается с устранением всех дефектов, которые появились в этом узле в процессе эксплуатации. К числу таких дефектов относятся усталостные и сварные трещины, ослабление заклёпочных и резьбовых соединений, коррозионные изъязвления, разрывы металла, прогибы и переносы стоек, упругая и пластическая деформации, и др.

Существующие устройства подъёмников-опрокидывателей обладают рядом недостатков, таких как: малая высота подъёма, отсутствие фиксаторов автомобиля на подхватах, возможно поперечное опрокидывание автомобиля.

Для демонстрации данного подъёмника-опрокидывателя разработана 3D модель, позволяющая наглядно продемонстрировать преимущества данного устройства, авторское свидетельство № RU № 167367 U1, опубликованный 10.01.2017 г., благодаря «жёсткого» закрепления автомобиля, с одной стороны с помощью крепления специальной опоры к ступице, а с другой – порогового захвата. Данное устройство возможно использовать с разными марками автомобилей, в результате замены одной крепёжной пластины на другую. Принцип работы: перед началом подъёма к автомобилю крепятся пороговые захваты, а с другой стороны автомобиля снимаются колеса и к тормозным дискам привинчиваются пластины для крепления к диску колеса опор. При подъёме автомобиля, на расчётную высоту, грузозахватный орган тянет пороговый захват с порогом автомобиля вверх, в это время пластина для крепления к диску колеса поворачивается на оси основания опоры до тех пор, пока, пластина не упрётся в ограничитель, препятствующий перевороту кузова.

Таким образом, рассмотренное нами устройство, защищённое патентом, позволяет уменьшить трудоёмкость, материальные и временные затраты на проведение работ ТО и Р автомобилей.



Научный руководитель: к.в.н, проф. А. С. Афанасьев

**А. А. САБЛИНА**

*Санкт-петербургский горный университет*

## ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения позволит повысить эффективность управления земельными ресурсами региона, путем решения проблем, возникших в связи с приватизацией земельных участков и появлением большого числа землевладельцев и форм собственности. Проведенный анализ нормативно-правовой базы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения выявил, что законодательно данный процесс не отрегулирован, следовательно, тема исследований является актуальной.

Предложена нами методика проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, которая включает следующие этапы работы:

1. Проведение имущественно-технической инвентаризации земельного участка в виде:

а) сбора общих сведений о земельном участке (площадь, адрес, вид разрешенного использования, кадастровые показатели) и данных о правах (с указанием даты приобретения права, полные данные о субъектах права, в случае аренды – ее срок);

б) забора почвенных образцов для анализа и почвенная характеристика земельного участка с разработкой картографического материала;

2. проведение по результатам диагностических свойств почвы их бонитировку и разработка карты почвенного зонирования;

3. анализ данных по рациональному использованию, целевому назначению и востребованности земельного участка;

4. постановка земельного участка на кадастровый учет и (или) уточнение его границ;

5. Кадастровая оценка земельного участка по нормативным документам.

Все предложенные этапы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения подробно разъясняются и научно обосновываются на примере многоконтурного земельного участка площадью 1000,3 га, принадлежащего ФГНУ НИИСХ «Белогорка» расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области.

**Научный руководитель:** д.б.н., проф. каф. инженерной геодезии В.Ф. Ковязин

**А.А. САВЕЛЬЕВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАДРОКОПТЕРА ПРИ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЪЕМКЕ КАРЬЕРА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Было выполнено около 40 исполнительных съемок с использования квадрокоптера на 5-6 карьерах Московской области.

Аэрофотограмметрическая съемка (далее по тексту АФГМ) производится с привязкой отснятого материала к ранее закоординированным реперам (опознавательным знакам).

Нами используется бюджетный квадрокоптер Основные достоинства данного аппарата: снаряженная масса – до 1,4 кг; камера 4К с разрешением 4096×2160. Из недостатков можно отметить: ограничение полетов при низких отрицательных температурах воздуха и скорости ветра более 10 м/с; запрет полетов при атмосферных осадках.

Для исследования точности была выполнена исполнительная съемка на карьере кварцевых песков во Владимирской области двумя методами. Карьер обрабатывается гидромеханизированным способом со складированием песка на картах намыва. Был произведен подсчет добытого полезного ископаемого через объем карт намыва. Средний объем карты намыва составляет 30 – 40 тыс. м<sup>3</sup>. Годовая производительность карьера – около 180 тыс. м<sup>3</sup>.

Опытная съемка склада сухого песка производилась с использованием GNSS – приемник (точность ±1 см) и с помощью – АФГМ. Сравнительные данные расчетов двумя методами представлены в таблице.

Сводная таблица показателей съемок

Показатели	Метод	
	GNSS	АФГМ
1. Площадь склада, га	0,5	0,5
2. Размеры в плане:		
Длина, м	96	96
Ширина, м	56	56
Высота, м	6,29	6,29
3. Количество точек съемки	178	994 <sup>*</sup>
4. Расчетный объем склада, м <sup>3</sup>	33830,05	34284,88
5. Сравнительное различие объемов, м <sup>3</sup>	-454,83	+454,83
б. Относительная погрешность съемки, %	-1,34	+1,34

Примечание: \* – принято к расчету разреженное облако точек.

Фактическая трудозатратность на полевые работы составила: GNSS – 3 часа; АФГМ – 1 час. На камеральную обработку: GNSS – 2 часа; АФГМ – 3 час.

Данный метод соответствует инструкции по маркшейдерским работам.

Сравнивая два рассмотренных метода по трудозатратам можно отметить, что метод с использованием квадрокоптера менее затратен при полевых работах.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.И. Тушов

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗГОРАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ НАГРЕВЕ

В последние годы достаточно активно обсуждается вопрос о возможности возникновения пожара, за счет сфокусированного солнечного излучения. Однако остается открытым вопрос о том, каким образом или за счет чего образуется именно сфокусированный поток лучистой энергии, что может играть роль, в зажигании материала.

Как известно, даже в удаленных от населенных мест территориях (лесные массивы, места добычи ископаемых топлив) достаточно часто встречаются те или иные продукты человеческого присутствия, например, тара и упаковка от напитков, которые человек оставляет после использования там, где отдыхал – «ну не тащить же пустую банку или бутылку с собой обратно домой». Учитывая, что поверхность такой упаковки имеет определенную кривизну, а в самой посуде могут находиться остатки жидкости, то такая система вполне может играть роль фокусирующей линзы («эрзац-линза»), т.е. служить причиной возгорания за счет фокусировки солнечных лучей.

Целью настоящей работы являлось определение оптических параметров (фокусного расстояния, оптической силы и влияние радиуса кривизны) подобных «эрзац-линз».

В работе изучены оптические параметры подобных «эрзац-линз» – стеклянной и пластиковой тары и фрагментов тары. Установлено, что наибольшей оптической силой характеризуются стеклянные банки и бутылки, заполненные водой.

Проведено дериватографическое изучение условий газовой выделения для различных материалов, которые могут выступать как горючие материалы, способные к воспламенению в данных условиях. И характеристика наиболее опасного, для возникновения возгорания, температурного диапазона.

Показано, что данные виды «эрзац-линз» могут выступать в качестве одной из причин возгорания различных материалов – лесной опад, нефтеразливы, гурты каменного угля и торфа.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.И. Солдатов.

Л.И. САЛИМГАРАЕВА

Санкт-Петербургский горный университет

## МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОБАЛЬТ-МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ РУД ДЕРГАМЫШСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Дергамышское месторождение является одним из немногих колчеданных месторождений Урала, относимых одними исследователями к кипрскому типу [1], а другими – к атлантическому [2], что вызывает интерес к минералогии руд этого месторождения.

Изучение минерального состава и структурно-текстурных особенностей проводилось методами оптической микроскопии. Кроме того, диагностика некоторых минералов уточнялась методами микро-РСФА в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ на электронном микроскопе-микроанализаторе MV2300 *Cam Scan* и рамановской спектроскопии в ЦКП Горного университета на рамановском спектрометре *Renishaw InVia*.

В результате были выделены и описаны следующие текстурно-структурные типы руд: прожилковые (подтипы: пиритовые, пирит-халькопиритовые), колломорфные, массивные. Главные минералы изученных руд: пирит, марказит, халькопирит, магнетит, гетит, сфалерит. Кроме того, был выявлен гидротермальный гетит, не описывавшийся для руд этого месторождения ранее.

На основе онтогенических признаков установлены стадийности минералообразования для каждого типа руд.

Главные выводы, сделанные в результате исследования:

- 1) Среда рудообразования неоднократно менялась с восстановительной на окислительную;
- 2) На формирование руды значительное влияние оказали денудационные процессы, при отсутствии следов химического выветривания.

*Литература:*

1. Серавкин И. Б. Минерагения Южного Урала // *Литосфера*, 2002. № 3. С. 19-37.
2. Мелекесцева И.Ю. Гетерогенные кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах палеостроводужных структур. М. – Наука, 2007, 245 с.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. каф. МКП М.А. Иванов.

**Д.Р. САРСЕНАЛИЕВ**

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина*

## **ВЛИЯНИЕ НЕСООСНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СОПЛА И КАМЕРЫ СМЕШЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУЙНОГО НАСОСА**

Струйный насос, согласно ГОСТ 17398-72, есть насос трения, в котором жидкая среда перемещается внешним потоком жидкой среды. Он отличается высокой надежностью, т.к. не имеет подвижных, вращающихся частей, высокой самовсасывающей способностью, простотой регулирования напора и подачи, малыми габаритами и т.д. Среди явных минусов можно заметить низкий КПД, который не превышает 30%, отсутствие постоянного привода.

Вопрос влияния несоосного расположения сопла и камеры смешения на характеристики струйного насоса вызывает интерес, т.к. основной геометрический параметр для струйной гидравлической машины находится в широком диапазоне. Поэтому определив изменение характеристик для насоса с одним геометрическим параметром, невозможно с достаточной уверенностью говорить каким будет данное изменение для другого насоса.

В работе проведены исследования по изучению влияния несоосного расположения сопла и камеры смешения на характеристики струйного насоса. Исследования включают в себя численные и физические эксперименты.

Численный эксперимент проводился в программном комплексе SolidWorks с помощью пакета FlowSimulation.

Физический эксперимент подразумевал гидравлические испытания образца струйного насоса на специально созданном лабораторном стенде.

В итоге полученные результаты виртуального и физического эксперимента демонстрируют достаточную сходимость в диапазоне 10–15%. Таким образом, можно говорить о том, что теоретические расчеты должным образом и с достаточной точностью отражают внутренний процесс течения и энергообмена потоков.

**Научный руководитель:** к.т.н. С.С. Пекин

**В. А. САСАРОВ, М. А. ФЕДОРОВА, А.В. ЮДИН**

*ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва»*

## **СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ НЕФТИ КОРОТКО - ИМПУЛЬСНЫМИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ РАЗРЯДАМИ**

Добыча и транспортировка нефти осуществляется в жестких температурных условиях: до -50 °С. Это обстоятельство сказывается на скорости перекачки нефти и жестких требований к перекачивающему оборудованию. Следствием которых являются экономические затраты на транспортировку нефти. Это связано с физическим свойством нефти, которое характеризуется вязкостью. Иногда вязкость нефти достигает таких значений, что добыча и перекачка становятся невозможными. А значит, необходимо определить эффективные способы воздействия на нефть, снижающие её вязкость.

Были выявлены и рассмотрены следующие способы по снижению вязкости нефти: термический нагрев; добавление химических присадок; воздействие ультразвуковыми колебаниями; магнитными полями; электрическими полями с созданием высокоинтенсивных импульсов тока; переменным асимметричным током [1-2]. Весьма энергоэффективным является воздействие электрогидродинамическими разрядами создаваемыми импульсами тока [3]. Суть метода заключается в воздействии на поток нефти электрогидродинамическими ударами. Это приводит к развитию кавитации, формированию импульсов давления и интен-





Таблица 1

Полученные в результате натуральных экспериментов и рассчитанные по ним данные

Зазор на комутац. разряднике, мм	Зазор между электродами, мм	Напряжение U, кВ	Частота $\nu$ , Гц	Мощность P, МВт	Суммарная энергия серии импульсов (t = 60 сек) E <sub>сумм</sub> , кДж
1	0,5	4	4,4	4,6	4,9
0	0,5	4	4,5	4,6	5
3	0,5	4,5	3,7	5,8	5,2
5	0,5	8	3	18,4	13,2
5	1	8,5	2,7	20,8	13,5
7,5	0,5	20	1,5	115	41,4
5	1,5	20	2,5	115	69

В результате экспериментов, была получена максимально-возможная суммарная энергия разрядов на созданном стенде, которая составила 69 кДж (частота  $\nu = 2,5$  Гц, напряжение  $U = 20$  кВ, время  $t = 60$  сек). По полученной суммарной энергии определили максимально-возможную производительность данного стенда, которая составила 0,046 кг/мин нефти. Увеличить производительность установки можно повысив значения частоты и напряжения.

### Заключение

Основным результатом проведенного исследования является разработка и создание экспериментального стенда для использования его в дальнейших исследованиях, содержащего источник короткоимпульсных разрядов и разрядную камеру с разрядными устройствами, а так же проведение экспериментов с получением экспериментальных данных работы источника питания с изменяющимися параметрами импульсов за счет регулирования зазора коммутационного разрядника и межэлектродного расстояния.

### Библиографический список

1. Жукова Е. М. Воздействие высоковольтного электрогидравлического разряда на физико-химические свойства нефти и нефтепродуктов: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Саратов, 2008. – 23 с.
2. Козачок М. В. Обоснование технологии перекачки высокопарафинистой нефти харьгинского месторождения с использованием комплексного воздействия магнитного поля и ультразвуковых колебаний: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 14 с.
3. Абросимова Е. А., Устинова И. С. Поисковые исследования в области создания технологии электрогидродинамической обработки нефти и её составляющих. [Текст] // Состояния и пути развития российской энергетики. (г. Томск). 2014. – С. 42 – 45.

**Р.Э. САФИНА**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

## РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ПОСТРОЕНИЮ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛЕЖЕЙ СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ

В последнее время в развитии мировой нефтяной индустрии возрастает интерес к залежам СВН. Одной из технологий извлечения высоковязкой нефти является технология SAGD, которая была создана еще в 1970-х и применяется по сегодняшний день, в том числе и в республике Татарстан. Определение направления распространения паровой камеры, основного действующего фактора этого метода, является главной задачей моделирования залежей СВН.

В данной работе предложено моделирование залежи СВН на основе данных геохимического анализа. В основу построенной геохимической модели легло отношение изомеров метилдibenзотиофенов, являющихся косвенным признаком степени биодеградации. Оценена возможность использования данной геохимической модели для уточнения геологической модели и мониторинга разработки залежи сверхвязких нефтей на примере одного из месторождений республики Татарстан.

В ходе данной работы проанализированы образцы керн из 8 оценочных скважин и пробы нефти из 7 горизонтальных скважин. Анализ включал экстракцию битумоидов, выделение насыщенной фракции методом ЖАХ и исследование насыщенной фракции в хроматомасс-спектрометрической системе. Анализ распределения значения соотношения изомеров метилдibenзотиофенов позволил установить взаимосвязь степени биодеградации с нефтенасыщенностью, определить границу ВНК, а корреляция данных модели и значения соотношения изомеров метилдibenзотиофенов в пробах нефти из горизонтальных скважин позволила оценить вероятные пути притока нефти к добывающим скважинам и определить возможные границы

паровой камеры. Для определения возможности использования геохимической модели для анализа разработки месторождения методом SAGD необходимо проводить дальнейший мониторинг.

**Научный руководитель:** младший научный сотрудник А.Е. Чемоданов

**А. А. СЕМИН**

*Сибирский государственный индустриальный университет*

## **ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ОХРАНЯЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ ОТ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА РАЗРЕЗЕ «СТЕПАНОВСКИЙ»**

Взрывные работы являются наиболее эффективным способом подготовки горных массы к выемке. Массовые взрывы несут собой ряд негативных воздействий на близлежащие территории. Сейсмическое проявления – является наиболее опасным, негативно влияющим на состояние горных выработок, а также на охраняемые объекты, находящиеся в малом удалении от ведения взрывных работ. Постоянные динамические нагрузки в виде вынужденных колебаний грунта в основании объектов, вызванные сейсмическим воздействием массовых взрывов, снижают их несущую способность.

Тенденция увеличения объемов добычи угля диктует необходимость в увеличении количества массовых взрывов на горных предприятиях. Повсеместное увеличение глубины отработки запасов вызывает рост эксплуатационного коэффициента вскрыши в среднем по всей отрасли, что так же сказывается на количестве массовых взрывов. В связи с этим, данная работа является актуальна и необходима для обеспечения безопасности охраняемых объектов, расположенных вблизи горнодобывающих предприятий.

На протяжении 4-ех лет осуществляется мониторинг интенсивности колебаний грунта в результате ведения взрывных работ на разрезе «Степановский».

В результате анализа и синтеза данных о колебаниях грунта, получены зависимости интенсивности сейсмического воздействия от приведенной массы взрывчатых веществ и приведенного расстояния от массовых взрывов на различных участках разреза до пункта регистрации. Проведена оценка влияния горно-геологических условий и технологических параметров на интенсивность сейсмического воздействия, его характер и особенности. В работе отражено влияние ударной-воздушной волны как фактора, вызывающего вынужденные колебания здания.

В результате проведенного исследования, получены зависимости и рекомендации для предприятия, обеспечивающие безопасное ведение взрывных работ и минимизацию негативного сейсмического воздействия на охраняемые объекты.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. И.В. Машуков

**Е.С. СЕМИН**

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина*

## **КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ВЯЗКОЙ НЕФТИ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ**

В настоящее время, большая часть месторождений России находится на завершающей стадии разработки. В связи с этим, осложняются условия эксплуатации скважин и требуются новые решения проблем для повышения эффективности механизированной добычи нефти.

Учитывая, что на 70% фонда скважин, эксплуатируемых механизированным способом, применяются УЭЛН, разработка и модернизация оборудования для минимизации влияния осложняющих факторов на работу УЭЛН является актуальной задачей.

Высокогазосодержание – один из основных осложняющих факторов, влияющих на работу УЭЛН. Погружной центробежный насос, в стандартном исполнении, прекращает выполнять свои функции уже при 25% свободного газа на приеме, в связи с чем распространено использование газосепараторов, удаляющих до 85% свободного газа из жидкости.

На базе лаборатории кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» были проведены и проводятся испытания газосепараторов различных габаритов и конструкций, в ходе которых выявляются реальные характеристики оборудования в различных условиях эксплуатации.

Для моделирования тех или иных условий работы газосепараторов проводится постоянная модернизация испытательных стендов, а так же создана расчётная модель работы газосепаратора.

Полученные данные позволят повысить точность подбора оборудования, что приведёт к повышению эффективности добычи нефти.

**Научный руководитель:** к.т.н. Ю.А. Донской

**И. Б. СЕРГЕЕВ, П. П. ЗИНОВЬЕВА**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

## **РОЛЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА В ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ РЫНКА ТРУДА**

**Аннотация:** В современных условиях рынок труда подвержен огромному влиянию последних тенденций мира цифровых технологий, изменяется его профессиональная структура, появляются новые направления развития, повышаются требования к специалистам. В статье отражены основные тенденции в изменении структуры рынка труда, связанные с процессами цифровизации общества.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, рынок труда, цифровая экономика, трудовой потенциал, ресурсы труда, компании.

Рынок труда – важнейшая сфера экономической жизни общества, представляющая собой комплекс социально-трудовых отношений между экономическими агентами, где в результате конкуренции, через механизм спроса и предложения, устанавливаются определенный объем занятости и уровень оплаты труда.

Главнейшими составляющими рынка труда выступают совокупное предложение, включающее наемную рабочую силу из числа экономически активного населения, и совокупный спрос, выступающий в качестве общей экономической потребности в наемной рабочей силе. Совокупность факторов, влияющих на формирование рынка труда складывается из факторов, воздействующих на его спрос и предложение. К первой группе относятся уровень развития, формы, объемы и структура общественного производства, темпы роста и уровень развития национальной экономики, в том числе стадия научно-технический прогресса. Ко второй группе: средний уровень оплаты труда, демографические критерии, профессиональная и квалификационная структура рынка труда и др.

В современных условиях рынок труда подвержен огромному влиянию последних тенденций мира цифровых технологий, к примеру, «Индустрия 4.0». Это название текущей тенденции автоматизации и обмена данными в технологиях производства. «Индустрия 4.0» создает так называемую «умную фабрику. При этом активно используются и другие цифровые решения: облачные сервисы, искусственный интеллект, мобильные устройства, социальные сети, технологии Big data, 3D-печать, когнитивные системы, кибербезопасность и др.

Компаниям предстоит постоянно вести поиск инновационных решений и бизнес-моделей, основанных на применении цифровых технологий, а также квалифицированных специалистов, способных развивать новые профессиональные навыки внедрения, разработки, поддержки и сопровождения цифровых процессов в условиях быстроразвивающихся цифровых технологий, новых стандартов и методов обучения и повышения уровня знаний и глобализации.

При исследовании рынка труда в целом, самой явной тенденцией является вытеснения ряда профессий новым сектором профессий, связанных, прежде всего с научно-технологическими прорывами и открытиями в ИТ-сфере, автоматизации. В первую очередь, в области поиска и работы с данными, защиты информации, поддержка принятия решений, сопровождение интеллектуальных систем. По оценкам Глобального института McKinsey, в мире к 2036 году будет автоматизировано до 50% рабочих процессов. Однако стоит отметить, что на текущий момент компьютеризации подлежат в основном стандартные и рутинные задачи, высокоинтеллектуальные решения еще не нашли замены искусственным интеллектом в широких масштабах. В тоже время структуры крупных компаний все чаще предусматривают мобильность сотрудников, возможность создания удаленных или виртуальных рабочих мест, аутсорсинг услуг, что способствует снижению количества сотрудников на фоне повышения эффективности труда. Что в свою очередь приводит к значительному различию в уровне зарплат, а значит, некоторым образом усиливает социальное неравенство, создавая новые угрозы и вызовы обществу.

Появление новых профессий требует новых стандартов и методов обучения в образовании, реформы его системы. Предпочтение отдается гибкой учебной программе, непрерывному образованию, онлайн-обучению и онлайн-библиотекам, доступным цифровым образовательным курсам высших учебных заведений, переквалификации сотрудников и объединении нескольких областей знаний. Своевременное проведение мероприятий по внедрению цифровых решений на предприятии, по обучению и переподготовке работников, а также создание образовательных программ, направленных на повышении квалификации специалистов обеспечит повышение эффективности деятельности компании в новой цифровой эре.

### Список использованной литературы:

1. The Boston Consulting Group. Eight Futures of Work. Scenarios and their Implications // World Economic Forum. – 2018. – [www3.weforum.org/docs/WEF\\_FOW\\_Eight\\_Futures.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOW_Eight_Futures.pdf)
2. Аптекман А., Калабин В., Клинецов В., Кузнецова Е., Кулагин В., Ясеновец И. Цифровая Россия: новая реальность. – 2017. - <http://www.mckinsey.com>.
3. Стратегия развития цифрового пространства ЕАЭС 2025. 2016. URL: <http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2016/10/strategy.pdf>
4. Министерство Труда РФ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/>

**В.А. СЕРИКОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Практика работы промышленных предприятий, а в настоящее время и крупных административных зданий показывает, что сети электроснабжения напряжением 0,4 кВ «заражены» высшими гармониками. Батареи конденсаторов (БК), работающие при несинусоидальном напряжении, в ряде случаев часто выходят из строя из-за перегрузки токами высших гармоник. Особенно такая перегрузка опасна, когда индуктивность сети и емкость БК образуют резонансный контур.

В работе рассматривается типовая схема электроснабжения в трехфазном исполнении, включающая источник питания (трансформатор), питающий линейную и нелинейную нагрузки и БК. Исследование режима работы системы электроснабжения выполнялось в программной среде для моделирования электрических и электронных схем Multisim.

Все расчеты и компьютерное моделирование проводились для стандартного ряда номинальных мощностей  $S_{т.ном}$  трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, а нелинейной нагрузкой служил выпрямитель.

Трансформатор и линейная нагрузка моделировались индуктивным и активным сопротивлениями, приведенными к напряжению 0,4 кВ. Нелинейная нагрузка моделировалась трехфазным мостовым выпрямителем на виртуальных диодах с регулируемой мощностью  $P_d$  на стороне постоянного тока.

Рассчитаны в относительных единицах ( $Q^* = Q_{БК} / S_{т.ном}$ ) мощности БК, при которых возникает резонансный режим для канонических гармоник. Так для трансформатора  $S_{т.ном} = 1000$  кВ·А относительные мощности БК составили  $Q^* = 0,89; 0,45; 0,18$  и  $0,13$  о. е. для гармоник с номерами  $n = 5, 7, 11$  и  $13$  соответственно. Следовательно, такие мощности БК нецелесообразно устанавливать для компенсации реактивной мощности. Получена общая формула для  $Q^*$ , простая и удобная для практического применения.

В режимах без БК выявлено изменение относительных амплитуд  $I_n^* = I_n / I_1$  токов высших гармоник в зависимости от загрузки трансформатора нелинейной нагрузкой  $P_d / S_{т.ном}$ . В частности, при загрузке трансформатора от 0 до 1 амплитуда  $I_5^*$  линейно уменьшается на 10% (от 0,2 до 0,18), а амплитуда  $I_{13}^*$  на 50% (от 0,076 до 0,038).

Установлено, что в режимах с БК и близких к резонансному, суммарный ток, протекающий через БК, может в 1,5-2 раза превышать номинальный ток БК, а амплитуды токов высших гармоник могут превышать амплитуду тока основной гармоники.

При различной загрузке трансформатора линейной и нелинейной нагрузкой установлено положительное влияние линейной трехфазной нагрузки на резонансные явления. Так при загрузке трансформатора 0,75 (0,25 – нелинейная нагрузка и 0,5 – линейная нагрузка) и резонансе на 5-й гармонике суммарный ток, протекающий через БК уменьшается на 15 %.

Результаты моделирования показали, что в режимах с БК и близких к резонансному амплитуды высших гармоник тока, генерируемых выпрямителем, заметно отличаются от величин  $I_n = I_1 / n$ , принимаемых при расчетах в технической литературе. В частности, при отсутствии резонанса  $I_5^* = 0,2; I_7^* = 0,14; I_{11}^* = 0,09; I_{13}^* = 0,075$  о.е., а при резонансе на пятой гармонике  $I_5^* = 0,09; I_7^* = 0,035; I_{11}^* = 0,12; I_{13}^* = 0,14$  о.е.

**Научный руководитель:** доц., к.т.н. В.Н. Костин

## **КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО И СКЛАДСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ОБРЕМЕНЕНИЙ В ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

В работе рассмотрены актуальные вопросы кадастровой оценки земель промышленного и складского назначения (ВРИ 9) в аспекте учета обременений в использовании территории. Целью исследования явилась разработка методических рекомендаций по совершенствованию методики массовой оценки земель.

Для реализации поставленной цели проведен анализ исходной информации о земельных участках ВРИ 9 и информации о зонах с особыми условиями использования территории, которые накладываются на площадь этих участков. Пространственный анализ выполнялся с помощью ГИС MapInfo, при этом определение площади земель, занимаемых ЗОУИТ на земельных участках ВРИ 9 производилось путем наложения слоев «Земельные участки ВРИ 9» и «Земельные участки, занятые обременениями».

Для доказательства реакции рынка на рассматриваемый фактор «ЗОУИТ» было выполнено моделирование рыночной стоимости с включением его в состав ценообразующих факторов в виде фиктивной переменной (наличие -1, отсутствие – 0).

Произведена группировка всех видов ЗОУИТ, располагающихся на территории земельных участков ВРИ 9, по количеству появлений на земельных участках, по занимаемой ими площади и по регламенту, который накладывается на хозяйственную деятельность, возможную к осуществлению на земельных участках. В результате выделено 5 групп ЗОУИТ, среди которых представлены охранная зона инженерных сетей, водоохранная зона водного объекта, охранная зона воздушных ЛЭП, зона регулирования застройки и охранная зона объектов культурного наследия.

Проведено моделирование кадастровой стоимости в соответствии с выделенной группировкой и введением параметра площади ЗОУИТ на земельном участке, которое позволило построить функциональные зависимости кадастровой стоимости от ценообразующих факторов, в том числе фактора «ЗОУИТ».

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Е.Н. Быкова

**М.В. СИЗИКОВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ОБРАЗЦАХ ГАББРО-ДИАБАЗА ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ**

Формирование и развитие микроразрушений в геоматериалах начинается с момента применения нагрузки независимо от ее вида и продолжается в течение всего времени нахождения породы под нагрузкой, вплоть до ее разрушения. Информативным параметром, связывающим прочность породы с дефектностью ее строения, являются поры, поровые каналы, микротрещины и прочие дефекты структуры.

Для изучения внутренней структуры геоматериалов были получены образцы габбро-диабазы в форме параллелепипеда без видимых дефектов. Лазерно-ультразвуковая структуроскопия образцов габбро-диабазы проводилась дефектоскопом УДЛ-2М, томографические исследования – на «SkyScan-1172», и последующая реконструкция по программам Nrecon, CTan, CTvol Sky Scan. Определялись размеры, форма, объем, удельная поверхность, сообщаемость пор. Образцы доводились до полного разрушения одноосным сжатием при нагрузке 192МПа на гидравлическом прессе ТП-1-1500, проводились лазерно-ультразвуковая структуроскопия и рентгеновская томография обломков.

Изучение структуры трещин показывает, что они являются линейно-планарными областями, состоящими из взаимосвязанных полостей, в которых присутствуют минеральные частицы микронного размера. Появление трещин удовлетворительно объясняет увеличение сообщаемости пор. В исходном образце сообщаемость пор составляла 2,81%, в разрушенном обломке – на порядок выше (27,88%).

Таким образом, когда образец габбро-диабазы разрушается под действием сжимающей нагрузки, структура порового пространства преобразуется: внутрикристаллические пор частично закрываются, а новые поры, с капиллярами больших размеров, оказываются сосредоточенными в нереализованных трещинах.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Е.Б. Черепецкая

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПРИ ПОМОЩИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗРЫВОМ ПЛАСТА ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ**

В результате работы с проектно-технологическими документами возник вопрос об оптимальной и эффективной стратегии разработки месторождений Томской области при помощи скважин с горизонтальным окончанием ствола (ГС) с применением технологии многостадийного разрыва пласта (МГРП). Одним из главных вопросов является эффективное расположение скважин, а именно ориентация скважины в пространстве относительно линии регионального стресса.

Проведя анализ фактических данных по месторождениям, где были пробурены ГС, был получен следующий результат: безразмерный индекс продуктивности при поперечном расположении трещин, относительно ствола скважины, в 1,38 раз выше, чем при продольном.

Для определения эффективной ориентации скважины был смоделирован сектор 4x4 км с плотностью сетки скважин 500x500 метров с 12 нагнетательными скважинами и 6 ГС одинаковой длины. Для точности задания МГРП были построены два варианта моделей с различными методами создания трещин: метод виртуальной перфорации и метод LGR (Local Grid Refinement). Разница в полученных данных составила 0,01%, для моделирования был выбран метод виртуальной перфорации, как менее трудоемкий.

Были рассчитаны модели с различной проницаемостью при прочих равных параметрах сектора, в результате чего получены следующие результаты: при проницаемости примерно больше 3 мД, продольные трещины начинают обгонять поперечные трещины по ежегодным уровням уже после 1 года работы; продольные трещины позволяют увеличить время безводной работы скважин; поперечные трещины при проницаемости больше 20 мД преждевременно обводняются и не отбирают запасы.

Из этого следует, что при расчете экономических показателей для каждого конкретного случая, используя полученные выводы, мы сможем подобрать оптимальную стратегию разработки месторождения с использованием скважин с МГРП на горизонтальном окончании скважины.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. П.Н. Зятиков

**А.А. СИРОТКИН**

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ РАСТВОРОВ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЕМКОСТНОМ АППАРАТЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА**

В работе проведены экспериментальные и теоретические исследования процессов ионного обмена в емкостном аппарате проточного типа. Теоретическое обоснование работы состоит в отсутствии аналитических решений задач о переносе вещества в телах правильных геометрических форм (неограниченной пластине, неограниченном цилиндре и шаре), помещенных в полупериодический аппарат (периодический по твердой фазе и непрерывный по жидкой фазе) полного смешения. В известных работах приводятся только аналитические решения задач нестационарной диффузии в телах при условии постоянной концентрации раствора или ограниченного объема раствора. Найденные решения получены при граничных условиях третьего рода, в которых концентрация раствора  $C$  задается в виде функции, зависящей от времени процесса  $\tau$ , а в качестве закона  $C=f(\tau)$  используется уравнение материального баланса аппарата идеального смешения проточного типа. Полученные уравнения позволяют проанализировать влияние объемного расхода раствора, поступающего в аппарат, соотношение твердой и жидкой фаз в аппарате, диаметра или толщины частицы, а также других параметров на распределение концентрации вещества по внутренней координате твердого тела. Также найдены уравнения для расчета средней концентрации сорбируемого вещества в ионите и концентрации раствора на выходе из аппарата в зависимости от времени процесса. Для проверки адекватности математических моделей были проведены экспериментальные исследования процесса ионообменной очистки растворов и сточных вод от ионов тяжелых металлов на мембранах, волокнистом ионите и ионите сферической формы в емкостном аппарате проточного типа с пропеллерной мешалкой. Расхождение результатов расчета и эксперимента не превышало 15 %.

**Научный руководитель:** д.н.т., проф. С.В. Натарева.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИННОГО РЕЗОНАТОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ВЯЗКОСТИ**

В работе рассматриваются колебания пластинного резонатора вибрационных плотномера и вискозиметра – наиболее перспективных приборов, которые непосредственно в технологических линиях или производственных агрегатах измеряют одни из ключевых параметров при добыче, переработке, транспортировке и коммерческом учете нефти и нефтепродуктов.

Исследованы изгибные колебания прямоугольно-пластинного резонатора вибрационного плотномера (вискозиметра) посредством решения дифференциального уравнения свободного движения (с применением функций Крылова-Дункана) и методом Релея-Ритца (с уменьшением количества степеней свободы). В результате получены амплитудные функции и формы колебаний, а также установлены зависимости, связывающие частоту колебаний и параметры пластинного резонатора (размеры, жесткость, линейную плотность), причем расхождения результатов при решении различными методами не превышает 0,5 %.

Рассмотрено влияние жидкости (чьё действие на резонатор подобно действию некоторой «присоединенной массы») на колебания и путем решения уравнения динамики в режиме свободных затухающих колебаний для пластинного резонатора с «присоединенной массой» получены зависимости, связывающие между собой параметры свободных затухающих колебаний (частота, затухание) и параметры жидкости (плотность, вязкость). Помимо этого, было установлено, что даже при значительном затухании частота затухающих колебаний практически не отличается от частоты собственных колебаний. Это позволяет считать, что трение практически не влияет на частоту колебаний, и частоты приблизительно равны. На основании этого определена формула для расчета резонансной частоты, на основе которой может быть получена градуировочная характеристика плотномера.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. Н.А. Ишинбаев

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

Почти на всех существующих производствах применяется процесс теплообмена. Для осуществления данного процесса применяют теплообменные аппараты. Наиболее распространенный тип теплообменников на сегодняшний день – кожухотрубчатые теплообменные аппараты (КТА), несмотря на низкую интенсивность теплопередачи, в 3 раза ниже, чем у пластинчатых теплообменников. Широта их применения обусловлена разнообразием типов и вариантов исполнения для различных условий эксплуатации, надежностью и хорошей ремонтопригодностью.

Одной из причин низкой эффективности являются чаще всего применяемые сегментные перегородки. При обтекании таких перегородок поток многократно меняет направление движения, образуя в местах поворотов застойные зоны, которые снижают эффективность теплопередачи.

Одним из перспективных путей увеличения эффективности КТА является организация винтового движения теплоносителя. Для этого применяется перегородка винтовой формы.

Для определения эффективности применения винтовой перегородки, необходимо сравнить тепловые и гидравлические характеристики потока в межтрубном пространстве. Для оценки теплогидравлических характеристик КТА с сегментными и винтовой перегородками было выполнено численное моделирование с применением программного комплекса ANSYS.

В результате моделирования были определены все необходимые параметры для сравнения теплообменных аппаратов. Выполненные расчеты показали, что нагревание в аппарате с винтовой перегородкой происходит интенсивнее, на 60 % увеличивается количество передаваемой тепловой энергии при той же мощности, затрачиваемой на прокачку теплоносителя.

Проведенное сравнение показывает эффективность применения винтовых перегородок в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Р.Г.Ризванов

## **СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ОТКАЧКИ НЕФТИ**

При добычи нефти из скважин с изменяющимся уровнем жидкости возникает необходимость периодически отключать погружной насос. Для осуществления автоматической периодической откачки жидкости в эксплуатационной скважине, необходимо постоянно контролировать динамический уровень жидкости в скважине над погружным электронасосом.

Положение динамического уровня жидкости в скважине обычно определяют акустическими способами. В настоящее время наиболее широкое распространение получили два метода:

- традиционный – с помощью эхолота;
- и нашедший наиболее широкое распространение на промыслах Татарии и Башкирии – волномерование.

Оба этих способа имеют одинаковую и физическую основу и схему реализации, которая заключается в следующем. На устье скважины создается волна изменения давления, которая распространяется в затрубном пространстве до уровня жидкости, отражается от него и возвращается на поверхность земли к устью скважин. Производится измерение времени между возбуждением волны и возвращением ее на поверхность. Определив скорость распространения звука и волны давления в затрубном пространстве можно определить динамический уровень жидкости в скважине. Недостатком способа является сложность определения скорости звука в затрубном пространстве скважины.

Предлагается способ получения информации о динамическом уровне жидкости, в основе которого лежит фиксирование шумов в скважине. Как известно, работа скважины сопровождается шумами пласта и шумами погружного пласта, которые не несут полезной информации. Сущность способа заключается в получении в спектре частот шумов акустических меток появляющихся на границе перехода жидкости и газа в затрубном пространстве с помощью четвертьволновых акустических резонаторов.

Известно, что при внешнем воздействии звуком четвертьволнового акустического резонатора, происходит подавление звука на резонансной частоте акустического резонатора.

Свойство четвертьволнового резонатора поглощать частоты, предлагается использовать для формирования акустической метки. При нахождении резонатора в жидкости, в которой распространяется шум, происходит поглощение частоты, равной резонансной частоте резонатора, т.е. формируется акустическая метка в виде импульса поглощенной частоты, а когда резонатор находится в газе, то акустическая метка становится в виде импульса появившейся частоты. В качестве средства контроля шумов в скважине можно использовать гидрофон

Акустическая метка преобразуется с помощью вторичной аппаратурой в электрический сигнал управления погружным насосом.

Предлагаемый способ прост и надежен. Основное условие реализации способа, это наличие шума в скважине.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Х.Н. Музипов

**Т.А. СМИРНОВА**  
*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина*

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Целью работы является анализ состояния почв в Ивановской области на наличие в них тяжелых металлов.

Интенсивное развитие промышленного производства приводит к росту химических отходов. Из числа элементов, подлежащих в настоящее время первоочередному исследованию в почве, являются мышьяк, ртуть, кадмий, свинец и цинк (первый класс опасности). Содержание указанных элементов в почве является важнейшим показателем, характеризующим санитарно-гигиеническую обстановку, так как они способны накапливаться в организме человека и оказывать отравляющее и канцерогенное действие.

В данной работе проводилось исследование на присутствие тяжелых металлов в пробах почв с территории городов Иваново и Кинешма, а также прилегающих к ним территорий. В лаборатории из отобранных образцов были получены кислотные вытяжки и проведён ряд опытов, выявляющих наличие тяжелых металлов: ионов свинца, меди и железа.

На основе проведенного качественного анализа было выявлено наличие металлов в некоторых пробах. Ионы свинца были обнаружены в пробах почвы, собранной у автозаправки в г. Кинешма и у дороги с



интенсивным движением. Ионы меди присутствуют в пробах плодородных почв с огородов обоих городов, из леса г. Иваново и автозаправки г. Кинешма. Ионы железа наблюдались во всех образцах почв, кроме почвы леса г. Кинешма и почвы, собранной у трассы.

Для первоначальной оценки на наличие металлов в почве проводят качественный анализ, для последующей, более полной, оценки состояния земель необходим так же количественный анализ содержания загрязняющих веществ.

В ходе работы были проведены практические опыты по проращиванию семян культурных травянистых растений на анализируемых почвах.

**Научный руководитель:** к.т.н, доц. Н.А. Еремина

**К.Ю. СОЛЬЕВА**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА В ЧАСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК**

Мировые энергетические тренды характеризуются на современном этапе направленностью на диверсификацию используемых источников энергии, а также активным поиском технических и организационно-управленческих технологий повышения энергоэффективности социально-экономических систем.

Сегодня, переход на инновационный путь развития экономики – главная задача Российской Федерации. Для осуществления данного перехода необходимо использовать технологии современных технологических укладов. С одной стороны, экономическое развитие всегда сопровождается ростом энергопотребления, с другой – ставит серьезную задачу по энергоэкономии. В рамках трансформации мировой экономической системы, наблюдается рост потребления электроэнергии. За последние 20 лет общее потребление энергии в мире увеличилось в 2 раза, достигнув в 2016 г. 21 191 ТВт\*ч. Согласно прогнозам, мировое потребление первичной энергии с 2011 по 2030 г. будет расти как минимум на 1,6% в год. Лидирующим источником энергии в мире на сегодня все еще остается нефть – доля в мировом потреблении энергоносителей составляет 30%, а доля возобновляемых источников – около 3,2%.

Прогнозы свидетельствуют, что к 2030 г. в структуре энергоресурсов большую часть по-прежнему будут составлять ископаемые ресурсы. При этом, самые высокие темпы роста будут иметь возобновляемые источники энергии.

Можно говорить о двух противостоящих энерготехнологических платформах: системы производства и использования топливных и нетопливных ресурсов. В этой связи большое количество ученых обратили внимание на показатель EROEI - соотношение полученной энергии к затраченной. По сравнению с 1930 г. показатель снижался, в 1970 году он составлял около 30, а в 2000 – от 10 до 20. Данное снижение EROEI говорит о том, что нефть становится менее перспективным источником энергии, что вынуждает либо постепенно замещать её, либо повышать эффективность ее использования.

Таким образом, экономика России, системно зависящая от доходов в топливно-энергетическом комплексе, требует вариантов организационно-экономического перепроектирования с целью учета мировых технологических трендов в энергетике.

**Научный руководитель:** к.э.н., доц. Д.А. Гамилова

**П.А. СОРОКИНА**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕВОЗОК МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Общая площадь территории Крайнего Севера России и приравненных к ним районов составляет 11,9 млн. кв. км (около 70% территории РФ). Эти территории отличаются низкой плотностью населения, в среднем 1 человек на 1 кв. км. Общая численность населения районов Крайнего Севера составляет около 11,5 млн. человек. Развитие этих территорий представляет стратегический интерес для государства, так как

на них сосредоточена большая часть природных ресурсов России. На территориях Крайнего Севера находится 90% запасов угля, 80% гидроэнергетических ресурсов, большие стратегические запасы нефти и газа, почти весь объем разведанных редких металлов и алмазов, половина железорудных залежей, 80% лесных ресурсов и более 60% запасов пресной воды.

Трудоемкость выполнения планов завоза грузов в Северные регионы обусловлена значительными расстояниями перевозок, сложной технологией доставки, широкой номенклатурой перевозимых грузов и ограниченными сроками. Нестабильная погода и суровые климатические условия – ключевые факторы, осложняющие завоз грузов в районы Крайнего Севера с использованием автотранспорта. Проблему создают:

1. Низкие температуры, которые доминируют в регионе большую часть года;
2. Снегопады, создающие непреодолимые преграды на дорогах;
3. Плохое состояние дорожного покрытия, подвергающееся постоянному агрессивному воздействию;
4. Наличие непроходимых участков;
5. Отсутствие единой автотранспортной сети;
6. Неразвитость инфраструктуры.

В таких условиях рентабельность перевозок грузов, как отношение прибыли к эксплуатационным расходам, автомобильным транспортом уменьшается.

По существующей методике расчета рентабельности по каждой из статей эксплуатационных затрат обязательно учитывать поправочные коэффициенты.

Проведенный анализ нормативно-правовых актов позволяет сделать следующие выводы. В настоящее время отсутствует методика расчета рентабельности перевозки грузов автомобильным транспортом в условиях Крайнего Севера, в которой бы учитывались все особенности этих перевозок.

В качестве расчета рентабельности грузовых перевозок в условиях Крайнего Севера можно было бы предложить учитывать при определении эксплуатационных расходов такие составляющие: например, косвенные расходы на строительство временных дорог (зимников). Проанализировать и учесть затраты на хранение и погрузочно-разгрузочные работы, разделив территорию размещения разведанных и прогнозных запасов минерального сырья по степени возможности обеспечения региональных потребностей.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Таневицкий И.В.

**Н. К. СТАРЦЕВ**

*Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет*

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОДБОРА ГЛУБИННО-НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

В Российской Федерации на настоящее время не менее две трети всей энергии, потребляемой при добыче нефти уходит на подъем пластовой жидкости на поверхность, т.е. на работу скважинных насосных установок. Почти 75% объема добычи нефти в нашей стране обеспечены УЭЦН. Только 45% всех российских скважин, эксплуатируемых УЭЦН работают в пределах рабочей части номинальной характеристики. В значительной части случаев установки эксплуатируются за пределами левой границы рабочей характеристики, некоторое число — в правой части. Левая зона отличается низким КПД и высокими температурами. Повышение температуры приводит не только к снижению наработки на отказ, но и очень сильно влияет на энергопотребление оборудования. В связи с этим актуальной темой становится эффективный подбор ГНО, который невозможен без использования современных методик расчета.

Текущие методики, используемые при подборе ГНО устарели и не могут обеспечить должного уровня точности расчетов, в связи с чем возникает проблема необходимости разработки новой методики подбора, которая обеспечит эффективный подбор ГНО, снизит энергопотребление и увеличит время работы оборудования.

Цель настоящей работы:

- Разработкановой методики подбора ГНО, которая обеспечит эффективную работу оборудования на всем сроке эксплуатации и большую сходимость расчетных параметров с фактическими данными.

Задачи настоящей работы:

- Анализ текущих методик подбора и оценка эффективности на примере большого объема данных;
- Создание новой методики подбора ГНО, с учетом проведенного анализа;
- Проведение технико-экономического анализа.

Результат настоящей работы:

На 01.02.2018 г. произведен подбор для 15 скважин ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». Согласно фактическим замерам, методика, в сравнении с текущими методами, позволила сократить потребление электроэнергии на 10% при том же уровне добычи нефти.

**Научный руководитель:** к.т. н., доц. Каф. НГТ ГНФ ПНИПУ П.Ю. Илюшин

**А.Е. СТАРЦЕВА**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

Цель работы – на примере проектирования несущего монолитного железобетонного каркаса жилого дома, строящегося в сейсмическом районе (г. Геленджик), выявить особенности проектирования зданий, способных воспринимать землетрясения ожидаемой интенсивности с минимальным ущербом, и найти решения с оптимальными технико-экономическими показателями. Проектируемый объект представляет собой шестизэтажное жилое здание с монолитным железобетонным пространственным каркасом. В работе выполнено сравнение результатов расчетов, выполненных «вручную» с помощью известных методик действующих нормативных документов и с помощью программно-вычислительного комплекса Autodesk Robot Structural Analysis Professional. На основании анализа полученных результатов, а именно сейсмических сил и усилий от их воздействия, выполнено уточнение геометрии и основных типоразмеров элементов несущих конструкций каркаса, которые заложены в основу разработки рабочей конструкторской документации в выпускной квалификационной работе.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Л.А. Голдобина

**В.С. СТЕПИНА**

*Брянский государственный технический университет*

## **МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МДФ И ЛДСП МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ОАО «ДЯТЬКОВО-ДОЗ»**

Исследование показало, что на сегодняшний день у большинства деревообрабатывающих заводов по завершению цикла производства остается от 25 до 40 % вторичного сырья, которое не находит применения. Проблемы загрязнения окружающей среды, сокращение площадей лесных насаждений представляют собой глобальную проблему современности. Например, с территории Москвы на загородные свалки свозится свыше 5 млн. тонн древесных отходов. Другие регионы страны с деревообрабатывающими предприятиями имеют такое же положение. Таким образом, вопрос утилизации остатков древесного сырья весьма актуален на сегодняшний день.

Согласно данным Росстат, общий запас древесины в нашей стране достигает 82 млрд. м<sup>3</sup>. Это в 4 раза больше, чем в США, 16 раз больше, чем в Финляндии и в 40 раз больше, чем в Швеции. Более высок объем древесных отходов в отечественной деревообрабатывающей промышленности. Только в энергетических целях в России технически возможно использовать до 800 млн. тонн древесного сырья ежегодно.

На первоначальной стадии развития отечественной деревообрабатывающей промышленности, в первую очередь, возникал вопрос об утилизации отходов, поскольку они загромождали значительную часть территории, прилегающей к предприятию, а также повышали уровень возникновения пожаров. Сегодня этот вопрос до сих пор остается открытым.

На мой взгляд, наиболее эффективным способом утилизации отходов древесного сырья является брикетирование.

Данная технология позволит ОАО «Дятьково-ДОЗ» утилизировать отходы деревообрабатывающего предприятия, повысит экологичность производства, снизит затраты на электроэнергию, потребляемую предприятием, а также повысит рентабельность производства на 50%.

**Научный руководитель:** к.э.н., доц. Н.Е. Бойко

## **СПОСОБ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПУЛЬП**

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований применения виброакустических колебаний для интенсификации процессов классификации и повышения его эффективности. Описан физический механизм воздействия упругих колебаний на процессы классификации, сгущения, обезвоживания. Рассмотрены оптимальные режимы воздействия этих колебаний на различные технологические процессы обогащения.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют в каждом конкретном случае оценить эффективность процесса классификации суспензией на оптимальные режимы воздействия виброакустических колебаний в зависимости от гранулометрического состава суспензии, её концентрации, а также размеров и плотности взвесей. На базе проведенных исследований была спроектирована опытная промышленная виброакустическая установка для классификации угольных пульп на сите.

Предлагаемый принцип виброакустической классификации на неподвижных ситах может быть использован для создания новых высокоэффективных малогабаритных классификаторов для обезвоживания углей и шламов, обесшламливания рядовых углей и повышения производительности существующих элеваторных сборников на углеобогатительных фабриках.

Рассмотрен механизм воздействия виброакустических колебаний на процесс классификации угольных суспензий, который можно представить следующим образом. При прохождении суспензии через сито на его поверхности образуется плотный слой из угольных частиц, что приводит к резкому падению производительности процесса. При воздействии виброакустических колебаний происходит регенерация фильтровального элемента (восстанавливается его пропускная способность). Полученные результаты свидетельствуют об эффективности процесса виброакустической классификации. Дальнейшие работы должны быть направлены на конструкторские разработки промышленных образцов виброакустических классификаторов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Г.Б. Федоров

**Д.А. СУДАРИКОВ**

*Тверской государственной технической университет*

## **ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОБЫЧИ ТОРФА С УКРУПНЕНИЕМ ЧАСТИЦ**

В работе проведена оценка технико-производственных показателей добычи фрезерного торфа с укрупнением частиц различными способами.

Укрупненные частицы, запрессованные вальцовым формователем трапециевидного сечения в отличие от фрезерной крошки обладают однородным фракционным составом и отсутствием пылевидных фракций.

Добыча фрезерного торфа с укрупнением частиц рассматривалась для бункерных пневматических уборочных машин и подборщиков-погрузчиков. В технологический процесс для выполнения операции фрезерования с одновременным формированием организованного расстила был включен широко-захтный механизм МУК-В.

Для сравнения приведены показатели добычи фрезерного торфа по работающим в настоящее время технологическим схемам. Всего просчитано пять схем добычи топливного торфа. Первая схема – добыча пневмоуборочным комбайном Premier Tech (Канада) из расстила, длительность цикла один день, штабелирование МТФ-71 (Россия). Вторая схема – добыча пневмоуборочным комбайном Premier Tech из расстила, штабелирование МТФ-71, длительность цикла два дня. Третья схема – добыча погрузчиком ПТФ-15 (Россия) из пятицикловых валков валкователем ВЛТ-9 (Россия), штабелирование МТФ-71. Четвертая схема – добыча погрузчиком ПТФ-15 из трехцикловых валков валкователем ВЛТ-9, штабелирование МТФ-71. Пятая схема – добыча погрузчиком ПТФ-15 из одноцикловых валков валкователем ВЛТ-9, штабелирование МТФ-71.

Технологические показатели по срокам добычи, числу циклов и влажности фрезеруемого слоя для всех схем приняты по нормам технологического проектирования для фрезерного способа добычи торфа.

Вследствие оптимизации расстила, достигаемой формованием торфяной крошки в укрупненные частицы улучшается технологический процесс добычи.

На основании проведенного анализа установлено, что в схемах с получением укрупненных частиц трудоемкость добычи снижается в 1,7 – 2 раза.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. О.В. Пухова

**А.С. СУХИХ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ПОЛИМИКТОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

В настоящее время в нашей стране большинство месторождений с традиционными коллекторами уже выработано или находится на поздних стадиях эксплуатации. Данные обстоятельства вынуждают нефтяные компании все больше уделять внимание разработке технологий для рентабельного освоения низко- и сверхнизкопроницаемых коллекторов.

Месторождения с низкопроницаемыми коллекторами (НПК) отличаются невысокими показателями технологической эффективности их разработки на данном этапе развития науки и техники, поэтому их выделяют в особую группу.

Наиболее эффективным методом разработки нефтяных месторождений в мировой практике является традиционное заводнение нефтяных залежей. Но в разработке низкопроницаемых залежей традиционный метод заводнения показал себя как недостаточно эффективный.

Ряд особенностей низкопроницаемых пластов, таких как сложная структура порового пространства, набухание глин при контакте с водой, высокие давления закачки существенно осложняют их разработку. Для учета этих особенностей следует применять методы, ингибирующие глинонабухание, а также снижать поверхностное натяжение на границе фаз «вода – нефть».

Одной из перспективных технологий разработки низкопроницаемых полимиктовых песчаников является использование раствора ПАВ для закачки в продуктивный пласт. Для применения данной технологии необходимо правильно подобрать состав ПАВ для эффективного воздействия на нефтяной коллектор. Эффективный ПАВ должен иметь минимальную адсорбцию, предотвращать набухание глинистых пород, снижать межфазное натяжение на границе «вода – нефть», быть доступным и экологически безопасным.

Для проведения лабораторных экспериментов был выбран состав ПАВ, представляющий собой смесь неионогенного ПАВ и катионный ПАВ (подана заявка на патент). Выбранный ПАВ приводит к набуханию глинистых минералов, содержащихся в пласте, только на 0,2 %, что является отличным результатом и характеризует выбранный ПАВ как хороший ингибитор глинонабухания. Также данный состав проявил себя как преимущественно водорастворимый.

В результате лабораторных фильтрационных исследований было установлено, что закачка раствора ПАВ позволяет существенно понизить градиент закачки жидкости в пласт, эффективно ингибировать набухание глин, а также повысить коэффициент вытеснения нефти на 6-12%. По отобраным пробам в ходе фильтрации раствора ПАВ были получены значения адсорбции ПАВ на поверхности породы, которые составили  $1,88 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>2</sup>, которые можно охарактеризовать как низкие.

Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что применения технологии закачки раствора ПАВ в продуктивный пласт позволит повысить эффективность разработки низкопроницаемых полимиктовых коллекторов и увеличить конечную нефтеотдачу пласта.

**Научный руководитель:** М.К. Рогачев

**М.В. СУЧКОВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ В КАЧЕСТВЕ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА**

В ходе работы выполнена оценка возможности использования золы сжигания осадка сточных вод Юго-Западных очистных сооружений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в качестве полезного компонента с учетом степени опасности ее загрязнения тяжелыми металлами. По результатам биотестирования и рентгенофлуоресцентного анализа зола отнесена к IV классу опасности: установлены превышения содержания Cu, Pb, Zn и Mo. На основе проведенного литературного и патентного анализа в качестве способа сни-

жения содержания ТМ в золе на полигонах выбран метод фиторемедиации. Среди перспективных направлений дальнейшего использования рассматривались следующие: производство золопенобетона, керамики, кирпича, композиционных материалов дорожного строительства. Работа выполнена на базе Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета; по итогам исследования готовится подача двух заявок на изобретение.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. каф. геоэкологии Ю. Д. Смирнов

**А.В. СЮЗЕВ**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД ШТАНГОВОГО ГЛУБИННОГО НАСОСА**

В работе представлены основные принципы создания установки гидравлического привода штангового глубинного насоса ГПШГН с контролирующим автоматическим оборудованием и интеллектуальной станцией управления. Актуальность разработки обуславливается необходимостью применения насосов объемного типа при добыче нефти в осложнённых условиях. Данный привод может быть использован при добыче высоковязкой и тяжелой нефти, а также нефти с высоким содержанием асфальтосмолапарафиновых веществ. В работе описаны основные алгоритмы работы гидравлического привода. Конструкция привода позволяет настраивать такты нагнетания и всасывания по времени и скорости движения плунжера, а также длину хода штока без участия оператора. В работе приведены основные преимущества разработанной установки перед аналогичными гидроприводами и станками качалками. Доказана экономическая эффективность предлагаемой установки в сравнении с приводами УШГН применяемыми на данный момент.

При проектировании ГПШГН был учтен опыт эксплуатации аналогичных установок. Исключены проблемные узлы конструкции: датчик положения встроен в гидроцилиндр, уплотнительные соединения гидроцилиндра усилены и адаптированы под условия эксплуатации. В ИСУ установки заданы алгоритмы для выполнения следующих операций: вывод скважины на режим, поддержание оптимального режима работы насоса, регистрация КВУ.

При разработке установки были рассмотрены варианты рекуперации энергии. Доказана эффективность только одного вида рекуперации: энергия тратится на элементы, которые не требуют бесперебойную подачу электроэнергии. Например, на нагрев или охлаждение рабочей жидкости гидроцилиндра, обогрев устьевого арматуры.

Постоянный контроль параметров работы скважины и ГНО позволит увеличить срок работы насоса в оптимальном режиме. Экономическая эффективность данной установки выражена в увеличении МОП на 20-30%, а также сокращения удельного энергопотребления установки в сравнении с аналогами.

**Научный руководитель:** к.т.н., директор НОЦ ГиРНГМ П.Ю. Илюшин

**Д.С. ТЕЛЕНЬКО**

*ФГАОУ ВО Северо-Кавказский Федеральный Университет*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕТАЛЬНОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПРИЭЛЬБРУСЬЯ**

На территории Приэльбрусья обнажения триаса представлены Кумской, Нефтекумской и Култайской свитами и приурочены они к области денудации. На территории Восточного Предкавказья аналогичные породы доюрского возраста, распространённые на глубинах более 3 км, по данным обработки кернового материала, описания шлифов и анализа шлама представлены известняками в различной степени доломитизированными с прослоями и пачками аргиллитов, алевролитов, а иногда песчаников, и характеризуются значительной уплотненностью и низкой эффективной пористостью. Если взять во внимание, что основные перспективные нефтегазоносные горизонты доюрского возраста на территории Восточного Предкавказья приурочены к карбонатным породам Нефтекумской свиты, то детальное изучение минерального состава карбонатных пород, например, Приэльбрусья может принести полезную информацию.

В докладе приводятся результаты детального анализа минерального состава карбонатных пород, выполненного методом рентгеновской дифрактометрии, исследовались образцы известняков, в которых были обнаружены отпечатки флоры и фауны, в том числе исследовались образцы собранные авторами при прохождении учебных геологических и геофизических практик в Ставропольском крае и КЧР.

Для определения минерального состава автор использовали результаты структурного анализа горной породы методом рентгеновской дифрактометрии, исследования выполнялись на рентгеновском дифрактометре ARLX'TRA. В базе данных порошкового дифрактометра «зашито» в качестве эталонов более 200 тысяч структур, в том числе минералов. Поиск структур выполняет компьютер по кристаллографической «фазе» вырисовывая уникальную дифрактограмму – набор линий, характеризующихся положением и интенсивностью пиков, которые можно использовать для идентификации. Выполненный качественный и количественный фазовый анализ известняков расположенных на различных территориях выявил схожесть минерального состава разновозрастных горных пород в Приэльбрусье.

**Научные руководители:** А.-Г. Г. Керимов, д. т. н., доц. О. Е. Зеливянская

**К.А. ТЕЛЬМАНОВА**

*Южно-Уральский государственный университет  
(Национальный исследовательский университет)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПАРАМЕТРЫ ГОРЮЧЕСТИ СМЕСИ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ С ВОДОЙ**

Карбид кальция принадлежит к группе веществ, способных самовоспламеняться при контакте с водой. В промышленности используется как источник получения ацетилена. Химическая активность карбида по отношению к воде столь велика, что он разлагается даже кристаллизованной водой, содержащейся в солях.

Ацетилен - эндотермическое соединение, поэтому при определенных условиях его разложение легко может перейти во взрыв. В горнодобывающей промышленности ацетилен используется при производстве взрывчатых веществ.

Целью работы является определение условий, при которых возможно самовоспламенение ацетилена, выделяющегося в результате реакции карбида кальция с водой.

Термодинамический расчет позволил определить минимальное количество карбида кальция, которое нагрело бы исследуемую смесь до температуры самовоспламенения ацетилена.

Экспериментально изучено влияние ряда факторов: состав смеси (соотношение карбида кальция и воды) и дисперсность зерна на самовоспламенение карбида кальция.

На основе проделанных экспериментов сделаны следующие выводы:

1. Термодинамическая оценка показывает, что достижение необходимого уровня температуры для самовоспламенения ацетилена возможно и легко достижимо.

2. Установлена существенная зависимость температуры образующегося ацетилена от исходной формы карбида кальция, а температуры смеси вода-карбид кальция -от количества используемой воды. Продолжительность разложения карбида в кусковом виде в среднем в 4 раза дольше, чем продолжительность разложения карбидного порошка. Если производить разложение одинаковых количеств карбида кальция различными постепенно увеличивающимися количествами воды, то температура получаемой смеси вода-карбид кальция будет постепенно повышаться.

3. Карбид кальция при контакте с водой может привести к воспламенению в двух случаях: либо при больших количествах карбида кальция, либо при наличии источника зажигания.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. Солдатов А.И.

**Т.В.ТИНЬГАЕВ**

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА МАРШРУТА В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

Вопрос определения геолокации является важной проблемой в повседневной работе сотрудников подземных сооружений.

Цель работы: рассмотреть и выявить различные подходы к проектированию и разработке навигационной системы в подземном сооружении со сложной архитектурой. Задачи:

- Сравнительный анализ средств навигации
- Обоснование и выбор алгоритма поиска кратчайшего пути
- Адаптация алгоритмов и методик навигации, расчёта длин путей

По результатам исследования было установлено, что существующие технологии являются неактуальными, так как они не умеют определять уровень по высоте, сигнал GPS не проходит под землей, а размещение Bluetooth-маячков является слишком затратным способом.

Учитывая специфику архитектуры большинства подземных сооружений, был сделан вывод, что целесообразным способом определения местоположения будет указание номера ближайшего настенного ориентира, например, номера участка или забоя. Использование данного способа не требует дополнительных затрат. В части подхода к выбору алгоритма расчета проложения маршрута следует выделить следующие варианты: Дейкстры, Левита, Йена, Флойда - Уоршелла, Дейкстры – Грибова, Форда-Беллмана, Джонсона. Из всех алгоритмов на практике проще реализуется алгоритм Дейкстры. Также он имеет преимущество, так как нет необходимости работать с отрицательным весом дуг. Сложность алгоритма составляет  $O(n^2 + m)$ , где  $n$  – количество вершин графа,  $m$  – количество ребер графа. По сложности алгоритм Левита ( $O(n*m)$ ) превосходит алгоритм Дейкстры, но уступает в том, что некоторые вершины обрабатываются повторно. Полученные результаты являются основой для разработки мобильного приложения поиска маршрутов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. А.О. Аристов

**А.И. ТОРЧКОВ**

*Тверской государственной технической университет*

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСТИЛА КУСКОВОГО ТОРФА ПРИ ФРЕЗФОРМОВОЧНОМ СПОСОБЕ ЕГО ДОБЫЧИ**

Одно из основных направлений торфяного производства – добыча кускового торфа, используемого в качестве местного коммунально-бытового топлива. В этом случае удастся минимизировать транспортные расходы, что позволяет увеличить экономическую эффективность его использования по сравнению с дальнепривозными видами твердого и жидкого топлива. Как правило, кусковой торф добывается методом целевого фрезерования залежи с последующей экструзией пластичной торфяной массы через формирующие насадки, стилки и сушки кусков в полевых условиях.

Цель работы заключалась в оптимизации критерия слоя и размеров торфяного куска для наиболее полного использования конкретных метеорологических условий Тихвинского района Ленинградской области. Для расчета продолжительности сушки кускового торфа был разработан алгоритм и составлена блок-схема на основе методики ВНИИТП. Расчеты были проведены для торфа верхового типа со степенью разложения 23 % при варьировании диаметров кусков от  $d = 0,06$  до  $d = 0,1$  м при различных критериях слоя. Их длина при этом составляла  $l = 1,5 \dots 2 d$ .

Аналитически установлено, что максимальное значение сезонных сборов достигается в диапазоне значений критерия от 0,75 до 1,1. Причем наилучшие показатели отмечаются при уменьшении значений диаметров. Это происходит вследствие значительного уменьшения продолжительности сушки таких кусков и, следовательно, увеличения числа технологических циклов. Лимитирующим фактором по размерам куска (с учетом усадки) служат характеристики технологического оборудования.

Таким образом, для условий Ленинградской области Тихвинского района аналитически обосновано достижение сезонных сборов 700 т/га при соблюдении оптимальных параметров растила. В качестве технологического оборудования возможно применение отечественных, зарубежных и смешанных комплектов для добычи (фрезформовочным способом), стилки, сушки и уборки кускового торфа. Все машины агрегируются с колесными тракторами. Срок окупаемости данной технологии – четыре года.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. Г.Е. Столбикова

**И.Н. ТРИФОНОВА**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КРИОДЕЭМУЛЬГИРОВАНИЯ КАК СПОСОБА РАЗДЕЛЕНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ**

Утилизация шламов, образующихся при добыче и переработке нефти – одна из важнейших задач нефтяной промышленности. Нефтяные шламы представляют собой трудноразделимые водонефтяные системы (ВНС), стабилизируемые асфальтенами, смолами и парафинами.

Применяемые в настоящее время методы разделения, например, термохимическое воздействие и центрифугирование, становятся все менее эффективны ввиду постоянного повышения стойкости сложных эмульсий. В связи с этим, востребован поиск новых способов разрушения трудноразделимых ВНС.



Одним из альтернативных методов разделения ВНС является криодеэмульгирование (разделение ВНС путём их промораживания и последующего оттаивания).

Огромное разнообразие компонентов, слагающих дисперсионную среду ВНС, приводит к различному характеру их разделения при криодеэмульгировании (КДЭ). Данные отличия заставляют искать различные пути в изучении криодеэмульгирования ВНС.

Одним из передовых инструментов изучения эффекта КДЭ является его микроскопирование. Микроскопия ВНС, подвергнутых КДЭ, позволила подтвердить ранее существовавшие теоретические предположения о ходе процесса, а также расширить понимание природы КДЭ. Так, в ходе исследований было получено подтверждение предположений о рифтообразном растрескивании нефтяной фазы и создании водоносных коридоров, как необходимого условия процесса КДЭ. Были изучены и разработаны схемы микроскопирования криодеэмульгируемых ВНС.

Дальнейшее развитие методов микроскопирования позволит глубоко расширить представления о КДЭ. В сочетании с другими методами исследований это поможет изучить процессы, протекающие в ВНС при их промораживании и оттаивании. Всё это позволит совершенствовать уже имеющиеся способы осуществления КДЭ, а также создавать принципиально новые аппаратные схемы криодеэмульгирования ВНС.

**Научный руководитель:** асс. каф. ХТПНГ А.М. Ермеев

**Е.Ю. ТРОШИНА**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОГО ОСНОВАНИЯ НА ПРИНЦИПАХ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО САМОЗАЦЕПЛЕНИЯ**

Западная Сибирь – широкий край, богатый полезными ископаемыми и нуждающийся в ее освоении. Но суровые погодные условия и заболоченные участки, заметно отличающиеся от центральной России, усложняют процесс прокладки дорожных путей к местам добычи ресурсов. Для того чтобы улучшить дорожное покрытие в Сибири и усовершенствовать дорожно-строительные процессы, производители следят за инновационными технологиями. Поэтому созревает задача рассмотрения нанотехнологий, которые в перспективе способны повысить качество и износостойкость покрытий, а также значительно уменьшить затраты на строительство и обслуживание дорог. Одним из путей решения проблемы может стать строительство так называемых плавающих дорог из легких пенобетонных сегментированных конструкций с использованием технологии пошаговой сборки и топологического самозацепления.

Рассматриваемая дорожная конструкция выглядит следующим образом. Дорожное основание, соответствующее прочности материала и структуры, пропитано смолоподобным продуктом и покрыто высокопрочным тканым геотекстилем. Поверх такой конструкции, заменяющей стандартную насыпь, далее можно прокладывать слой щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Вся суть такой конструкции заключается в дорожном основании, состоящего из «архимата». Это понятие обозначает материал с заданной внутренней архитектурой на масштабном уровне, большем, чем микроструктурном. К этой категории относятся и топологические самозаклинивающиеся материалы, состоящие из блоков малого размера, которые далее формируют материал макроразмерных конструкций. Главное отличие такого класса материалов и конструкций, изготовленных из них, – монолитность и сегментированность. Данная структура, состоящая из отдельных блоков особой формы, ориентирована таким образом, что каждый сегмент при должном зацеплении не поддается движению по всем трем осям. Пример такой геометрии – остеоморфные блоки, самозацепление которых обеспечивает их выпукло-вогнутая форма контактирующих поверхностей. После сборки таких блоков ни один из сегментов извлечь из конструкции невозможно, а благодаря «мозаичности» материала его сопротивляемость разрушению возрастает. Для разработки и создания такого типа сегментов применение нашло компьютерное моделирование.

В программе AutoCAD с трёхмерной [системой автоматизированного проектирования](#) и черчения велись поиск и построение моделей топологических самозацепляющихся блоков, которые собирались бы в трехслойное полотно, закрепляющееся по краям аналогичной рамкой. Взяв за основу классическую форму куба, при помощи элементарных команд программы, были выполнены две детали, одна из которых – блок наружного слоя конструкции, а вторая – блок внутреннего слоя. Произведенная выпукло-вогнутая форма этих блоков соответствует условию последовательного самозацепления при сборке, а также удобна в производстве не только при литье, но и фрезерованием.

Одно из особенных отличий сегментированных конструкций, выполненных с принципом топологического самозацепления, – это сохранение их работоспособности под нагрузкой, даже если разрушена часть блоков. То есть эксплуатационная живучесть такой конструкции способна выполнять свои основные функции, несмотря на повреждения. Чтобы подтвердить эти свойства, далее будет выполнен комплекс работ по

математическому усовершенствованию формы самозацепляющихся блоков и созданию макета конструкции дорожного покрытия с проведением соответствующих испытаний.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В.Ю. Пириайнен

**Р.А. ТУХВАТУЛЛИНА**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЗОНДА В ТРУБОПРОВОДАХ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ**

В связи с увеличением количества промышленных комплексов и протяженности трубопроводов растёт необходимость диагностики их скрытых дефектов для своевременного принятия мер по предотвращению аварийных ситуаций. Применяемые методы контроля успешно справляются со своей задачей, но существуют труднодоступные трубопроводы сложной геометрической формы, нуждающиеся в периодической диагностике. Например, трубчатые змеевики печей пиролиза диаметром от 57 до 426 мм и длиной от 6 до 24 м обладают множественными изгибами. В связи с этим возникла задача разработки внутритрубного диагностического устройства, обладающего компактными размерами, гибкостью, малым энергопотреблением и возможностью привязки диагностической информации к конструкции трубопровода.

При прохождении полости трубопровода снаряд меняет своё положение не только по траектории пройденного пути, но также и вращается в трёх плоскостях. Для того, чтобы соотнести показания измерительных сенсоров с их точным местоположением в исследуемом объекте, необходима навигационная система, позволяющая определить координаты в трёхмерном пространстве и соответствующая требованиям массогабаритных характеристик. Принято решение использовать для ориентации дефектоскопа в пространстве систему, основанную на микроэлектромеханических датчиках.

Для проведения экспериментов создан макет навигационной системы на базе платформы Arduino и миниатюрного сенсора положения, состоящего из трёхосевых акселерометра, гироскопа и магнитометра. Данный подход позволяет получить полную картину передвижения дефектоскопа. Разработано программное обеспечение, позволяющее отслеживать координаты исследовательского зонда как в режиме реального времени, так и архивировать данные в отдельный файл.

**Научный руководитель:** к. т. н., доц. С.В. Емец

**А.А. ТЫНТОРОВ**

Санкт-Петербургский Горный университет

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОГО ИНСТРУМЕНТА, ИЗГОТОВЛЕННОГО МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО АДДИТИВНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

Развитие машиностроительной отрасли в настоящее время в значительной мере связано с сокращением объема отходов производства и числа операций в производственной цепи. Реализация этой задачи возможна благодаря применению технологий, обеспечивающих придание заготовке формы, близкой к форме готового изделия, за одну технологическую операцию. Новым витком в развитии машиностроения стало появление и глубокая разработка методов аддитивного производства, объединяющих технологии изготовления деталей на основе трехмерной САПР-модели без использования формообразующих элементов и механической обработки. В начале своего развития аддитивные технологии ориентировались на производство прототипов. Сегодня они объединяют широкий класс технологических процессов изготовления изделий.

Зачастую при лазерной наплавке в качестве основного оборудования используется пятикоординатный фрезерный станок, оснащённый системой ЧПУ, которая и отвечает за перемещение лазерной головки согласно выбранной стратегии.

Относительное перемещение лазерного луча и рабочей поверхности позволяет наносить материал по выбранной траектории, а послойное наложение контуров – создавать трехмерные объекты. Лазерная наплавка широко применяется для ремонта изношенных деталей, модификации поверхности и изготовления средне- и крупногабаритных изделий с невысокими требованиями к качеству поверхности, точности размеров и значительными припусками на механическую обработку. Однако при миниатюризации зоны обработ-

ки стало возможным изготовление и малоразмерных и тонкостенных изделий с более высоким качеством поверхности.

В настоящий момент больший упор сделан на получение удовлетворительной структуры материала напечатанных изделий, а не качества поверхности, поэтому после печати заготовки подвергаются дополнительной финишной механической обработке. Основные эксплуатационные свойства деталей машин зависят не только от точности их изготовления, но в значительной мере определяются качеством их поверхностей. Одной из основных характеристик качества поверхности является шероховатость. При обработке деталей колебание твердости заготовок, припусков и исходной шероховатости, а также износ инструмента приводят к изменению шероховатости обрабатываемой поверхности. Так при затуплении режущего инструмента шероховатость поверхности в процессе обработки при точении может увеличиться на 50... 60 %.

Использование виброустойчивых свойств державок, изготовленных по предлагаемому способу, наиболее приемлемо при чистовой и тонкой обработке на высоких скоростных режимах резания при малой жесткости заготовок, переменной, непрерывной или прерывистой поверхности обработки, когда предъявляются повышенные требования к геометрической точности обрабатываемого профиля детали и шероховатости поверхности. Новое техническое решение позволяет повысить виброустойчивые свойства режущего инструмента, увеличить его стойкость, улучшить качество обрабатываемой поверхности и повысить геометрическую точность деталей. Универсальность конструкции позволяет использовать виброустойчивый инструмент вместо стандартных резцов с тем же оборудованием.

**Научный руководитель:** д.т.н. проф. В.В. Максаров

**М.Н. УФИМЦЕВА**

*Тюменский индустриальный университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЯХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД СПИНОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

На сегодняшний день в части вопросов формирования залежей углеводородного сырья многие, если не большинство геологов, считают температуру. В нефтях и природных углеводородных газах преобладают метильные и метиленовые группы, которых практически нет в растительном и животном мире и которые являются основой для захороненного рассеянного органического вещества пород.

Для разрыва связей  $-C-C-$  (углерод—углерод) в твердом органическом веществе необходима энергия не менее 50— 60 кал/моль при температуре 320 °С. Таких температур нет в разрезах осадочных пород, где имеются залежи углеводородного сырья. Залежи нефти в процессе своего формирования температурный интервал до 320 °С уже прошли. Нужно искать другой источник энергии кроме температурного. Таким источником на сегодняшний день служит спиновая молекулярная энергия, которая имеется в самом органическом веществе.

В данной работе рассмотрена принципиальная технологическая схема искусственного получения залежей нефти из органического вещества битуминозных глинистых пород в пластовых условиях недр заключается в создании условий для разбиения молекул органического вещества. Приведены результаты промышленных испытаний по примитивной технологии искусственного формирования залежей. Показаны перспективы развития искусственного получения залежей.

**Научный руководитель:** ассистент, Н.М. Паклинов

**И.В. УХЛИН, М.А. ФЕДОРОВА**

*ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ**

На сегодняшний день углеводородное топливо является основным источником энергии и достойной альтернативы ему не предвидится ещё долгое время. Основная проблема состоит в том, что углеводородное топливо в виде полезных ископаемых исчерпаемо, и темпы роста потребностей человечества в энергии приводят к иссяканию этих ресурсов. Сейчас главенствующую роль в энергетике играют природный газ и нефть, но исследования, проведённые учёными разных стран, показывают, что реальных запасов нефти на Земле хватит на 40 - 50 лет, природного газа – на 30 - 40 лет, запасов же угля хватит на 200 - 250 лет. Для

разведки новых запасов и добычи полезных ископаемых требуется большое количество людей в экспедиции. Из-за удаленности объектов геологоразведки от населенных пунктов необходимо создать условия их автономного обеспечения электроэнергией, требуются такие автономные источники электроэнергии, как электрогенераторы.

При выборе электрогенератора руководствуются его энергоэффективностью, а именно, получением максимально возможного количества электричества при наименьшем расходе топлива. Установку электрогенератора должны производить как можно ближе к потребителям при соблюдении всех санитарно-гигиенических норм. Существует несколько типов электрогенераторов, каждый из них имеет свои преимущества. Наиболее широкое применение получили дизельные электрогенераторы, хорошо зарекомендовавшие себя как самый надежный тип автономных источников электрической энергии. Данный тип электрогенераторов при более низком, чем у бензинового электрогенератора расходе топлива (порядка 2-3 л/час), имеет более быструю окупаемость.

В работе выполнено описание системы обеспечения электроэнергией автономного жилого комплекса, а так же приведено обоснование выбора дизельного топлива в качестве топлива для электрогенератора. Проведен расчет затрат на содержание и использование электрогенератора.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Б.М. Конюхов

**Д. В. ФАДЕЕВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ФОРМИРОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ ПЛАВУЧЕЙ ПЛАТФОРМЫ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ИЗ НЕОСУШЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Интенсификация торфяного производства ставит приоритетной задачей перевооружение торфяной отрасли новым и модернизированным оборудованием на базе энергоэффективности и энергосбережения. Решая поставленную задачу, предлагается инновационная разработка комплекса для добычи и переработки торфяного сырья. Комплекс предполагается размещать на плавучем средстве, которое поддерживает на плаву модули и оборудование автономного комплекса для добычи и переработки торфяного сырья. Плавучая платформа, составлена из модульных понтонов. На боковых гранях понтонов установлены специализированные фиксирующие элементы, служащие для соединения модульных понтонов между собой в единую платформу. Корпуса полусцепок выполнены телескопическими с силовым элементом в виде линейных двигателей, например, гидроцилиндров. Над понтонами установлена несущая рама каркасного типа.

Модульная конструкция понтонного основания позволяет решать следующие задачи:

- удобная транспортировка к месту развёртывания;
- высокая мобильность и скорость сборки/разборки понтонных конструкций;
- перевозка и хранение на воде специальной техники и оборудования;
- использование плавучих понтонных конструкций в качестве платформы;
- на данные плавсредства можно устанавливать различные технологические модули и т.д.

Любой ряд понтонов внешнего периметра имеет возможность ограниченного шагового фронтального перемещения в линейных и угловых направляющих понтонов относительно рамной конструкции линейными двигателями полусцепок без потери контакта соответствующих стоек рамной конструкции с направляющими понтонов. К преимуществам такого сооружения можно отнести:

- прочность и гибкость;
- возможность якорного крепления;
- простоту монтажа и обслуживания;
- быстроту монтажа и демонтажа;
- экологическую безопасность материала;
- разнообразие дизайна и комплектации;
- большой ресурс эксплуатации;
- возможность обеспечения установленного уровня над водой.

В направляющие понтонов установлены опоры стоек, а для перемещения стоек основания платформы относительно поверхности понтонов установлены в специальные подшипники, представляющие собой подшипники скольжения полужидкостного трения обеспечивающие линейное перемещение со специальными антикачковыми маслами. Эти опоры характеризуются высокой контактной жёсткостью и хорошими демпфирующими свойствами. Кроме того, обеспечивают надёжную фиксацию подвижного узла после его перемещения в заданную позицию.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. С.Л. Иванов

**И.Р. ФАЗЫЛОВ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ОЦЕНКА МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА В НЕФТЯНЫХ ШАХТАХ НА ПРИМЕРЕ “ЯРЕГАНЕФТЬ”**

В работе проводится оценка методов регулирования теплового режима в нефтяных шахтах. Вводятся организационно-технические решение по нормализации микроклимата, производится расчет температуры в выработках добычного участка и сравнение полученных данных с нормами по охране труда. Целью оценки методов регулирования теплового воздействия в нефтяных шахтах является обоснованный выбор организационно-технических решений по нормализации микроклимата в выработках согласно нормам охраны труда и изучение эффективности этих методов по решению проблем с повышенными температурами в шахтах при термощахтной добыче нефти.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. С.Г. Гендлер

**Г.Р. ФАИЗОВА**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

## **АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОЛОГО - ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Большинство разрабатываемых месторождений нефти находятся на поздних стадиях разработки и характеризуются значительной выработкой запасов и высокой обводненностью скважин. В этих условиях актуальность приобретают геолого-технические мероприятия, направленные на выявление зон с остаточными запасами нефти и извлечение этой нефти на поверхность.

В данной работе было проанализировано более 500 добывающих скважин и около 200 нагнетательных скважин. Построены и проанализированы графики разработки залежи. Выполнен детальный анализ причин обводненности скважин, а именно влияние закачиваемой воды, прорывы пластовой воды, продвижение ВНК в процессе эксплуатации. Изучена эффективность существующей системы поддержания пластового давления, рассмотрены все скважины с целью определения оптимальных объемов закачки и не превышения давления нагнетания.

Для выявления наиболее успешных мероприятий был проведен анализ эффективности ГТМ: было рассмотрено около 1000 различных видов геолого-технических мероприятий. Результаты анализа позволили выделить оптимальные виды ГТМ для совершенствования разработки залежи. В первую очередь это мероприятия, направленные на решение проблемы неравномерной выработки запасов объекта.

Выявлено, что одним из перспективных методов по оптимизации системы разработки и эффективной выработки запасов при минимальных затратах для изучаемой залежи является перевод с нижележащих горизонтов на рассматриваемые отложения с применением технологии одновременно – раздельной эксплуатации. Определены критерии применимости данной технологии в зависимости от геологических условий и состояния разработки. В результате рекомендовано проведение 160 операций возврата и одновременно-раздельной эксплуатации пластов-коллекторов, что позволяет экономить значительные средства и материальные ресурсы.

**Научный руководитель:** зам. директора ИГиНГТ по инновационной деятельности В.А. Судаков

**Р.Р.ФАЙЗЕТДИНОВА**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

## **ФИЗИКО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ТУРНЕЙСКИХ НЕФТЕНОСНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПО ДАННЫМ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН НА ЮЖНОМ СКЛОНЕ ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА**

В связи с тем, что запасы нефти в терригенных отложениях истощаются, большой интерес привлекают карбонатные отложения каменноугольного возраста. В тоже время эти породы-коллекторы характери-

зуются своим сложным строением, что затрудняет процессы добычи нефти. В связи с этим актуальным становится изучение их строения и особенностей формирования емкостного пространства.

Основной целью данной работы является установление физико-литологических особенностей строения турнейского яруса по данным шлифов карбонатных пород и фильтрационно-емкостных свойств пород керна, отобранного из трех скважин, пробуренных на Южном склоне Южно-Татарского свода.

В результате изучения образцов, было выявлено наличие трех петрофизических классов карбонатных пород по Р.Данхему (1962 г.) – грейнстоун, пакстоун и вакстоун, где наиболее хорошими емкостными свойствами обладают породы с преимущественно зернистой структурой и не содержащие глинистый материал – грейнстоун. В шлифах наблюдались вторичные изменения – кальцитизация и доломитизация, которые отрицательно сказываются на коллекторских свойствах. Встречаются стилолитовые швы, образованные в процессе термохимических изменений и механической деформации пород. Также были построены графики зависимости проницаемости от пористости и построена модель расчленения нефтеносного разреза турнейских отложений по каждой скважине, где интервалы нефтеносности устанавливались на основе результатов геофизических исследований и керна.

На основе выполненной работы можно предполагать, что фильтрационно-емкостные свойства повышаются при переходе от пакстоунов к грейнстоунам, что связано с глубиной залегания, от размера и сортировки частиц, а также типа межпорового цемента.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., проф. Н.Г.Нургалиева

**А.А. ФАРУКШИН**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **ГАЗОГИДРАТЫ. ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ**

Все чаще и чаще поднимается вопрос освоения нетрадиционных запасов углеводородов, коими являются углеводороды плотных коллекторов, метан угольных шахт, высоковязкие нефти. К ним же относятся и газовые гидраты. Газовые гидраты – соединения, в которых молекулы газа заключены в кристаллические ячейки, состоящие из молекул воды, удерживаемых водородной связью. На сегодня уже выявлено более 230 газогидратных залежей. Стоит отметить, что 97% всех выявленных газогидратных залежей сосредоточены в Мировом океане. Остальные же 3% залежей сосредоточены на суше, в зонах вечной мерзлоты.

Несмотря на то, что газовые гидраты являются исключительно ценным минеральным сырьем, в силу того что они сосредотачивают огромные ресурсы газа, попытки их изучения, поисков и разработки сталкиваются с уникальными, присущими только для данного вида сырья проблемами. Проблемы изучения возникают из-за того, что наша страна на данный момент не сильно заинтересована в газогидратах, хотя всем известная Мессояжская газогидратная залежь была открыта и введена в эксплуатацию именно в СССР. Изучение ведется лишь несколькими научными институтами и группами энтузиастов. В США, например, газогидраты изучаются в 15 научных лабораториях. Проблема поисков возникает из-за того, что газогидратные залежи могут существовать далеко не во всей площади Мирового океана. Можно использовать уже известные методы и средства геофизических исследований для разведки газогидратов, но проблемой на стадии разведки является оценка ресурсов, так как определение гидратонасыщенности разреза является весьма проблематичным. Последней же проблемой является то, что еще не существует такой системы разработки газогидратных залежей, при которой бы учитывались в совокупности геологические, технологические, экономические и экологические критерии. Газогидратные залежи имеют свойство разрушаться при нарушении равновесных *P-T* условий, что может привести к экологическим катастрофам.

В данной работе рассматриваются исследования газогидратов иностранными государствами и перспективы Арктических регионов РФ.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., ассистент каф. ГНГ Ю.В. Нефедов.

**Ф.Р. ФАТИХОВА**

*Самарский государственный технический университет*

## **СОВРЕМЕННОЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ДЕЙСТВУЮЩИМИ ГОСТ**

В работе представлен анализ современных отечественных приборов для экспресс-определения показателей качества нефти и нефтепродуктов.

Приводится сравнение характеристик отечественных и импортных анализаторов, по результатам которого выбирается наиболее перспективное оборудование для дальнейшего замещения на производстве. Кроме того, рассмотрена возможность применения мобильных лабораторий для применения в экстренных ситуациях в организациях системы «Транснефть».

Производится расчёт контроля качества результатов измерений при испытании дизельного топлива с помощью отечественного анализатора серы в химико-аналитической лаборатории ЛПДС «Сызрань». Выполнено построение карт Шухарта по контролю погрешности, повторяемости и внутрилабораторной прецизионности, их интерпретация.

**Научный руководитель:** к.п.н., доц. Г.М. Орлова

**А.Т. ФЕДРОВ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ИТТЕРБИЯ, ИТТРИЯ, ЭРБИЯ И ЖЕЛЕЗА В ПРОЦЕССЕ ИХ РЕЭКСТРАКЦИИ ИЗ РАСТВОРОВ Д2ЭГФК**

Обеспечение экономики страны редкоземельными металлами носит критический характер для национальной безопасности и является важным условием модернизации промышленности. Принимая во внимание ресурсный потенциал Хибинской группы апатитовых месторождений, повышение глубины переработки этих руд с целью извлечения редкоземельных металлов является стратегической задачей.

Задачей настоящего исследования является определение факторов, влияющих на процесс экстракции различных РЗМ (иттрия, эрбия и иттербия) и железа из фосфорнокислых растворов и реэкстракции их из органической фазы, полученной на основе этих растворов.

В ходе работы проведено исследование экстракции иттербия из модельных растворов при различных значениях исходной концентрации иттербия, соотношения фаз, времени обработки и скорости перемешивания, исследование реэкстракции иттербия из органической фазы и исследование реэкстракции железа и РЗМ из органической фазы, которая была получена при обработке технологического раствора фосфорной кислоты смесью керосина и Д2ЭГФК в пропорции 1:1.

Установлено, что предварительная обработка органической фазы раствором перекиси водорода, добавление в реэкстрагент оксалата аммония и повышение температуры слабо влияют на процесс реэкстракции иттербия. Добавление трибутилфосфата в органическую фазу значительно увеличивает степень извлечения иттербия. Определены оптимальное число стадий, тип и концентрации реэкстрагента на каждой стадии реэкстракции, а также оптимальные соотношения объемов органической и водной фаз.

**И.С. ФИАЛКОВСКИЙ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИИ ЭРБИЯ И ИТТРИЯ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТОЙ ИЗ НИТРАТНЫХ СРЕД, В ПРИСУТСТВИИ БРОМА**

Редкоземельные металлы (РЗМ) находят своё применение в обширных областях промышленности, электроники, медицины, а также атомной энергетике. Такие РЗМ как иттрий и эрбий применяются для изготовления лазеров, высокотемпературных сверхпроводников, а также как добавки при изготовлении сплавов черных и цветных металлов. Однако, не смотря на высокий спрос металлов, их добыча и производство не могут обеспечить рынок достаточным сырьем, что сказывается на высокой стоимости РЗМ.

Сегодня главным экспортером редких земель, в том числе и в Россию, является КНР, которая благодаря тотальному контролю над производством РЗМ, влияет на рыночные цены и фактически создает их. Учитывая тот факт, что Россия занимает второе место в мире по запасам редких металлов и согласно политике импортозамещения, первоначальной задачей является развитие собственных эффективных технологий для извлечения РЗМ.

Была изучена экстракция эрбия (III) и иттрия (III) олеиновой кислотой из нитратных сред в присутствии анионов брома. Задачей исследования было определение влияния на экстракцию РЗМ из водной фазы концентрации бромид анионов в условиях гидролиза, при pH=5 и без него при pH=4. Экстракцию проводили из модельных растворов с концентрацией катиона РЗМ 0,01 моль/л, в соотношении водной и органической фаз 1 к 10 при постоянной скорости перемешивания.

При  $pH=4$  линейная зависимость коэффициента распределения РЗМ от концентрации галогенид-иона близка к линейной, при повышении концентрации галогена, происходит монотонное увеличение степени извлечения, что связано с увеличением ионной силы раствора.

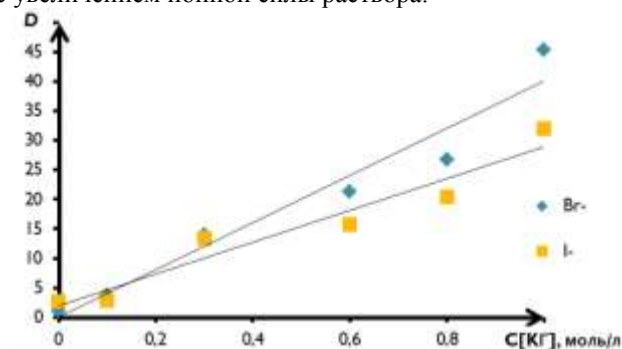


Рис. 1 Зависимость коэффициента распределения от концентрации галоген-иона при  $pH=4$

При значении  $pH=5$  наблюдается нелинейная зависимость коэффициента распределения от концентрации бромидов, что может быть обусловлено гидролизом соли РЗМ и образованием гидроксокомплексов. Однако извлечение элементов, равно как и степень их разделения, в целом возрастает с ростом содержания бромидов калия.

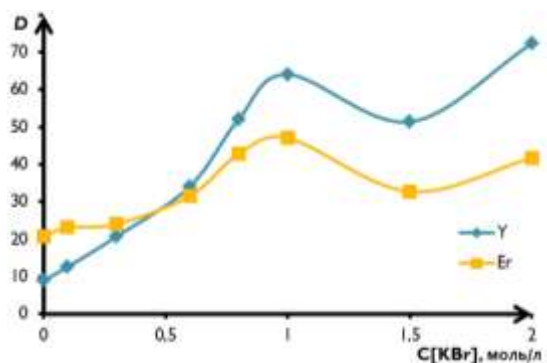


Рис. 2 Зависимость коэффициента распределения от концентрации КВг при  $pH=5$

Научный руководитель: д.т.н. доц.кафедры Физической химии Т.Е. Литвинова

**А.А. ФИРСТОВ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ СВАРОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

В настоящее время сварка является наиболее выгодным процессом создания неразъемных соединений, но, как и все технологии, имеет свои недостатки. Одним из них можно назвать возникновение остаточных сварочных напряжений (ОСН) в зоне шва.

В большинстве случаев формирование остаточных напряжений является следствием протекания пластических деформаций в период нагревания металла. В процессе последующего его остывания происходят деформации конструкции – изгиб, укорочение, в некоторых случаях даже потеря устойчивости.

Формирование окончательных напряжений связано с завершением сварочных работ в конструкции и освобождение от закрепляющих нагрузок. Вследствие протекания пластических деформаций происходит перераспределение НДС конструкции, результатом является появление остаточных деформаций и напряжений, которые, в свою очередь, влияют на внутренние напряжения в самой сварной конструкции.

Максимальные значения остаточных сварочных напряжений для низкоуглеродистых сталей обычно близки к пределу текучести металла. Они изменяют свои значения от максимальных на оси шва и достигают нуля при движении к околошовной зоне.

В настоящее время существует большой арсенал методов борьбы с остаточными сварочными напряжениями, но ни один из них, в силу своих специфических особенностей, не является универсальным.



В наше время всё большую актуальность приобретают ультразвуковые методы обработки сварных соединений, как способ повышения их долговечности. Одним из этих методов является ультразвуковая ударная обработка (УУО).

В научной литературе описано большое количество различных методик по проведению УУО, но все данные методики объединяет общие проблемы – весьма малая производительность, очень низкая степень механизации процесса при весьма громоздком и энергозатратном оборудовании.

Кроме того, в научной литературе не предлагаются зависимости мощности обработки от каких-либо параметров, исходя из того, что для всех материалов значения мощностей в одинаковой степени будут влиять на результат.

В работе исследуется влияние УУО на снятие и перераспределение ОСН для поверхностей, подвергнутых предварительной обработке. Рабочие режимы, предлагаемые авторами работы, отличаются низкой степенью потребления мощности оборудования, в отличие от работ других авторов.

Также, рассматривается возможность механизации УУО в целях увеличения производительности обработки конструкций, имеющих протяжённые сварные соединения. Результаты работы подкреплены серией экспериментов, подтверждающих поставленные цели и задачи.

**Научный руководитель:** А.Г. Палаев

**П. М. ФРОЛОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **СПОСОБ ОРИЕНТИРНО-СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ СЪЕМКИ ЧЕРЕЗ ОДНУ ВЕРТИКАЛЬНУЮ ВЫРАБОТКУ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ПОСТРОИТЕЛЯ ПЛОСКОСТЕЙ**

В настоящее время состояние горного производства характеризуется высокой степенью производительности труда, в частности проходки подготовительных и нарезных выработок на разных горизонтах. В связи с этим от маркшейдеров требуется применение высокопроизводительных методов ориентирования подэтажных выработок. Одним из таких способов является способ ориентирно-соединительной съемки с помощью лазерного построителя плоскостей (ЛПП), который формирует вертикальные взаимно перпендикулярные лазерные плоскости. Измерения выполняются электронными тахеометрами в безотражательном режиме до точек, расположенных на пересечении лазерных следов на стенках, кровле выработки или на полупрозрачном экране на выдвижной консоли для последующего вычисления дирекционных углов сторон и координат точек съемочной сети на ориентируемом горизонте.

Полученный, в результате тестовой ориентировки подэтажной выработки, расположенной на высоте 24 м от горизонта откатки, дирекционный угол в подэтажной выработке отличался от контрольного, определенного методом прокладки полигонометрического хода, на  $00^{\circ}01'44''$ . Многократные проведения соединительной съемки показали, что расхождения между значениями дирекционного угла стороны на подэтаже колебалось от  $2'$  до  $10'$ , что ниже заявленного значения из инструкции, составляющего  $14'$ .



Рисунок – схема примыкания на горизонтах: A,D – точки установки тахеометра; M – точка установки ЛПП; 1,2 – точки визирования.

Применение данного способа позволяет значительно повысить оперативность и безопасность работы маркшейдера при выполнении ориентирно-соединительной съемки с обеспечением требуемой точности.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. В. А. Киселев

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕЦИКЛИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОКСА В УСЛОВИЯХ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Современные металлургические технологии и агрегаты являются универсальными для переработки большей части промышленных и бытовых отходов: они пригодны для работы при низких и высоких температурах, в большом диапазоне давлений, при различном окислительно – восстановительном потенциале газовой среды, при разнообразном гранулометрическом составе перерабатываемого материала. Так коксохимическое производство может осуществить пиролиз отходов – наиболее квалифицированный и перспективный метод переработки отходов, при котором в полной мере решается задача ресурсосбережения: процесс не требует расхода кислорода, позволяет использовать энергохимический потенциал перерабатываемых материалов.

В качестве многотоннажных углеродистых материалов, совместимых с органической массой угля в процессе коксования, и в то же время достаточно дешёвых, могут рассматриваться отходы высокомолекулярных соединений и в первую очередь отходы пластмасс разных видов.

Важнейшей характеристикой отходов пластмасс является их энергетическая ценность. И по химическому составу, и по теплоте сгорания пластмассы подобны основным ископаемым топливам – природному газу, нефти, углям.

Добавка до 5 % отходов пластмасс к угольной шихте при коксовании не ухудшает качество получаемого металлургического кокса.

Добавка 5 % отходов пластмассы к угольной шихте предполагает снижение расхода угля и себестоимости чугуна.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. П.И. Черноусов

**Т.Р. ХАЛИМОВ**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **О НАХОДКЕ СТРОМАТОЛИТОВ В ПЕРМСКОМ КОРАЛЛОВОМ МАССИВЕ ТРАТАУ**

В августе 2016 года была совершена поездка на интересный геологический объект – шихан Тратау в 8 км от г. Ишимбай. Представляющий собой куполовидный скальный холм с крутыми склонами, хорошо выделяющийся в рельефе.

Образование шиханов происходило в разное время в период от 300 млн. л.н. до 273 млн. л.н. Они претерпели длительную историю погружения и были выдвинуты на поверхность около 20 млн. лет назад. Большое внимание эти горы привлекли к себе после 1932 г., когда южнее Тратау, в районе д. Ишимбаево, в подобных же, но погребенных известняковых массивах были обнаружены залежи нефти.

Найденные образцы строматолитов представляют собой литифицированными скоплениями колоний цианобактерий. Они известны с протерозоя и до ныне, поэтому на основании их современных представителей и ведется реконструкция обстановок их обитания и особенностей образования и формирования.

Сама классификация строматолит проводится по формальному методу – на основании формы и структуры, что связано с плохой сохранностью ядер цианобактерий и зависимостью формы от гидродинамики, чем от особенностей строения организмов колонии.

По своей морфоструктуре пришлифованный строматолит №1 относится к желваково-пластовым строматолитам, а №2 к столбчатым. По микротекстуре их можно отнести к ленточным, ленточно-стустковым и комковатым микротекстурам (наиболее характерны для пластовых и желваковых строматолитов), что позволяет определить обстановки осадконакопления, как литораль для орб. №2 и супралитораль (лагуну) для орб. №1.

Все это важно для лучшей реконструкции обстановок формирования и осадконакопления, а так же распределения фильтрационно-емкостных свойств шихана Тратау, так как он может являться моделью карбонатного рифового резервуара палеозойского времени, что актуально сейчас для сходных рифогенных резервуаров Тимано-Печерской НГП.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. каф. ИДГ М.Г. Цинкобурова

## ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РАЗМЕЩЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН В ЗОНАХ ПЛАСТА С ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТЬЮ

В промышленной практике известны критерии, позволяющие оптимизировать размещение горизонтальных скважин в пределах нефтяной залежи и достичь хороших эксплуатационных характеристик.

К основным критериям можно отнести азимутальное направление размещения в сторону больших запасов и размещение системы вертикальных и горизонтальных скважин в зависимости от подвижности нефти, позволяющее получить достаточно высокий охват пласта воздействием.

В настоящей работе рассмотрены критерии, учет которых позволяет повышать добывные возможности горизонтальных скважин при их размещении в зонах повышенной трещиноватости. Существуют технологические решения по способу размещения горизонтальных скважин в зонах трещиноватости, зависящие от доминирующего направления расположения трещин. В процессе совершенствования способов размещения скважин диапазон размещения угла изменялся от 0 - 90° до 0 - 30°. Недостатком рассмотренных решений является недостаточно полный учет влияния процессов диспергирования фильтрующихся фаз, и как следствие, выбор угла не является оптимальным.

Результаты кинематических исследований фильтрации однофазной жидкости на модели пласта с хаотической трещиноватостью позволили установить возможность присутствия процессов диспергирования фаз при различных углах размещения горизонтальных скважин по отношению к генеральному градиенту давления и доминирующему направлению трещиноватости.

Результаты анализа работы горизонтальных скважин, размещенных под различными углами, на Юськинском месторождении нефти (территория Удмуртской Республики) позволили подтвердить лабораторные эксперименты.

Основным результатом проведенных исследований является рекомендация по проектированию размещения новых горизонтальных скважин под углом 30° к доминирующему направлению трещиноватости и увеличение данного угла в зависимости от агрегативной устойчивости водонефтяной эмульсии.

**Научные руководители:** к.т.н., доц. О. М. Мирсаетов, ассистент А. А. Шумихин

**К.Ю. ХОБНЯ**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## СНИЖЕНИЕ ОСАДКОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКЕ ЗДАНИЙ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Для снижения осадков земной поверхности при строительстве подземных сооружений используются различные способы стабилизации лба забоя, включая использование современных специализированных щитовых комплексов с грунтовым или гидравлическим пригрузом. В работе предлагается, наряду с указанными способами, проводить дополнительное компенсационное нагнетание в зоны грунтового массива с наибольшими вертикальными смещениями. Выполнена постановка задачи о компенсационном нагнетании грунтового массива в зону с наибольшими осадками земной поверхности.

Обоснована схема расположения компенсационных скважин и их параметров. Проведены в плоской постановке расчеты смещений грунтового массива при строительстве перегонного тоннеля с учетом и без учета компенсационного нагнетания. Проведено сопоставление результатов расчета. Выявлено влияние параметров нагнетания на величину и закономерности осадков земной поверхности.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

## ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ МЕТАКАОЛИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СИНТЕЗА ЦЕОЛИТА LTA

Для глубокой осушки продуктов нефтехимического синтеза применяют гранулированный цеолит LTA без связующего, поскольку связующее снижает эффективность цеолита. Для получения гранулированных цеолитов смесь сначала формуют, а затем прокачивают при температуре 500–900°C. Важность термической обработки в процессе формирования цеолитов отмечена многими исследователями [1].

Согласно данным термического анализа был определен температурный диапазон, в котором происходит рекристаллизация цеолита в алюмосиликаты. Были установлены точные температурные диапазоны для трех скоростей нагрева образцов после ультразвуковой обработки и без предварительной обработки.

Согласно данным рентгенофазового анализа для каждого образца до достижения 500°C на рентгенограмме наблюдаются рефлексы отвечающие цеолиту LTA. Увеличении температуры до 700°C сопровождается появлением фазы  $\text{--Na}_6\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{17}$ . При достижении температуры 800°C обнаружены рефлексы  $\text{Na}_8\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{18}$  и нефелина. Процесс сопровождается разложением метаксаолина в оксид кремния и муллит. При достижении 900°C рефлексов отвечающих цеолиту не обнаружено.

Было установлено, что без ультразвуковой обработки кажущаяся энергия активации выходит приблизительно на один уровень (350 кДж/моль). При достижении степени превращения 0,5–0,6. После ультразвуковой обработки кажущаяся энергия активации монотонно возрастает с 350 до 450 кДж/моль при достижении степени превращения выше 0,9, сглаживая переход режима (до 200 кДж/моль) на кинетический.

[1] N.E. Gordina, V.Yu. Prokof'ev, Yu.N. Kul'pina, N.V. Petuhova, S.I. Gazahova, O.E. Hmylova, Effect of ultrasound on the synthesis of low-modulus zeolites from a metakaolin, Ultrason. Sonochem. 33 (2016) 210–219.

*Исследования финансировались РФФИ по данным исследовательского проекта № 16-03-00163 А.*

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. В. Ю. Прокофьев (ИГХТУ)

А.С. ХРЁКИН

Санкт-Петербургский горный университет

## АНАЛИЗ СХЕМ ВЫДЕЛЕНИЯ НАФТАЛИНА ИЗ НАФТАЛИНОВЫХ ФРАКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Нафталин относится к органическим соединениям, широко используемым в качестве исходного сырья для различных нефтехимических синтезов. Чаще всего нафталиновая фракция выделяется из каменноугольной смолы, в которой содержание нафталина колеблется в широких пределах.

В работе проведен анализ возможности выделения нафталина высокой степени чистоты из нафталиновых фракций, полученных при дистилляции каменноугольной и нефтяной смол различного состава. Фракции содержат ряд примесей, которые существенно осложняют задачу получения чистого продукта. Наибольшую сложность представляет проблема разделения смеси нафталин-тионафтен и нафталин-ксиленол.

На основе моделирования парожидкостного равновесия компонентов этих смесей при различных давлениях, проведенного с использованием метода UNIFAC показано существование положительных гомогенных азеотропов 2,3-ксиленол – нафталин и нафталин – тионафтен. Предсказан тройной азеотроп ксиленол – нафталин – тионафтен. При атмосферном давлении состав азеотропа: ксиленол – 43 % масс., нафталин – 5 % масс., тионафтен – 52 % масс. Температура кипения – 201 °C.

На основе анализа фазовых равновесий предложены унифицированные схемы выделения нафталина на двух колоннах и в одной колонне с предварительной сепарацией сырья. Определены требуемые режимы и эффективности колонн, обеспечивающие получение товарного продукта с содержанием основного вещества более 99 % из нафталиновых фракций разного состава с минимальными потерями нафталина.

Проведены сравнения паровых внутренних потоков колонн и затрат энергии на проведение процесса ректификации при выделении нафталина из смесей различного качественного состава, где содержание нафталина варьировалось от 72 до 88 %.

**Научный руководитель:** доц., к.т.н. Н.А. Романова

## **УСТРОЙСТВО СОЗДАНИЯ КОЛЕБАНИЙ СКВАЖИННОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ШЛАМОВЫХ ПОДУШЕК ПРИ БУРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СКВАЖИН**

В работе рассматривается проблема вынесения выбуренной породы на дневную поверхность при бурении горизонтальных участков скважин и предлагается, как одно из решений проблемы, технология использования разработанного на кафедре БНГС АГНИ осциллятора-турбулизатора, успешно прошедшего промысловые испытания.

В настоящее время важнейшим направлением повышения эффективности разработки месторождений стало строительство наклонно-направленных скважин, в том числе с горизонтальным окончанием ствола (НН и ГС).

При промывке скважин в интервалах с зенитными углами до  $30^{\circ}$ , шлам эффективно выносится потоком бурового раствора и осадок на стенках не образуется. При зенитных углах больше  $30^{\circ}$  шлам осаждается на нижней стенке скважины. Осадок может соскальзывать вниз по стволу и образовывать пробки в кольцевом пространстве, что ведет к возникновению осложнений в процессе бурения.

Проблема обеспечения совершенной очистки ствола НН и ГС от шлама потребовала поиска принципиально новых решений как теоретических, так и экспериментальных исследований в лабораторных и промысловых условиях.

Осциллятор-турбулизатор устанавливается в компоновке бурильной колонны между долотом и винтовым забойным двигателем (ВЗД). Представляемый осциллятор-турбулизатор имеет конкретные технологические преимущества перед аналогичными разработками в этой области. В частности, за счет своей конструкции, возникающие при прокачке раствора вибрации корпуса осциллятора поднимают низлежащие слои шлама, тем самым препятствуют образованию шламовых подушек. Кроме этого, винтовые линии – пазы на внешней стороне корпуса осциллятора способствуют переходу режима течения потока из ламинарного в турбулентный, что также, в свою очередь, облегчает процесс очистки ствола скважины. Применение осциллятора-турбулизатора также способствует наиболее эффективному доведению осевой нагрузки на долото.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Хузина Л.Б.

**Л.Н. ЧАНЫШЕВА**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЕЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

На существующем этапе разработки продуктивных пластов нефтяные месторождения Западной Сибири характеризуются высокой выработкой запасов. По анализируемому объекту исследования имеются зоны не в полной мере вовлеченные в разработку, что обусловлено высокой латеральной и вертикальной неоднородностью, также по нему отмечается недостаточная эффективность системы поддержания пластового давления.

Методический подход к обоснованию геолого-технических мероприятий для повышения нефтеотдачи пластов сводится к уточнению геологического строения, обобщению геолого-промысловой и геолого-геофизической информации, построению геологической и гидродинамической моделей залежи, адаптированных на историю разработки до уровня, позволяющего оценить выработку запасов и эффективность мероприятий, а также геолого-технологического анализу разработки, включающего определение степени и характера выработки запасов нефти по площади и разрезу, анализу карт геологических параметров, пластовых давлений и остаточных подвижных запасов нефти, ретроспективному анализу эффективности применяемых методов и технологий воздействия на пласт и призабойную зону скважин.

С использованием данного методического подхода выделены 9 участков, для которых в том числе проведен анализ гидродинамической связи между нагнетательными и добывающими скважинами, построены секторные карты по каждому участку. Определены перспективные геолого-технические мероприятия по 14 скважинам, направленных на повышения дебита добывающих скважин и стабилизации энергетического состояния пластов.

**Научный руководитель:** М.М. Хидиятов

## НЕКОТОРЫЕ ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ПАЛЕОЗОЯ ПАЙХОЙСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Предметом изучения являются породы карбонатного состава хенгурской, тальбейтывисской, сопчинской (ордовик) и ливановской (нижний девон) свит, объединенные одним общим термином, относящимся к текстурным особенностям – «петельчатые». Изучение таких текстурных особенностей подразделений нижнего и среднего палеозоя на территории Югорского полуострова происходило лишь на стадии литолого-петрографической характеристики осадочных пород. Только в работе К. Г. Войновского-Кригера были детально исследованы «петельчатые» текстуры западного склона Полярного Урала. В результате геологического доизучения площадей в рамках работ ФГБУ «ВСЕГЕИ» были изучены литолого-генетические особенности образований нижнего и среднего палеозоя северной окраины Югорского полуострова, что позволило уточнить вопросы седиментации некоторых свит.

Целью работы является выяснение условий и стадий формирования карбонатных пачек среднехенгурской подсвиты хенгурской свиты ( $O_{1-2}hn_2$ ), тальбейтывисской свиты ( $O_{2-3}tb$ ), верхней пачки верхнесопчинской подсвиты сопчинской свиты ( $O_{3sp}^2$ ) и верхней части ливановской свиты ( $D_{lv}$ ) на основе комплексной интерпретации маркирующих текстур в совокупности со структурно-генетическим анализом осадочных формаций.

Исследуемые образования формировались в глубоководной зоне (ниже базы волн), когда осаждение карбонатного материала с небольшим количеством глинистого и кремнистого осадка происходило преимущественно из взвеси. Характерные текстурные особенности имеют различный генезис. Это и результат диагенетических процессов, в виде перераспределения карбоната кальция, и особенности осадконакопления, когда неконсолидированные илистые осадки соскальзывали по наклонному дну Пай-Хойского палеобассейна, и изменение первичной горизонтальной слоистости, связанное с взмучиванием осадка.

**Научный руководитель:** ассистент К.П. Рязанов.

Д.С. ЧЕРЕДНИКОВА

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СИНТЕЗ НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ЦЕОЛИТОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО

Газовая промышленность является крупнейшим потребителем цеолитов. Благодаря своим исключительным физико-химическим характеристикам гранулированные цеолиты без связующего фактически безальтернативные адсорбенты при осушке газов в нефтеперерабатывающей промышленности. Гранулированный цеолит без связующего обладает высокой фазовой чистотой, механической прочностью и насыпной плотностью.

Для исследования синтеза низкомолекулярных цеолитов с различным соотношением Si:Al, с использованием ультразвуковой обработки (22 кГц) применялся рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия и инфракрасная спектроскопия.

В результате термической обработки (650 °C) при соотношении Si:Al = 1 синтезируются алюмосиликаты натрия кубической сингонии. Последующая цеолитизация гранул в растворе NaOH (2M) привела к образованию цеолитов типа NaP, SOD, NaA. Термическая обработка гранул Si:Al = 2 дает орторомбические и моноклинные системы  $Na_2Si_2O_5$ . После кристаллизации гранул в 2M растворе синтезировали главным образом цеолит NaP и SOD. Цеолитизация в растворе NaOH (6M) кристаллизует только содалит.

В результате предварительной ультразвуковой обработки происходят морфологические изменения твердой фазы, которые прослеживаются на всех стадиях получения гранулированных цеолитов. Установлено, что морфологические различия определяют фазовый состав и размер кристаллитов после гидротермической кристаллизации.

Таким образом, при соотношении Si:Al = 2 с использованием ультразвуковой обработки суспензии и кристаллизации гранул в 2M щелочном растворе синтезируется чистая фаза цеолита NaP, а твердая фаза имеет шерстяную морфологию.

*Авторы благодарят РФФИ за финансовую поддержку исследований (грант № 16-03-00163).*

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Прокофьев В.Ю. (ИГХТУ)

## ВОВЛЕЧЕНИЕ В РАЗРАБОТКУ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

В сегодняшнем мире спрос на минеральные ресурсы постоянно растет. Из экономики мы знаем, что чем больше растет спрос, тем больше производства. Но есть одна существенная проблема для горной промышленности и мира в целом, она заключается в том, что минералы не возобновляемы. Чем больше мы добываем, тем меньше полезного ископаемого становится.

Другая проблема заключается в том, что любое горное производство, особенно на открытых горных работах, оказывает негативное влияние на окружающую среду.

Отходы горного производства размещаются в хвостохранилищах. Они практически не имеют значимость, потому что считаются «ненужным» материалом. Но в отходах обогатительных фабрик имеется множество полезных компонентов, которые пригодны для вовлечения в разработку.

За последние 20-30 лет технология обогащения минерального сырья усовершенствовалась и требования к условиям снизились, поэтому предлагается вовлекать в разработку хвостохранилища, основываясь на изменении цен на минеральные ресурсы.

Разработка хвостохранилищ может привести горное предприятие к высоким экономическим показателям. Примером такой разработки является проект КалГайл (Австралия). За 10 лет компания получила 645 000 унций золота из 64 млн. тон отходов горнодобывающего предприятия, которое функционировало в 1890-е годы.

Проблема вовлечения в разработку хвостохранилищ остро стоит в Замбии. Например, «Черная Гора» в Китве, является перспективным техногенным месторождением, где содержится множество полезных компонентов. Цены на медь, как и на золото, тоже выросли и сейчас целесообразно вовлечь в разработку эти и другие хвостохранилища Замбии и Африки, сформировавшиеся до 1990 года.

Разработка хвостохранилищ может быть одним из способов получения редко земельных элементов, которые очень востребованы в мире, а также положительно влиять на окружающую среду.

**Р.Н. ЧУГУНОВ**

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

## ДЕСТРУКЦИЯ ТЕТРАЦИКЛИНА, РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ, В ПЛАЗМЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА

В последнее время многие ученые акцентируют внимание на появлении новой экологической проблемы, связанной с присутствием в подземных и поверхностных водах фармацевтических препаратов. Одним из главных источников попадания лекарственных средств и их метаболитов в водные объекты являются сточные воды фармпроизводств. Поэтому вопрос о разработке новых эффективных методов очистки стоков остаётся актуальным.

В последнее время интенсивно исследуются окислительные процессы, получившие название Advanced Oxidation Processes (AOP) (усовершенствованные процессы окисления). Одним из способов очистки сточных вод, относящимся к AOP, является применение диэлектрического барьерного разряда (ДБР).

Целью данной работы являлось изучение процессов, протекающих при деструкции водных растворов тетрациклина в реакторе ДБР. Эксперимент проводился на установке, подробное описание которой приведено в работе [1]. Обработке в ДБР подвергались водные растворы тетрациклина с начальной концентрацией ( $C_n$ ), варьируемой в диапазоне от 0,02 до 0,1 г/л.

Выявлено, что степень деструкции тетрациклина в ДБР линейно снижается с ростом  $C_n$  и в исследуемом интервале начальных концентраций и составляет от 75 до 89 %. После обработки модельных растворов тетрациклина в ДБР на выходе из разрядного устройства регистрировались карбоновые кислоты и альдегиды в жидкой фазе, а также CO и CO<sub>2</sub> в газовой фазе, причем при уменьшении  $C_n$  тетрациклина в растворе доля углерода, перешедшего в конечные продукты деструкции (CO и CO<sub>2</sub>) существенно увеличивалась. Таким образом, применение ДБР для очистки сточных вод от тетрациклина достаточно эффективно.

1. Grinevich V.I., Kvitkova E.Yu., Platinina N.A., Rybkin V.V// Plasma Chem. Plasma Process. 2011. V. 31(4). pp. 573–583.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть) № 3.1371.2017/4.6. Авторы благодарят РФФИ за финансовую поддержку исследований (грант № 18-08-01239).*

**Научные руководители:** к.х.н., доц. А. А. Гуцин; к.х.н., м.н.с. Е. Ю. Квиткова

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Среди главных проблем эксплуатации сосудов высокого давления является неопределенность их прочности и ресурса. Одним из перспективных методов неразрушающего контроля, способных решить данную проблему, является метод акустической эмиссии (АЭ), использующий как физический подход для создания моделей разрушения твёрдого тела, так и статистический, связанный с переходом разрушения на заключительную стадию. Для повышения эффективности такого подхода предложен способ перехода от механических представлений о явлении АЭ к микромеханической модели временных зависимостей параметров АЭ.

Задачей исследования являлось проведение анализа и обработка экспериментальных результатов, полученных после испытаний на сосуде высокого давления. Первичные параметры АЭ (количество и время регистрации импульса, его амплитуда и количество выбросов в каждом импульсе) подверглись фильтрации, согласно выбранной методике. Полученные информативные параметры, определённые по графикам зависимостей числа импульсов от времени и логарифма числа импульсов от времени как отношения логарифма приращения первичного акустико-эмиссионного параметра к приращению времени или напряжения, рассчитанного по формуле Лапласа при известном давлении в сосуде, удовлетворительно коррелировали со значениями параметров состояния при различных методах фильтрации сигналов АЭ, что говорит об их устойчивости к дестабилизирующим факторам. В результате обработки первичной АЭ-информации, было определено место расположения наиболее опасного, лимитирующего ресурс абсорбера, источника АЭ.

В конце проделанной работы была произведена оценка ресурса и локализация возможного разрушения отдельно взятого участка сосуда высокого давления, что позволяет нам говорить о практической важности информационно-кинетического подхода и необходимости его дальнейшего развития.

**Научный руководитель:** проф. В.В. Носов

**Д. В. ШАВАЛДИН**

*Санкт-Петербургский Горный университет*

## **ЭТАЛОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ**

Размер единицы переменного напряжения в Российской Федерации воспроизводится при помощи двух хранящихся во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева специальных первичных эталонов соответственно в диапазоне частот 10 Гц - 30 МГц и 30 МГц – 2000 МГц (ГЭТ 89-2008 и ГЭТ 27-2009). Спецификой распределения диапазона частот являются геометрические размеры первичных эталонных преобразователей. Термоэлектрические преобразователи по своим размерам не могут быть использованы свыше 30 МГц. При частотах от 30 и выше применяются болометрические преобразователи напряжения, основой которых является болометр БП4-150. Болометр представляет собой платиновую нить диаметром 2-3 микрометра, и длиной 2-3 миллиметра, заключённую в стеклянный баллон с выводами для встраивания в коаксиальный тракт. Простота эквивалентной схемы такого преобразователя позволяет определять его частотные характеристики методом, не требующим более точной аппаратуры.

Задача состоит в изучении эталонных преобразователей переменного напряжения в диапазоне высоких частот, с целью уменьшения диапазона неопределённости при передаче единицы электрического напряжения в диапазоне частот от 30 до 2000 МГц. Государственный первичный специальный эталон единицы электрического напряжения (ГЭТ 27-2009) имеет в своем составе одноэлементный и двухэлементные болометрические преобразователи. В основу работы госэталона положен метод одновременного сравнения среднеквадратического значения переменного напряжения с значением постоянного напряжения с использованием указанных преобразователей. Болометрическим преобразователям из-за наличия реактивных параметров присуща частотная погрешность, которую требуется определять и учитывать в дальнейшей работе. Основным преобразователем в ГЭТ 27-2009 является одноэлементный, частотную погрешность которого определяют в соответствии с разработанной ранее методикой.

При конструировании двухэлементного болометрического преобразователя исходили из следующего. Предполагается, что в коаксиальной линии распространяется только волна ТЕМ, векторы  $E$  и  $H$  лежат в плоскости поперечного сечения. Продольные составляющие равны нулю и, следовательно, структура поля в поперечной плоскости аналогична структуре стационарного электрического поля. Однако при включении в поперечном сечении коаксиальной линии болометрического элемента происходит искажение структуры поля в области его включения, что вызвано возникновением волн высшего типа. Наименьшие изменения



структуры поля происходят при симметричном включении в поперечной плоскости коаксиальной линии четного количества термочувствительных элементов, что реализовано в двухэлементном болометрическом преобразователе напряжения. Однако это возможно только при условии, что двухэлементный болометрический преобразователь будет включен как два одноэлементных болометрических преобразователя в двойной или в два одиночных моста постоянного тока с автоматическим уравниванием.

Такая схема соединений позволяет разработать методику измерений поправочного множителя, учитывающего влияние частотной погрешности двухэлементного болометрического преобразователя на погрешность воспроизведения переменного напряжения в диапазоне частот от 30 до 2000 МГц, что в свою очередь повысит точность измерений, и сузит интервал неопределенности.

**Научный руководитель:** д.т.н., доц. Э.А. Кремчев

**Э.М. ШАРИПОВА**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

## **ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ НЕФТЕСЕРВИСНОГО РЫНКА В СЕГМЕНТЕ КАПИТАЛЬНЫХ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ**

Роль рынка нефтесервиса в технологическом развитии нефтяной промышленности на сегодняшний день весьма значительна, ведь именно от него зависит эффективность функционирования нефтяной отрасли в целом. В работе рассмотрена актуальная тема планирования развития рынка капитальных и текущих ремонтов. Целью данной работы являлось разработать прогнозы и планирование дальнейшего развития нефтесервисного рынка ТКРС, на основе проведенного анализа.

Задачи исследования

1. Проанализировать текущее состояние рынка ремонтов
2. Определить инструменты анализа и стратегического планирования
3. Определить факторы, влияющие на рынок ремонтов
4. Разработать прогнозы развития рынка капитальных и текущих ремонтов

Разработав характеристику рынка нефтесервиса в сегменте ТКРС, были проанализированы показатели рынка в динамике 2003-2016 гг., включая спрос и предложение, а также основные компании и их доля. На основе проведенного анализа причинами роста расходов компаний на ремонт можно назвать: количественное увеличение и усложнение конструкции скважин в связи с изменяющимися условиями добычи, старение скважин и рост их обводненности, а также технологическое усложнение ряда операций капитального ремонта. Выделив основные факторы, влияющие на рынок ТКРС и определив степень их влияния, был сделан следующий вывод. Наибольшее влияние на рынок ТКРС оказывают такие факторы, как цена на нефть, курс рубля, объемы эксплуатационного бурения и добыча УВ, уровень технологического развития и меры государственного регулирования. Ознакомившись с теоретическими основами планирования рынка, были определены основные инструменты и методы планирования. Наиболее эффективным методом планирования в сегменте ТКРС является сценарное планирование.

По результатам проведенного исследования ожидается ускорение роста экономики с нынешних 3,1% до 3,2-3,9% в год за счет роста цен на нефть. На основе проведенной работы, были разработаны прогнозы объема операций ТКРС, а также других показателей рынка до 2020 г.

**Научный руководитель:** д.э.н., проф. Буренина И.В.

**М.В. ШНЕЙДЕР**

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»*

## **РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА К ПРОИЗВОДСТВУ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА**

Тема выпускной квалификационной работы предложена по заявке предприятия реального сектора экономики.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была поставлена цель – разработать инновационное технологическое устройство по созданию древесно-полимерного композита (ДПК) с шириной полотна 1000мм длиной от 2000мм и толщиной, варьируемой в зависимости от нужд заказчика от 5мм до 10мм. Конструктивная особенность, позволяющая армировать древесно-полимерную плиту, а также покрывать поверхность древесно-полимерной плиты защитной плёнкой, является инновационной составляющей данного проекта.

Для реализации поставленной цели был сформулирован ряд задач:

- разработать конструкцию технологического устройства по производству ДПК заданного размера и формы;
- разработать конструкцию конвейера для перемещения готовой плиты из ДПК;
- разработать конструкцию системы нагрева и охлаждения ДПК;
- обеспечить модульную конструкцию технологического устройства, в частности, компонентами для армирования ДПК сеткой и нанесения защитной плёнки на поверхность плиты;
- разработать комплект конструкторской документации в соответствии с ЕСКД.

В ходе выпускной квалификационной работы были выполнены все поставленные задачи. Был произведен расчёт технико-экономических показателей, расчёт стоимости изготовления технологического устройства, расчёт энергозатрат для обеспечения функционирования устройства и расчёт годовой производительности устройства при односменном режиме работы.

Разработанный комплект конструкторской документации на проектируемое технологическое устройство был утверждён заказчиком и передан на производство для создания опытного образца.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. Р.Ю. Некрасов

**А.А. ШОКИН**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕРЕДОВОГО КРЕПЛЕНИЯ ЛБА ЗАБОЯ**

Строительство подземных сооружений в условиях плотной городской застройки всегда сопряжено с риском повреждения зданий, сооружений или объектов инфраструктуры, расположенных на поверхности земли или в приповерхностной зоне. Причиной повреждений таких объектов является развитие деформаций грунтового массива вследствие строительства подземного сооружения. В случае, если такое строительство приводит к запредельным деформациям в основании таких сооружений, необходимо разработать мероприятия по снижению негативного воздействия строительства. Одним из эффективных способов снижения негативного влияния строительства является контроль за деформациями породного контура подземного сооружения, элементом которого является передовое крепление лба забоя тоннеля. Несмотря на доказанную на практике эффективность такого способа по контролю за развитием деформаций породного контура, на настоящий момент не существует единых правил выбора параметров такого крепления, позволяющих обеспечить устойчивость лба забоя подземного сооружения и одновременно деформации в допустимых пределах. Таким образом научный проект безусловно является актуальным.



В докладе будет уделено внимание опыту применения передового крепления лба забоя тоннеля при строительстве тоннелей и подземных сооружений в сложных горно-геологических условиях. Представлен анализ результаты натурных исследований и численных расчетов, выполненных сторонними исследователями. Сформулированы цели и задачи для выполнения последующих исследований по заявленной тематике.



**Е. Г. ШОРОХОВА**

*Санкт-Петербургский горный университет*

## **КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ ЦИФРОВОГО МАРКШЕЙДЕРСКОГО ПЛАНА**

Рост производительности труда и использование автоматизированных систем создания цифровых маркшейдерских планов (ЦМП) приводят к необходимости выполнения количественного анализа условно-знаковой (УЗ) информации ЦМП.

Количество информации определяется через энтропию по формуле К. Шеннона:  $H = -p_i \cdot \log p_i$ , где  $p_i$  - вероятность появления объекта на плане. На ЦМП метрическая информация включает в себя информацию, содержащуюся в точечных, линейных и площадных объектах. В результате проведенных исследований было установлено, что энтропия точечного объекта может быть представлена как информация о его координатах  $H_T = -p_x \cdot \log p_x - p_y \cdot \log p_y$ . Для линейного объекта энтропия может быть определена по формуле  $H_{L_i} = H_{l_i} + H_{A_i} = L_i \cdot \log\{\sqrt{2\pi e^3} \cdot \sigma \cdot (\bar{l}/\Delta l)^2\}/\bar{l}$ . Количество информации о площадном объекте рассчитывается как  $H_s = H_l + H_{ц.м} + H_r$ , где:  $H_l$  - информация, содержащаяся в контуре;  $H_{ц.м}$  - информация, о центре масс площадного объекта, которая может быть определена аналогично энтропии точечного объекта;  $H_r$  - информация, характеризующая размеры объекта, как среднее расстояние от центра масс объекта до его контура  $H_r = r_i \cdot \log(\bar{r} \cdot e / \Delta r) / \bar{r}$ . Таким образом, для данного ЦМП метрическая информация составляет порядка 13 тыс. бит.

Работа маркшейдерской службы (МС) характеризуется избыточностью данных. Необходимо решить проблему поиска оптимального количества информации, исключив при этом часть лишней работы, не потеряв наглядности и быстроты восприятия. Данная величина характеризуется избыточностью:  $R = 1 - H / H_{\max}$ , где:  $H$  - средняя информация, приходящаяся на один объект,  $H_{\max}$  - максимально возможное ее значение. Для данного ЦМП  $R=0,63$ . То есть, для отображения ЦМП необходимо 5 тыс. бит. Однако не вся избыточная информация является «ненужной». Необходимо дополнять автоматизированные системы создания ЦМП модулями, позволяющими считать объем информации, которую достаточно обрабатывать МС для описания всех необходимых характеристик объекта. В перспективе количественного подхода к оценке информации ЦМП оптимизация не только объемов камеральной обработки, но и полевых работ МС.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. В.А. Киселев

**С.В.ШУБИНА**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

## **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОЛЯНЫХ ЦЕЛИКОВ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОНФИГУРАЦИИ**

С целью анализа несущей способности целиков при различных схемах обработки продуктивного пласта в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) проведено физическое моделирование образцов различной геометрической конфигурации. Эксперимент проводился на образцах, изготовленных из монолитов соляных пород (пласты Красный 2 и АБ). Из монолитов нарезались плоскопараллельные пластины, которые в последующем распиливались на образцы прямоугольной формы одинаковой ширины, прямоугольной формы различной шириной и трапециевидной формы.

Для проведения физического моделирования использовался гидравлический пресс ToniNorm2041, развивающий максимальное усилие 5000 кН и оснащенный системой автоматического измерения. Имитация работы конструкции целик-камера-целик (камерный блок) производилась на двух образцах трапециевидной или прямоугольной формы различной ширины, разнесенных друг относительно друга на расстоянии 5÷10 см. Для сопоставления проводился аналогичный эксперимент по сжатию двух образцов прямоугольной формы одинаковой ширины. По результатам эксперимента строились полные диаграммы деформирования. Всего было проведено около 50 испытаний. По диаграммам деформирования определялись пределы прочности, используемые для проведения сравнительного анализа.

Анализ результатов физического моделирования, позволил установить, что в среднем несущая способность прямоугольных целиков одинаковой ширины и целиков трапециевидной формы приблизительно одинаковая. Так же установлены повышенные прочностные показатели для прямоугольных целиков различной ширины по сравнению с прямоугольными целиками одинаковой ширины. Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют говорить о целесообразности применения неравномерной выемки, с оставлением прямоугольных целиков различной ширины.

**Научный руководитель:** к.т.н., доц. И.Л. Паньков

## **РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Целью работы является применение альтернативного метода повышения ресурса деталей, подвергающихся высоким динамическим нагрузкам.

При производстве деталей машин традиционно используется их термическая обработка: закалка с последующим отпуском. При закалке увеличивается твердость и прочность с одновременным ростом хрупкости (низкая ударная вязкость). Последующий отпуск приводит к снижению прочности и твердости с одновременным ростом ударной вязкости.

Для повышения ресурса работы деталей машин предлагается использовать магнитно-импульсное упрочнение (МИУ) закаленных деталей, что позволит при одинаковой прочности с деталями подверженными отпуску получить более высокие значения ударной вязкости и твердости. Это приведет к повышению абразивной износостойкости и сопротивлению усталостного разрушения.

Физические основы магнитно-импульсного упрочнения (МИУ) базируются на снятии остаточных напряжений за счет ударного импульса возникающего при взаимодействии токов индуктора и наведенных токов в детали, помещенной в индуктор. Наибольший эффект от МИУ предполагается получать на закаленных деталях, либо деталях, накопивших остаточные напряжения в результате их эксплуатации.

Достоинство предлагаемой технологии МИУ: время обработки одной детали не более 5 секунд, широкий диапазон применений; низкая себестоимость обработки.

Технология МИУ является энергосберегающей так как затраты энергии не расходуются на нагрев детали и на обеспечение фазовых превращений.

При МИУ материалов в состоянии закалки достигается увеличение твердости на 15% и увеличение ударной вязкости на 4% относительно образцов подверженных закалке и отпуску.

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. С.М. Горбатюк

**Проблемы недропользования:** Сборник научных трудов. Часть II / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2018. 262 с. (Международный форум-конкурс молодых ученых. 18-20 апреля 2018 г.)

ISBN 978-5-94211-803-7 (Часть II)

ISBN 978-5-94211-801-3

УДК 00(55+62+66+33+50+54)

ББК 2(26+33+60+66)

Научное издание

## **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Международный форум-конкурс молодых ученых

18-20 апреля 2018 г.

*Сборник научных трудов*

*Часть II*

Статьи публикуются в авторской редакции  
Печатается с оригинал-макета, подготовленного Советом по НИРС

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.02

Подписано к печати 12.04.2018. Формат 60×84/8. Уч.-изд.л. 39.  
Тираж 170 экз. Заказ 318. С 93.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
Россия, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2  
[www.spmi.ru](http://www.spmi.ru)