

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ-КОНКУРС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

22-24 апреля 2015 г.

Сборник научных трудов

Часть II

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2015

УДК 00(55+62+66+33+50+54)

ББК 2(26+33+60+66)

П 493

В сборнике помещены труды молодых исследователей, участников Международного форума-конкурса «Проблемы недропользования» (Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 22-24 апреля 2015 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 22nd to 24th April 2015. 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 *В.Л.Трушко* (председатель), доцент *Л.С.Синьков*, доцент *Ю.М.Сищук*, *А.Н.Мартемьянова*.

ISBN 978-5-94211-725-2 (Часть II)
ISBN 978-5-94211-723-8

© Национальный минерально-сырьевой
университет «Горный», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАЩИТА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	4
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ГЕОНАНОТЕХНОЛОГИИ.....	48
МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ-КОНКУРСА СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА.....	64
ХИМИЯ МОЛОДЫМ: ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ-КОНКУРСА.....	147

ЗАЩИТА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

J. BRYNDA, S. SKOBLJA, Z. BEŇO

University of Chemistry and Technology, Prague, Czech Republic

ADVANTAGES OF STAGED BIOMASS GASIFICATION FOR POWER GENERATION

Introduction

Gasification is a thermochemical process transforming input fuel into flammable gases, generally called producer gas, which consists of CO, H₂, CO₂, H₂O, N₂ and C_xH_y. It can be distinguished into three separated processes taking places in different place or time. Generally these three processes can be described by ratio of stoichiometric mass flows of air needed for total combustion and actual mass flow of air introduced into a gasifier. The first process called pyrolysis is slightly endothermic and it takes place in zones without oxygen access at temperatures above 250 °C. Products of pyrolysis are carbon residue or charcoal and volatile matter, consisted of flammable gases and tar. The second process taking place during gasification is partial oxidation (POX) of volatile matter. During POX less than the stoichiometric amount of oxygen reacts with volatile matter while producing thermal energy needed for endothermic reactions. The last process is reduction also called gasification of carbon residue by CO₂, H₂O and partly H₂. This process is very endothermic and produces flammable gases like CO, H₂ and CH₄.

For a power generation from biomass in smaller plants gasification combined with a cogeneration unit seems to be the most feasible approach. It can be attained by combustion engines, gas turbines or high temperature fuel cells like SOFC (solid oxide fuel cell). All of these processes require certain quality of producer gas. That's why undesirable compounds like tar and dust had to be removed prior to a cogeneration unit. Dust removal is necessary for all types of gasifiers and can be accomplished by high temperature filtration in bag or candle filters. The most problematic compound in producer gas is the tar, not only because of demands required by cogeneration units but it can also cause problems with fouling of colder parts of unit. Optimal tar concentrations are: less than 100 mg·m⁻³ for gas engine, less than 5 mg·m⁻³ for turbine and less than 1 mg·m⁻³ for SOFC [1, 2].

Development of gasification

Fixed bed gasifiers mainly for charcoal and wood chips were developed and widely used during both World Wars to propel engines of cars, trucks, boats and electricity generators due to the shortage of liquid fuels. Fixed bed gasifier can be distinguished into three types by a flow direction of producer gas. The first type is co-current which has a fuel input on a top of gasifier, whereas oxidizing media and gasifying agent are fed in a bottom. In the bottom of reactor is an oxidizing zone above the oxidizing zone is reduction zone where gasifying by CO₂ and H₂O takes place. Then still hot gas passes through a pyrolyzing zone where the volatile matter with lot of tar is produced. Last zone on the top of reactor is drying and then the producer gas leaves reactor. Advantages of co-current reactors are high cold gas efficiency (η_{CE}) and possibility to use fuel with high moisture content. But the tar content in gas can exceed 100 g·m⁻³* and water content is also high [3]. Second type of gasifier is cross-current which is suitable for small scale applications using charcoal as fuel. The most appropriate type of small scale gasifier for biomass gasification combined with a combustion engine is co-current. Main advantage is that an air is fed in the middle of reactor where high temperature oxidizing zone is created. Heat produced by oxidation causes pyrolysis above oxidizing zone so all of volatile matter has to pass through high temperature zone where the tar is cracked into gases. Under the oxidizing zone, where all of oxygen is consumed, is reduction zone, where charcoal is gasified. For that reason downdraft gasifiers are capable to produce gas with tar content under 500 mg·m⁻³*. Main problem of downdraft gasifiers is upscaling, because enlargement of diameter causes colder spots in hot oxidizing area, which enables gas with high concentration of tar to flow through without cracking. Another problem is necessity of dry and uniform particle distribution of fuel to avoid bunker problems.

Two-stage gasification

For local power generation (0,1–1 MW_{el}) it was necessary to increase gasifier throughput while keeping low tar concentration in a producer gas. This goal can be achieved by separating and optimizing partial processes (pyrolysis, POX and char reduction). That is why several groups of researchers started to develop the two stage gasifiers. The first two stage concept was developed by Technical University of Denmark (DTU) and Biomass Gasification Group in 1989. They designed prototype of two-stage gasifier called Viking (75 kW thermal). In the first stage of gasifier is drying and pyrolysis zone heated by flue gas from engine. Char coal from pyrolysis then

¹ T = 273.15 °K, p = 101,325 kPa

falls onto bottom of second stage. Into the stream of volatile matter is added air for partial oxidation. In this zone temperature rises over 1100 °C and most of tar is cracked. Hot gas from POX zone then passes through a bed of charcoal, which is free of tar, and temperature decreases down to 800 °C because of endothermic gasification reactions. During the passage through the charcoal bed tar concentration further decreases. In steady state operation this gasifier produces gas with tar concentration below 15 mg·m^{-3*}, has cold gas efficiency up to $\eta_{CE} = 95\%$ and overall efficiency of electric power production $\eta_{Tot} = 28\%$ [4]. But upscale of this generator showed up to be problematic because of need to add another pyrolyzing and drying unit [5].

Different construction of a multi-stage gasifier was developed by Thomas Koch the founder of TK Energy. Main difference of this design is that heat needed for pyrolysis is produced by combustion of a part of biomass feed by primary air. This design enable fast increase of throughput, while maintaining temperature in a pyrolysis zone in range of 500-600 °C to ensure complete pyrolysis of wood chips. Char coal from the pyrolysis zone then falls onto a char bed in the bottom of reactor. Above the char bed preheated secondary air is added in combustion zone where temperature rises over 1200 °C due to POX of volatile matter and most of tar is cracked. Then hot gas passes through the charcoal and temperature of gas decreases down to 750 °C. The biggest disadvantage of this design is lower cold gas efficiency $\eta_{CE}=80\%$ because the thermal energy of producer gas is used only to preheat primary and secondary air [6]. Two operating units placed in Denmark and Japan with electric power output of 75 and 140 kW are capable to produce gas with tar concentration of 10-80 mg·m^{-3*}.

Two-stage gasifiers designed by TARPO Ltd. (CR)

Czech company TARPO invented another design of two-stage gasifier. The first part of whole process is a conveyor dryer, which uses flue gas from engines to dry biomass. In steady state of whole process It's capable to lower down moisture content of wet biomass under 10 %.

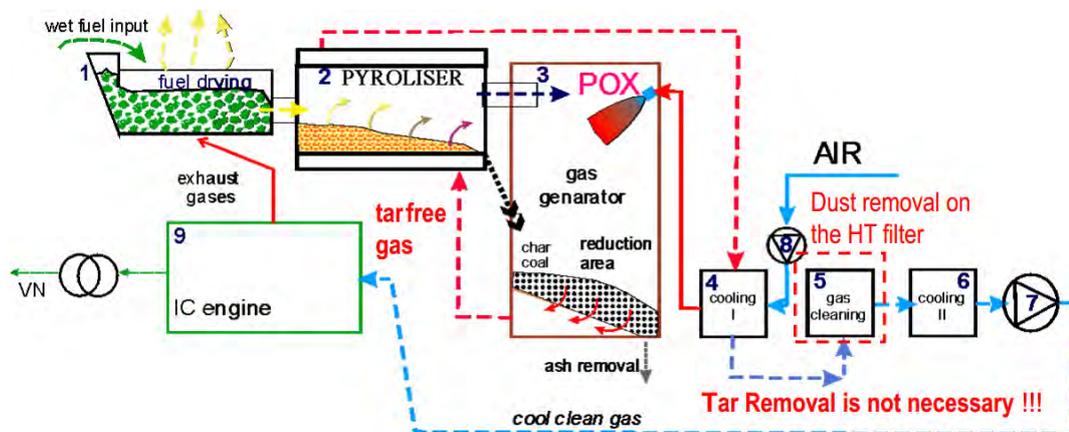


Figure 1. Two-stage gasifier designed by TARPO Ltd.

The main differences between TARPO generator and previously described concepts are that the pyrolysis zone is heated by gas exiting gasification zone. This gas has temperature about 750 °C and heats up the pyrolysis part to 500-650 °C. The char coal from pyrolysis zone then slips around a hot POX zone due to a mechanical barrier and falls onto char coal bed. In POX zone a preheated air is added and temperature rises up to 1000-1150 °C. After heating up pyrolysis zone and preheating POX air dust is removed from producer gas by means of high temperature filtration on candle filters.

This concept was used to design several two-stage gasifiers with different nominal electric power production. First prototype GP200 with electric power production of 200 kW was built in areal of TARPO company in Kněževěs (CR). This prototype has $\eta_{CE}=85\%$ and overall efficiency $\eta_{tot}=27,2\%$ since less efficient engines S160 ČKD (CR) were used. Measurements of tar concentration (according to Tar Protocol [7]) showed that in a steady state this gasifier produces gas with tar concentration around 1 mg·m^{-3*}.

After the prototype approved good functionality of two-stage concept, TARPO started to scale-up this gasifier and designed two bigger gasifiers GP500 and GP700 with electric power production of 550 and 750 kW. To increase power production several adjustments were made. The pyrolysis zone was redesigned to enlarge a heated area for sufficient heating. Candle filters were replaced by bag filters with a smaller pressure drop and modern gas engines with turbochargers from Jenbacher AB were used. Measurements of tar concentration from GP500 gasifier placed in power plant Handlová (SK) shown that this gasifier produces gas with tar concentration below 20 mg·m^{-3*}. The cold gas efficiency of GP500 is $\eta_{CE}=90\%$ and overall efficiency of electric production with gas engines Jenbacher J316 GC is more than $\eta_{tot}=32\%$.

References

1. Jenbacher AB, Kvalita pohného plynu, *Technický návod* č. 1000-0300
2. Aravind P.V., Wiebren de Jong: Evaluation of High Temperature Gas Cleaning Options for Biomass Gasification Product Gas for Solid Oxide Fuel Cells. *Progress in Energy and Combustion Science* 38, pp. 737–764

(2012).

3. Teislev B. Harboore-Woodchips updraft gasifier and 1,500kW gas engines operating at 32% power efficiency in CHP configuration. In: *Proceedings of 12th European conference on biomass for energy, industry and climate protection*. Amsterdam, Netherlands: 2002.p. 1027–9. ISBN:88-900442-5-X.

4. HENRIKSEN, Ulrik, Jesper AHRENFELDT, Torben Kvist JENSEN, Benny GØBEL, Jens Dall BENTZEN, Claus HINDSGAUL a Lasse Holst SØRENSEN. The design, construction and operation of a 75kW two-stage gasifier: A review. *Energy*. 2006, vol. 31

5. Natural gas is out – wood gas is in. *Bioenergy Research* [online]. 2007, roč. 4, č. 20 [cit. 2014-05-21].

6. KOCH, Thomas. Biomass Gasification with low tar production.: Staged gasification. In: *Escola de combustao* [online]. 2007 [cit. 2014-05-21]

7. Neeft, J.P.A.; Knoef, H.A.M.; Zilke, U.; Sjonstrom, K.; Hasler, P.; Simell, P.A.; Dorrington, M.A.; Thomas, L.; Abatzoglou, N.; Deutch, S.; Greil, C.; Buffinga, G.J.; Brage, C.; Suomalainen, M., *Guideline for Sampling and Analysis of Tar and Particles in Biomass Producer Gases*, Version 3.3, Energy project ERK6-CT1999-20002 (<http://www.tarweb.net>)

DUONG VAN MINH

University of Chemical Technology Prague, Czech Republic

ENERGETIC UTILIZATION CORRESPONDING TO EMISSION OF RICE HUSKS COMBUSTIONS IN VIETNAM

1. Introduction

Many agricultural countries have recently focused on bio-energy production, renewable resource diversification, and hence enhance the benefits of greenhouse gas (GHG) mitigation. In the 2nd world rice production country like Vietnam, a huge potential in the use of biomass resources, particularly rice husks and rice straws is highlighted corresponding to the annual production is approximately 36 million tonnes, of which more than 50% rice harvests takes place in the Mekong River Delta mainly in three crops, dynamically starting in the winter-spring season (Feb-Apr), followed by summer-autumn (Jun-Aug) and autumn-winter (Oct-Dec) seasons respectively.

Rice husks and straws are main field based residues of rice production especially rice straw is generally placed in a field for drying 3-5 days before burning; its remaining moisture content could be around 10-12%. The total quantity of rice husks in Vietnam for 2011 was estimated at 7 500 000 tons per year (t/y), of which 52.5% was generated in the winter-spring season. The availability of rice husks supply depends on the rice production and the proportion of husks in a paddy¹. Many studies have summarized that the proportion of rice husks and straw to rice is one approximately²⁻⁷. Therefore, they are defined as renewable energy resource with heat and power generated simultaneously and continuously, partly replaces conventional fuels (coal, petroleum, natural gas, etc.) in electrical production.

2. The use of rice husks and straws as biomass energy

Woods and agricultural residues such as rice husks, rice straw, coffee husks, and bagasse, along with these commodity and their utilizations, are vary widely used as a source of energy in rural areas of the country. In practice, each household uses various fuels in combination not just one type of fuel, in which only 7% of households use rice husks and rice straws as a bio-energy. Experimental study on co-firing of other biomass fuels with rice husks attempted the aim of achieving more effective compared to the firing of each fuel on its own. The use of rice husks and straws for brick kiln (25%) and other industrial purposes (10%) is rapidly spread because of lower prices, local availability and reliability of supply.

The technologies and common uses of rice husks and rice husks briquette are summarized and shown in Figure 1. Direct combustion such as stoker-fired and fluid bed designs is the popular technical option for electricity generation, which combustion efficiency is quite low in comparison to alternatives using steam engines through gasification. The gases synthesized from rice husks in a gasification system, such as CO, H₂ and volatile hydrocarbons, can be used for electricity generation using internal combustion engines and generators. Pyrolysis is a high potential type of energy recovery process which generates char, oil and gas products, all of which was applied at the industrial scale⁸.

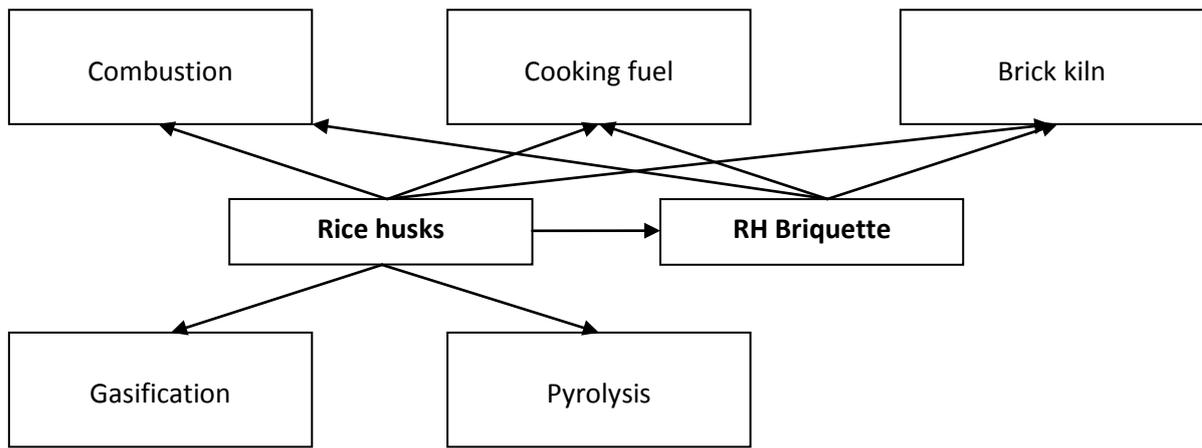


Figure 1. The popular applications of rice husks and its briquette as a biofuel

Bulky rice husks need handling specifically to reduce the transportation costs with the moisture content could be around 10-12%. Several pre-feasibility studies were carried out to install rice husks power plants⁹⁻¹¹, but so far only pilot project has been implemented with capacity of 10MW, consuming 250tons of rice husks per day. A transient technology produces briquettes by compressing rice husks to reduce their bulky volume is rapidly used in Vietnam, however the current low electricity costs and lack of sufficient incentives for bio-energy are current limitations¹².

Reported efficiencies of rice husks power generation using steam turbines for the capacities 29 MW, 2.5 MW and 1 MW are 31.3%, 15% and 13%, respectively^{13, 14}. The efficiencies of rice husks gasification for 200 kW, 1 MW, and 3 MW capacities are 12%, 17%, and 16% respectively¹⁵. The rice husks lower heating value (LHV) was reported about 13-16 MJ/kg referred to the moisture content in a range 6-12% a fuel replacement is considered¹⁶⁻¹⁷. The multiplication the LHV by the stove efficiency generates a replaced factor among fuels.

3. Emission & environmental issues

Carbon dioxide (CO₂) and water (H₂O) are not considered as harmful products in a completed biomass fuels combustion, whereas incomplete combustion releases health-damaging gaseous pollutants such as carbon monoxide (CO), nitrous oxide (N₂O), methane (CH₄), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and other organic compounds. Facility test of biomass fuel combustion combined with different LHV values and analytical considerations of gaseous emission of pollutants (CO₂, CO, CH₄, TSP, SO_x and NO_x) and particulate matters certainly provides a comprehensive understanding.

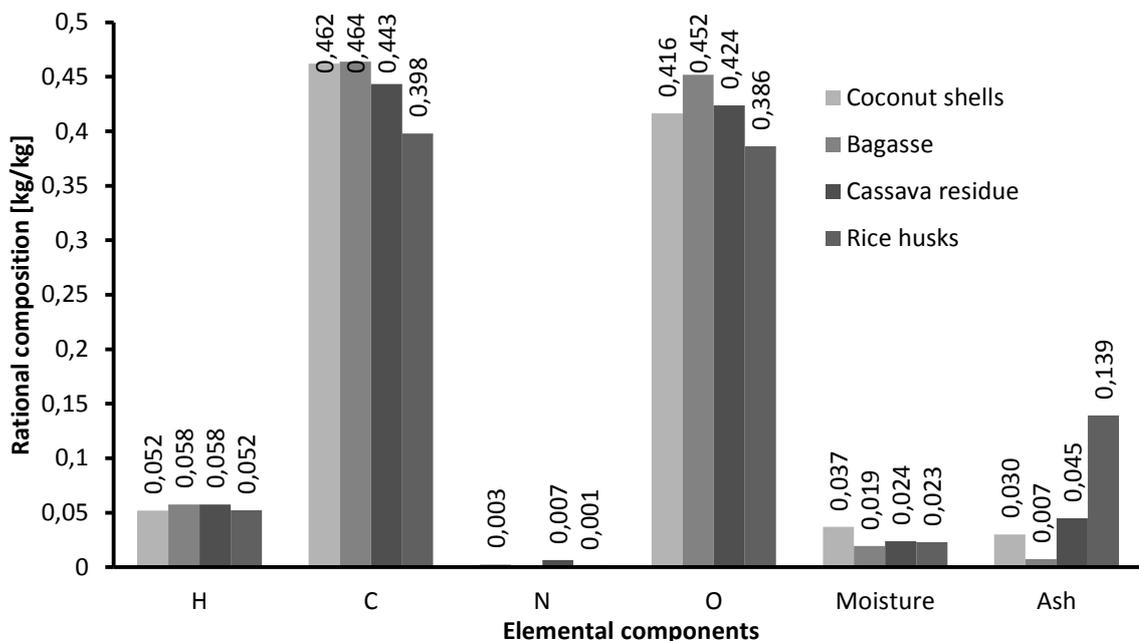


Figure 2. Elemental compositions of biomass fuels in Vietnam

Similar chemical compositions vary and depending on the specific fuel type as showed in Figure 2, and properties of residual agricultural biomass as fuels are showed in Figure 3. General values of the rice husks are 16.21% fixed carbon, 76.54% volatile substances, 6.26% ash. Sulphur content in biomass fuels is low which leads to an expected low sulphur dioxide content in the flue gas, while rice husks illustrated a high ash content

(0.139kg/kg)¹⁸. The total emission values of CO₂, CO, CH₄, total suspended particles (TSP), sulphur oxides (SO_x) and nitrogen oxides (NO_x), from rice husks energy use released in the atmosphere annually can be accounted for the country¹⁹. However, the use of emission factors for different combinations of biomass fuels and end-use technology represents a comprehensive issue.

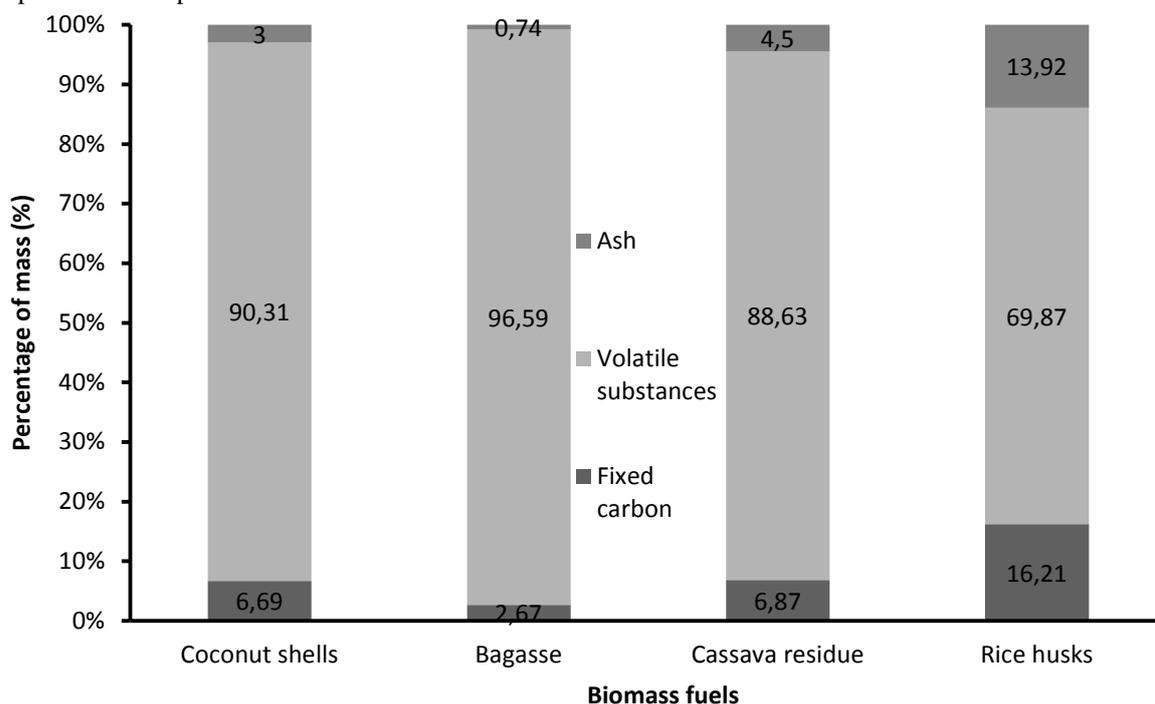


Figure 3. General compositions of biomass fuels in Vietnam

4. Remarks

The report provides an inventory approach for quantifying of rice husks/straws subject to energetic utilization and corresponding emission characteristic. The innovative household burning technology, co-firing of other fuels and widely shift to the rice husks briquette perform better combustion efficiency, energy improvement and lower emissions of gaseous pollutants and other compounds.

The amount of rice husks in combustion/gasification, as well as the conditions under which it is transformed creates larger uncertainties in estimating emissions than those for traditional fuels. Quantify the emissions using pollutant specific emission factors for agricultural residues and the use of biomass fuels by end-use technology can only be taken as approximation with substantial evaluation uncertainties. Further study in the ratio of rice husks to rice, harvesting episode, and bio-energy use schedule should be taken as they are dominant factors that cause variation in emission factor estimation.

Keywords

Agricultural residues, biomass, bio-energy, crop waste, residue combustion

Acknowledgement

The report was technically supported by the Vietnam Institute of Energy. Authors also gratefully appreciate the University of Chemical Technology Prague for the assistance.

References

1. Pham T.M.T., Kiyo H.K., Keisuke H.: Greenhouse gas emission mitigation potential of rice husks for An Giang province, Vietnam. *Biomass and Bioenergy* 35(8):3656-3666 (2011).
2. Mansaray K.G., Ghaly A.E., Al-Taweel A.M., Hamdullahpur F., Ugursal V.I.: Air gasification of rice husks in a dual distributor type fluidized bed gasifier. *Biomass and Bioenergy* 17(4): 315-32 (1999).
3. Natarajan E., Nordin A., Rao A.N. Overview of combustion and gasification of rice husks in fluidized bed reactors. *Biomass Bioenergy* 14(5-6):533-46 (1998).
4. Islam M.N., Ani F.N.: Techno-economics of rice husks pyrolysis, conversion with catalytic treatment to produce liquid fuel. *Bioresour Technol* 73(1):67-75 (2000).
5. Armesto L., Bahillo A., Veijonen K., Cabanillas A., Otero J.: Combustion behaviour of rice husks in a bubbling fluidised bed. *Biomass and Bioenergy* 23(3):171-9 (2002).
6. Chungsangunsit T., Shabbir H.G., Patumsawad S.: Environmental assessment of electricity production from rice husks: a case study in Thailand. In: *Proceedings of international conference on electricity supply industry in transition: issues and prospect for Asia*; (2004).
7. Abe H., Katayama A., Sah B.P., Toriu T., Samy S., Pheach P., Adams M.A., Grierson P.F.: Potential for rural electrification based on biomass gasification in Cambodia. *Biomass and Bioenergy*. 31(9):656-64 (2007).

8. Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G.: A technoeconomic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 6(3):181-246 (2002).
9. I.E.: Demonstration of rice husks fired power plant in An Giang province: a pre-feasibility study report. Hanoi, Vietnam: Vietnam Institute of Energy (2004).
10. I.E.: Bagasse and other biomass-fired power plant in Ben Tre sugar company: a pre-feasibility study report. Hanoi, Vietnam: Vietnam Institute of Energy (2006).
11. Nguyen V. H., Nguyen V. S.: Clean development mechanism project design documents for pilot grid connected rice husks fueled bio-power development projects in Mekong Delta, Vietnam. EEPSEA (2006).
12. Bhattacharya S.C., Abdul Salam P., Mahen S.: Emissions from biomass energy use in some selected Asian Countries. *Energy* 25(10):169-188 (2000).
13. Bergqvist M.M., Wardh K.S., Das A., Ahlgren E.O.: A techno-economic assessment of rice husks based power generation in the Mekong River Delta of Vietnam. *International Journal of Energy Research.* 32:1136-50 (2008).
14. Bhattacharya S.C., Arul J. M., Kandhekar Z., Abdul S. P., Shrestha R.M.: Greenhouse-gas emission mitigation from the use of agricultural residues: the case of rice husks. *Energy* 24(1):43-59 (1999).
15. Yin X.L., Wu C.Z., Zheng S.P., Chen Y.: Design and operation of a CFB gasification and power generation system for rice husks. *Biomass and Bioenergy*; 23(3):181-7 (2002).
16. Abas B.: Rice husks gasification for cogeneration, end-user point-of-view and expectation. In: COGEN Workshop. Indonesia (1991).
17. Therdyothin A., Bhattacharaya S.C., Chirarattananon S.: Electricity generation potential of Thai sugar mills. *Energy Sources Part A*;14(4):367-80 (1992).
18. Tung N.D., Steinbrecht D., Beu J., Backhaus E.: Experimental Investigations of Extracted Rapeseed Combustion Emissions in a Small Scale Stationary Fluidized Bed Combustor. *Energies* 2:57-70 (2009).
19. IE. Strategy and masterplan for renewable energy development of Vietnam for the period up to the year 2015, with outlook to 2025. Hanoi, Vietnam: Vietnam Institute of Energy (2008).

L. DVOŘÁK

Technical university of Liberec, Czech Republic

M. BERANOVÁ

Charles University in Prague, Czech Republic

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY FOR INTENSIFICATION OF WASTEWATER TREATMENT PROCESSES

Abstract: Nanotechnology offers several benefits, and due to the unique features its popularity is increasing. Nanomaterials are currently being applied in a large scale of industrial and commercial fields, including wastewater treatment processes intensification.

Fixed Bed Biofilm Bioreactor (FBBR) with nanofiber textile as biomass carrier was employed to treat actual industrial wastewaters coming from chloramines production. Nanofiber biomass carrier was verified in lab-conditions, and subsequently implemented into wastewater treatment plant to stabilise and intensify treatment efficiency.

Keywords: FBBR; nanofibers; biomass carriers; industrial wastewater; intensification.

1. Introduction

Due to very high surface area nanomaterials act differently than bulk materials [1]. Nowadays, nanomaterials are being successfully used in a lot of commercial and industrial applications [2], including intensification of wastewater treatment processes. There are two options using nanotechnology to enhance wastewater treatment plant (WWTP) capacity. One is using membranes possess such properties limiting growth of microorganisms on its surface. The second option is use of nanofibers as biomass carriers. It enables microorganism's fixation, notably slow-growing ones removing hardly biodegradable compounds [3]. If nanofibers are used as biomass carrier, fast fixation and stable attachment of microorganisms occurs. Due to fibers structure, better access of substrate and oxygen in inner layers of biofilm is ensured, and thicker layers are also involved in biodegradation. Carriers can be fixed to the support, so called Fixed Bed Biofilm Reactor (FBBR) or in motion – Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). Biofilm-based reactors have been successfully employed to treat different industrial wastewaters with hazardous contaminants so far [4]. Different materials and shapes of carriers have been tested to meet requirements for optimal features (i.e. stability, good adhesiveness, very high surface area) and to achieve high removal efficiency. All of them offer nanofibers; in addition, other properties can be adjustable by material characteristics.

This paper summarizes experiences with nanofiber biomass carriers used in full-scale FBBR. After lab tests, carriers were applied into WWTP. Upgraded WWTP treats actual industrial wastewater mainly from chloramines (antimicrobial agent e.g. in food processing) production.

2. Materials and methods

2.1. Biomass carrier

Polyethylene fibers were used as scaffold for fixation of polyurethane nanofibers. Nanofibers were prepared using free surface electrospinning device [5]. Photo of nanofibers as well as final textile that was implemented into the WWTP is shown in Fig. 1.



Figure 1. Nanofibers biomass carriers: A) picture of nanofiber from scanning electron microscope; B1) final textile; B2) supporting construction with textile.

2.2. Wastewater treatment plant description

A homogenization (170 m^3) and neutralization tanks are located in front of WWTP. WWTP is divided into two lines; each consists of sedimentation (100 m^3), activation tank (125 m^3) and secondary settling tank (67 m^3). Oxygen in activation tanks is supplied by fine-bubble aeration keeping oxygen concentration $>2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Nanofibers carrier (textile, 130 m^2) is located in activation tank of second line. Applied surface was determined in lab experiments. A mixture of wastewater from chloramines production, together with sewage waters from company, landfill leachate and ballast water of sewage system represents the WWTP influent.

3. Results and discussion

3.1. COD removal and biomass concentration

Even after several optimization steps, removal efficiency of main pollutants and operation stability was not sufficient. Hence, implementation of biomass carriers was performed to intensify capacity, and minimize a negative effect of pollutants on environment. While COD concentration in many industrial wastewaters is usually high, these wastewaters had low COD (Fig. 2). It was due to the dilution since original wastewaters from chloramines production had COD about $3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Final influent COD ranged $70\text{-}310 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Low COD was also reflected in low biomass production/ concentration. Influent COD corresponded with chloramine B production. When chloramine B was produced (minimal or no chloramine T production), COD increased and vice versa. COD in tank with nanofibers carriers was about ca. 25% lower compared to tank without carriers, and this difference remained almost stable. Effluent COD also fulfilled discharging requirements.

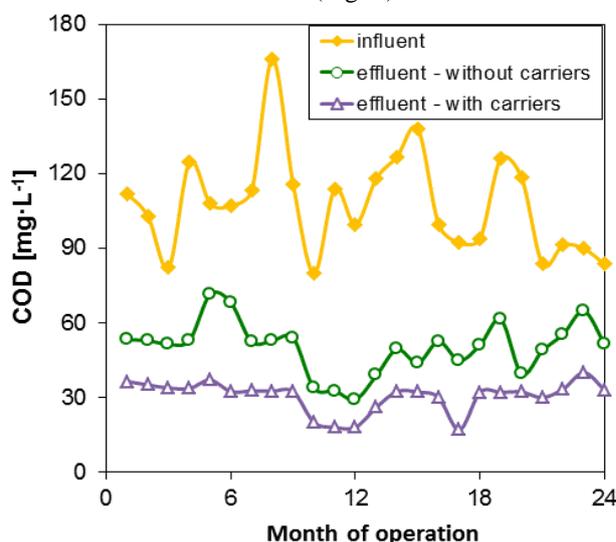


Figure 2. Average influent COD, and COD in the effluent from individual tanks

3.2. Nitrogen removal

Prior to the implementation of carriers, removal of ammonia nitrogen was very low. However, shortly after implementation, elevated nitrate nitrogen was detected, simultaneously with sharp decline in ammonia nitrogen in effluent. When higher wastewater volume or changes in chloramine production (B vs. T) occurred, and previously resulting in sharp increase in ammonia nitrogen in effluent, transformation of ammonia to nitrate nitrogen remained almost stable and changes were only negligible after installation of carrier. It was enabled due to fixation of ammonia and nitrite oxidizing bacteria on carriers which were washed-out of system prior to carrier installation. It was further observed that nitrite oxidizing bacteria were more sensitive to chloramine T at the beginning of WWTP op-

eration, but later, this negative effect was not so pronounced due to their adaptation. Afterwards, declines in nitrate nitrogen were not so significant compared to previous phases with chloramine T production.

3.3. New shape of biomass carrier

A new shape of biomass carrier (Fig. 3) has been developed at our institute to utilize specific features nanomaterials offered. This shape of biomass carrier made of polyurethane nanofibers is suitable notably for MBBR; however, production technology can be easily applied for carriers used in FBBR. Its main advantage is very high flexibility in size, materials, structure and other characteristics, including final very high specific surface area. Currently, this biomass carrier is intensively tested in lab and pilot-plant installation.

4. Conclusions

Implementation of biomass carrier made of nanofibers into actual WWTP treating industrial wastewater from chloramines production led to system stabilization. Removal efficiency of chloramines (COD) and ammonia nitrogen increased, as well as biomass concentration and its fluctuations were stabilized after implementation of nanofibers carriers. Although sludge loading was low and fluctuated significantly, positive effect of biomass carriers was evident, namely already by using only 1/6 possible area.

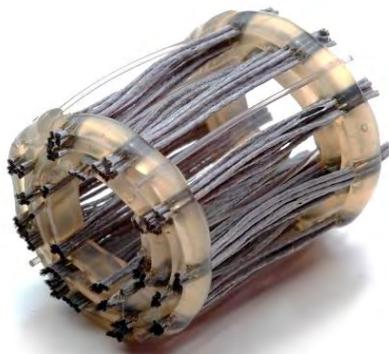


Figure 3. Photo of a new shape of biomass carrier made of nanofibers developed at TUL

Positive effect was evident notably during the significant changes in wastewater composition related with production of chloramines.

References

1. Moritz M., Geszke-Moritz M., 2013: The newest achievements in synthesis, immobilization and practical applications of antibacterial nanoparticles. *Chemical Engineering Journal* **228**, 596-613.
2. Sun Y.Z., Long H.D., Zhang M.M., Li J.L., Duvail X.Y., Yin J.H.L., 2014: Advances in three-dimensional nanofibrous macrostructures via electrospinning. *Progress in Polymer Science* **39**, 862-890.
3. Hassani A.H., Borghei S.M., Samadyar H., Ghanbari B., 2014: Utilization of moving bed biofilm reactor for industrial wastewater treatment containing ethylene glycol: kinetic and performance study. *Environmental Technology* **35**, 499-507.
4. Dvořák L., Lederer T., Jirků V., Masák J., Novák L., 2014: Removal of aniline, cyanides and diphenylguanidine from industrial wastewater using a full-scale Moving Bed Biofilm Reactor. *Process Biochemistry* **49**, 102-109.
5. Jirsák O., Sanetrník F., Lukáš D., Kotek V., Martinová L., Chaloupek J., 2005: A Method of nanofibers production from polymer solution using electrostatic spinning and a device for carrying out the method. CZ Patent No. 294274 (B6), Czech Republic.

ELKE BETTINA VON HÜNEFELD

TU Bergakademie Freiberg, Germany

CHRISTIAN WOLKERSDORFER

Tshwane University of Technology (TUT),

South African Research Chair for Acid Mine Drainage Treatment, South Africa

Lappeenranta University of Technology (LUT), Laboratory of Green Chemistry, Finland

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF TAILINGS DAMS INFLUENCES ON SULPHATE LOADS IN THE WESTERN BASIN, WITWATERSRAND, SOUTH AFRICA

Introduction

Gold mining in the Witwatersrand began in 1886 (Department of Water Affairs South Africa 2013a). After decommissioning of most of the mines in the 1990s and following flooding of the mine voids, the first mine water emanated in the Western Basin in late August 2002 (Department of Water Affairs South Africa 2013a; Hobbs and Cobbing 2007; Tutu et al. 2008). During active mining, sand or slime dams, generally referred to as tailings dams, came about as a product of the gold recovery process (Tutu et al. 2008; Ntsume and McCarthy 2005). Before 1960, almost no seepage collection systems were installed around the tailings dams, resulting in seepage water emersion through the dam walls and foundation materials (Rösner 1999; Vermeulen 2001). The composition of the seepage water is influenced by the mineral content of the tailings dams and particularly by the process of acid mine drainage (AMD). The mine water discharging in the vicinity of the tailings dams contains elevated concentrations of sulphate and there is a hypothesis that the sulphate concentration in the mine water could be a result of ingress from the tailings dams (Department of Water Affairs South Africa 2013a, Hobbs and Cobbing 2007).

The focus of the recent research has been on the topmost layer of tailings dams, referred to as the oxidation

zone, trying to identify if and how much of the sulphate in the mine water could be from the tailings dams. Instead of applying long term leaching tests on gold mine tailings material and taking in consideration the number and variability of the tailings dams in the Western Basin, an estimation of the sulphate loads by using the geochemical-hydrodynamic modelling code PHREEQC (Parkhurst and Appelo 2013) was applied.

Methods

Evaluation of tailings dams geometries: Tailings dams data (shape files) of the Witwatersrand was provided by the South African Council for Geoscience (H. Coetzee, pers. Comm). Management and analysis of the dataset was performed with the open source geographic information system QGIS (QGIS 2014), using the obtained information about the shape and size of the tailings dams. Furthermore, Google Earth (Google Earth 2014) was used to update the information in the GIS and to estimate the heights and geometrical shapes of the tailings dams. To calculate the volumes of the dams, cone or rather cone frustum and pyramid frustum as the main geometrical shapes were subdivided.

Geochemical modelling: The theoretical chemical composition of the tailings dams seepage water was modelled by using the geochemical thermodynamic modelling code PHREEQC (Parkhurst and Appelo 2013). Rainwater (pH = 4.7; T = 17 °C), as an initial solution, reacts with the minerals found in a typical Witwatersrand gold tailings dam. Different bulk densities of sand (1500 – 1900 kg/m³) were used to calculate the mineral composition in mol dm⁻³ (Mphepya et al. 2004; Hobbs 2011; Beckschulte Verfahrenstechnik GmbH). Based on the PHREEQC (WATERQ4F database) and the CO₂ atmospheric partial pressure, oxygen contents of 1.12 Vol% and 1.56 Vol% were assumed.

Sulphate load: Mine water analysis data from shaft Black Reef Incline, Western Basin were compared with seepage water values from tailings dams to find analogies between the sulphate loads. For further calculation of the annual sulphate load, a mine water discharge (Q) of 318 L·s⁻¹ and a tailings dams seepage discharge of 49 L·s⁻¹, 66 L·s⁻¹, 82 L·s⁻¹ and 99 L·s⁻¹ was applied (Digby Wells & Associates 2012). According to equation $M = Q \cdot c_{SO_4} \cdot t$ (1, the sulphate load (M) for mine water and theoretical tailings dams seepage water was calculated.

$$M = Q \cdot c_{SO_4} \cdot t \quad (1)$$

Results and Discussion

Area, height and volume of tailings dams in Western Basin: The QGIS based calculations examined an area covered by tailings dams in Western Basin of 1424 ha. An estimation of heights was possible by using Google Earth (Google Earth 2014). Heights between 1 m and 59 m were ascertainable. A mean value of 359.4 Mm³ was used for further calculations of the tailings dams volume.

Sulphate load: Pyrite as the main source of sulphate in the mine waters occurs with approximately 1% within the tailings dams. The range of the sulphate concentration in theoretical tailings dams seepage water varies between 2388 and 6319 mg L⁻¹ SO₄ under consideration of different oxygen contents and bulk densities. However, the mean value of sulphate is 4309 mg L⁻¹. It is evident, that an elevated oxygen content increases the sulphate concentration substantially.

The results thus obtained were used to calculate the sulphate load of the theoretical tailings dams seepage water and the mine water in Western Basin. It has been shown that the mean sulphate load of seepage water per year is approximately 10 132 t. At the abandoned shaft Black Reef Incline decanting mine water has a mean annual sulphate load of 39 755 t.

To summarize these results, approximately 25% of the annual sulphate load in Western Basin could be traced to seepage processes through the tailings dams. Previous research has documented similar results. It should be noted that the calculated results are within a wide range. In fact 9% to 50% of the sulphate load could be sourced from tailings dams seepage water.

Unanswered is the question of other sulphate sources in the emanating mine water. Scott (1995) describes that abandoned mines were backfilled by gravity feeding with slimes from the reworking of dumps. It is conceivable that the process of acid mine drainage is also happening with the backfilled material in the mine besides the reaction with exposed sulphate bearing rock formations.

Conclusions

The main purpose of this paper was to validate the hypothesis of elevated sulphate concentrations in mine water caused by tailings dams seepage processes. Summing up the results, it can be concluded that seepage water from tailings dams is influencing the sulphate concentration in mine water. However, this is not the primary cause. Based on the wide range of results and rough calculation of tailings dams volume the authors suggest further research in this topic. Leaching tests to investigate a detailed mineralogical composition of the tailings dams are recommendable.

Acknowledgements

The authors express their thanks for financial support to Tshwane University of Technology, South African Research Chair for Mine Water Management (NRF grant), 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

1. Beckschulte Verfahrenstechnik GmbH: Schüttguttabelle. Available online at http://www.bv-net.de/deutsch/080_service/08600_schuettguttabelle.htm, checked on 12/08/2014
2. 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).
3. Department of Water Affairs South Africa (2013a): 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.
4. Hobbs, Philip J. (2011): Situation assesment of the surface water and groundwater resource Cradle of Humankind world heritage site. Unter Mitarbeit von Council for Scientific and Industrial Research, Council for Geoscience, Wits School of Geoscience, iThemba LABS, A. Jamison und D. Hardwick. Hg. v. Management Authority Cradle of Humankind World Heritage Site & Dinokeng, Department of Economic Development und Gauteng Provincial Government.
5. 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).
6. Mphopya, J.N; Pienaar, J. J.; Galy-Lacaux, C. (2004): Precipitation Chemistry in Semi-Arid Areas of Southern Africa. A Case Study of a Rural and an Industrial Site. In: Journal of Atmospheric Chemistry 47: 1–24, 2004. 47, S. 1–24.
7. Ntsume, Gabriel M.; McCarthy, Terence S. (2005): A preliminary study of the relative contributions of diffuse and point sources of pollution arising from gold mining activity in a Witwatersrand goldfield. Oviedo: University of Oviedo (Mine Water 2005 – Mine Closure).
8. Parkhurst, D.L; Appelo, C.A.J (2013): Description of input and examples for PHREEQC version 3. A computer program for speciation, batch- reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations (U.S. Geological Survey Techniques and Methods).
9. QGIS Development Team, 2014 QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
10. Rösner, Thorsten (1999): The environmental impact of seepage from gold mine tailings dams near Johannesburg, South Africa. Dissertation. University of Pretoria, Pretoria. Faculty of Natural and Agricultural Sciences.
11. Scott, Robert (1995): Flooding of Central and East Rand Gold Mines: An investigation into controls over the inflow rate, water quality and the predicted impacts of flooded mines. Water Research Commission (WRC Report No. 486/1/95).
12. Tutu, H.; McCarthy, T. S.; Cukrowska, E. (2008): The chemical characteristics of acid mine drainage with particular reference to sources, distribution and remediation: The Witwatersrand Basin, South Africa as a case study. In: Applied Geochemistry 23 (2008) 3666–3684 23.

LIU PU, DREBENSTEDT CARSTEN, HOTH NILS

TU Bergakademie Freiberg, Germany

SUN YAJUN

China University of Mining and Technology, China

GROUNDWATER FLOW MODELING AND PARAMETERIZATION WITH LIMITED FIELD DATA IN A CLOSED COAL MINING AREA (XUZHOU, CHINA)

Abstract: As part of the research topic “Hydrogeochemical evolution of a closed coal mine in China”, before chemical analysis, a more fundamental task-groundwater system flow modeling is supposed to be finished chiefly. However, due to an incompact previous work of the target coal mining area (Xuzhou, China), it is very difficult to get enough on-site data for model building. In this paper, a new method is applied to solve the data scarcity problem. A set of limited observed data is utilized to try to establish a relatively accurate model of this large area which includes several different coal mines. Since there are four key geologic ages Quaternary, Permian, Carboniferous and Ordovician, four correspondent aquifers (Q, S₇, L₄, O) are chosen to represent and simplify the hydrogeological structure. Each of the aquifers is modeled separately with assumptive input data (hydraulic heads, inflow/outflow, factitious boundary conditions, multiple wells and so on). To define the parameters including conductivity (K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}), specific storage (μ^*) and even initial hydraulic heads, assumptions are proposed to show the result variation percentages caused by different input values of parameters. Scenario simulations run with artificially parameter zoning maps and manually produced input files using finite element software. Hydraulic heads are focused as criteria for the variation comparison. Then the results are used to show the sensitivity of each

parameter. It is concluded that with this method we could get the sensitivity of each parameter and make accurate assignment. In order to verify and improve the method, laboratory permeability measurements of correspondent cores from this mining area are carried out in the near future to support and modify the model.

Keywords: limited field data; groundwater flow modeling in closed mining area; sensitivity; scenarios; finite element model

Introduction

A fundamental task-groundwater system flow modeling is supposed to be finished chiefly before chemical analysis in the research topic “Hydrogeochemical evolution of a closed coal mine in China”. But unfortunately, there was not enough observation data from the mine site. To solve the problem, a new method should be developed so as to define those important hydrogeological parameters in the model.

1 Profiles of the study area

The study area is located near the city Xuzhou, which is in the North China coal mining district (Fig.1). With two coal mines closed already, there are four other active running mines around. In this district, coal seams in Permian and Carboniferous systems are the key-targeted layers that were extracted. Therefore Q (Quaternary) aquifer, S₇ aquifer, L₄ aquifer and O(Ordovician) aquifer are chosen to typically represent each system. This is also a simplification for the groundwater model (Fig.2).



Figure 1. General map of the study area

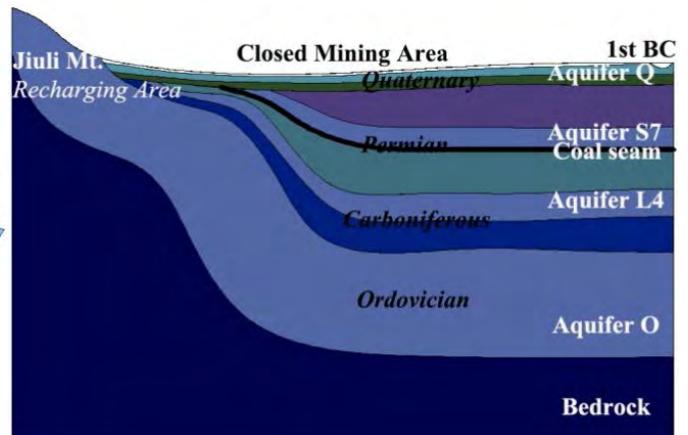


Figure 2. Cross section map of the hydrogeological structure

2 Groundwater flow system modeling

2.1 Conceptual model

The first aquifer Q is considered as a heterogeneous, horizontally isotropic, transient flow and 3D groundwater system. K_{xx} and K_{yy} will be defined with the same value. Jiuli Mt. is the south blocking border. Jinghang Canal is the east border with a given hydraulic head +30m in average(Dirichlet BC, 1st kind). While for the west and southwest part, Abandoned Yellow River takes charge with a given water head +40m in average(Dirichlet BC, 1st kind). For confined aquifers, the south border Jiuli Mt. would be defined as a Dirichlet BC with value +18m while the north border +10m. Because of similar conditions, O aquifer is selected from the three to represent the confined aquifer system. It has a huge thickness of 500m. And it is also a heterogeneous, horizontally isotropic, transient flow and 3D groundwater system.

2.2 Modeling

Fig.3 showed the two aquifers 3D groundwater model with initial heads and observation wells displayed using finite element programs [1]. There are 36 time steps with each 10d. Both models run under transient flow pattern. And all together there are 20 observations wells.

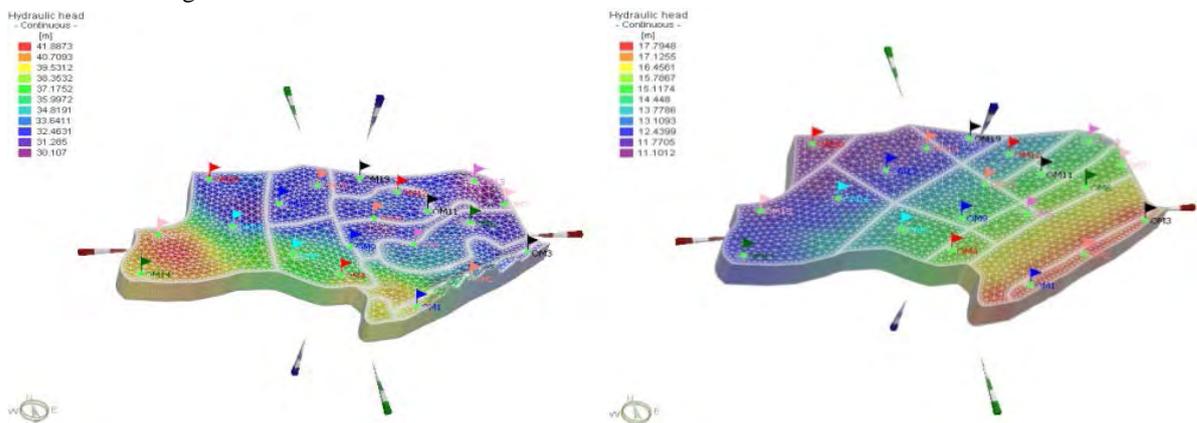


Figure 3. Aquifer Q (Left) and O(Right) 3D finite element models

3 Sensitivity analysis and parameterization

Sensitivity stands for the ratio of variations of two hydrogeological parameters [2]. From the mathematical point of view, it is the partial derivative of water heads on each parameter [3]. Regarding to different units of each parameter and order of magnitude, the variation changes of each parameter is calculated with percentage changes-%. Calculation equation is as followings:

$$P-H=(Hi-Hj)/[(Pi-Pj)/Pj] \tag{1}$$

Where, P -parameter (K or Ss)

H_i - water head under i scenario, L

H_j -water head under j scenario, L

P_i - parameter value under i scenario,

P_j -parameter value under j scenario,

To analyze the sensitivity of parameters-K (Permeability,m/d) and Ss(Specific Storage 1/m), several series of scenarios are built (Tab.1). As for Q the unconfined aquifer, 6 variations are addressed, and for confined thick aquifer O, 8 variations are addressed.

Table 1

Parameter settings of each scenarios					
Aquifer	Scenarios Nr.	1	2	3	4
Q unconfined	Kxx/Kyy(m/d)	3.58	1.79	7.16	
	Ss(1/m)	0.05	0.10	0.25	
O confined	Kxx/Kyy(m/d)	4.53e-7	46.1	92.25	23.05
	Ss(1/m)	0.0001	0.001	0.002	0.005

*With other parameters and boundary conditions staying only the target parameter is changed.

Aquifer Q

From the two figures below(Fig.4 and Fig.5), it is very clear that the parameter Ss is much more sensitive than the permeability K value. Largest change reaches to 0.12m%. And it varies with different time periods. 180d seems to be a little bit lighter than the final time date. What is more, these two figures also showed us the sensitivity differs to various observation positions. Wells that are near the boundary change greater than those in the domain center.

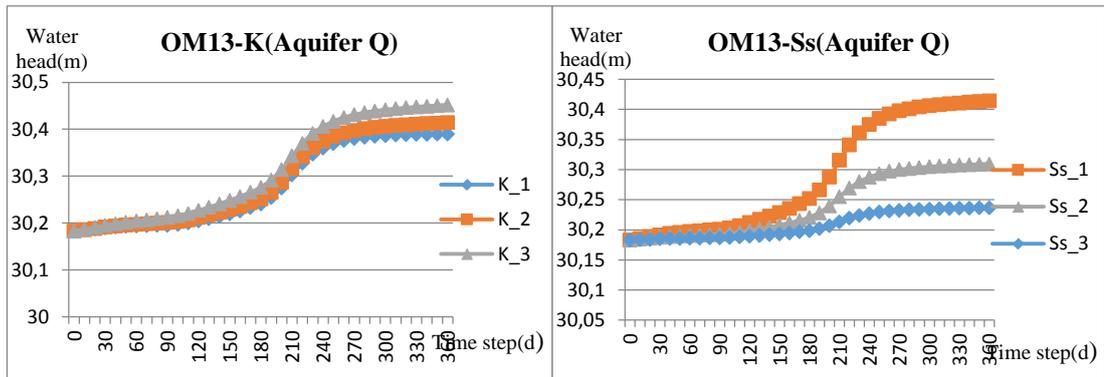
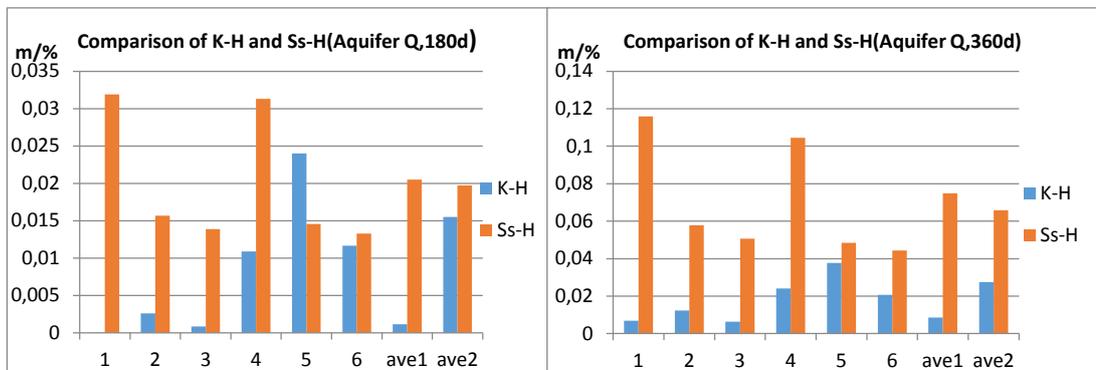


Figure 4. Comparisons of water heads variations with different K and Ss at OM4 Aquifer Q



*Horizontal number refers to various scenarios and “ave” is the average value of these scenarios

Figure 5. Sensitivity comparison of K-H and Ss-H with Aquifer Q at 180d and 360d

Aquifer O

Scenario 1 has a K value of 4.53e-7m/d, which will not be compared with others.

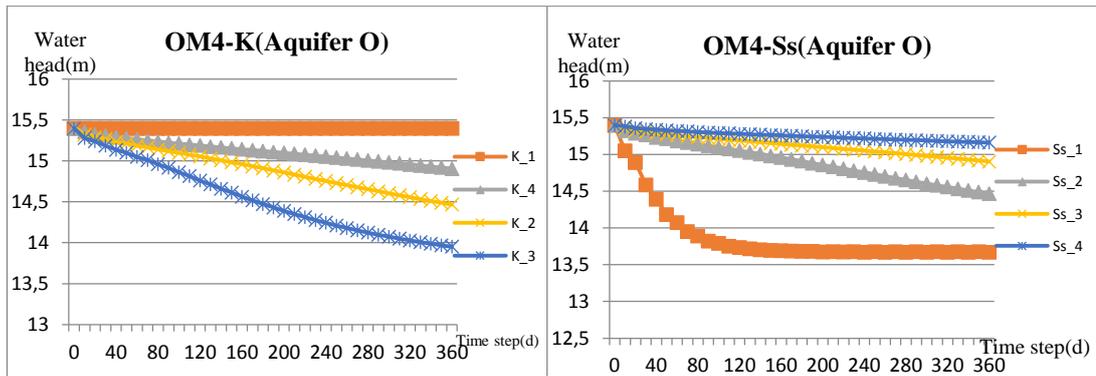
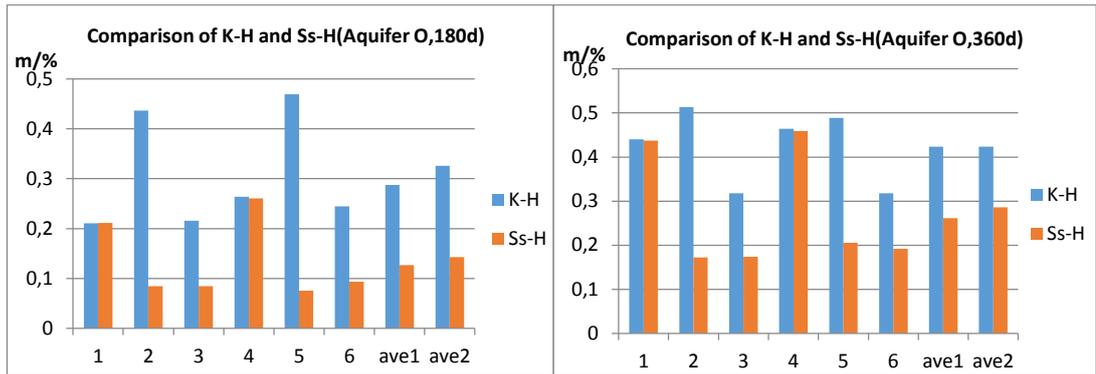


Figure 6. Comparisons of water heads variations with different K and Ss at OM4 Aquifer O



*Horizontal number refers to various scenarios and “ave” is the average value of these scenarios

Figure 7. Sensitivity comparison of K-H and Ss-H with Aquifer O at 180d and 360d

For Aquifer O, however, parameter K is inversely more sensitive than Ss. But the differences is not so large at final time step (360d). That means, aquifer O is more stable than Aquifer Q. The water heads begin to change at an earlier time step. Largest changes appear at K value 46.1m/d, reaching 0.51m/%. Ss can also change the water head with maximum 0.46m/%. So it may come to a conclusion that aquifer O does not have an obvious affection by these two parameters.

4 Conclusions and prospects

This paper focuses on two important hydrogeological parameters to compare their sensitivity-K and Ss. For Aquifer Q, the parameter Ss is more sensitive than K. it is probably because of the unconfined condition and precipitation affections. While on the contrary, K is inversely more sensitive than Ss when simulation goes to aquifer O. Aquifer O is much thicker-almost 500m and thus more stable than the first aquifer. Thus it is obvious that when defining parameters for both aquifers, different attention should be paid due to different sensitivity results.

Besides, positions of observation wells in one aquifer may also affect the result. It differs even within one single aquifer. Points near the boundaries are more sensitive than those in the central area. Some observation wells changes greater when they are located on an area where there is a larger hydraulic gradient. And they help with calibration process when there is a shortage of data from the mine sites.

However, there are many other factors influencing the groundwater model. Much further work is supposed to be accomplished in the near future such as infiltration rate sensitivity, initial head affections, multiple parameters variations and so on. Parameterization should also compare with the lab tests. Then finally, could a more accurate and reliable model be established.

References

1. Kong Xiangguang, Wang Jingquan etc. Finite element groundwater flow system. China University of Mining & Technology Press. Xuzhou, 1999.
2. Yen-Chen Huang, Hund-Der Yeh. The use of sensitivity analysis in on-line aquifer parameter estimation. Journal of Hydrology, 335:406-418.
3. William W-G Yeh. Review of parameter identification procedures in groundwater hydrology: the inverse problem. Water resources research, 22(2):95-108.

A.A. MOHAMED, H. KLAPPERICH
TU Bergakademie Freiberg, Germany

EFFECT OF SLURRY TRENCHING ON LOAD DISTRIBUTION AND

MOVEMENT OF ADJACENT PILES

Abstract

Trenching of diaphragm walls probably affect nearby structures. Piled foundation located near the diaphragm wall would also be affected by such process. Settlement, deflection, skin friction and end bearing of such piles could be affected during trenching. In this research a case study of piled foundation near a slurry trench wall was simulated. A comparison between numerical simulation and field data regarding surface settlement was made. The skin friction and end bearing force of each pile were calculated before and after trenching. It was found that skin friction decreased while end bearing increased. The settlements, deflections and bending moments of each pile were presented. In general the pile behavior due to trenching is affected by its location from the trench wall.

Key words: slurry trenches; pile; piled foundations; skin friction; end bearing; diaphragm wall.

Introduction

Trenching process of diaphragm walls causes deflection and settlement for the adjacent pile foundations. The skin friction and end bearing of piles located near a trench wall is also affected. The effect of trenching on piles was subjected to study by several researchers. Wit, de & Lengkeek (2002) performed a field study for a tested pile near a diaphragm wall panel in mixed soil layer. Choy (2007) performed centrifuge model tests to study the effect of diaphragm wall installation on adjacent piles in sand. This paper simulates a case study of diaphragm wall adjacent to piled foundation in Giza, Egypt. A comparison was made between the field and numerical modeling results. The results of end bearing, skin friction, settlement and horizontal movement before and after trenching for each pile were discussed.

Case History

The case study was a basement constructed in a crowded area in Giza, Egypt (Abdel-Rahman and El-Sayed, 2002). The diaphragm wall technique was used in the project. The effect of trenching the diaphragm wall panels on the piled foundation was the main focus of this paper. The project plan area, soil profile, used section and construction sequences are presented in Figure 1.

Numerical Analysis and soil models

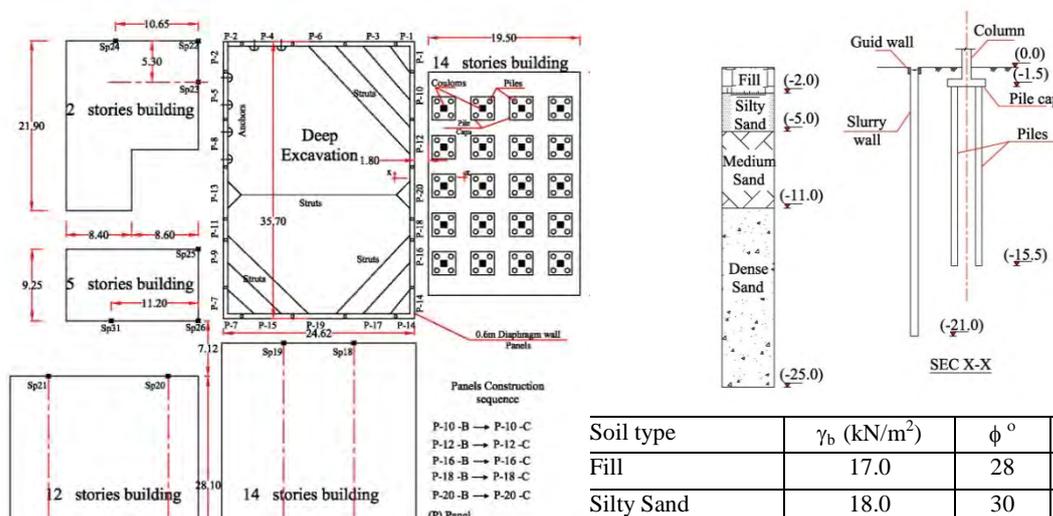
3D Finite element analysis PLAXIS 3D® was used in modeling the trench. 15-node triangular element with 15 Gaussian points was used to model the soil layers. The hardening soil model was used for the soil. The elastic model was used for simulation of the concrete. Embedded pile element was used to simulate the piles while the pile cap was simulated with plate element. The building load was distributed on the pile caps.

Analysis Results and comparison

The graphical representation of settlement due to trenching in the final stage of construction is shown in Figure 2a. The ground surface settlement from the field compared to that induced from numerical analysis is presented in Figure 2b. The results showed that the monitoring field data and the numerical analysis results are in a good contrast. That could give indication that the model used is quit representing the field problem.

The effect of trenching on pile behaviour

The pile end bearing increased during trenching with a percentage of about 23%, while skin friction decreased with a percentage of about 6.5%. The third and fourth rows showed less variation results. The total force was almost the same for every row. The piles settlement was gradually decreased with distance from the trench. The changes in bending moment were significant in the first row of pile cap as shown in Figure 3 (a). The piles moved horizontally toward the trench during trenching process as presented in Figure 3 (c). The middle piles moved horizontally much more than the edge piles. The pile horizontal movement is generally higher in the top than the tip; however the tip movement of piles 1 and 6 are relatively high.



Medium Sand	19.0	33.5	36.0
Dense sand	20.0	36	42.0

Figure 1. Deep excavation plane, section and soil profile

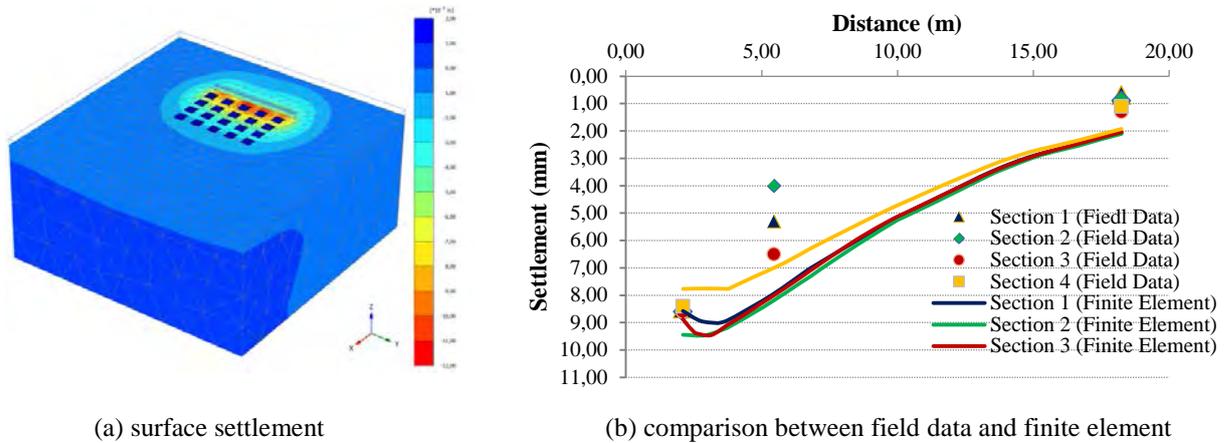


Figure 2. Finite element analysis results after trenching

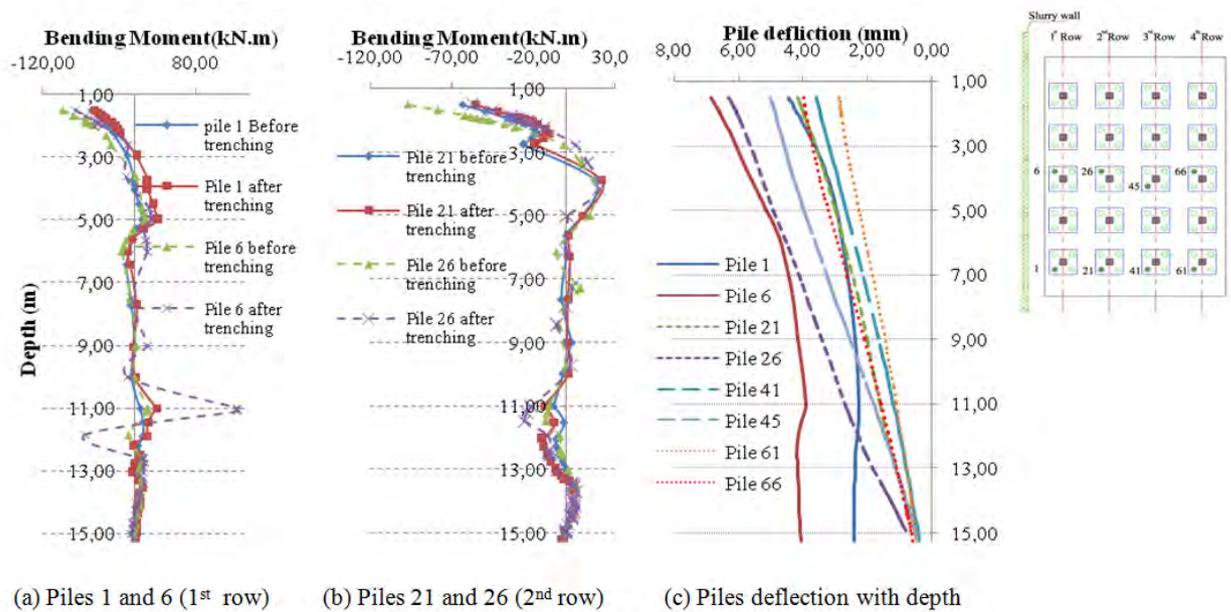


Figure 3. Horizontal displacement of soil and piles

Pile soil interaction due to trenching

Horizontal and vertical stresses have been reduced near the trench excavation; the changes in horizontal stresses are presented in Figure 4. The change of the horizontal stresses was greater than changes of vertical stresses. It indicated possible reduction in the coefficient of lateral earth pressure near the trench. Tamano et al, (1996), Ng et al, (1999) and Gourvenec & Powrie (1999) showed that the coefficient of lateral earth pressure reduced by trenching. These decreases affect the friction and end bearing equations. Meyerhof (1976) presented the skin friction and end bearing equations respectively as follows:

$$F_{skin} = \sigma \bar{K}_s \alpha \nu \delta \quad (1)$$

$$\Phi_{\beta \epsilon \rho \nu \gamma} = \sigma \bar{N} \theta \quad (2)$$

σ : effective overburden pressure (vertical stresses), K_s : average coefficient of earth pressure, N_q : parameter depend on the friction angle and δ : adhesion angle between soil and pile. During and after trenching the coefficient of earth pressure decreased. Accordingly, the skin friction values for piles nearest to the trench decreased. In the contrary end bearing increased to balance decrease in skin friction.

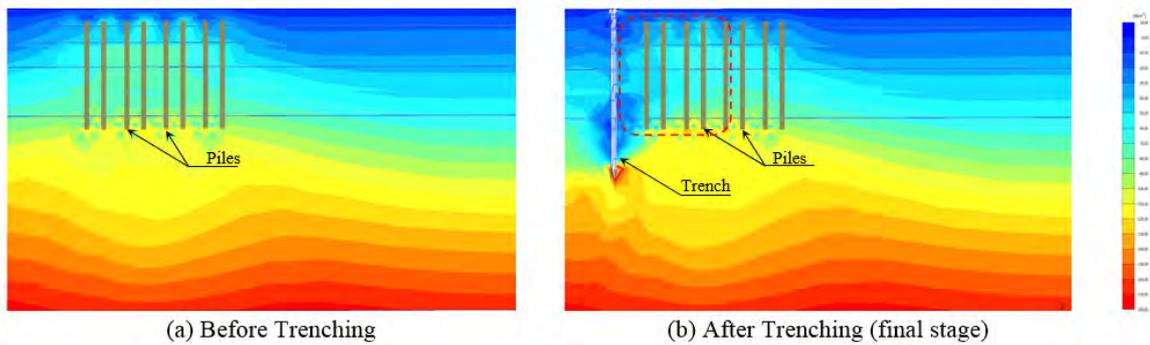


Figure 4. Horizontal stresses (σ_{xx}) *representative section in the middle of the model

Conclusion and recommendation

The effect of trenching diaphragm wall panels on the nearby piled foundation was simulated and discussed. The settlement calculated from the finite element model was in a good agreement with that monitored from field. Piles skin friction decreased during trenching due to the decrease of earth pressure coefficient. However the end bearing of piles increased to balance with the decrease of the skin friction forces and hence the total force was almost similar. Middle piles showed much more settlement and deflection values than edge piles. The nearest piles to the trench showed a relatively high horizontal movement at the pile tip than the distant piles. The increase of piles bending moment was noticeable for nearest and center piles. In general the influence of trenching on piles behavior decreased with distance from the trench. It is recommended to form a parametric study to understand the effect of trenching on piles behavior. That could help in modifying skin friction and end bearing equations of the pile.

References

1. Abdel-Rahman, A. H.; El-Sayed, S. M. (2002b): Building Subsidence Associated with Cut-and-Cover Excavations in Alluvial Soils. In *Faculty of Engineering Scientific Bulletin, Ain Shams University* 37 (4), pp. 55–71.
2. Choy, C. K., Standing J.R. and Mair R.J. (2007): Stability of a loaded pile adjacent to a slurry supported trench. In *Géotechnique* 57 (10), pp. 807–819.
3. Gourvenec SM. and Powrie W. (1999): Three-dimensional finite-element analysis of diaphragm wall installation. In *Géotechnique* 49 (6), pp. 801–823.
4. Meyerhof, G. G. (1976): Bearing capacity and settlement of pile foundations. In *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE* 102 (GT3), pp. 197–228.
5. Ng, C. W. W., Rigby, D., Lei, G. H., and Ng, S. W. L. (1999): Observed performance of a short diaphragm wall panel. In *Géotechnique* 49 (5), pp. 681–694.
6. Tamano, T., Fukui, S., Suzuki, H. and Ueshita, K. (1996): Stability of Slurry Trench Excavation in Soft Clay. In *Japanese society of soil mechanics and foundation engineering, Tokyo* 36 (2), pp. 101–110.
7. Wit, de J. C. W. M. & Lengkeek, H. J. (2002): Full scale test on environmental impact diaphragm wall trench installation in Amsterdam – the final results. In. *Proceedings of the 3rd international Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*. Toulouse, France.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF COBALT MINING OPERATIONS IN CONGO

Abstract

The article gives a short overview of cobalt mining in Congo. Significant part of mining there is of a small scale and so called 'artisanal'. Such mining exposes local environment to almost uncontrolled pollutions. In the article typical aspects of environmental protection in artisanal mining of cobalt are characterized. The regulatory measures to improve environmental performance are proposed.

Introduction

Throughout the lifetime human civilizations have countless times faced the shortages of raw materials critically important for the functioning and development of economics. Cobalt is one of them, considered as a critical metal. According to European Union definition "critical metal" is "...raw material with a high supply-risk and a high economic importance".

"A raw material is „critical“ when the risk of supply shortage and their impacts on the economy are higher compared with most of the other raw materials." (Critical raw materials for the EU, 2010)

At the same time, sustainable supply of critical metals to developed countries should not be provided for the cost of harmful effects on resource rich developing countries. Especially it concerns critical mineral resources from conflict regions. One example of such country is Democratic Republic of Congo.

Cobalt mining in Democratic Republic of Congo

Democratic Republic of Congo (DRC) is the main market player supplying mainly not refined cobalt ores, concentrates and intermediates to China, Zambia, Belgium and Finland where refineries revert cobalt concentrate into solid metal cobalt (~39%), chemicals (~59%) and in cobalt powders (~8%) according to (MMTA, 2014).

Democratic Republic of Congo is a state in the central part of Africa continent. It has an area of 2 345 410 km² and population of roughly 77.5 million citizens by CIA World Factbook, what somehow differs from World Bank estimates of 67.5 million citizens. This difference in population estimates is brightly characterizing situation with country statistics. Most of the country is situated in the basin of river Congo which remains the main transport arteria of the state.

Country of Congo is characterized with extremely low social and economic development. In a United Nations Human Development Index Congo from year to year is competing with Niger for the world lowest positions in a rating with the score 0.338 (of 1.000 possible). Gross Domestic Product of Congo is about 30.6 billion USD. Per capita GDP is 450 current USD in 2013 (World Bank, 2014). It is approximately 100 times less than in Germany (45000\$ in 2013). 71.3% of population lives below the national poverty line (what can somehow differ from the European or US poverty line standards).

At the same time, country is extremely rich on mineral resources. Congo is rich on copper, cobalt, diamonds, gold, oil. Mineral resources account up to 90% of export incomes (USGS, 2006). Congo occupies the 1st position in production of the cobalt concentrate and 2nd position in technical diamonds production in the World. Mining give jobs to around 12.5 mio citizens (Garrett, 2007).

Proven reserves of Copper were 10.8 mio t (measured + indicated + inferred resources – 49.6 mio t) by 2006.

Proven reserves of Cobalt were 3.4 mio t (measured + indicated + inferred resources – 5.3 mio t) by 2011 and production of around 60000 t in 2011.

Mining industry still recovers from a huge disaster during the Second Congo War in 1998-2003 when Burundi, Rwanda, Uganda troops as well as various local irregular forces were "looting" all the valuable resources in Congo. During the war Burundi and Rwanda launched illegal export of diamonds, coltan, cobalt and other mineral resources, mined in DRC. At the absence of strong central government in Kinshasa a lot of local irregular and rebel/criminal forces were taking part in exploiting illegal mining and smuggling.

Democratic Republic of Congo has currently the largest reserves of cobalt-containing ores 36% of world total by 2006 with the ore grade of 0.17 to 0.25%.

Cobalt is usually extracted as a by-product of such minerals as copper or nickel. The deposits are mined by such methods:

- Open-pit mining
- Underground mining
- Combination of both methods.

The chosen mining method depends on the size, grade, morphology and proximity to the surface of deposits. After mining, ores are further processed for the upgrading of their metal content. The processing consists of:

- Ore crushing
- Separation of cobalt-containing and gangue minerals

As cobalt is a by-product of other metals, the further processing after mining will depend on the requirements for the extraction of a primary metal. So the cobalt processing starts only after the primary metal (for example, copper) is concentrated and extracted. Basically, there are 3 processes which are used for cobalt extraction (BGS, 2009):

- Hydrometallurgy
- Pyrometallurgy (including solvent extraction, electrolysis, electrowinning)
- Vapometallurgy

Environmental aspects of Cobalt mining in DRC

Mining of copper-cobalt ores itself creates significant impact on local environment of Katanga province. It brings change of landscape, affect groundwater reservoirs, brings air and water bodies pollutions. The abundance of DRC territory (roughly 2,35 million km³) allows extensive development of mining projects.

Katanga province has specific problems related to environment pollutions of toxic elements.

Situation with environment protection in Katanga province is very interesting. Since 2003 all mining companies are obliged to implement environmental protection measures at all stages of their activity. It means that before mining companies were almost free to commit pollutions and affect local environment for almost 100 years. Since July 2011 companies are obliged to make Environment Impact Studies before starting a new project (Kalenga, 2013).

At environmental impact assessment it is necessary to consider the copper-cobalt mining and refinery, as these processes are bound to each other. In 2011 analysis of water and soils in the nearby to mining areas has revealed contamination (exceeding standard concentrations) of water by content of Cu, Co, Pb, Ni, Cd. These metals are major contaminators of local soils and fish and plants.

Another aspect of mining is effect on the health of workers and local communities (especially children) who breathe the dust with toxic metals. Urinal tests show significant excessive rates of such elements as As, Co, Mo, Ni, Pb, U, V, Zn. The number of workers affected exceeds 100000 for Heterohenite mineral mining (Banza, 2009).

Significant issue in Congo is artisanal mining. Poor government control of the territory, high corruption presence of illegal rebel and criminal forces create favorable conditions for the uncontrolled extraction of natural resources in Katanga region. Artisanal mining widely involve child and female labor. Together with absence of health and environment protection it hardly affects health of local population.

Regulatory measures for improving environmental performance

Environment performance of future mining projects is sufficiently addressed by the relative recent introduction of environment protection measures and environmental impact requirements. Nevertheless, considering overall poor situation with corruption the effectiveness of government control of protection measures is quite doubtful.

At the same time, century of intensive mining has already seriously contaminated soils and waters around cobalt mining areas. To recover land and water bodies some measures are required. One of the solutions of this problem can be introduction of additional "recovery tax" on the cobalt mining companies. Such tax could be collected in a special recovery fund for reclamation of the land and water bodies suffered after decades of aggressive mining.

The issue with artisanal mining is much more complex (Geenen, 2012) and requires a bundle of measures. Among them are: improving access of informal miners to financing, wider education of population (Barry, 1995).

References

1. Banza CLN, Nawrot TS, Haufroid V, Decrée S, De Putter T, Smolders E, Kabyla BI, Luboya ON, Ilunga AN, Mutombo A M, Nemery B (2009). High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. *Environmental Research* 109:745–52
2. Barry, M. (Ed.) (1995). *Regularizing Informal Mining. A Summary of the Proceedings of the International Roundtable on Artisanal Mining Organized by the World Bank.* The World Bank, Industry and Energy Department, Washington, DC.
3. British Geological Survey (2009). Cobalt. Retrieved from: http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/downloads/african_mp_01_05.pdf
4. Garrett, N. (2007). *The Extractive Industries Transparency Initiative (EITI) & Artisanal and Small-Scale Mining (ASM). Preliminary Observations from the Democratic Republic of the Congo (DRC)*" (PDF). Extractive Industries Transparency Initiative, p. 6.
5. Geenen, S. (2012). A dangerous bet: The challenges of formalizing artisanal mining in the Democratic Republic of Congo. *Resources Policy* 37 (2012) 322–330
6. *Critical raw materials for the EU* (2010). Retrieved from: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/critical/index_en.htm
7. Kalenga, J.N. (2013). Economic and Toxicological aspects of copper industry in Katanga, DR Congo. *Japanese Journal of Veterinary Research* 61(Supplement): S23-S32, 2013
8. Minor Metal Trade Association (2014). Company web-site: <http://www.mmta.co.uk/cobalt-market-overview>

9. USGS (2006). Minerals Yearbook. Congo (Kinshasa). Retrieved from: <http://minerals.usgs.gov>
 10. World Bank (2014). Statistical data. Retrieved from: <http://data.worldbank.org/>

P. STRZALKOWSKI
Wroclaw University of Technology, Poland

RECLAMATION COSTS IN ROCK MATERIALS MINING

Introduction

In the sight of Polish law, a reclamation is restoring devastated or degraded land value in use or natural value by shaping of a terrain, regulation of a hydrogeological conditions, reproduction of a soil, separation of toxic soil formations and construction and reconstruction of roads, paths (PN-G-07800:2002). Administrative procedures require defining a direction of reclamation and a way of post-mining areas land development before proceeding to exploitation of a deposit. Selecting a direction of reclamation should occur in the moment of deposit facilitation, so that it is possible to conduct exploitation with a view to the planned reclamation, because a method of reclamation and land development of post-mining areas affects the cost of reclamation tasks. Therefore estimation of a reclamation cost allows mining entrepreneur to assess the amount of the financial commitment and enables gathering adequate amount of money.

Reclamation costs in rock materials mining

Reclamation costs are a component of operating costs of the mining enterprise. Mining enterprises often release areas to reclamation at the end of their operation, in recent stages of exploitation. Usually it is the phase with less production and revenue while reclamation tasks and expenditures are larger (fig. 1) and can reach even the level of expenditures for a construction of the similar mine (Uberman and Uberman, 2010, Kaźmierczak and Malewski, 2002). Therefore there is a need for determination of the amount of financial reserves for the implementation of future reclamation works in advance. It allows gathering the necessary funds for reclamation works needed especially at

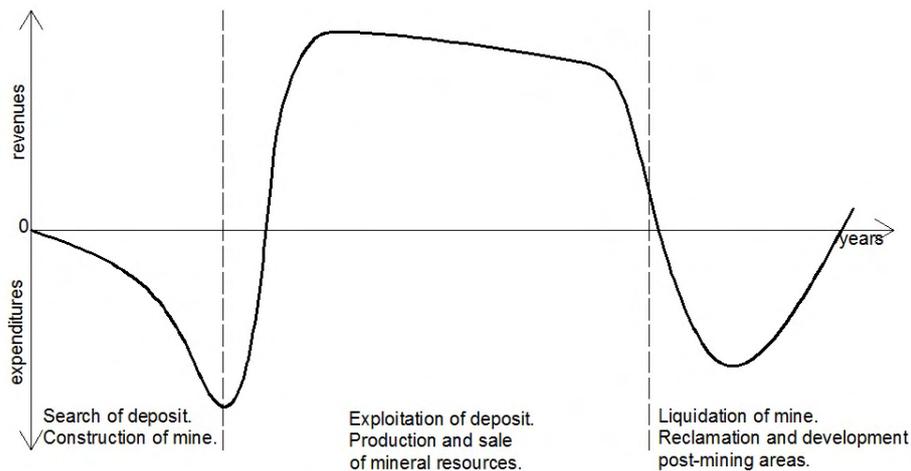


Figure 1. Scheme of cash flow during mine activity (Uberman and Uberman, 2010)

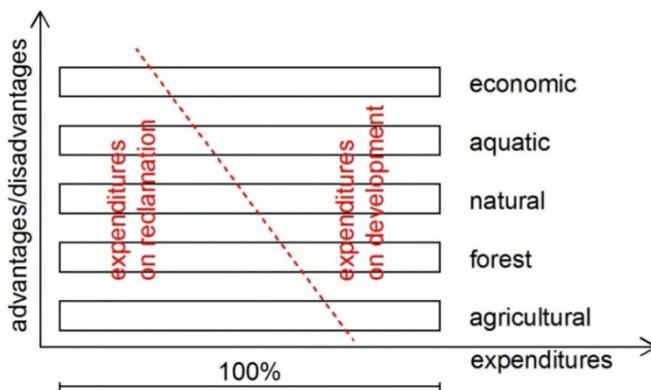


Figure 2. Possible relations between reclamations and development as a functions of the way of development (Malewski, 1999, Malewski and Kaźmierczak, 2002)

the time when revenues decline or cease from the production of mining. The basis for establishing the value of financial commitments for environmental protection of post-mining areas is the development of reclamation concept with determining the scope of work and schedule of execution of the works, as well as estimation of their value.

Reclaimed post-mining areas are a subject of spatial development. Responsibility of mining entrepreneur in the environmental remediation process stops after adaptation of land for a development. The cost of the reclamation obligations differs depending on earlier choice of reclamation direction. The hypothesis about the distribution of costs (fig. 2) between the participants of the project (reclamation and land development) interpreted as an optimization problem, formulated Malewski (1999), and partial

confirmation of this hypothesis is at work of Malewski and Kaźmierczak (2002).

This paper is a further verification of this hypothesis on the example of analysis of various reclamation methods in mine of rock raw materials (excluding agriculture direction). For this purpose unit cost of reclamation were estimated (in PLN/m²) for 25 different mining objects for which reclamation is planned in a forest, aquatic, natural and economic direction. Estimating of the reclamation cost was performed on the basis of a spreadsheet with developed algorithm of the cost of reclamation calculation. This algorithm takes into account technical and geological parameters (e.g. a depth of excavation, a level of a water table, a type of minerals) and basic and probable reclamation works. Based on this data and unit prices of these works the value of the financial commitment for reclamation for each of post-mining areas was defined. These results, after the basic statistical analysis are presented for individual reclamation directions (fig. 3).

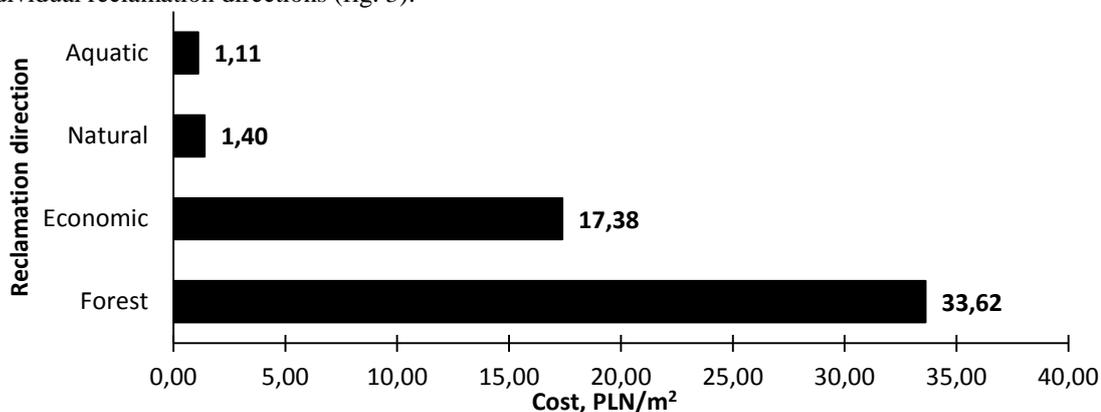


Figure 3. Unconsolidated expenditures for reclamation referred to the surface of reclamation areas for compact and clastic rocks

Presented results confirm the relevance hypothesis. The analysis of reclamation projects shows that the costs are different depending on the reclamation direction. The largest expenditures occur in the case of reclamation in the forest direction, and the smallest ones in the aquatic direction.

Conclusion

Financial commitment for the environment protection, including reclamation in surface mining, is important economic and methodology issue which causes many problems for mining entrepreneurs. Estimating reclamation cost at the beginning of the mining activity allows to determine probable amount of financial commitment which should be included by mining entrepreneur in the financial statements. The value of the expenditures incurred for the reclamation is closely related with the reclamation direction.

The conducted analysis of reclamation cost indicates that the amount of expenditures varies depending on the reclamation direction. These differences are caused by the diversity of reclamation works for individual methods of land development.

References

1. Kaźmierczak U., Malewski J., 2002. O kosztach rekultywacji w górnictwie odkrywkowym, *Górnictwo i geologia*, nr 29, 105-112 [in Polish, English abstract].
2. Norma PN-G-07800:2002, *Górnictwo odkrywkowe- Rekultywacja- Ogólne wytyczne projektowania* [in Polish].
3. Malewski J., 1999. Systemowe uwarunkowania rekultywacji i zagospodarowania wyrobisk, W: *Zagospodarowanie wyrobisk*, pod red. J. Malewskiego, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław [in Polish, English abstract].
4. Uberman R., Uberman R., 2010. Likwidacja kopalń i rekultywacja terenów pogórnicznych w górnictwie odkrywkowym- problemy techniczne, prawne i finansowe, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków [in Polish].

B. ZACH, S. SKOBLIAB, Z. BEŇOB, M. POHOŘELÝA
University of Chemistry and Technology Prague, Czech Republic

CONTINUOUS SUPERCRITICAL WATER GASIFICATION OF PROPAN-2-OL

Introduction

The production of fuels from renewable sources becomes more and more relevant and popular. Different kinds of fuels are nowadays produced from a variety of organic materials. One of the most used processes for fuel production is gasification. It is used as a means to produce gaseous fuels or to produce synthetic gas as material for production of other fuels.

Supercritical water gasification (SCWG) is a promising technology that allows gasification of very wet biomass and even diluted aqueous solutions of organic compounds. This technology is relatively new and more research is necessary to make commercial realizations possible.

Supercritical water (SCW) is water at temperature higher than 374 °C and pressure higher than 22.1 MPa. Its properties are very different from properties of water at ambient conditions. Some of these properties are very favourable for gasification of organic materials [1] (e.g. low dielectric constant, high diffusivity, catalytic activity [2] and great miscibility with gases).

Materials and Methods

The apparatus consisted of two high pressure piston pumps, three electric furnaces, reactor, cooler and pressure regulator. The high pressure pumps were able to operate in the range of volume flow from 0.1 to 9.9 mL·min⁻¹ and the volume capacity of each pump was 400 mL. Electric furnaces had in total maximal power of 4400 W. The reactor was a pipe of type 316 stainless steel. Type 316 is an austenitic chromium-nickel stainless steel containing molybdenum. The reactor was 2000 mm long and its inner and outer diameters were 6 and 10 mm, respectively. The volume of the reactor was 46 cm³ because of another small tube inside the reactor, that contained thermocouple for measurement of temperature inside the reactor.

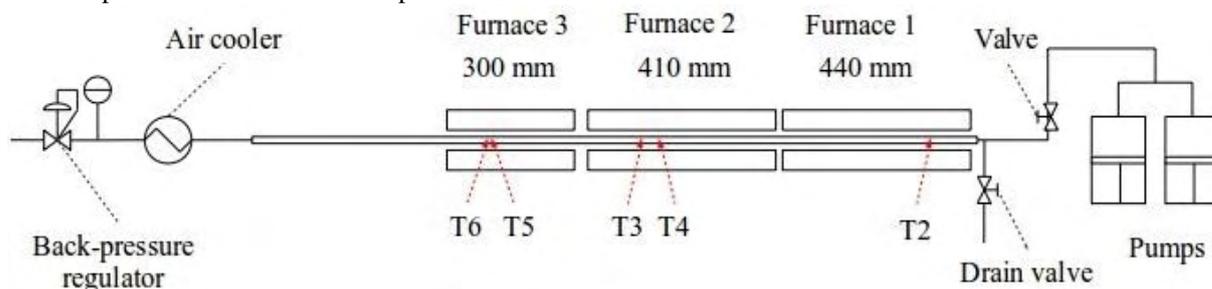


Figure 2. Scheme of the apparatus

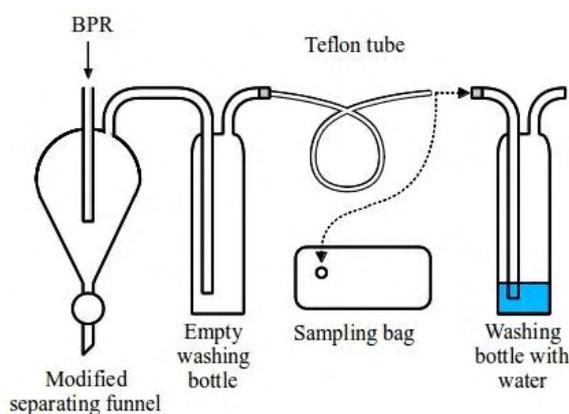


Figure 1. Scheme of the sampling system

The sampling system is depicted in Figure 1. Empty washing bottle prevented the contamination of gas by liquid particles. When the sampling was not in progress, the PTFE tube lead to the washing bottle with water that prevented the air from entering the sampling system and indicated gas production.

At the beginning of every experiment, the apparatus was filled with distilled water and pressurized to 25 MPa. After reaching the desired pressure, furnaces were turned on and temperatures of furnaces set, while the high pressure pump was pumping the distilled water. When the conditions stabilized, the pump with water was stopped and the second pump containing aqueous solution of propan-2-ol (50 g·l⁻¹) was turned on. The pumps were switched again at the end of the experiment so that the apparatus contained only distilled water during the cooling period and between conducted experiments.

Five temperatures were recorded continuously by an MS Data Logger COMET MS6D, one of them inside the reactor in the place of highest temperature.

Propan-2-ol was used because it is a simple compound. Its simplicity decreases probability of occurrence of complications and facilitates the interpretation of observed phenomena.

The sampled gas was analysed by a gas chromatograph equipped with thermal conductivity detector (TCD) and flame ionization detector (FID). Liquid samples were analysed on CHNS-O analyser FlashEA 1112 series made by ThermoElectronCorporation. The elementary analysis provided the mass ratio of carbon in the liquid sample. There was almost no inorganic carbon present in liquid samples. The value of total carbon in the liquid phase therefore agreed with the value of total organic carbon (TOC). Gas dissolved in liquid samples was forced out of them by addition of a solution of H₂SO₄ and analysed by a gas chromatography with TCD a FID detectors.

Results and Discussion

It was clear from temperature measurements that supercritical water gasification of propan-2-ol is of exothermic nature and it was found that the process would not start unless the temperature inside the reactor reached at least 440 °C.

Temperature played a very important role and affected both the yield of gaseous product and its composition. Gasification efficiencies at various temperatures are shown in Table 1. Although higher temperature should according to thermodynamic calculations promote the production of H₂ and suppress the production of CH₄ [3], we

observed different effect of temperature. During our experiments higher temperature supported the production of CH₄, CO₂, CO, ethane, ethylene and benzene. Lower temperature, on the other hand, favoured the production of H₂ and C3 hydrocarbons. This phenomenon suggests that the productions are affected by kinetics. Data published by Susanti et al. [4] corresponded with our results and confirmed our assumptions.

Residence time in the reactor zone was another important operating parameter. The longer the residence time was, the bigger was the amount of produced gas. It can be assumed that this occurred because of the effect of kinetics.

The composition of produced gas was various at different conditions. Main components of the gas were H₂, CH₄, CO₂ and CO, but the gas contained at some conditions (especially at lower temperatures) considerable amount of C3 hydrocarbons, of which propene was the most plentiful.

Table 1

Table of temperatures of furnaces and corresponding temperatures inside the reactor, carbon gasification efficiency (CE), hydrogen gasification efficiency (HE) and gasification efficiency (GE). Flow rate: 2 mL·min⁻¹; concentration of propan-2-ol in the solution: 50 g·L⁻¹.

Temperatures of furnaces [°C]	600	620	650	680
Temperature inside the reactor [°C]	460-493	504-544	578-615	662-688
Carbon gasification efficiency (CE) [%]	36.4	48.6	56.0	72.3
Hydrogen gasification efficiency (HE) [%]	46.2	53.2	66.9	82.3
Gasification efficiency (GE) [%]	39.4	49.3	66.5	91.8

$$CE = \frac{\text{total mass of carbon in the produced gas}}{\text{total mass of organic carbon in the feed}}$$

$$HE = \frac{\text{total mass of hydrogen in the produced gas}}{\text{total mass of organic hydrogen in the feed}}$$

$$GE = \frac{\text{total mass of the produced gas}}{\text{total mass of organic matter in the feed}}$$

Conclusion

Supercritical water gasification of propan-2-ol was studied. It is an exothermic process. This process did not start at temperatures under 440 °C. Temperature as well as residence time in the reactor zone had a great effect on yield and composition of produced gas. The composition of produced gas was affected more by kinetics than thermodynamics. Higher temperature supported the production of CH₄ and CO₂. Longer residence time resulted in decrease in the production of H₂ and significant increase in production of CO₂.

References

1. PETERSON, A. A., et al. Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: A review of sub- and supercritical water technologies. *Energy & Environmental Science*. 2008, vol. 1, no. 1, p. 32-65.
2. GUO, Y., et al. Review of catalytic supercritical water gasification for hydrogen production from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010, vol. 14, no. 1.
3. GUO, L. J., et al. Hydrogen production by biomass gasification in supercritical water: A systematic experimental and analytical study. *Catalysis Today*. 2007, vol. 129, no. 3-4.
4. SUSANTI, R. F., et al. Continuous supercritical water gasification of isooctane: A promising reactor design. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010, vol. 35, no. 3.

E.V. ZELENUKHO, N.V. SURUNTOVICH
Belarusian national technical university, Minsk

EVALUATING THE EFFICIENCY OF MEASURES FOR ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION OF ENERGY GENERATION

Energy provision and negative environmental impact reduction problems in the process of generating energy are the most topical issues in the Republic of Belarus. Economy energy demands are met basically by burning fossil fuels at power plants of various capacities. Traditional approaches of burning fossil fuels are associated with miscellaneous local and global environmental impact. This impact is characterized by chemical pollution of the biosphere (emissions and dumping gaseous, liquid and solid pollutants), heat and thermal pollution, physical coercion including extraction of natural resources for process needs and placing essential power sites as well.

Based on that, the analysis of the measures taken for environmental impact reduction of energy generation and optimization of fuel balance by using recyclable fuel resources have been provided in the given work. Expanding implementation of both expander-generating units and combined-cycle gas turbines have been identified as the ones taken for environmental impact reduction of energy generation. Expanding implementation of expander-generating plants (EGP) and steam gas plants (SGP) are considered to be the sound ways that enable reducing

natural gas consumption and pollutants emission. The main components of EGP are expansion machine and power generating unit. Expansion machine is regarded as a heat engine, transportable natural gas being its actuating fluid. Natural gas energy being expanded is converted into mechanical energy in the expansion machine, which is then converted into electrical energy. Elimination of gas burning process is a guarantee of complete ecological cleanness of technological process.

Expander-generating plants (EGP) implementation enables first, introduction of recyclable energy resources; second, obtaining up to 1 per cent of energy extra; third, reduction of fuel consumption; fourth, enhancement of environmental performance.

The advantages of energy generation using steam gas plants are the following:

- efficiency condensing cycle of SGP may reach 55-60%, which enables reduction of heat rate (per 1 KWh of generated energy) as well as fuel compared to gas-turbine installation (GTI) and steam turbine installation (STI) regarded as independently;

- reduction of nitrogen oxides (NO_x) emissions, as diffusion (not kinetic) way of burning excess air combined with long-duration of fuel-air mixture burnt at high temperature is used in power boiler furnaces;

- with the same power of steam-powered and steam gas plants at the thermal power plant (Thermal Power Station), the consumption of cooling water of SGP is approximately three times as low. This is calculated by the fact that the power of the steam-power part of SGP is 1/3 of the total power, whereas GTI requires almost no water.

Utilization SGP, operating in condensation and cogeneration mode and using waste-heat recovery unit of flue gases with no need to burn extra fuel in it, is the most widely used one in the Republic of Belarus. These factors can be used as the basis for further introduction and improvement of process flowsheets of EGP and SGP at power stations in the Republic of Belarus.

To solve the problem of fuel mix optimization by replacing the imported by local energy resources fuels, the evaluation of the resource potential of local energy sources has been carried out, among which peat, wood fuel, wood waste and crop residues have been identified as prioritized energy resources. The quality of any solid fuel is basically identified according to its chemical composition, and humidity, which dictate fuel calorific efficiency. In this paper, a comparative analysis of the efficiency of secondary energy fuel resources such as raw wastes, in the form of peat riddling generated during production of fuel pellets, wood wastes and flax fires for energy generation is provided (Fig. 1). All the studies were conducted in a scientific laboratory "Environmental modeling" at the Mining University of St Petersburg. The results of the overall humidity, percentage of ash and chemical composition of the samples being tested are shown in table 1.

Table 1

Overall humidity, ash percentage and chemical composition of the samples tested results

Sample	Overall humidity, %	Dry ash, %	Content, %			
			C	H	N	S
Milled peat (fine grained fraction < 7 mm)	10,50	16,76	45,5	5,17	3,12	0,12
Milled peat (medium grained fraction 7-10 mm)	34,15	15,56	55,3	6,16	3,45	0,27
Milled peat (coarse grained fraction > 10 mm)	40,30	10,05	58,59	5,57	3,81	0,24
Artificially dried milled peat	37,7	25,7	53,6	4,48	3,49	0,11
Wood wastes	6,37	0,29	51,3	6,94	0,07	0
Flax fire	7,17	5,99	48,4	6,95	0,73	0,01



1 - wood wastes; 2 - flax fires; 3 - peat riddling – coarse grained fraction;
4 - peat riddling – fine grained fraction

Figure 1. Samples tested

The analysis of the comprehensive study of fuel performance of milled peat samples, wood wastes and flax fires has identified the riddling of coarse grained peat, wood wastes and flax fires as the most efficient solid state samples in energy generation due to their high calorific temperature capacity, greatest total content of fuel elements and the lowest dry ash content.

М.В. БЫКОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМОВ МЕТОДОМ СЖИГАНИЯ

Нефтяная промышленность России реализует в среднем около 500 000 000 тонн нефти или нефтепродуктов в год. На 1 тонну перерабатываемой нефти приходится примерно 7 кг образующихся в процессе нефтешламов.

Нефтешламы представляют собой смесь сырой нефти или готовых нефтепродуктов с механическими примесями различного происхождения, а также с процентом содержания в них воды, в том числе и молекулярной, и не представляющие из себя товарной ценности в переработанном виде.

В настоящее время на крупных производствах утилизация нефтешламов осуществляется тремя основными методами: консервация с последующим захоронением на полигонах, которая влечет риск нарушения герметичности контейнеров и имеет высокие материальные затраты; обеззараживание с последующей переработкой, имеет узкий диапазон применения и дополняется захоронением; сжигание, основной опасностью которого является выделение опасных веществ в атмосферу.

Целью проводимых исследований является достичь максимального выделения тепла с минимальным выбросом в атмосферный воздух опасных продуктов сгорания. В этом смысле метод сжигания является наиболее перспективным, так как позволяет использовать нефтешламы в качестве вторичного сырья для получения энергии. Для достижения поставленной цели планируется проведение экспериментов на установке METTLER TOLEDO TGA/DSC-1 с получением информативных данных. Используя два режима сжигания (в инертной атмосфере и окислительной), регистрируя изменение температуры и состав выделившихся при этом продуктов сгорания в процентном соотношении, можно выделить оптимальные условия, при которых утилизация нефтешламов способом сжигания будет экологически и экономически рациональна за счет возможности использования их в качестве источника тепловой энергии и минимизации опасных выбросов от самого процесса.

Научный руководитель: д.т.н, профессор М.А. Пашкевич

ДИНАМИКА ДЕФОРМАЦИЙ ЛЕССОВЫХ ПОРОД ТЕХНОГЕННО НАГРУЖЕННОГО ПРИСКЛОНОВОГО МАССИВА

Введение. В современных условиях техногенного нагружения грунтов активизируются процессы, приводящие к аварийным нарушениям устойчивости зданий и сооружений. Правобережная территория г. Днепропетровска находится, в основном, на подтапливаемых лессовых грунтах. Прогноз их поведения особенно актуален при строительстве и мониторинге уже возведенных зданий. В работах [1, 4-7] обозначался существенно новый подход к механизму поведения грунтовых лессовых склонов, а также определялись пространственные закономерности изменения фильтрационных и прочностных свойств грунтов во времени с помощью прибора трехосного сжатия. Были установлены некоторые зависимости фильтрационных показателей лессовых пород от деформаций в различных частях оползневого тела [1-2, 7], однако целостное представление о динамике деформаций массива на реальном объекте пока отсутствует.

Постановка задачи исследований. Эффективный прогноз поведения лессового массива, может быть осуществлен с помощью учета ранее установленных фильтрационных зависимостей в лессах, а также моделирования процесса перехода структуры грунта в качественно новую с изменением геомеханических показателей. В связи с этим, целью данной работы является оценка влияния деформационных нарушений в лессовых породах на устойчивость техногенно нагруженного склонового массива, а также количественная характеристика перехода массива в неустойчивое состояние.

Материал и результаты исследований. Выбранный для моделирования жилой комплекс (ж/к), находится на правобережном террасированном склоне долины р. Днепр. Мощность просадочных грунтов превышает 31 м. Подземные воды представлены безнапорным водоносным горизонтом, залегающим на глубине 31,4-32,0 м. В насыпных грунтах на глубине 5,1 м отмечено наличие техногенного горизонта. Вследствие бытовых и аварийных утечек из водонесущих коммуникаций был нарушен влажностный режим зоны аэрации, и произошло резкое изменение показателей физических свойств грунтов, деформируемости и прочности.

Для формирования полной ретроспективной картины динамики развития фаз увлажнения массива и количественной оценки основных факторов их образования, решалась обратная задача. Построена численная модель грунтового массива, представляющая собой конечно-элементную аппроксимацию участка. В общем виде численная модель представлена инженерно-геологическими элементами (ИГЭ) 9 типов, включая три зоны распространения техногенного увлажнения, связанные с интенсивными утечками в период, предшествующий замене водонесущих коммуникаций.

Анализ напряженно-деформированного состояния породного массива показал, что обводненные грунты частично находятся в состоянии пластического течения (слои 4-7). Развитие сдвиговых деформаций наиболее характерно в пределах зоны основного увлажнения, а также границы ее фронта. Развитие разрывных нарушений у кромки контура зданий соответствует трещинам отрыва. Отмечается активизация осадок зданий при одновременном фронтальном и субвертикальном увлажнении лессовых грунтов.

Для анализа пространственных и временных изменений характеристик лессового массива построен график ускорений осадок по настенным реперам (рис. 1). Для выделения влияния смены температурного и влажностного режимов в зоне аэрации, связанных с сезонными колебаниями, учитывалось ускорение (обычно оценивают величины и скорость осадок).

Прослеживается прямая зависимость между данными наблюдений и сезонными факторами. На графике изменений ускорения осадок зданий ж/к во времени прямоугольниками выделены их сезонные активизации. Анализ погодных условий показывает, что относительно теплый декабрь и начало января с осадками, преимущественно дождевыми, и активное снеготаяние, совпали с активизацией деформационных процессов.

В качестве инженерных мероприятий по предотвращению дальнейших деформаций ж/к был выбран вариант высоконапорной цементации (нагнетания через скважины по схеме "сверху-вниз"). Фаза затухания осадок (рис. 1) соответствует периоду обновления водонесущих коммуникаций. Однако окончательной стабилизации осадок не происходит. После экспериментального этапа инъекционной цементации увеличились значения ускорения осадок, которые наложились на сезонный всплеск.

При цементационных работах наблюдался значительный перерасход (около 40%) цементного раствора, при этом проектные давления не были достигнуты. Геологическими изысканиями на опытном участке обнаружены субвертикальные и вертикальные трещины, пронизывающие ИГЭ 4 и 5, которые, очевидно, и привели к поглощению цементного раствора. Данные о присутствии трещин, пустот и полостей в грунте подтверждены при осмотре коммуникационных колодцев в окрестностях ж/к. При этом фиксировались скопления грунта, вынесенные вследствие суффозионных процессов.

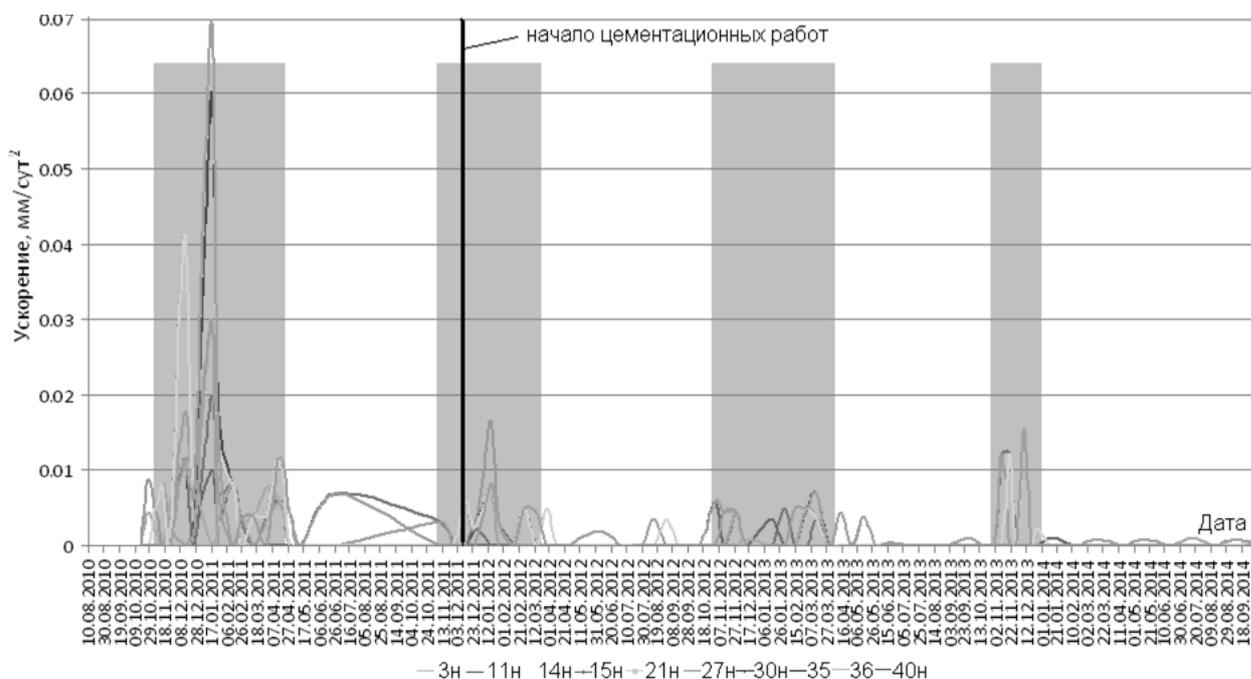


Рис. 1. Изменение ускорения осадок реперов во времени

В исследованиях [7] нами приводились количественные характеристики выносимого материала в лессовых суглинках при аналогичных условиях фильтрации. По методике [4] было построено поле физических градиентов вертикального сечения склона (рис. 2).

Учтены три вида энергии – недоуплотнения лессовых пород, гравитационного положения и деформаций. Пересечения изолиний градиентов деформаций и изолиний суммарной потенциальной энергии в массиве отображают положение критических поверхностей внутри грунта. В отличие от классических схем оценки устойчивости склонового массива здесь учитывается специфика лессовых пород в виде поля потенциалов, интерпретация которого позволяет выделить прогнозные зоны опасных деформационных процессов.

Данные о присутствии трещин и пустот в массиве, образованные в грунте под действием техногенной фильтрации и вертикальных подвижек склона, учтены в виде зон с соответствующими значениями прочностных свойств пород. Наиболее опасные зоны располагаются в пределах ИГЭ 4, а также зонально в ИГЭ 5 и 6. Значения потенциала активации склона в этих зонах изменяются в пределах 0,07-0,08. Сравнение с аналогичными данными моделирования, полученными по оползню на ж/м Тополь [6], где потенциал активации в стадии оползневого процесса составил около 0,08-0,09, дает возможность выделить эти значения в качестве критического диапазона.

Граничное значение градиента потенциала активации для диапазона величин потенциалов 0,08-0,09 составило 0,0012. При этом значении в лессовом массиве активизируются оползневые процессы. Данные условия отвечают присклоновым участкам лессового комплекса, а также подтверждаются данными об установленной инверсии фильтрационной анизотропии лессов, которая провоцируется техногенными изменениями грунтовых массивов [1, 3, 7]. При определенных нагрузках на лессовые породы, суффозия переходит в эрозионный размыв с предваряющей фазой появления гидравлически инертных полостей, что подтверждено опытами [7]. Сравнение результатов фильтрационных испытаний лессовых пород с

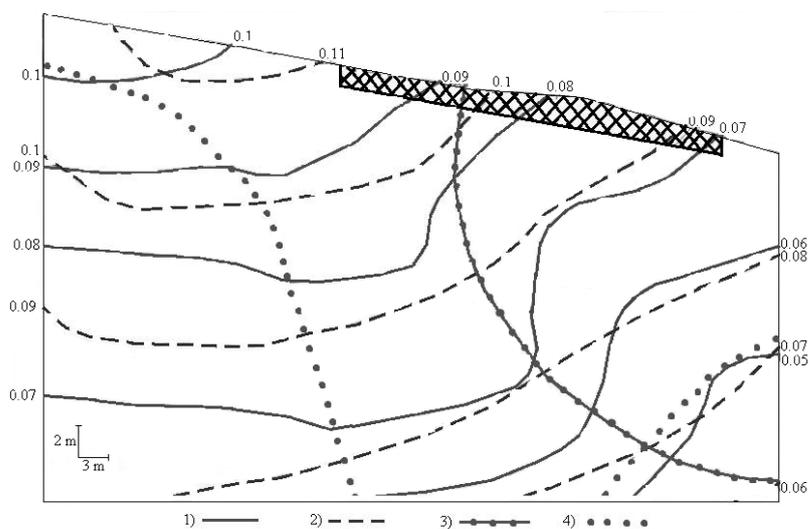


Рис. 2. Изолинии: 1- суммарная энергия склона; 2 – градиент потенциала активации склона; 3 – прогнозная поверхность скольжения; 4 – граница техногенного увлажнения

результатами моделирования показывает, что образование эрозионных промоин и полостей в ИГЭ 4-6 ведет к развитию наибольших деформаций.

Выводы. По результатам анализа энергетических и фильтрационных свойств техногенно нагруженного лессового массива определен интервал глубин и геологические слои, характеризующиеся наиболее интенсивным развитием деформационных и суффозионных процессов. Выделены количественные характеристики активизации оползневых процессов на основании градиента потенциала активации массива. Дана количественная оценка момента перехода массива в неустойчивое состояние, а также связь фильтрационных процессов с формированием оползней течения.

Литература

1. Садовенко И.А., Деревягина Н.И. Экспериментальные исследования суффозионных и эрозионных деформаций лессовых пород. // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2013, № 4 (81). – С. 126-131.
2. Ломизе Г.М. Фильтрация в трещиноватых породах – М.: Госэнергоиздат, 1951. – 127 с.
3. Истомина В.С. Фильтрационная устойчивость грунтов – М.: Гос. изд-во лит-ры по строительству и архитектуре, 1957. – 295 с.
4. Садовенко И.А. О потенциале активации оползневого лессового массива / Садовенко И.А., Деревягина Н.И. – Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 2. – С. 80-84.
5. Кригер Н.И. Лесс. Формирование просадочных свойств – М.: Наука. – 1986. – 130 с.
6. Садовенко И.А., Подвигина Е.О., Загриценко А.Н., Деревягина Н.И. Оценка факторов устойчивости техногенно нагруженных лессовых склонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2014, № 3. – С.37-43.
7. I. Sadovenko, N. Derevyagina. Phenomena of filtration inversion and depth erosion of technogenic loaded loess slopes // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2014, № 1 (84). – С. 150-153.

Е.В. ЕГОРОВА

Національний мінерально-сировинний університет «Горний»

ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «АПАТИТ» НА ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ

В процессе добычи апатит-нефелиновых руд и производстве апатитового и нефелинового концентратов на предприятии ОАО «Апатит» значительной техногенной нагрузке подвергаются поверхностные воды. На основе данных мониторинговых исследований установлено, что концентрация молибдена в контрольных створах в разы превышает предельно допустимую.

В исследовательской работе рассмотрены достоинства и недостатки известных способов очистки поверхностных вод от молибдена и предложен перспективный. К примеру, наиболее распространённый способ очистки сточных вод, заключающийся в химическом осаждении ионов молибдена соединениями железа при pH=2-8 и температуре 20-40°C. При химическом осаждении по известному способу используют сернокислотное железо в стехиометрической зависимости от концентрации удаляемых ионов металла или чаще в 2-3 кратном избытке, ионы молибдена осаждают в виде молибденов вводят дополнительно ионы кальция в виде Ca(OH)₂.

Использование значительных количеств реагентов-соединений железа и кальция обуславливают высокую себестоимость очистки сточных вод данным методом. Другим недостатком метода является то, что при использовании реагентов происходит дополнительное загрязнение сточных вод ионами SO₄²⁻ и Ca²⁺.

По результатам проведённых исследований, проведено технико-экономическое обоснование нового метода очистки сточных вод промышленного предприятия ОАО «Апатит» от молибдена. Применение данного метода водоочистки на предприятии приведет к снижению концентрации ионов молибдена до значений ПДК, без существенных капитальных и эксплуатационных затрат на переоснащение очистных сооружений.

Научный руководитель: д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С БИОДОБАВКАМИ И УЛУЧШЕННЫМИ СМАЗЫВАЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Основная задача химической технологии, а также исследователей, призванных ее решать – это разработка новых технологий, которые позволят значительно улучшить не только эксплуатационные, но и экологические свойства товарного дизельного топлива. Одним из перспективных способов решения данной проблемы является внедрение в производство и дальнейшая эксплуатация в автомобильном транспорте, так называемых «экологически чистых» видов моторных топлив, одним из которых является биодизельное топливо (биодизель).

Эксплуатационные испытания показывают, что при достижении концентрации серы в дизельном топливе ниже 0,05% требуется применение противоизносных присадок. Эти присадки добавляются в дизельное топливо, и предназначены для предотвращения износа топливной аппаратуры. Установлено, что наилучшими смазочными свойствами обладают кислородсодержащие соединения. Так как биодизельное топливо на 70-90% состоит из кислородсодержащих соединений, оно может являться качественной добавкой к экологически чистому дизельному топливу, улучшающей смазывающие свойства последнего.

После получения и исследования сложных эфиров растительных масел, было принято решение о вовлечении их в качестве добавки к гидроочищенному малосернистому дизельному топливу в количестве, не превышающем 10% масс., а именно 3, 5 и 10%.

Полученные результаты показывают принципиальную технологическую и экологическую возможность получения продуктов переэтерификации растительных масел и их применения в качестве экологически чистой противоизносной добавки к нефтяному дизельному топливу или биодизеля вместо обычного дизельного топлива. При этом не только существенно расширяются ресурсы дизельных топлив, но и улучшаются их экологические и смазывающие свойства.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

А.В. ИВАНОВ*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»*

КОМПЛЕКС ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ПЛЯЖНЫХ ЗОН ХВОСТОХРАНИЛИЩ НА ОСНОВЕ АЭРОЗОЛЬНОЙ ПУШКИ- ТУМАНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА РЕЛЬСОВОМ ХОДУ

С целью минимизация пыления пляжных зон намывных техногенных массивов применяется схема намыва с использованием ряда пульповыпусков, расположенных вдоль всей площади массива. Переключение работающих пульповыпусков по установленному графику позволяет поддерживать необходимую влажность (более 10%) всей площади поверхности, что приводит к значительному снижению пылевыведения. Поддержание необходимой влажности дополнительно обеспечивается атмосферными осадками. Но при неблагоприятных климатических условиях подобные схемы намыва не позволяют снижать интенсивность пылевыведения до требуемого уровня, что может приводить к превышению предельно-допустимых концентраций пыли в воздухе населенных пунктов. А способы изолирования пылящей поверхности не могут быть осуществлены оперативно. В связи с этим для условий хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК» предложен новый комплекс пылеподавления на рельсовом ходу, который включает в себя ж/д платформу с установленной на нее аэрозольной пушкой-туманообразователем, а также, устройствами питания и управления. Участок рельсового пути комплекса длиной 4,6 км может быть расположен вдоль границы намыва, использование аэрозольной пушки позволяет производить обработку полосы шириной до 150 м, что покрывает всю площадь пляжей ковдорского хвостохранилища. Для сооружения пути может быть использован неостребованный рельсовый материал предприятия, использование рельсового хода позволяет автоматизировать процесс перемещения. Скорость проезда комплекса (интенсивность обработки) выбирается исходя из данных о текущем пылевыведении с каждой отдельной зоны намыва в соответствии с метеопараметрами и режимом работы пульповыпусков. При ветре по направлению распыления комплекс может работать в режиме увлажнения поверхности массива, а при противоположных направлениях ветра – в режиме увлажнения поступающего с массива запыленного воздуха.

Научный руководитель: д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕМЕНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Обоснован оптимальный температурный режим в биоочистном сооружении для определения основных параметров технологии восстановления биологического разнообразия в выработанных пространствах карьеров с использованием геотермальной энергии. Применение вертикального скважинного теплообменного коллектора типа «труба в трубе» для интенсификации процесса извлечения геотермальной энергии позволит стабилизировать температурный режим биоочистителя, при этом в холодный период года вода будет подогреваться, а в жаркий охлаждаться.

Украина принадлежит к наименее обеспеченным собственными водными ресурсами европейским государствам. Вода большинства водных объектов Украины в нынешнем состоянии классифицируется как загрязненная и грязная. Наиболее острая ситуация наблюдается в бассейнах Днепра, Северского Донца, реках Приазовья, некоторых притоках Днестра, Западного Буга [1].

В Донбассе сложилась парадоксальная ситуация: регион страдает от дефицита питьевой воды, в то время как при добыче полезных ископаемых как подземным, так и открытым способом в огромном количестве откачиваются шахтные и карьерные воды. Они не только не помогают преодолеть недостаток пресной воды, но и оказывают значительное негативное влияние на окружающую среду. Использование этой воды помогло бы решить сразу две проблемы: снизить ее пагубное влияние на природу и преодолеть дефицит водных ресурсов в маловодных регионах.

Амвросиевский цементный завод – одно из старейших предприятий Украины, производящих портландцемент, шлакопортландцемент, сульфатостойкий портландцемент. Завод располагает собственной сырьевой базой. Мергель и мел добываются в принадлежащих предприятию карьерах. Их запасы – значительны, а качество мергеля – одно из лучших в Европе. Вместе с тем на украинских и зарубежных предприятиях недостаточен уровень природоохранных и ресурсосберегающих технологий. Остающиеся после выемки исходного сырья, например, мела или мергеля, выработанные пространства карьеров представляют собой «лунный» безжизненный пейзаж – лишённые плодородного почвенного слоя впадины со склонными к эрозионному разрушению бортами. Самопроизвольное восстановление флоры и фауны на этих территориях занимает сотни лет, а иногда остается невозможным.

Ускорить процесс формирования биогеоценоза в выработанных пространствах карьеров можно только создав для этого необходимые гидрогеологические условия. Вода является основой для формирования и развития живых форм материи. Авторами предложен способ, позволяющий ускорить восстановление биологического разнообразия в выработанных пространствах карьеров путем очистки атмосферы и гидросферы, возрождения флоры и фауны на основе круглогодичного управления состоянием потоков карьерных вод за счет использования геотермальной энергии [2]. Поддержание необходимой температуры воды в биоочистителе круглый год позволит:

1) создать комфортные условия для жизнедеятельности гидробионтов круглогодично;

2) предотвратить промерзание мелководных потоков и гибель водорослей и моллюсков в зимнее время;

3) в летний период в результате охлаждения воды в мелководной части карьера также улучшатся условия для жизнедеятельности гидробионтов;

4) содержащийся в очистном сооружении ресурс воды будет выполнять круглогодично функцию очистки атмосферы путем растворения диоксида углерода и других газов с последующим усвоением их растениями для строения и питания клеток;

5) использовать незамерзающий водоем как место для

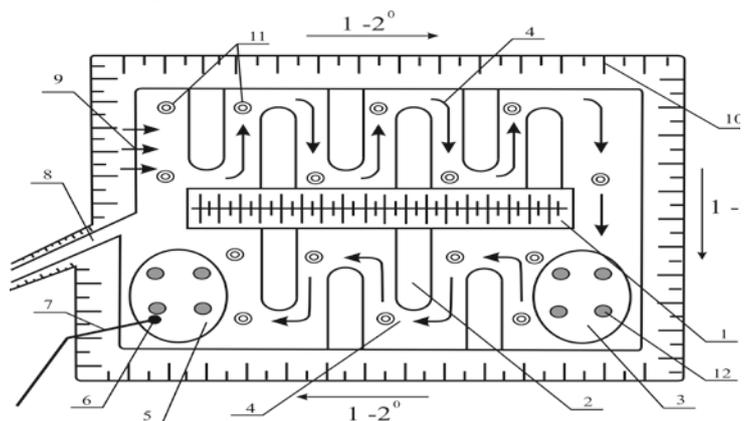


Рис. 1. Схема сооружения для очистки воды карьера с использованием геотермальной энергии: 1- основная дамба; 2- дополнительные дамбы; 3- отстойник №1; 4- русло; 5 - основной отстойник; 6 - насос; 7 - труба для откачивания воды; 8 – въездная полутраншея; 9- водоприток; 10 - борт карьера; 11 – вертикальный скважинный коллектор «труба в трубе»; 12 – скважины, заполненные теплопроводной смесью

зимовки водоплавающих птиц.

Основной водоприток в карьер происходит из водоносного горизонта, который показан с левого борта карьера (рис.1). Выработанное пространство схематично представлено в виде прямоугольника. В центре выработанного пространства располагается основная дамба, сооружаемая из железобетона или насыпная, из не склонных к размоканию материалов, например, из кусков песчаника, известняка, отработанных автомобильных скатов, строительных или других отходов четвертого класса.

Основная функция дамбы – разделить дно карьера для придания кругового движения водному потоку, тем самым увеличив расстояние течения воды и обеспечив продолжительность её физической и биологической очистки. Для увеличения длительности прохождения воды через выработанное пространство, тем самым увеличения степени очистки воды, созданы вспомогательные дамбы, разделяющие верхнюю и нижнюю часть карьера. Вспомогательные дамбы расположены в шахматном порядке. В областях расположения дамб предусмотрено образование болотистой среды с обильной растительностью. Основой дамбы будут служить бетонные блоки или каменистые насыпи из не склонных к размоканию горных пород, перекрытые слоем чернозёма. Для минимизации эрозии и вымывания почвы поверхности дамб заселяется растениями.

Для круглогодичной очистки воды по руслу водотока справа и слева от вспомогательных дамб предлагается пробурить скважины глубиной 50...100м, располагая в них вертикальный скважинный теплообменный коллектор типа «труба в трубе». Вода из водоносного горизонта через конфузور попадает в межтрубное пространство и за счет скоростного напора движется вниз по трубе. По мере продвижения происходит теплообмен между стенкой металлической трубы с температурой вмещающих пород и водным потоком, в результате чего температура воды становится близкой температуре окружающих горных пород, составляющей в условиях Донбасса 12...15⁰С. В нижней части трубы поток, за счет скоростного напора, меняет направление на 180⁰ и поднимается по внутренней пластиковой трубе на поверхность.

В результате в холодный период года вода будет подогреваться за счет геотермальной энергии, а в жаркий охлаждаться. Нагрев воды до необходимой температуры поддержание этой температуры круглый год позволит создать комфортные условия для жизнедеятельности гидробионтов круглогодично.

Однако для определения параметров технологии восстановления биологического разнообразия в выработанных пространствах карьеров с использованием геотермальной энергии, а именно количества скважин, их диаметра, расстояния между ними, необходимо обосновать температурный режим в очистном сооружении, являющийся оптимальным для жизнедеятельности гидробионтов.

Цель работы: обоснование оптимального теплового режима функционирования биоочистного сооружения для определения основных технологических параметров установки по извлечению геотермальной энергии. Для выбора высшей водной растительности, которая будет произрастать на вспомогательных дамбах и выполнять основные функции по очистке воды, был проведен анализ основных загрязняющих веществ в сточных водах Амвросиевского карьера, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение показателей качества карьерной воды и требований потребителей при повторном использовании воды

Номер пробы	рН	Жест-кость общая, мг- экв/л	Углекислота, мг/л		Ca ²⁺ ,	Mg ²⁺ ,	K ⁺ +Na ⁺ ,	HCO ₃ ⁻ ,	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Cl ⁻ ,	NO ₃ ⁻ ,	Сухой остаток мг/л
			своб.	агр.	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	
1	7,6	16,58	15,7	2,4	254,7	47	175	219,1	485,2	382,6	10	1588
					12,71	3,87	7,61	3,59	10,1	10,8	0,16	
2	7,5	15,47	14,9	нет	229	49,1		177	729,2	249	нет	1713
					11,48	4,04	9,63	2,9	15,18	7,02		
3	7,4	14,54	14,6	нет	220,8	48	174,3	183,2	605,8	228,4	нет	1468
					11	3,54	7,45	3,1	12,61	6,44		
4	7,7	13,38	12,5	нет	208,5	36,1	219,6	292,9	455,1	143,4	2,6	1285
					10,41	2,97	4,53	4,8	9,48	4,02	0,04	
5	7,3	9,88	19,9	нет	117	43	133,4	372,2	369,5	34	44,3	1038
					5,84	3,54	5,83	6,1	7,69	0,96	0,71	
6	7,3	19,17	44,3	нет	95,8	0,1	468,6	555,3	1273,7	23,6	90	2522
					7,88	0,008	20,05	9,1	26,32	0,67	1,45	
Требования потребителей												
Сброс в природную среду	-	-	-	-	-	-	-	-	500	300	-	<1500
Полив с/х угодий	<7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2000

Химический анализ проб воды Амвросиевского карьера показал, что вода имеет сульфатный или

сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав и минерализацию, которая изменяется в зависимости от сезона, от 1,3 до 3,4 г/дм³. Максимальная величина минерализации отмечена в зимний период. Вода имеет повышенную жесткость 13,38 - 16,58 мг-экв/л, соледержание - 1600 мг/л во много раз превышает установленную норму. Кроме того, в карьерной воде находится большое количество взвешенных веществ, поступающих туда при оседании аэрозолей, количество которых в околосадовом воздухе при производстве цемента весьма велико.

По отношению к бетону вода водоносного горизонта верхнемеловых отложений не агрессивна по временной жесткости, по общей кислотности, по содержанию свободной углекислоты, по содержанию ионов магния. Агрессивна ко всем видам несulfатостойких портландцементов.

На основании химического анализа проб воды, можно сделать вывод, о необходимости удаления из воды взвешенных веществ и принятия мер по снижению жесткости и соледержания.

Способность высших водных растений удалять из воды загрязняющие вещества — биогенные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, серу), тяжелые металлы (кадмий, медь, свинец, цинк), фенолы, сульфаты — и уменьшать ее загрязненность нефтепродуктами, синтетическими поверхностно-активными веществами даёт возможность использовать их в практике очистки загрязнённых вод Амвросиевского карьера. Эффективность этих процессов контролируется такими показателями органического загрязнения среды, как биологическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК).

Стоимость такой системы очистки в 10 раз меньше, чем стоимость традиционных систем при удовлетворительном качестве очистки воды от соединений азота, фосфора, взвешенных и органических веществ. Многочисленными многолетними натурными наблюдениями на действующих сооружениях в различных странах установлено [3], что эффективность очистки сточных вод по следующим показателям качества воды составляет:

Взвешенные вещества	90-95%
Органические вещества по БПКполн	95-98%
Азот и фосфор	50-70%
Бактериологическое загрязнение	99-99,5%

Одновременно существенно повышается содержание кислорода за счет фотосинтетической аэрации воды.

При очистке вод карьера лучше всего используют такие виды высших водных растений, как камыш, и тростник озерный. Так как данные растения являются наилучшими очистителями. Например: камыш имеет высокие адаптивные свойства и способен прорасти в очень загрязненных промышленными сточными водами водоемах. Он способен удалять из воды ряд органических соединений, в том числе фенолы, нафтолы, анилины и прочие органические вещества. Удельное поглощение минеральных веществ камышом достигает (г на 1 г сухой массы): кальция — 3,95, калия — 10,3, натрия — 6,3, кремния — 12,6, цинка — 50, марганца — 1200, бора — 14,6. А корневая система тростника озёрного имеет высокую аккумуляционную способность относительно тяжелых металлов

К дискуссионным вопросам, связанным с эксплуатацией сооружений фитотехнологии, относится зимний режим. Поскольку климат района месторасположения карьера континентальный, степной, то зима малоснежная, преимущественно мягкая, лето жаркое. Среднемесячная температура в зимний период составляет - 6,2⁰С (январь), в летний период повышается до +22⁰С (июль). Абсолютная максимальная температура воздуха по многолетним данным 38⁰С, абсолютный минимум - 33⁰С. Продолжительность периода отрицательных температур около четырех месяцев. Устойчивый снежный покров сохраняется не более 70 дней. Почва промерзает на глубину 27-77 см.

Чтобы избежать снижения эффективности очистки воды в зимний период, необходимо поддержание температуры воды в очистном сооружении на уровне 10⁰С...12⁰С. При таком температурном режиме вода не успевает замерзнуть, а ее температура существенно снизиться под ледяной коркой сооружения. При температуре сточных вод ниже 6 °С жизнедеятельность микроорганизмов, а, следовательно, и их активность резко снижаются; при температуре свыше 37 °С заметно уменьшается скорость нитрификации в связи с уменьшением в воде растворенного кислорода. Таким образом, оптимальной является температура 10⁰С...12⁰С в зимний период и до 28⁰С в летний.

Применение вертикального скважинного коллектора «труба в трубе» и использование глинографитной смеси при его размещении в грунте для интенсификации процесса извлечения геотермальной энергии [4] позволит стабилизировать температурный режим, при этом в холодный период года вода будет подогреваться, а в жаркий охлаждаться.

Литература

1. Национальный доклад Украины о гармонизации жизнедеятельности общества в окружающей природной среде: Специальное издание к 5-й Европейской конференции министров окружающей среды «Окружающая среда для Европы». — Киев, 2003.

2. Костенко В.К. Восстановление биологического разнообразия в выработанных пространствах карьеров/ В.К. Костенко, Е.Л. Завьялова, О.П. Чепак // Проблемы недропользования: междунар. форум-конкурс молодых ученых, 23-25 апреля 2014 г.: сборник науч. тр. Часть II. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 131

3. Кислица А.С. Низкозатратные фитотехнологии для очистки сточных вод, защиты рек и водохранилищ от загрязнения. – Харьков: Украинский центр фитотехнологий, 2007. – 18 с.

4. Патент на корисну модель № 91730 Україна, МПК F24J3/08. Спосіб видобування геотермального тепла / В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, І.В.Скринецька, О.С. Шипика, О. П. Чепак, Ю. І. Філатов; заявник і власник ДонНТУ. – № u2014 02110; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13.

Е.Г. КУЗИН, С.В. РОДНОВ

Филиал Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, Прокопьевск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ КОТЕЛЬНЫХ И ТЭЦ

Эффективная утилизация золы энергетических предприятий на угле может помочь значительно снизить негативное влияние на окружающую среду и улучшить экономические показатели региона.

Основным топливом для теплоснабжения городов Прокопьевска и Киселевска является уголь марок Д, Г, Т, СС, после сжигания, которого образуются золошлаковые отходы (ЗШО). Ежегодно в среднем по Прокопьевску нарабатывается около 120 тыс. тонн, по Киселевску около 90 тыс. тонн ЗШО по крупным котельным, не считая мелкие производственные котельные и частные домовладения.

Необходимость использования зол и шлаков диктуется не только экономическими соображениями, но и требованиями по охране окружающей среды. Пыление золоотвалов загрязняет окружающую среду, отрицательно влияет на здоровье людей, а также на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Согласно аналитическим исследованиям, проведенным ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр» (ЗСИЦентр), по 60 котельным и ТЭС Кемеровской области, в части проб золошлаковых отходов содержание валовых форм хрома, свинца, ртути и олова превышает ПДК в 2,7; 34,9; 2,7 и 14 раз соответственно. В шлаках котельных содержание хрома, свинца, ртути, олова и сурьмы превышает ПДК в 10; 7,9; 5; 10 и 5 раз соответственно. Проблема определения класса опасности отходов становится все более актуальной. В настоящее время эта задача решается в значительной степени субъективно, исходя из известных сведений, а также возможностей аналитических служб. При этом иногда существенно занижаются требования к номенклатуре показателей для определения токсичности, что приводит к неверным оценкам [5].

В период отработки угля под постройками города Прокопьевска на ООО «Шахта Коксовая», зола поступала на комплекс упрочненной закладки КУЗ-120 и использовалась вместе с отходами Ачинского глиноземного комбината в качестве литой твердеющей закладки. В настоящее время шахта не работает, и отходы складированы вместе с золой уноса районной котельной в гидрозолоотвал, в котором по состоянию на 01.01.2015 накоплено 525838 тонн и вообще никак не используется. На большинстве мелких котельных зола уноса даже не улавливается (по 37 котельным МУП РТХ циклоны, работающие с к.п.д. 85% установлены только на 11). А именно мелкие фракции золы, как показали исследования, приведенные ниже, представляют наибольший практический интерес.

Оценка содержания ценных цветных и редких металлов в угольных месторождениях, показала следующее [1]:

- 1) На месторождениях Кузбасса отмечены аномалии ряда ценных редких и цветных металлов (таблица 1).

Таблица 1

Марка углей	Стоимость извлекаемых элементов по маркам углей, млн. \$							
	Элементы							
	Y	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
Д	5983,64	2233,65	6349,35	349,58	1938	448	739	2641,2
ДГ	6029,92	1120,65	1836,98	427,39	3313,6	490	970	2044,8
Г	12849,72	2847,15	4529,35	1299,16	7949,6	3934	2320	5878,8
КС	7670,52	1584,75	3186,4	1074,4	3838	938	1099	3805,6
ТС	1979,64	475,35	664,3	225,54	691,6	417,2	259	1107,6
СС	5799,56	1714,05	3209,5	482,3	3550,4	3463,6	1099	9173,2
Т	13996,32	4493,4	5845,52	1291,65	7736,8	1968,4	2389	10394,4

2) Практический интерес, с точки зрения концентраций металлов, рекомендуемым к оценке, могут представлять титан и цирконий, а также ряд цветных и редких металлов (Sr, Zn, Pb, Cu, V). При условии комплексного извлечения интерес представляют также Ga, Ge, Be, Nb, W.

3) Особый практический интерес представляют золошлаковые отходы переработки углей, в которых содержание ценных цветных и редких металлов может возрастать на порядок и более (таблица 2).

Содержание элементов в углях и в золошлаковой массе

Элемент	Встречаемость элементов во взятых пробах, %	Среднее содержание в угле, г/т	Среднее содержание в золошлаковой массе, г/т
La (Лантан)	97,1	22,49	164,7
Ce (Церий)	87,8	31,61	235,8
Sm (Самарий)	85,5	3,04	22,69
Yb (Иттербий)	99,4	1,863	13,75
Th (Торий)	85,1	4,198	31,3

Таким образом, золошлаковую массу углей следует рассматривать как промышленные месторождения комплекса полезных ископаемых: редкоземельных элементов цериевой и иттриевой групп, редких металлов, металлов платиновой группы, золота, германия и др. Они выгодно отличаются от обычных месторождений полезных ископаемых тем, что находятся не в недрах Земли, а уже на поверхности, не требуют добычи, расходов на извлечение из недр [1].

Золошлаковые отходы могут использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов: цемента, бетонов, растворов, кирпича и т.д. Они хорошо зарекомендовали себя при укладке в земляное полотно автомобильных дорог. Определенную ценность золошлаковые отходы имеют в сельском хозяйстве при производстве удобрений. Очень перспективной является глубокая (комплексная) переработка золошлаковых отходов с получением глинозема, кремнезема, концентрата железа и целого ряда редкоземельных материалов [2].

Так, из золошлаковых отходов энергетических углей извлекается до 40–67 % титана, 45–77 % бериллия, 70–87 % меди, 50–81 % марганца, 74–84 % мышьяка, 48–60 % ванадия и 62–83 % галлия. Предварительные расчеты показывают, что на одном опытном производстве по извлечению металлов из золы методом термохлорирования в течение года можно переработать 2 тыс. т золы и получить около 10 т титана, 10 т циркония, 1 т ванадия и 100 кг галлия. При этом чистая прибыль составит около 30 млн. руб.

Золошлаковые отходы, стоимость которых в несколько раз ниже традиционного бетона, используются в региональной стройиндустрии для выпуска строительных блоков и кирпича. Параллельно решаются вопросы утилизации и экологические проблемы, связанные с эксплуатацией золоотвалов.

Интересен опыт Китая, когда отходы производства превращаются в «Сырье», при этом предприятиям занимающиеся переработкой такого сырья предоставляются льготы по налогообложению. Помимо перечисленных способов использования золошлаковых масс отдельный интерес представляет алюмосиликатная микросфера. Мелкое, легкое, сыпучее, предельно сухое вещество, которое на деле обладает уникальными свойствами. Поскольку микросфера химически нейтральна, она не вступает в реакции с другими элементами, а при соединении сохраняет свои исключительные свойства: легкость при большом объеме, низкую теплопроводность, жаропрочность (порог ее плавления 1300 градусов), износостойкость, прочность, высокую текучесть. Именно поэтому микросферу используют в самых разных производствах: изготовлении тампонажных материалов для нефтяных скважин, производстве строительных смесей, лакокрасочных материалов, огнеупорных форм и многих других [5].

Решение указанных задач не под силу и не в интересах разрозненных в настоящее время добывающих угольных предприятий, ГРЭС или ТЭЦ. Здесь требуется государственная поддержка и контроль полного извлечения из углей (точнее, из их золошлаковых масс) всех промышленно ценных компонентов [3].

Комплексный подход к решению данной проблемы, а именно извлечение из золы редкоземельных металлов, с последующим использованием в качестве связующего элемента в бетоне, позволит не только улучшить экологическую обстановку в регионе, но и получать прибыль, создавать новые рабочие места.

Литература

1. Скурский М.Д., Золото–редкоземельно–редкометалльно–нефтегазоугольные месторождения и их прогноз в Кузбассе, Кемерово, 2005-627 с.
2. Салихов В.А. Перспективы использования цветных и редких металлов, содержащихся в угле и золе улей Кузбасса, для металлургической промышленности сибирского региона, Новокузнецкий филиал-институт ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия.
3. Кузин Е.Г., Банников А.Г. "Использование золошлаковой массы углей Кузбасса в целях улучшения экологической обстановки" Сб. науч. тр. ОмГТУ. г. Омск, 2010 г.
4. <http://ecolog.ucoz.ru>
5. <http://tesiaes.ru/?p=8282> Изготовление микросферы на Беловской ГРЭС. Эл. ресурс. (дата обращения 25.02.15.).

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ КАК МЕТОД РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

В результате производственной деятельности ОАО «Беларуськалий» наблюдается значительный рост техногенной нагрузки на окружающую среду. Это связано, в первую очередь, с техногенными изменениями природных ландшафтов Солигорского региона. Из сельхозпользования выведены тысячи гектаров плодородных земель, на которых в настоящее время располагается производственная инфраструктура и "хвостовое хозяйство" предприятия. По степени техногенной трансформации земной поверхности район Солигорска относится к наиболее преобразованным в Республике Беларусь.

Другим существенным воздействием на окружающую среду является широкомасштабное засоление прилегающих к предприятию территорий. Это обусловлено складированием и хранением отходов калийного производства на поверхности земли: твердых галитовых отходов в терриконах (солеотвалах), высота которых в отдельных местах превышает 100 м, и глинисто-солевых шламов в шламохранилищах глубиной заполнения более 15 м. Шламохранилища располагаются вблизи промплощадок. Учитывая природно-климатические особенности региона, проблема отчуждения земель в результате их засоления стоит достаточно остро, поскольку техногенная нагрузка на почвы ежегодно увеличивается.

В связи с этим целью работы является изучение возможностей биологической рекультивации засоленных земель в Солигорском горно-промышленном районе.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- анализ экологической обстановки в регионе разработки Старобинского месторождения калийных солей;
- изучение возможности биологической рекультивации в районах разработки;
- подбор сельскохозяйственных культур, толерантных к засолению и пригодных для возделывания на изучаемых территориях.

ОАО "Беларуськалий" относится к горнорудным предприятиям, производящим калийные соли, в основном, флотационным методом, т.е. без сброса промышленных сточных вод в природные воды. Однако, складирование на поверхности земли легкорастворимых солевых отходов в больших количествах и на значительных территориях приводит к образованию избыточных по хлориду натрия насыщенных рассолов в результате растворения отходов атмосферными осадками. Вследствие скопления избыточных рассолов на этих участках происходит их утечка в пресные водоносные горизонты и засоление грунтовых вод.

Анализ компонентов ионного состава глинисто-шламовых отходов показал, что основная доля в нем принадлежит хлору (58,0-59,0%) и натрию (36,5-37,3%), на долю калия приходится 1,4-1,7%. Галитовые отходы всех рудоуправлений на 92,7-94,8% состоят из хлористого натрия [1].

Основными источниками засоления прилегающих территорий, в том числе плодородных сельскохозяйственных земель, являются:

1. Выбросы соляной пыли от производственной деятельности обогатительных фабрик;
2. Ветровая эрозия соляной пыли с терриконов;
3. Утечка рассолов из шламохранилищ.

В связи с этим, особую актуальность приобретают вопросы рационального землепользования на засоленных почвах. Необходимо отметить, что ОАО «Беларуськалий» проводит широкое внедрение новых технологических разработок, направленных на снижение техногенной нагрузки в районе калийных предприятий [2]. Сюда следует отнести и методы биологической рекультивации. Биологическая рекультивация направлена на закрепление поверхностного слоя почвы корневой системой растений, создание сомкнутого травостоя и предотвращение развития водной и ветровой эрозии на нарушенных землях, а также на возобновление процессов почвообразования и воспроизводства почвенных биоценозов.

По-нашему мнению, биологическую рекультивацию следует проводить только на определенных территориях, а именно в непосредственной близости от терриконов, а также на землях, освободившихся после ликвидации шламохранилищ.

Важным практическим вопросом является разработка технологий выращивания сельскохозяйственных культур в условиях хлоридно-натриевого засоления на землях, расположенных в непосредственной близости от ОАО "Беларуськалий". Практическую ценность представляет подбор культур, толерантных к этому виду засоления. Биологическая рекультивация антропогенно-преобразованных земель включает в себя возможности выращивания растений-галофитов в условиях различной степени засоления. Механизмы солеустойчивости растений изучены достаточно подробно [3, 4], особенно для условий природных солончаков, где в почвенном растворе преобладает содержание сульфатных анионов [5]. Однако, встречается мало работ, посвященных разработке методов биологической рекультивации почв, загрязненных ионами натрия и хлора вследствие производственной деятельности

предприятий горнодобывающей промышленности.

Для исследования отобраны пробы почвы в районе терриконов IV рудоуправления ОАО «Беларуськалий» в ноябре 2014 г. Полученные результаты статистически обработаны. Определение количественного содержания солей в почвенных пробах проведено в соответствии со стандартной методикой [6]. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Количественное содержание солей в исследуемых почвенных пробах			
Расстояние от терриконов, м			
Показатель	≤0,1	150-200	≥500
Содержание солей, %	18,561	0,1532	0,2708

Для изучения возможности выращивания на исследуемых территориях выбраны следующие виды растений: райграс многолетний (*Lolium perenne*), овсяница обыкновенная (*Emberiza citrinella*), мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), полевица тонкая (*Agróstis capilláris*), люцерна посевная (*Medicago satíva*), свёкла столовая (*Beta vulgaris*), овёс обыкновенный (*Avena satíva*). Подбор культур для освоения засоленных земель определяли в соответствии с климатическими условиями, необходимыми для их развития, биологическими особенностями и задачами в производстве тех или иных сельскохозяйственных продуктов. Солеустойчивость полевых культур оценивали по прорастанию семян в почвенных пробах, а также накоплению вегетативной биомассы на засоленной почве. Результаты всхожести семян приведены в таблице 2.

Таблица 2

Всхожесть семян полевых культур в исследуемых почвенных пробах				
Культура	Контроль (незасоленная почва), %	Расстояние от терриконов, м		
		≤0,1	150-200	≥500
		Всхожесть, %		
Райграс	76	0	73	68
Овсяница	70	0	61	65
Мятлик	86	0	83	80
Люцерна	87	0	77	79
Полевица	83	0	79	76
Овес	93	0	87	85
Свекла	98	0	93	89

Снижение интенсивности прорастания семян на засоленной почве, по сравнению с контрольной, является косвенным показателем степени солеустойчивости испытываемых культур. Достоверная оценка солеустойчивости культур по результатам прорастания семян в почвенных пробах невозможна, так как с возрастом данное свойство растений повышается. Поэтому солеустойчивость оценивалась и по биомассе, сформированной растениями в почвенных пробах различной степени засоления, в сравнении с растениями, произраставшими на незасоленной почве. При этом выявлена относительно высокая солеустойчивость у овса, райграса и мятлика, у которых накопление массы надземных частей шло более интенсивно.

Люцерна посевная (*Medicago satíva*) и свёкла (*Beta vulgaris*), могут использоваться в качестве культур-освоителей, которые, по данным многих авторов, значительно улучшают водно-физические свойства почвы вследствие выноса большого количества натрия, что приводит к изменению состава поглощенных оснований. Благодаря обильной надземной и подземной массе они обогащают почву питательными веществами и восстанавливают ее структуру. Расходуя большое количество воды на транспирацию за счет главным образом нижних горизонтов, они способствуют снижению уровня грунтовых вод и интенсивности капиллярного передвижения солей к поверхности [5].

К эффективным рассолителям почвы относится мятлик луковичный (*Poa bulbosa*). Это многолетняя злаковая культура с продолжительным продуктивным долголетием (15–25 лет). Корневая система у мятлика луковичного - мочковатая, проникает на глубину до 60 см. Образует относительно плотный дерн. Интерес представляют также райграс многолетний (*Lolium perenne*) и полевица тонкая (*Agróstis capillaris*) как растения, предупреждающее эрозию почвенного покрова и закрепляющие эродированные почвы.

Применение биологической рекультивации почв в районе производственной деятельности ОАО «Беларуськалий» (наряду с другими методами экологического управления) позволит рационально использовать почвы, засоленные в результате деятельности калийного производства, и снизить техногенное воздействие на окружающую среду.

Литература

1. Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К., Пироговская Г.В. Возделывание сельскохозяйственных культур в условиях хлоридно-натриевого загрязнения почв: рекомендации / С.Е. Головатый [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 28 с.

2. Басалай И.А., Бельская Г.В. Способы снижения засоления и рекультивации земель в районе деятельности ОАО «Беларуськалий» / Горная механика и машиностроение, №4, - 2014.- с. 29-35.
3. Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений – М.: АН СССР, 1962. – 366 с.
4. Научный поиск молодежи XXI века: Сборник научных статей по материалам XII международной конференции студентов и магистрантов / под ред. Курдеко А. П. – Горки: БГСХА, 2012. – 454 с.
5. Опыт выращивания галофитов на засоленных землях / под ред. Реджепбаева К. - Ашхабад: 2009. - 44 с.
6. ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки».

Т.А. ЛЫТАЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

УТИЛИЗАЦИЯ ПЫЛЕВИДНЫХ ЦИНК-ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Работа посвящена проблеме утилизации отходов предприятий горно-перерабатывающей промышленности, которые оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей природной среды.

Проведены оценка и обоснование необходимости утилизации пылевидных отходов, характеризующихся высоким содержанием металлов, прежде всего железом и цинком.

Предлагается высокоэффективный способ переработки данного вида отходов.

Полученные результаты проведенных исследований могут быть использованы для создания технологий утилизации пылевидных цинк-железосодержащих отходов предприятий горно-перерабатывающей промышленности, что позволит не только снизить техногенную нагрузку на компоненты окружающей природной среды, но и получить экономический эффект от внедряемых природоохранных мероприятий путем продаж получаемых полупродуктов.

Научный руководитель: д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

П.И. НАБОК

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛ УНОСА ТЭЦ ОАО «АПАТИТ»

Цель исследования состоит в установлении экологической целесообразности использования зол уноса, улавливаемых при сжигании углей на теплоэлектростанциях ОАО «Апатит», в качестве компонента для изготовления сыпучих строительных материалов.

В ходе работы планируется проведения ряда испытаний с целью определения химического и минерального состава золы, удельной эффективной активности естественных радионуклидов. Так же планируется проведение эксперимента по выщелачиванию образца золы в слабокислой среде для установления динамики перехода потенциально токсичных элементов в раствор в условиях, моделирующих естественные условия хранения зол в золоотвалах.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор М.А. Пашкевич

РИКАРДО Ф. ОВАЛЛЕ, А.И. КУРБАТОВА

Российский университет дружбы народов, Москва

А.М. ТАРКО

ВЦ РАН им. А.А. Дородницына, Москва

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЛАТИНОАМЕРИКАНСКОГО РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ КОЛУМБИИ, ЧИЛИ, ЭКВАДОРА

На всем протяжении истории человеческий прогресс зависел от доступа к чистой воде и от способности стран использовать потенциал воды в качестве производительного ресурса. Вода стала одним из главных лимитирующих факторов экономического развития многих стран, включая страны

латиноамериканского региона, поскольку рост мирового потребления воды, наряду с увеличивающимся уровнем ее загрязнения, приводит к росту числа стран, в которых снижается доступность водных ресурсов. [1]. В данной работе авторами анализируются загрязнения водных ресурсов стран латиноамериканского региона на примере Колумбии, Чили и Эквадора. Выбор стран был обусловлен несколькими причинами: наличием данных Всемирного банка по водным загрязнениям, а также географическими особенностями стран. Общие запасы пресной воды на территории Южной Америки – 3010 тыс.км³; из них 99,6% приходится на вековые запасы (подземные воды, озера, ледники), а 0,4% (11 800 км³) – на ежегодно возобновляемый речной сток. Единовременный запас в речной сети континента – 1000 км³. Полезный объем воды в десяти наиболее крупных водохранилищах составляет 123 км³, что увеличивает единовременный объем воды в руслах до 1120 км³. По объему водных ресурсов Южная Америка занимает второе место после Азии. Средняя обеспеченность водой на душу населения (63600 м³ в год) почти в 5 раз выше, чем в среднем на земном шаре. Географическая локализация, орография и большое разнообразие климатических норм - все эти факторы делают Колумбию одной из стран с самым большим богатством водных ресурсов в мире. Следует отметить, что население страны занимает территории с низкой обеспеченностью водными ресурсами, что вызывает экологическую напряженность в данных регионах. Колумбия представлена пятью крупными гидрологическими регионами: Магдалена (Каука) -11% от общего объема, 5 % в районе Карибского моря; 18 % для района Тихого океана; 34 % в районе Амазонии и 32 % в районе Оринокиа (рис.1).

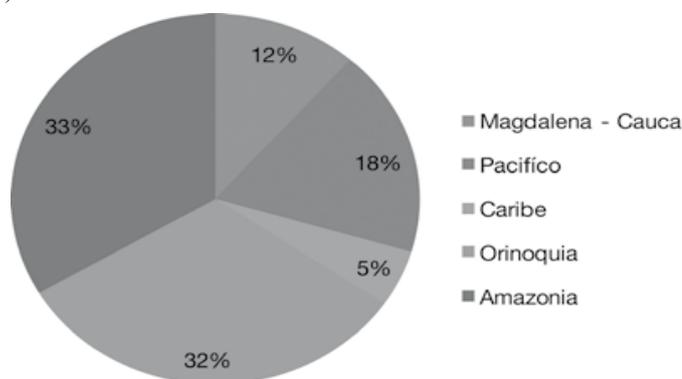


Рис. 1. Обеспеченность водой (в %) в пяти регионах Колумбии [2]

За последние десятилетия в Колумбии наблюдается тенденция уменьшения количества возобновляемых водных ресурсов на душу населения в 1,14 раза (рис.2), что может быть связано с многочисленными факторами: ростом социально-экономического сектора, а также изменением климата и связанными с этим явлениями последствиями: уменьшением количества осадков и повышением аридности.

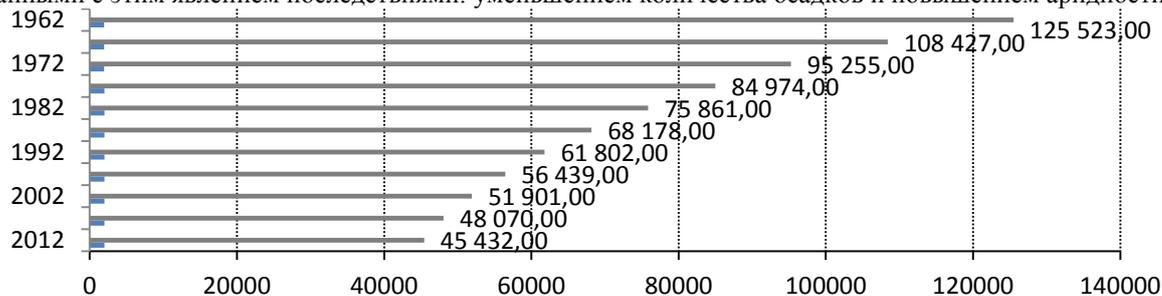


Рис.2. Возобновляемые водные ресурсы на душу населения, куб. м на человека в год-Колумбия [3]

В мировом контексте Чили может быть охарактеризована как страна, обладающая значительным количеством водных ресурсов. Однако, экономическая и климатическая составляющая значительно уменьшает показатель обеспеченности водой на душу населения. Сельское хозяйство и промышленность являются основными потребителями воды в регионе, за ними следует домашнее хозяйство. Низкая эффективность ирригационных технологий способствует значительному потреблению воды на орошаемое земледелие. Добыча меди в пустыне Атакама связана с потреблением водных ресурсов, что вызывает конкуренцию между экспортными и внутренними потребностями страны. Экспорт такой продукции также приводит к "виртуальному вывозу" воды из страны. Потерянные объемы могут быть значительны: приблизительно 1900 миллионов кубических метров в год при только за счет производства меди в Чили и экспорта фруктов. Это составляет около 1.4 объемов питьевой воды, ежегодно потребляемой в стране [4]. Таким образом, как показывает опыт Чили, не обязательно сам водохозяйственный сектор оказывает самое большое влияние на водные ресурсы и их управление. Напротив, социальная и макроэкономическая политика и сопутствующие ей решения в торговле, сельском хозяйстве и других секторах экономики могут

оказывать более глубокие воздействия. По данным Мирового банка за период 1962-2012 гг в Чили обеспеченность водой на душу населения уменьшилась в 2,14 раз (рис.3).

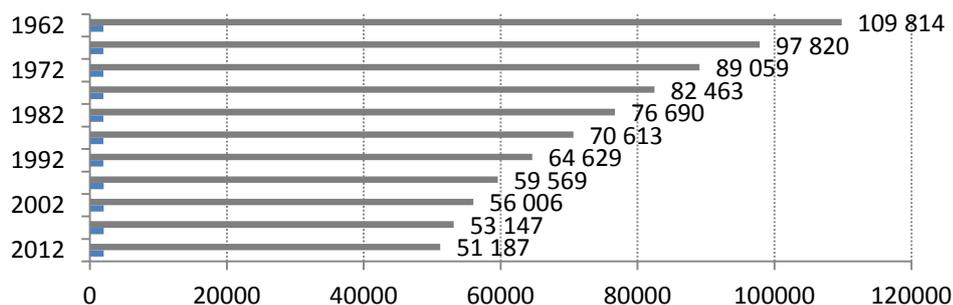


Рис.3. Возобновляемые водные ресурсы на душу населения, куб. м на человека в год, Чили [3]

Высокие Андские Кордильеры содержат до 70 % мировых запасов так называемых тропических ледников. Кито, Эквадор, получает 50 % своих водных ресурсов из ледникового бассейна. Эта вода стекает с Андских Кордильер по многочисленным малым и средним рекам, бассейны которых находятся в разнообразных географических условиях. Разнообразие условий формирования стока, особенности его территориального распределения и режима обуславливаются сочетанием воздействий следующих факторов: географическое положение (близость к экватору), высотная поясность, влияние Тихого океана и его течений, особенности орографии. Эквадор - это горная страна, где наряду с обильно увлажненными склонами Анд, находятся районы с малыми количествами атмосферных осадков и стока воды.

В Эквадоре, так же, как и в Колумбии и Чили, наблюдается тенденция уменьшения водообеспеченности на душу населения, так за период 1962-2012 гг данный показатель уменьшился в 3 раза. Уровень расходования воды на непосредственное удовлетворение потребностей людей также различен и зависит от наличия или отсутствия водопроводов и канализаций, от соотношения городского и сельского населения и т. д. Так, в Чили увеличение инвестиций частного сектора в санитарии было стимулировано фокусированием Чили на поддержании её макроэкономического баланса, в сочетании с многочисленными гарантиями по защите иностранных капиталов. Это ускорило развитие систем канализации Чили, так же как ее сектора водоснабжения. [4]. Одной из причин уменьшения показателя обеспеченности водой на душу населения в рассматриваемых странах является загрязнение воды промышленным сектором, изменения в структуре экономики с переносом центра тяжести на обрабатывающую промышленность [5]. Из рис. 4. видно, что Эквадор сбрасывает органических загрязнителей больше чем Колумбия и Чили, что можно объяснить не только низкой эффективностью технологических процессов, но и недостаточными мерами по очистке сточных вод.

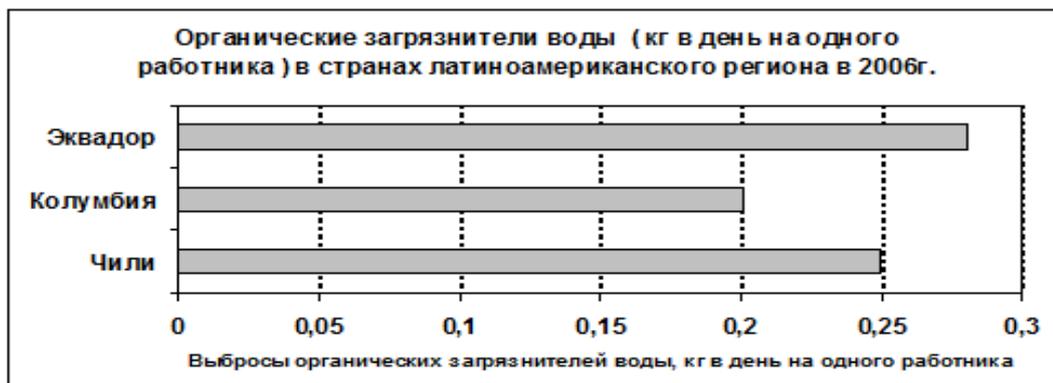


Рис. 4. Загрязнения органическими соединениями водных объектов, 2006 год [3]

Сбросы загрязняющих веществ в воду на единицу ВВП являются индикатором эколого-экономического состояния страны. Отношение величины загрязнителя к ВВП страны означает эффективность производства загрязнений, то есть величину загрязнений, выделяющихся при производстве продукции стоимостью 1 доллар.



Рис. 5. Органическое загрязнение воды от металлургической промышленности (% от общей эмиссии), приведенное к единице ВВП, Эквадор, Колумбия, Чили [3]

Из рис.6 видно, что эффективность производства водных загрязнений от металлургической промышленности выше в Чили, что связано с крупным промышленным центром по добыче и переработке меди. Производство меди – важнейшая отрасль чилийской промышленности. Производство рафинированной меди в этой стране выросло в 2012 году на 1858% по отношению к уровню 1960 году (177 тыс. тонн). Во всех исследуемых странах наблюдается нисходящий тренд эффективности производства водных загрязнений. Что касается эффективности производства загрязнений от целлюлозно-бумажного сектора промышленности, то в рассматриваемых странах также характерен нисходящий тренд, причем для Эквадора наблюдается достаточно резкое снижение производства загрязнений на единицу ВВП, что связано не только с государственной политикой в области охраны окружающей среды, но и значительным ростом ВВП. Таким образом, в результате анализа данных авторами выявлено, что в начале 2000-х годов в Чили, Эквадоре и Колумбии наметилась положительная тенденция, связанная с уменьшением эффективности загрязнения водных ресурсов от промышленного сектора. Это связано с повышением технологической эффективности и с ростом ВВП. Сокращение загрязнений водных объектов становится одной из основ промышленной и экологической политики на национальном, и локальном уровнях. Однако проблема загрязнения воды в данных странах все еще остается серьезной, так как потребность в чистой воде постоянно увеличивается с ростом населения, расширением производственной деятельности и сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Кожакматова Н.С. Водные ресурсы как фактор влияния на взаимоотношения Центрально-Азиатских государств, автореф.дисс. на соиск ст. к.п.н., М.2009.
2. IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia, 2004.
3. Всемирный банк <http://www.worldbank.org/eca/russian/> (дата доступа: 12.06. 2014)
4. Transboundary water management: Who Does What, Where? Analysing the Data in SIWI's Transboundary Water Management Database. Kyungmee Kim, Karin Glaumann <http://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/> (дата доступа:12.06. 2014)
5. Латинская Америка и Карибский бассейн <http://www.grida.no/geo2000/Russian/rus-120-137.pdf> (дата доступа: 12.06. 2014)

З.Р. РАХИМОВ, В.А. МОИСЕЕВ

Республиканское государственное предприятие «Рудненский индустриальный институт»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРНЫХ ОТКОСОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТЕРИ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

При отработке верхних уступов карьеров Восточно-Аятского месторождения бокситов драглайнами произошла серия оползней карьерных откосов. По внешним проявлениям оползни напоминали контактные, когда объем призмы активного давления, увеличившийся за счет складированных пород внешнего отвала, преодолевал сопротивление призмы упора и оползневое тело смещалось в выработанное пространство.

Изучение геологического строения массива горных пород, показало, что он сложен сверху вниз слоями из четвертичных суглинков, выветренной чеганской глины и невыветренной чеганской глины. Для лабораторного исследования прочности пород и слабого контакта из основания оползнь были отобраны образцы, которые исследованы на сдвиг, сжатие и разрыв по стандартным методикам. В диапазоне нормальных напряжений, действующих в откосе высотой $H = 15$ м, паспорта прочности чеганской глины и

четвертичного суглинка аппроксимированы прямыми линиями с параметрами: $c_1 = 0,044$ МПа, $\varphi_1 = 22^\circ$ для чеганской глины и $c_2 = 0,024$ МПа, $\varphi_2 = 23^\circ$ – для четвертичного суглинка. Чеганская выветренная глина имеет ярко выраженные пластические свойства, вследствие чего огибающая ее паспорта прочности не может быть заменена отрезком прямой линии, даже в области нормальных напряжений, действующих в откосе. Максимальный угол внутреннего трения чеганской выветренной глины составляет 24° в самом начале паспорта прочности и снижается до нулевого значения при нормальном напряжении $\sigma = 0,3$ МПа, сцепление возрастает от 0,065 МПа до 0,122 МПа. При напряжении $\sigma > 0,3$ МПа прочность глины снижается и стабилизируется на постоянном значении только при $\sigma > 0,4$ МПа. Столь низкая прочность объясняется не большим содержанием песка 2 – 4% и высокой естественной влажностью 21 – 23%.

Изучение паспортов деформируемости пород массива показало, что всем им присущи пластические свойства. Суглинки и чеганские глины пластические свойства в диапазоне действующих в откосе напряжений не проявляют. Выветренная чеганская глина на глубине 15 метров переходит практически в идеально пластическое состояние.

Исследование прочности слабого контакта, по которому предположительно и происходили оползни, показало, что его паспорт прочности идентичен паспорту прочности выветренной чеганской глины, следовательно, никакого слабого контакта в основании откоса нет. Роль контактного слабого слоя играет выветренная чеганская глина, вследствие перехода в идеально пластическое состояние на глубине около 15 метров. Для уяснения причин, механизма деформирования откоса и очертаний наиболее напряженной поверхности скольжения выполнено физическое моделирование откоса, нагруженного внешним отвалом. Из-за трудности изготовления смеси эквивалентных материалов, нелинейное поведение которой соответствовало бы паспорту прочности выветренной чеганской глины, в качестве материала для моделирования использована исследуемая порода. Так как лабораторное моделирование методом физического подобия применимо только при внешнем нагружении из-за сложности обеспечения гравитационного подобия, например, на центрифуге, то этот метод подходил для рассматриваемой задачи, в которой внешняя нагрузка от давления отвала на поверхность откоса могла плавно задаваться извне.

Используемый для моделирования стенд имеет ширину 1,20 м, высоту 1,00 м и толщину 0,16 м. Перед изготовлением модели определялась влажность, доставленной выветренной чеганской глины. Затем влажность глины доводилась до определенного уровня добавлением необходимого количества воды и ее закладывали в плоскую модель, в ограниченный опалубкой объем, слоями по 0,1 м. Чеганская выветренная глина с уровня влажности, превышающего 18%, настолько пластична, что ей легко придать любую форму. Чтобы исключить обрушение модели после снятия опалубки, между слоями укладывали в шахматном порядке тяжи для компенсации бокового распора материала моделирования. С целью предотвращения снижения влажности глины в процессе подготовки модели между опалубкой и чеганской выветренной глиной располагали плотную ткань, которую по мере необходимости увлажняли водой. После изготовления массива модели ее выдерживали 24 часа для стабилизации в ней напряжений и деформаций. В массиве модели формировали уступ, удаляя не нужный объем материала.

Стенд для моделирования оснащен рычажной системой, конструкция которой исключала перекокс площадки давления. Чтобы избежать одноосного деформирования массива модели под действием внешней вертикальной нагрузки, площадку давления рычажной системы упирали в слой влажного песка, который не только имитировал отвальную массу, но и позволял хорошо различать отвальную массу, внедрившуюся в объем модели откоса.

Наблюдение и измерение деформаций материала модели производили фотограмметрическим способом. Цифровой фотоаппарат на штативе устанавливали в 2 метрах от модели и фотографировали ее состояние в нетронутом массиве, после сооружения откоса и каждого шага приложения внешней нагрузки. Для облегчения оперативного контроля над процессом деформирования, по высоте откоса устанавливали индикаторы часового типа, по которым фиксировали изменение скорости деформирования модели. Обработку данных моделирования производили с использованием компьютерной программы.

Всего было испытано 27 моделей для различных значений ширины и удаления внешнего отвала от верхней бровки уступа, прочности материала моделирования, высот и углов наклона откоса. Компьютерная обработка данных моделирования показала, что при прочих равных условиях высота откоса оказывает влияние на форму и размеры поверхности скольжения только до величины, равной отношению нормального напряжения пластического течения к объемной плотности породы. Углом наклона нагруженного внешним отвалом откоса определяется только угол выхода поверхности скольжения в откос, незначительно изменяя площадь оползневого тела (не более чем на 3%). Ширина основания внешнего отвала при прочих равных условиях не влияет ни на объем, ни на очертания наиболее напряженной поверхности скольжения в откосе пластичных горных пород. Величина бермы безопасности играет определяющую роль в изменении размеров оползневого тела, а при существенном возрастании и на изменение формы наиболее напряженной поверхности скольжения, когда задача устойчивости нагруженного откоса перерастает в задачу устойчивости отвала на слабом основании. Для изменения прочности материала моделирования нами использовано свойство снижения физико-механических свойств глины при увлажнении. Существенное изменение параметров прочности чеганской выветренной глины не сопровождалось значительным изменением площади оползневого тела (не превысило 2%).

Деформирование откоса модели пластичных горных пород под действием внешней нагрузки

происходит по схеме, сходной с контактным оползнем, посредством погружения увлажненного песка, в образующееся под давлением штампа углубление, и выпучиванием языка оползня в поверхность уступа, вследствие бокового распора внедренного песка. Анализ результатов моделирования нагруженных откосов для различных значений геометрических параметров свидетельствует о том, что наиболее напряженная поверхность скольжения начинается с удаленного от верхней бровки откоса края отвала (точка А на рисунке 1) под углом $\psi = \pi/4 + \varphi_{\max}/2$ и по кругу цилиндрической поверхности достигает глубины, на которой угол внутреннего трения имеет минимальное значение (точка В на рисунке 1), под углом $\pi/4$. Анализ деформаций модели в начальной стадии нагружения показывает, что со второй стороны призма активного давления оконтурена точно такой же поверхностью, отображенной слева направо (ВС). При больших величинах деформаций контуры этой поверхности трудно определить точно. Призма упора ограничена внизу горизонтальной плоскостью, распространяющейся от точки В до точки D, лежащей на одной вертикальной линии с верхней бровкой откоса Е. От точки D наиболее напряженная поверхность скольжения выходит в откос в точку F под углом $\theta = \pi/4 - \varphi_{\max}/2$.

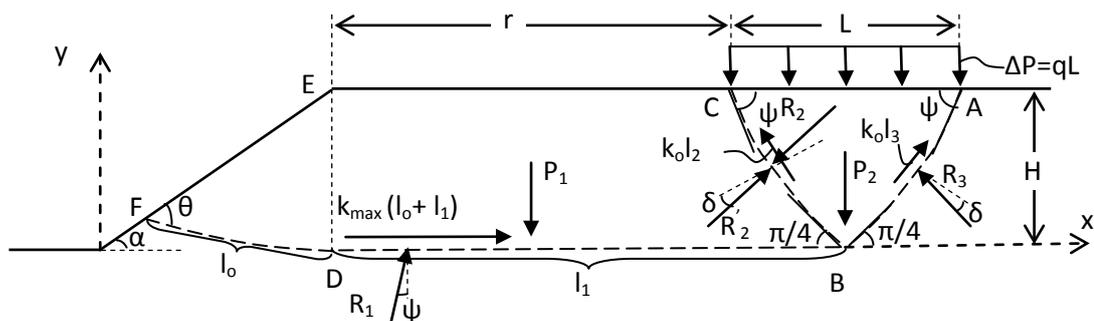


Рис. 1. Построение наиболее напряженной поверхности скольжения в нагруженном откосе пластичных горных пород

Геометрические параметры полученной наиболее напряженной поверхности скольжения хорошо согласуются с положениями статики сыпучей среды, согласно которой первые площадки скольжения начинаются на глубине H_{90} , а в нашем случае сразу у горизонтальной поверхности откоса, так как соответствующее высоте H_{90} нормальное напряжение создается вышележащими породами внешнего отвала. Величина углов ψ и θ , также соответствует значениям статики сыпучей среды. На первый взгляд угол между линиями 1 и 2-го семейств скольжения не соответствует теоретическому значению $\pi/2 - \varphi$, но его равенство величине $\pi/2$ легко объяснимо уменьшением угла внутреннего трения φ чеганской выветренной глины до нулевого значения, при возрастании нормального напряжения σ , вследствие проявления породой пластических свойств.

Проверка достоверности полученных очертаний наиболее напряженной поверхности скольжения в нагруженном внешним отвалом откосе пластичных горных пород была выполнена нами методом конечных элементов для случая оползня уступа разрезной траншеи. Достоинством метода конечных элементов является то, что он позволяет относительно просто рассчитать равновесное состояние откоса с учетом нелинейных свойств, слагающей его горной породы. Анализ имевшего место на карьере оползня был выполнен на основе механики разрушения с имитацией наиболее напряженной поверхности скольжения при помощи контакт-элементов. Полученная 2% сходимости результатов расчетов с данными этого оползня свидетельствует об удовлетворительном соответствии полученных при моделировании очертаний наиболее напряженной поверхности скольжения в нагруженном откосе.

Р.В. САМОЙЛОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОРБИЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНА В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В ходе работы проводятся исследования свойств метилдиэтанолamina и рассматривается реакция в технологии очистки природного газа при взаимодействия сорбента с сероводородом, сернистыми примесями и диоксидом углерода. Проведена параллель сравнений с иными сорбентами и выявлены преимущества использования данного сорбента.

Исследования процесса сорбционной очистки и определение оптимальных режимов очистки основано на двух методах. Экспериментальный метод, сопряжен с большими затратами труда и ресурсов на отработку режимов. Метод моделирования, с использованием специализированного программного пакета HYSYS.

В работе используется метод моделирования, он позволяет на основании анализа

термодинамических свойств и фазовых равновесий, а также имеющегося банка моделей аппаратов построить технологическую схему очистки. Определив оптимальные режимы. Определившись с оптимальными режимами работы схемы очистки при различном составе исходного природного газа, создав модель в программе, получили результаты, которые могут быть использованы в режиме советчика оператору при работе на установках очистки природного газа в процессе абсорбции, для корректировки технологического режима при изменении состав входного потока газа и производительности установки.

Научный руководитель: профессор Ю.В. Шариков

М.Б. СЕДИЕВА, Д.А. ИСЛАМОВ

*Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова
Российской академии наук, г. Грозный*

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (В ПЕРИОД С 2012 ПО 2014 ГГ.)

В работе рассмотрены способы, средства и цели мониторинга загрязнения окружающей среды Чеченской Республики. Основная задача – оценка эффективности существующей системы контроля загрязнения и оптимизация природоохранных мероприятий.

Чеченская Республика имеет развитую многоотраслевую экономическую структуру. Основу ее составляют агропромышленный и курортно-рекреационный комплексы, нефтегазовая отрасль, лесное хозяйство. Сохранение природы и охрана окружающей среды, как среды обитания населения Чеченской Республики, невозможны без проведения постоянного контроля загрязнения окружающей среды, анализа ситуации, установления степени воздействия и прогноза состояния компонентов природной среды.

В 2012 году в целях реализации Единой системы государственного экологического мониторинга на территории Чеченской Республики в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Федеральным законом от 21 ноября 2011 г. №331 и Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2003 года № 177 «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)» бывшим Комитетом Правительства Чеченской Республики по экологии был реализован проект по созданию **Территориальной Системы Экологического Мониторинга Чеченской Республики (ТСЭМ)**.

В ТСЭМ Чеченской Республики включены все виды мониторинга в области охраны окружающей среды: атмосферного воздуха, земель, недр, водных объектов, лесов, животного и растительного мира, охотничьих и водных биоресурсов, а также радиационной обстановки.

Мониторинг отдельных компонентов окружающей природной среды и природных ресурсов на территории Чеченской Республики осуществляют следующие Функциональные ведомства:

- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Чеченской Республики;
- Чеченский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»;
- Управление по недропользованию по Чеченской Республике (Чеченнедра);
- Территориальный отдел водных ресурсов ЗКБВУ (Западно-Каспийское бассейновое водное управление) по Чеченской Республике;
- Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Чеченской Республике;
- Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Чеченской республике;
- ФБУ «Российский центр защиты леса» Филиал «Центр защиты леса Чеченской Республики»;
- Центр гигиены и эпидемиологии ЧР,
- Химические лаборатории промышленных предприятий.

Объектами ТСЭМ являются: атмосферный воздух, почвы и недра, поверхностные и подземные воды, растительный и животный мир, охотничьи ресурсы и среда их обитания, особо охраняемые природные территории, социальная гигиена и здоровье человека.

При мониторинге за состоянием атмосферного воздуха исследования проводятся на предмет измерения, обработки и регистрации результатов по концентрациям основных загрязняющих веществ: оксида углерода (СО), диоксида серы (SO₂), оксида азота (NO), аммиака (NH₃), диоксида азота (NO₂), озона (O₃) и взвешенных частиц пыли. Отбор проб проводится через пробоотборный зонд вертикального зондирования передвижной автоматизированной станции контроля атмосферного воздуха «ЭКРОС-АТМОСФЕРА», в соответствии с регламентом ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных мест». Комплексный показатель степени загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитывается в соответствии с методикой РД 52.04 186-89, как

сумма средних концентраций в единицах ПДК, с учетом класса опасности соответствующего загрязняющего вещества:

$$I_n = \sum (x_i / \text{ПДК}_i) C_i, \quad (1)$$

по компонентам контроля: оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода и озон.

Исследования поверхностных вод проводятся на предмет определения органолептических и физико-химических свойств – температура, запах, осадок, взвешенные вещества, цветность, мутность, прозрачность, щелочность, жесткость, pH, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), химическое потребление кислорода (ХПК) по бихроматной и перманганатной окисляемости, а также содержания двуокси углерода, аммиака, нитритов, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, свинца, кадмия, цинка, растворенного кислорода, в соответствии с регламентом СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

При оценке качества поверхностных вод используется гидрохимический индекс загрязнения воды в соответствии ГОСТ 27065-86 «Качество вод. Термины и определения» по формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_{\sigma_i}} \quad (2)$$

шести компонентов контроля по данным лабораторий: растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), химическое потребление кислорода (ХПК) по перманганатной окисляемости, свинец, кадмий и магний.

Мониторинг за состоянием почвенного покрова осуществляется проведением исследования на предмет измерения, обработки и регистрации результатов по концентрациям основных загрязняющих веществ: медь, никель, цинк, кобальт, марганец, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть и нефтепродукты, в соответствии с регламентом СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

Оценка уровня химического загрязнения почв, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится по суммарному показателю загрязнения (Z_c) коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей, по формуле:

$$Z_c = \sum (C_i/C_{fi} + C_n/C_{fn}), \quad (3)$$

в соответствии с документом «Методические указания. МУ 2.1.7.730-99» Минздрава РФ.

В работе в виде таблиц представлены среднегодовые значения результатов химических анализов за 2012-2014 гг.: количественного химического анализа атмосферного воздуха, среднегодовая информация по результатам химических анализов поверхностных вод, результаты анализов почвенных образцов на содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов.

Современное состояние мониторинга загрязнения окружающей среды Чеченской Республики оценено как удовлетворительное. Выявлено недостаточное количество наблюдений, неполноценность числа учитываемых показателей, и соответственно, отсутствие реальной картины загрязнения окружающей среды.

Предложены некоторые рекомендации для усовершенствования структуры контролируемых введомственных лабораторий. Существующая система мониторинга с ручным отбором проб не отвечает современным требованиям по передаче оперативной информации в прогностические центры с целью ее усвоения и обеспечивает измерения только малой доли тех вредных примесей, которые надо прогнозировать.

И.В. ТКАЧЕВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОЧИСТКА ПРИРОДНОГО ГАЗА – ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА

В ходе работы в программном комплексе HYSYS рассмотрено создание модели установки очистки природного газа от сероводорода, диоксида углерода и сернистых примесей аминовым раствором. Анализ мировой практики, накопленной в области очистки природных газов, показывает, что основными процессами для обработки больших потоков газа являются абсорбционные с использованием химических и физических абсорбентов и их комбинации. Для моделирования технологической схемы процесса использована моделирующая система со специальным методом расчета свойств специфических систем компонентов, таких как амины, что позволяет произвести эксперименты с моделью в условиях наиболее приближенных к реальным. Определяются входные условия потоков газа и сорбента такие как температура,

давление, число тарелок и расход для эффективного протекания процесса абсорбции в колонне с учетом изменяющейся концентрации вредных примесей газа.

Поэтому определение оптимальных входных термодинамических параметров в зависимости от различного содержания вредных примесей природного газа, а так же расчет рационального использования сорбента в процессе очистки является актуальной научно-прикладной задачей, решение которой позволит значительно повысить технико-экономические показатели процесса очистки газа от сероводорода и диоксида углерода. Определение рациональной технологии очистки природного газа от сероводорода и диоксида углерода, позволяющее улучшить качество продукта, увеличить производительность установки.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Ю.В. Шариков

М.А. ЧУКАЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «АПАТИТ»

Работа посвящена решению проблемы очистки производственных сточных вод. Источниками губительного воздействия на водные объекты являются все сферы человеческой деятельности, сопряженные с использованием воды. Огромный вклад в общий объем загрязнений, поступающих в водные объекты, вносят предприятия горнопромышленного комплекса. В работе представлены результаты мониторинговых исследований природных вод, находящихся в зоне воздействия предприятия ОАО «Апатит», которые свидетельствуют о высоком потенциале загрязнения природных вод и многократном превышении фоновых концентраций в зоне влияния предприятия ОАО «Апатит». Это свидетельствует о необходимости разработки природоохранного мероприятия, обеспечивающего снижение воздействия предприятия на гидросферу, так как такие концентрации загрязняющих веществ приводят к образованию значительных по протяженности и по площади гидрохимических потоков и ореолов загрязнения, а так же негативно сказываются на здоровье населения близлежащих городов. Учитывая большие объемы сбрасываемых сточных вод (более 90 млн. м³ в год) их очистку следует осуществлять путем внедрения сорбционных технологий, основанных на использовании природных, дешевых, легкодоступных материалов.

Научный руководитель: д.т.н., профессор, М.А. Пашкевич

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ГЕОАНОТЕХНОЛОГИИ

T. HIRSCH, C. REUTHER, J.GÖTZE
TU Bergakademie Freiberg, Germany

SYNTHESIS AND ANALYSIS OF THE REACTION BEHAVIOR OF Ca₄NdO[BO₃]₃ (NdCOB)

Abstract

Topic of research was to synthesize polycrystalline Ca₄NdO[BO₃]₃ (NdCOB) by solid state reaction in respect to efficiency of time and energy. The need of pretreatment of basic chemicals was investigated. The study has shown that the use of Nd₂O₃, CaCO₃, and B₂O₃ for the synthesis of an impurity free product is possible. Moreover the formation of NdCOB out of basic chemicals was studied by combined differential thermal analysis (DTA) and thermal gravimetric analysis (TGA).

Introduction

The rare earth element calcium oxoborates (REECOB) have got the idealized stoichiometry Ca₄REEO[BO₃]₃ (REE = Y, La–Lu) (Norrestam et al. 1992, Möckel 2012) and the space group Cm (Norrestam et al. 1992, Ilyukhin & Dzhurinskii 1993). One of the REECOB is Ca₄NdO[BO₃]₃ (NdCOB). It has got piezoelectric

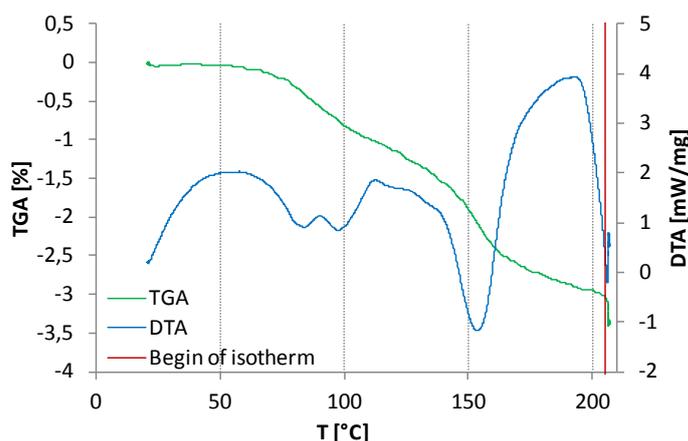


Figure 1. DTA and TGA signal of thermal treatment of B₂O₃ over the temperature

properties due to the noncentrosymmetric space group (Yu et al. 2010). Furthermore NdCOB is characterized by properties which distinguish it from other piezoelectric materials like quartz, Bi₄Ti₃O₁₂-ceramics, and tourmaline (Möckel et al. 2012): The melting point is 1470 °C (Karaki et al. 2008). Nakao et al. (2006) observed no signals caused by phase transitions while heating the material from room temperature to the melting point. Maybe this fact should be reviewed with respect to the results of Möckel et al. (2012) for GdCOB. Moreover NdCOB is relatively hard (Yu et al. 2010) and a growth of single crystals by Czochralski method is possible (Nakao et al. 2006).

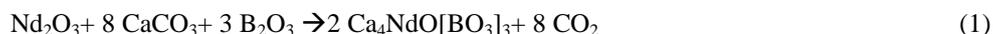
Study of basic chemical B₂O₃

The basic chemical B₂O₃ was investigated by combined differential thermal analysis

(DTA) and thermal gravimetric analysis (TGA) (Fig. 1). The thermal treatment was a heating with 5 °C/min up to 200 °C with a subsequent isotherm by a TGDTA92 (Setaram). A mass loss was observed during the thermal treatment. There was no constant mass reached after an isotherm of one hour. In respect to Reuther (2007) and Holleman et al. (2007) a release of water is the likeliest explanation for the mass loss. Drying of B₂O₃ before use is not advisable due to the slow water release and the possibility of incorporating new water while sample preparation. More useful is a determination of water content before using the B₂O₃ and to add a small amount in compensation for the water content.

Synthesis of NdCOB

NdCOB was synthesized by solid state reaction of the basic chemicals Nd₂O₃ (99,99%), CaCO₃ (>99%), and B₂O₃ (99,98%). Nd₂O₃ and CaCO₃ were dried before the experiments and stored in desiccators. The chemical reaction of the NdCOB synthesis is that of equation 1. The theoretic weight loss is 26,16% caused by the decomposition of CaCO₃.



A mixture of basic chemical compounds was put together before every experiment. The ratio between basic chemicals was that of equation 1, but in most experiments the contents of B₂O₃ and CaCO₃ were varied. After that the basic chemicals were ground and mixed. The powders were pressed into tablets, placed in an Al₂O₃ crucible (covered with Pt foil), and positioned together with this in a resistance furnace of Nabatherm. Different temperature

treatments were examined. End temperature and number of heatings were optimized to synthesize NdCOB in a time and energy efficient way.

The experiments have shown that it is necessary to vary the mixing ratio of equation 1 by adding 4–5% B_2O_3 and reduce $CaCO_3$ content by 1–1.5% to obtain NdCOB of high purity by solid state reaction. The best thermal treatment found was a single heating with 5 °C/min up to 1300 °C for 10 h with several intermediate steps. The purity of the NdCOB was verified by x-ray powder diffraction with an Empyrean by PANalytical (see fig 2.).

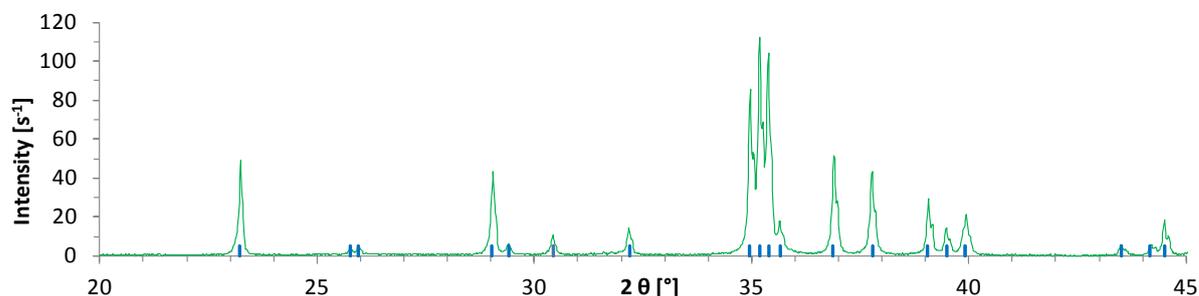


Figure 2. Powder XRD diagram of synthesized material with indicated 2 θ values of NdCOB peaks after PDF-4+ card 04-009-2919 (based on Norrestam et al. 1992).

The formation of NdCOB out of Nd_2O_3 , $CaCO_3$, and B_2O_3 by solid state reaction was studied by combined DTA-TGA by a Netzsch STA 409 PC (Fig.3). The mixture of basic chemicals was chosen in reference to the stoichiometry of equation 1 varied as mentioned before. Two crucibles of Al_2O_3 were used as reference material and as container for the sample. The sample was heated with 5 °C/min up to 1200 °C.

Four stages of mass loss occurred while thermal treatment. The first mass loss was bigger than the second one. The third mass loss began at around 650 °C and was superimposed with the fourth one. Between 919 °C and 1200 °C no loss of mass occurred. The mass loss was 27.34% over the whole thermal treatment. This is 1.20% more than the theoretical value.

The first mass loss is caused by water release out of the mixture. Likely the water content is due to water content of basic chemical B_2O_3 and the water incorporation by the mixture while preparing it. The second mass loss may also be caused by water release. The release of water is also the most probable explanation for the increased mass loss mentioned before. The sum of the third and fourth mass loss is approximate the theoretical value caused by carbonate decomposition. Consequently both reactions belong to the decomposition of $CaCO_3$. So it seems like the carbonate decomposition is divided in two steps, maybe this is caused by the formation of chemical intermediates. Decomposition of pure $CaCO_3$ starts at 900 °C (Holleman et al. 2007). It is likely that the reaction takes place at lower temperature in the given chemical environment.

During solid state reaction experiments it was found out that only at an end temperature of 1300 °C all material was reacted into NdCOB. At end temperatures of 1200 °C or lower basic chemicals and the intermediate $Ca_3[BO_3]_2$ were remaining in the product. DTA did not show signals of the reaction of $Ca_3[BO_3]_2$ and remaining basic chemicals into NdCOB or the melting of B_2O_3 . The only identifiable signal was the endothermic $CaCO_3$ decomposition related to the fourth mass loss. Maybe this is caused by long temperature ranges in which the reactions happen or the thermal signals of the reactions are too small to detect them.

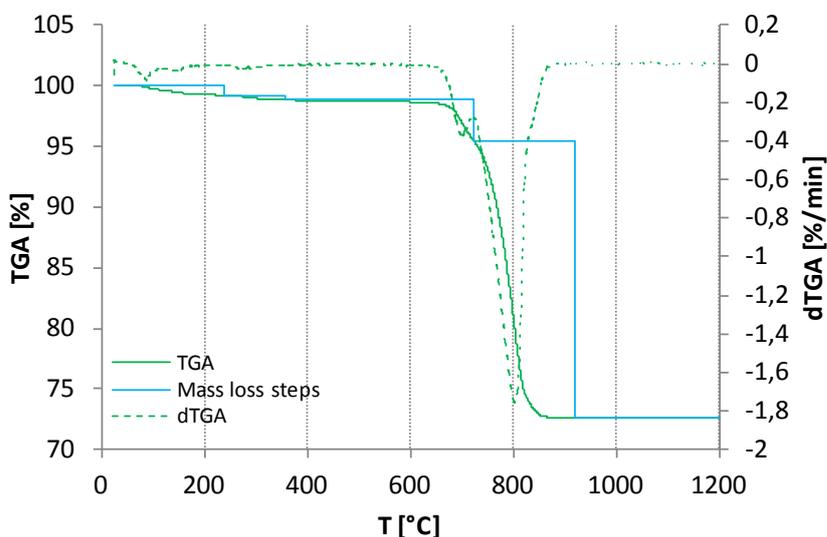


Figure 3. TGA signal and its first derivation of NdCOB formation out of basic chemicals over the temperature

References

1. Holleman, A. F.; Wiberg, E.; Wiberg, N., Fischer, G. (2007): Lehrbuch der Anorganischen Chemie. 102., stark umgearbeitete und verbesserte Auflage, Walter de Gruyter

2. Ilyukhin, A. B.; Dzhurinskii, B. F. (1993): Crystal Structures of Binary Oxoborates $\text{LnCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ (Ln = Gd, Tb, and Lu) and $\text{Eu}_2\text{CaO}(\text{BO}_3)_2$, Russian Journal of Inorganic Chemistry 38(6), 917–920
3. Karaki, T.; Adachi, M.; Kuniyoshi, Y. (2008): Evaluation of material constants in $\text{NdCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ piezoelectric single crystal, Journal of Electroceramics 21, 823–826
4. Möckel, R. (2012): Growth and properties of $\text{GdCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ single crystals, Freiberg, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Faculty of Geosciences, Geotechnics and Mining
5. Möckel, R.; Hengst, M.; Götze, J.; Heide, G. (2012): $\text{REECa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ (REECOB): new material for high-temperature piezoelectric applications, in: Krivovichev, S. (Ed.), Minerals as Advanced Materials II, Springer
6. Nakao, H.; Nishida, M.; Shikida, T.; Shimizu, H.; Takeda, H.; Shiosaki, T. (2006): Growth and SAW properties of rare-earth calcium oxoborate crystals, Journal of Alloys and Compounds 408–412, 582–585
7. Norrestam, R.; Nygren, M.; Bovin, J.-O. (1992): Structural Investigations of New Calcium-Rare Earth (R) Oxyborates with the Composition $\text{Ca}_4\text{RO}(\text{BO}_3)_3$, Chemistry of Materials 4, 737–743
8. Reuther, C. (2007): Synthesebedingungen, Synthese und Charakterisierung eines polykristallinen Calcium-Seltenerd-Oxoborates der Form $\text{Ca}_4\text{SEEO}(\text{BO}_3)_3$ als Ausgangsubstanz zur Einkristallzucht nach Czochralski. Freiberg, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Faculty of Geosciences, Geotechnics and Mining
9. Yu, F.; Zhang, S.; Zhao, X.; Yuan, D.; Wang, C.-M.; ShROUT, T. R. (2010): Characterization of Neodymium Calcium Oxyborate Piezoelectric Crystal with Monoclinic Phase, Crystal Growth & Design 10, 1871–1877

J. KISZTNER

VSB-Technical University of Ostrava, Czech Republic

4VISION

Abstract

4vision is a system which uses Kinect technology as a device enabling to identify the obstacles in the way of visually impaired persons and navigate them to bypass these obstacles. 4vision includes an application for identifying objects from the point cloud from Kinect device and subsequent transfer of these data into the navigation software which helps to bypass the obstacles.

Keywords: Blind, navigation, point cloud

Introduction

Movement of visually impaired people is full of unexpected situations. Most common tools to improve moving for blind is white cane. Inability to detect obstacles in level of head potentially can cause injuries of head. White cane gives informations just for distance of it. It can't provide information about obstacles in advance. Every day movements of blind people are full of unexpected situations. Predictions of obstacles can be very important for them. They can change direction or just be prepared of it. Information about obstacles detected for longer distance than length of a white cane can be very helpful and can add more speed and flexibility in movements of blind people in new environments or in ordinary paths.

Methodology and implementation

Whole systems can be divided to three parts:

1. Hardware components which includes Kinect, battery and computer,
2. mobile phone with mobile application,
3. software for detection and navigation.

We created software which had to be fast in identifying objects. In real time our system provides information about positions and sizes of obstacles around the user. Preprocessing reduces noise from depth data and improves the contrast of data. Objects detection is based on edge detection and object classification and statistical detection in 3D. Afterwards, the software processes object classification and statistical functions for detection of the obstacles. The detected obstacles are stored into PostGIS. In the PostGIS database, the software joins multiparts to one real object. This process is based on the levels of spatial nearness of objects. Core part provides solution which connects Kinect with a detection software, navigation software and sound navigation. The navigation part of 4vision is also based on PostGIS with pgRouting extension. The navigation deals with two situations. The first one is a classic navigation from current position measured by GNSS and POI. The second situation happens when the user cannot go through the obstacle and he or she asks for re-computing the navigation. In this case, the obstacle is inserted in the networking data and the navigation computes a different way for the user.

Since our aim was to adjust the outcomes to the needs of visually impaired persons, all communication devices between the outcome and the users are created with the use of audible signals. The information about the obstacles and navigation are provided by sound navigation. The user controls the whole system via mobile phone application. In the application, the user can control navigation, re-navigation, POIs etc.

Results

Nowadays, we used Kinect as a sensor for depth data at Fig. 2. Our software is able to successfully detect obstacles around user and provide useful information for him. Kinect isn't sensor for outdoors measuring. This is a reason why we try to use new sensor with better parameters and create new prototype at Fig. 3.



Figure 1. Obstacle detection

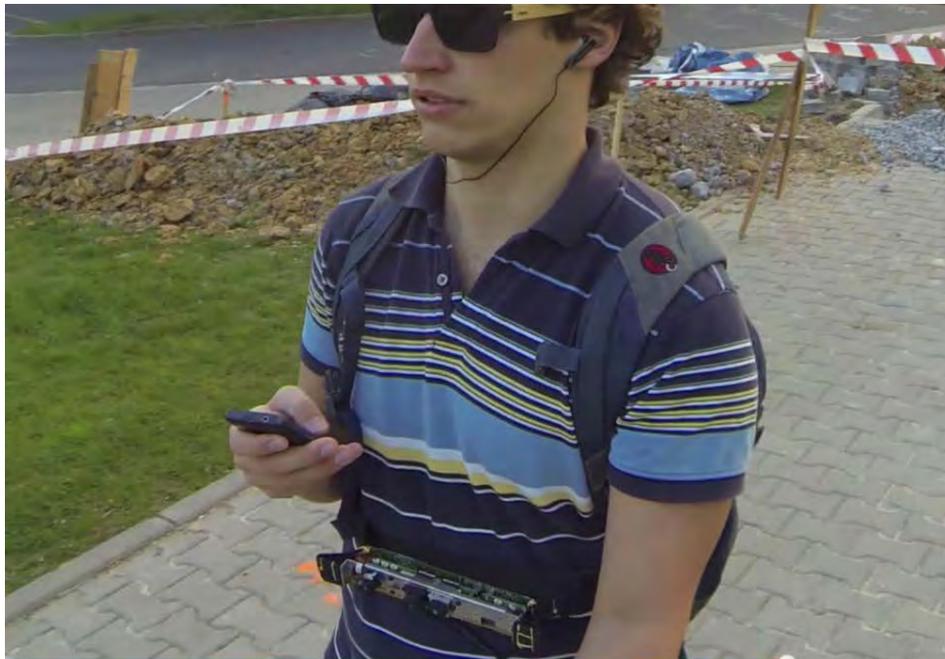


Figure 2. Testing of prototype

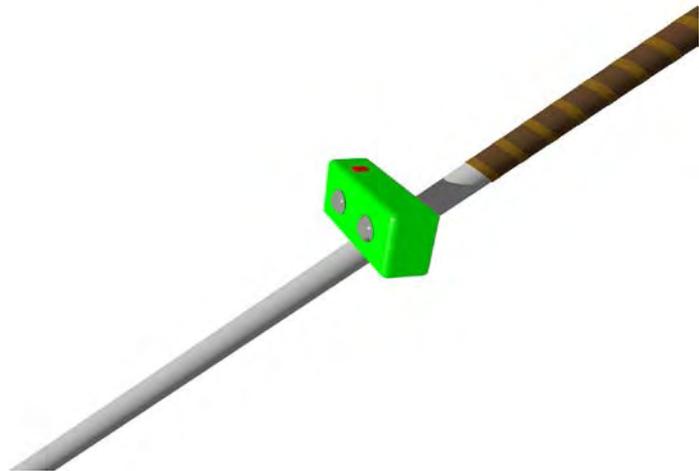


Figure 3. New prototype

Conclusion

The solution given here describes a successfully designed prototype system which uses Kinect for detection of the obstacles for visually impaired users. Together with GIS, Kinect is a strong device which helps to improve the lives of visually impaired persons – it quickens their movement in an unknown environment as well as improves their protection against bumping into obstacles.

The navigation SW we have created uses GPS data, database system PostgreSQL with widened PostGIS and pgRouting which enable navigating the users in the terrain and avoiding obstacles. Our solution requires considerable adaptations as the needs and limits of every impaired person are individual. By developing 4vision system, we could create a strong device for the sightless but it could also function as the foundation for similar projects oriented on improving people's lives in different areas. We believe that using education and science for creating solutions which improve people's lives is one of the fundamental roles of scientific research and we tried to apply this belief into our 4vision system. In the future, we expect to develop our solution and gradually improve the algorithms for its implementation.

It is estimated that there are over 30 million sightless and partially sighted persons in geographical Europe. It means that we offer a system which can improve movement in unfamiliar terrain for many of these people.

References

1. Armbruster, W., Hammer, M., 2012. *Segmentation, classification, and pose estimation of maritime targets in flash-ladar imagery*. Proceedings of SPIE Vol. 8542 85420K. [DOI: [10.1117/12.974838](https://doi.org/10.1117/12.974838)]
2. J. Andrews. *Merging fast surface reconstructions of ground-based and airborne lidar range data*. Master's thesis, University of California, Berkeley, 2009.
3. Comparison of the OpenCV's feature detection algorithms. Available at <http://computer-vision-talks.com/articles/2011-01-04-comparison-of-the-opencv-feature-detection-algorithms/>

J. NAINYTE

TU Bergakademie Freiberg, Germany

LIQUEFACTION IN LIGNITE OVERBURDENS AS A SPATIAL PHENOMENON ANALYSIS AND PREDICTION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN) METHOD

Introduction and motivation

After open pit mines for a brown coal are emptied sites are filled with the overburden material forming dumps and constructing a new relief as every closed brown coal mine in Germany must undergo the rehabilitation, which also includes ensuring safety. Recently the safety assurance in some post mining sites came into a question when the liquefaction in a smooth surface took place. Liquefaction phenomenon can be described as when a solid material due to increased shear stress that leads to excess pore pressure gains the fluid specific characteristics and can start flowing till the shear stress in the soil body is reduced. It is believed that the rising water level has an effect on reducing or simply eliminating the soil solidity as sparsely stored rounded homogeneous soil itself already contains suspensions (Gehrisch, 2005)

Liquefaction in lignite mines in Germany is under investigation for a while, but just from geotechnical perspective, conducting experiments and taking specific measurements in the lab to find the geophysical formulas. A very few tests and measurements are done in field as some are impossible due to conditions, some are too expensive or too complicated to conduct. Despite the experiments made and insights found the occurrence pattern of liquefaction phenomenon in the overburden sites is still not fully sorted out. Earlier listed limitations motivates searching for other means in determining areas susceptible to liquefaction. For that reason a qualitative spatial approach can be taken, to explore and analyse some case as an example.

Methodology

During data exploration phase it was noticed that collected data does not follow the normal distribution, also it could not have been assumed that gathered variables are independent. In addition, described phenomenon is not fully understood and there is no solid theory for statistical analysis. Such circumstances predetermined the choice of supervised machine learning methods that are good at learning patterns without assumptions, have a good ability to generalize any kind of relationships and are good at dealing with a great amount of variables of different importance.

Since Feed Forward Artificial Neural Networks (ANN) are one of the most common supervised machine learning methods used for forecasting tasks, it was chosen to apply. ANN is a network built from interconnected neurons that receive information, process it and send to output. Neurons in ANN are organized in layers and connections between neurons have weights, which are re-adjusted during the learning process in order to minimize the error between the network output and the given example; therefore called supervised. For weight adjustment algorithms

that calculate the descent of the loss function and use it to minimize the error by regulating weights as used. Resilient Back Propagation was chosen as good and fast at finding global minimum.

ANN method is a universal approximator that can be applied to model any phenomenon. It has already been used in many research fields and there is a lot of research conducted on analysing and improving particular stages of modelling, like validation and especially output relation with inputs explanation as trying to uncover the “black box”, machine done approximation.

First time ANN for liquefaction in lignite post mining sites was used a couple of years ago, when Advangeo software as a built-in ArcGIS toolbox was used to detect liquefaction using a few parameters such as saturated thickness of overburden, depth to groundwater table and surface gradient (Rocher et al. 2013). With more data it is expected to bring better results, as well as being able to train network not just recognise, but to also forecast a liquefaction. As a software open source python library pybrain was used to develop used networks.

Case Study: Schlabendorf- Sued Mine in Lusatia region, Germany

For a case study, the Schlabendorf- Sued Mine in Lusatia region, East of Germany, where the liquefaction is often occurring was chosen. As the area was formed by ice age and ice melting waters, area is covered with the sandy-gravelly noncohesive soil. For mining therefore conveyor bridge F34 was used, that formed loose overburdens consisting of even more noncohesive soil.

Data for the case study was collected from companies that have been realizing mining activities and handling mining closure. Data obtained from before field was the topographical maps, groundwater table and logs of boreholes for the coal investigation, from which a lot of geotechnical variables about soil structure were derived like silt, compact soil or coarse sand percentage, or such like unconformity coefficient. From mining process such data as mining sections, techniques, overburden pouring lines forming dump slices, as well as overburden techniques applied spatially was collected, that helped to derive data like various thicknesses of overburdens, constructed with different techniques. After mining data included aerial photos in various years and water table levels in various years, allowing to derive therefore surface variables as surface uniformity, inclination, hydraulic gradient and also voluminal data like overburden thickness, saturated and unsaturated overburden thickness (depth to the water table level).

From previous researches in liquefaction various parameters were determined as helping to indicate liquefaction, Geotechnical engineers that were researching liquefaction in seismically active areas, often indicated such parameters as total stress, effective stress, D50, water table depth, ground slope, saturated soil thickness, fine particles content, content of uniformity and similar. Mining engineers marked out sensitive parameters as pore water pressure, pore proportion, depth to the ground water table, surface inclination, surface height difference of hydraulic gradient as well as the after mining surface usage in terms of load (Zschiedrich, 2013). As some parameters are not possible to obtain in the field for spatial phenomenon observation, all available variables were used for training ANN to possibly determine new parameter group, which would be easy to measure could be used to detect and model liquefaction.

Results

After various try-error attempts on configuring ANN, it was noticed that the best approximation is when having fully connected network with 2 hidden layers, first layer with a number of neurons as inputs and second with one neuron. Training or backpropagation error of such network average-ly is 0.05, root mean square error (RMSE) makes it 0.3 and for finding true positive RMSE is 0.32. Despite visually it looks quite satisfying, as areas prone to liquefaction (marked as blue) seem to follow the expected pattern, statistically it is not so great, but rather interesting to test on further data.

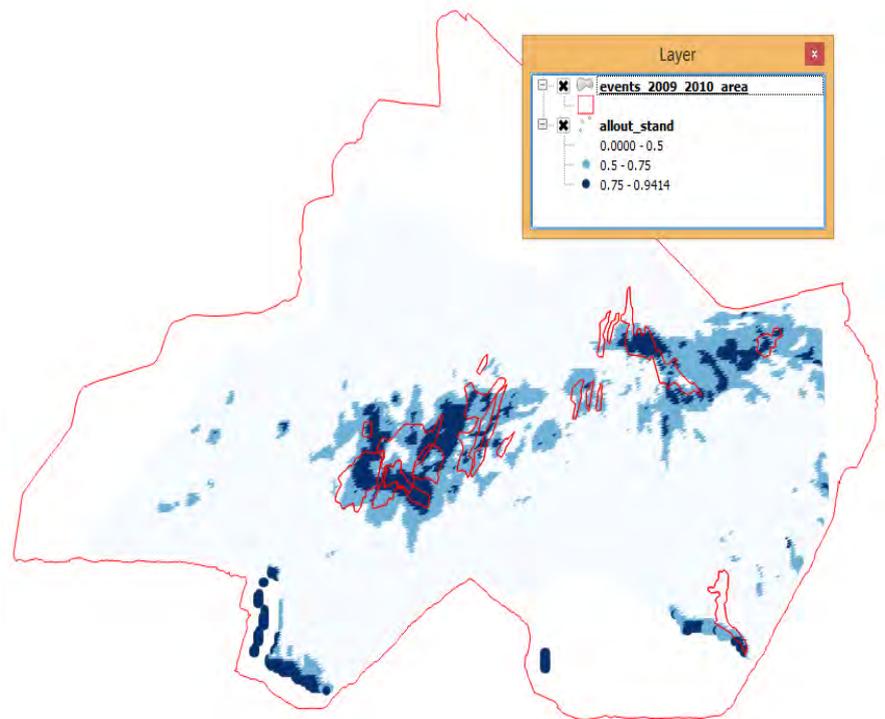


Figure 3. Possibility of Liquefaction in Schlabendorf- Sued Mine in Lusatia region estimated with ANN multiple hidden layers (blue corresponding to liquefaction possibility)

For the input 2008 data was used to forecast the liquefaction events of 2009-2010, now the input data of 2010 is prepared to test it on 2011-2012 events, but the results are not clear yet.

Another aspect on using all variables for ANN training is to determine which variables are of most importance, for what the sensitivity analysis was run (Lek, 1995). The trained network was tested on the same data withholding one variable at a time at its specific value as minimum, 25th percentile, mean, 50th percentile, 75th percentile and maximum. The sensitive variables, having the highest impact on training results were observed and it could be determined as the important variables for the liquefaction forecasting. As most sensitive variables within all range cohesive soil fraction, coarse sand fraction, hydrographical gradient and its slope, overburden thickness and the mining base surface can be named. Variables sensitive at their range limits are conveyor bridge overburden thickness and its slope, d10 fraction, relation of saturated over unsaturated soil, coarse soil fraction, depth to groundwater table and its slope, thickened surrounded areas, permeability coefficient in 10 base logarithm as well as sand fraction.

Although the results are just intermediate but exciting. However further investigation is ongoing in order to find the best network configuration with sensitive variables. Moreover after a visual „approval“ the validation of the ANN output is needed to get a reliable results.

References

1. Gehrish, M. (2005). *Bodenmechanik und Tagebausicherheit im Braunkohlenbergbau der Lausitz* (2. Aufl.). Cottbus: Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz.
2. Rocher, M., Knobloch, A., Kallmeier, E., Barth, A., Drebenstedt, C., Lucke, B., (2013) *Modellierung und Bewertung der Stabilität von Tagebaukippen mit künstlichen neuronalen Netzen (advangeo® prediction software)* <http://tu-freiberg.de/fakult3/gt/veranst/2013geotkoll14.pdf>
3. Zschiedrich, K. (2013) *Geotechnische Herausforderungen bei der Gestaltung der Kippen aus locker gelagerten Sanden in Braunkohlenbergbauen der Lausitz.* <http://tu-freiberg.de/fakult3/gt/veranst/2013geotkoll02.pdf>

Д.Е. АБРАМОВА, Г.Н. ДЕРЯБИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ КЛИЕНТОВ IP-ТЕЛЕФОНИИ ДЛЯ СМАРТФОНОВ ANDROID И BLACKBERRY

IP-телефония (часто именуемая VoIP) все больше набирает популярность в современном мире. Это технология, которая используется в Интернет и других TCP/IP-сетях для передачи голосового трафика. Все чаще встроенная поддержка этой технологии появляется и в мобильных аппаратах.

Крупные приложения содержат ошибки, даже если они написаны командой профессионалов, поэтому актуальной является проблема контроля качества программного продукта. Существует несколько методов контроля качества продукта, одним из которых является тестирование.

Целью данной научной работы являлась разработка и тестирование клиентов IP-телефонии для смартфонов на базе Android и BlackBerry.

В результате было разработано приложение, которое позволяет подключаться по протоколу SIP к серверам провайдеров IP-телефонии, например SIPNET, и передавать аудиоданные по протоколу RTP.

На основании проделанной работы, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанный клиент работоспособен на двух ОС: Android и BlackBerry.
2. При помощи разработанной программы можно совершать звонки через соединение Wi-Fi.
3. Контакты приложения синхронизируются с телефонной книгой смартфона.
4. Приложение имеет интуитивно-понятный интерфейс.
5. Для проверки работоспособности клиентов IP-телефонии применялись альфа-тестирование, бета-тестирование и метод черного ящика.
6. Отмечены случаи задержки завершения соединения.
7. Приложение пока не работает на ОС Android версии 5.0 и при подключении через 3G.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Б. Маховиков

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИКОНТУРНЫХ ГРУНТОВЫХ СЛОЁВ ПОДЗЕМНОГО ТУННЕЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Строительство подземных сооружений и туннелей является приоритетным направлением развития для крупных городов, поверхность которых плотно застроена постройками и объектами городской инфраструктуры. При анализе процессов возведения тоннелей закрытым способом строительства можно отметить, что технологии строительства тоннелей имеют ряд недостатков (повышенные расходы на материалы, высокую энергоёмкость и трудоёмкость, низкое качество уплотнения отделки и т.д.), которые существенно снижают технико-экономические показатели и эксплуатационные свойства сооружений. В то же время в мире развитие подземного строительства идет путем применения технологий, основанных на использовании потенциальной несущей способности горного массива позволяющих повысить качественные показатели сооружений за счет формирования новых геотехнических свойств прилегающих грунтовых слоёв.

Процесс преобразования почв распространенными методами (струйной цементацией, трамбованием, взрывом, термической обработкой) сопровождается значительными затратами дорогостоящих материалов и энергии с малой долей полезного действия. Причина больших затрат энергии и ресурсов заключается в сущности химических и физических процессов, которые положены в основу указанных методов обработки грунтовых массивов. Направления развития строительства подземных объектов должны базироваться на современных энергоэффективных и ресурсосберегающих технологиях, а также процессах формирования физико-механических свойств грунтовых массивов. Использовать положительные достижения имеющихся методов формирования геотехнических свойств горных массивов возможно за счет применения более технологических способов воздействия на грунты, в частности технологии электрохимической обработки. Сущность такой технологии заключается в пропускании через грунт постоянного электрического тока, а также введение электролита, использование которого приводит к целому ряду физико-химических процессов, ведущих к осушению и упрочнению грунта. Применение электрохимической обработки для изменения прочностных и деформационных характеристик глинистых грунтов нашло свое применение при возведении наземных сооружений [1, 2]. Учитывая то обстоятельство, что электрохимическая обработка является эффективным способом упрочнения глинистых грунтов при этом, не требуя применения сложного оборудования, ее применение представляет собой интерес в условиях возведения подземных сооружений, в частности при стабилизации свойств прилегающих грунтовых массивов туннелей.

При исследовании электрохимических процессов проходящих в грунтах примерами, которых является электрохимическая обработка грунтов или катодная защита подземных сооружений, необходимо решение задачи устанавливающей взаимосвязь основных технологических параметров геотехнической системы,

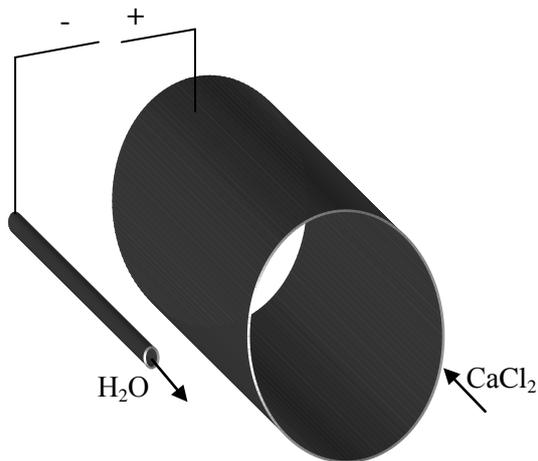


Рис. 1. Схема электрохимической обработки приконтурных грунтовых слоёв туннеля

а именно, распределение напряжений вдоль электродов и в занимаемом ими объеме[3]. Отличительной особенностью применения электрохимической обработки является формирование новых геотехнических свойств грунтовых массивов для максимально возможного объема, что позволит максимально перераспределить напряжения от воздействия нагрузок. Для условий подземного строительства это возможно за счет подачи одного из полюсов на щит и расположения одного из электродов вдоль оси туннеля (рис. 1). С целью достижения максимальной плотности грунта по контуру отделки туннеля для анода используется корпус щита, а для катода (дренажа) используется перфорированная металлическая труба. С целью улучшения триботехнических характеристик системы щит-грунт, возможна коммутация полярностей однако при этом требуются

дополнительные мероприятия по гидроизоляции и отводу воды.

Для определения параметров распределения электрического поля применим известное решение для двух металлических цилиндров находящихся под действием постоянного напряжения U с разными радиусами r_1, r_2 оси, которых расположены на расстоянии d (рис. 2).

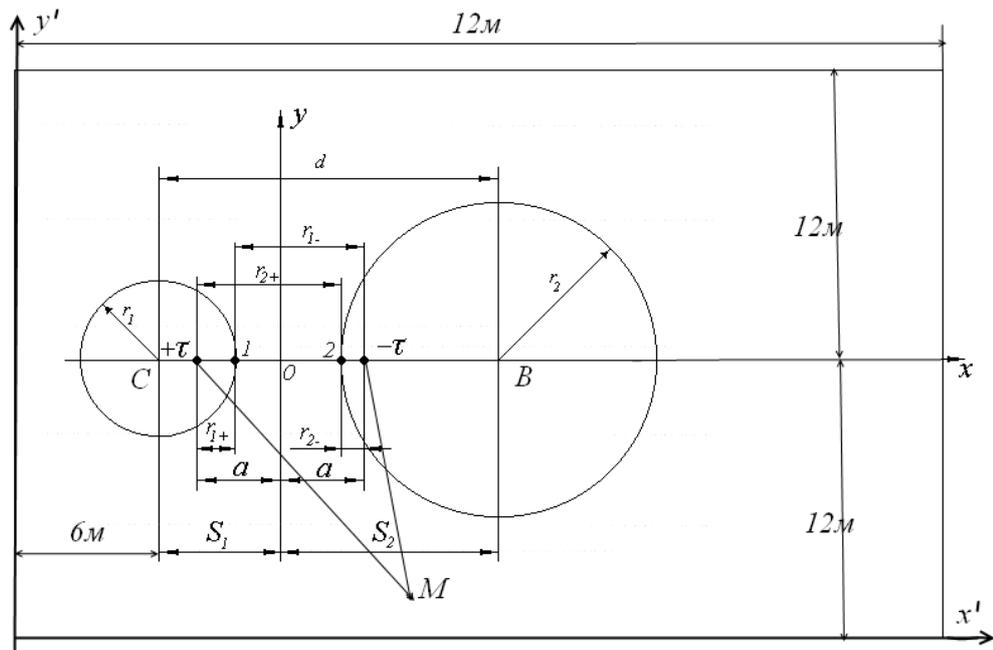


Рис. 2. Схема расчета напряженности между щитом и электродом

Для определения напряжения в точке M рассмотрим массив с сечением $24\text{м} \times 24\text{м}$ в декартовой системе $x'Oy'$ с центрами дренажной скважины $C(6; 12)$ и оси щита $B(6+d; 12)$. Напряжение в точке M :

$$E_M = \frac{\tau a}{\pi \epsilon \epsilon_0 \sqrt{(x' - (6 + r_1 - r_{1+}))^2 + (y' - 12)^2} \sqrt{(x' - (6 + d - r_2 + r_{2-}))^2 + (y' - 12)^2}},$$

де τ - линейная плотность заряда; a - половина расстояния между электрическими осями $+\tau$ и $-\tau$; ϵ_0 - электрическая постоянная; ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость.

На рис. 3 приведено распределение напряжения вокруг выработки при применении одного $-a$, двух $-b$, трех $-v$ и четырех $-z$ электродов. Опыт использования электрохимической обработки для увеличения прочностных показателей показывает, что минимальное значение напряжения при котором протекает процесс равняется $U_{min} = 0,2$ В/см. Для изображения площади электрохимической обработки на рис. 3 значения распределения напряжения ограничено до U_{min} .

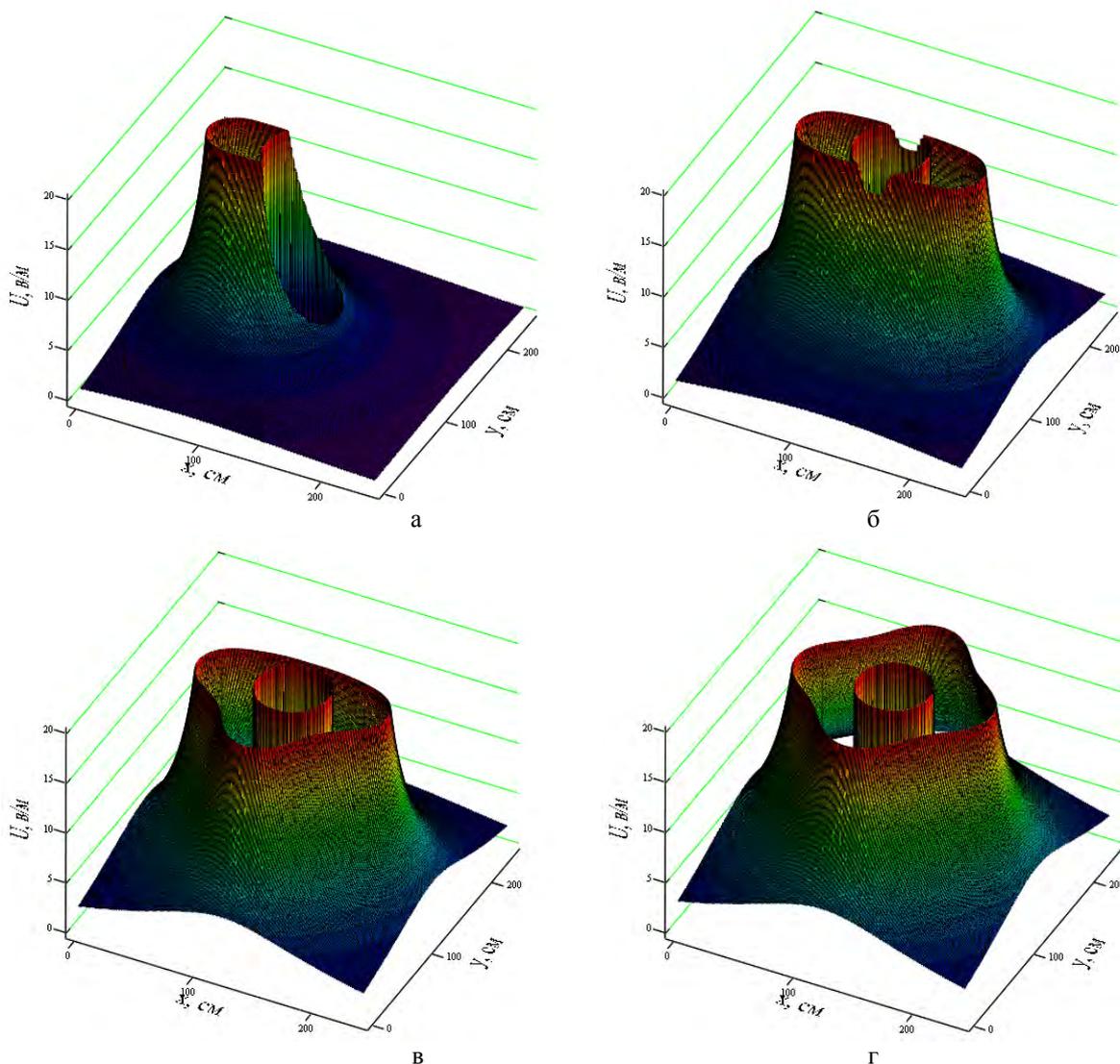


Рис. 3. Распределение напряжения при разном количестве электродов

Анализ приведенных графиков свидетельствует про нецелесообразность применения одно-, двух катодной схемы (рис. 3, а, б) обработки по причине частичного изменения свойств грунтов по контуру выработки. При применении трех и более катодов достигается полная обработка прилегающего контура, что позволит существенно повысить прочностные свойства грунтов и как следствие уменьшить осадку и деформации подземного туннеля.

Литература

1. Жинкин, Г. Н. Электрохимическая обработка глинистых грунтов в основаниях сооружений / Г. Н. Жинкин, В. Ф. Калганов. М.: Стройиздат. -1980.- 164 с.
2. Способы и устройства электрохимического закрепления неустойчивых грунтов (аналитический обзор) / О. В. Серова, А. А. Смирнова ; под ред. С. М. Простова ; ГУ КузГТУ; РАЕН (ЗСО). Кемерово. - 2009. - 212 с.
3. Бекман В. Катодная защита : справочник : пер. с нем. / В. Бекман ; пер. Е. К. Бухман ; ред. пер. И. В. Стрижевский. - М. : Металлургия, 1992. - 176 с.

Е.Н. МАКСИМОВА, Ю.В. РАСТВОРОВА, А.С. МУСТАФАЕВ
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

МИКРОПЛАЗМЕННЫЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛЕТУЧИХ БИОМАРКЕРНЫХ МОЛЕКУЛ ЧЕЛОВЕКА

В современной медицине имеется очень существенный пробел – отсутствие непрерывного биохимического анализа метаболизма и физиологического состояния человека в качестве основы предупреди-

тельного здравоохранения. С другой стороны, современные компьютерные технологии уже предоставили мобильную платформу для создания такого поминутного мониторинга и диагностики в течение всей жизни.

В качестве нового подхода в работе предлагается ВУФ-фотоионизационный сенсор на основе метода столкновительной электронной спектроскопии (CES–CollisionalElectronSpectroscopy) [1], разработанный группой плазменных исследований Горного университета. Размеры CES-детекторов могут составлять несколько кубических сантиметров, вес – 100 г, потребляемая мощность ~ 1 Вт, время анализа ~ 1 сек, предел обнаружения различных молекул ~ 1 ppm. Благодаря своей миниатюрности, микроплазменные сенсоры могут использоваться в качестве индивидуальных газоанализаторов постоянного ношения, встроенных в сотовый телефон.

Зарегистрированы спектры энергии характеристических электронов более чем 50 веществ, что служит доказательством актуальности и состоятельности метода на предмет его применения в медицине. запатентованный метод диагностики с применением ВУФ-фотоионизационного сенсора позволяет фиксировать биомаркерные молекулы заболеваний и нарушений в организме человека по «дыханию» на ранних стадиях. Например, без применения биопсии, возможно обнаруживать признаки значительного количества заболеваний, в числе которых: рак лёгких, туберкулёз, болезни почек, диабет, повышенный уровень стресса, психосоматические нарушения и др.

Предполагается, что данные мониторинга будут автоматически передаваться, храниться и обрабатываться на медицинских серверах в «интернет-облаках». После получения электронных данных врач сможет отправить пациенту рекомендации по лечению в режиме реального времени. Постоянный анализ «газовых историй жизни» позволит получать медицинский прогноз для каждого человека. Эти данные могут стать индивидуализированной информационной основой предупредительной медицины будущего.

Принципиально новой задачей может стать создание методики по моделированию строения вирусов. Знание структуры вирусов, вызывающих эпидемии, позволит моделировать их энергетические спектры и применять сенсор для их экспресс-обнаружения, например, вируса Эболы (сейчас эта работа уже ведется). Наша разработка позволит диагностировать заболевание на ранних стадиях до проявления характерных симптомов у человека.

Показано, что по совокупности параметров селективность (широкий спектр детектируемых молекул) + чувствительность + малогабаритность + малый вес + низкое энергопотребление с питанием от аккумулятора + низкая цена микроплазменные сенсоры CES не имеют конкурентов в мире.

Литература

G.Y. Panasyuk, A. B. Tsyganov. Theory of collisional electron spectroscopy for gas analysis. Journal of Applied Physics. 2012. v.111.P. 114503(1-8).

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор А.С. Мустафаев

К.В. МАТРОХИНА, А.А. ЧЕРНОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АУДИО-КОДЕКА И РАЗМЕРА ДЖИТТЕР-БУФЕРА ДЛЯ СИСТЕМ IP-ТЕЛЕФОНИИ

IP-телефония представляет собой технологию связи, использующую для передачи аудиоданных компьютерные сети. Эта технология в настоящее время бурно развивается, что обусловлено, в первую очередь, низкими затратами на создание и обслуживание системы связи, а следовательно, низкой ценой на телефонные разговоры.

Основными элементами, определяющими качество связи в системе IP-телефонии, является аудиокодек, осуществляющий сжатие речевого сигнала, и канал связи, по которому передаются сжатые аудиоданные.

В данной работе необходимо было получить оценки качества кодеков на скорости 9.6, 19.2, 26 и 50 кбит/с при кодировании зашумленного сигнала отдельно для мужских и женских голосов и сформулировать рекомендации для выбора аудио-кодека.

Также было необходимо произвести оценку качества мобильных каналов связи, предоставляемых операторами Большой Тройки, и определить размер джиттер-буфера, который позволит получить стабильный речевой сигнал при минимальной задержке.

В результате проведенной работы, было установлено:

1) Наилучшим кодеком, как в условиях отсутствия шумов, так и при их наличии, для чистоты дискретизации 8 кГц для мужского и женского голоса является кодек VTMC-26. Кодек VTWC-50 для частоты дискретизации 16 кГц также обладает отличными показателями и может использоваться при наличии канала связи с достаточной пропускной способностью;

2) Требуемое значение джиттер-буфера для всех трех операторов может быть принято равным 3*20 мс.

Сформулированные рекомендации были использованы при разработке экспериментальной системы корпоративной связи.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Б. Маховиков

А.В. МОРОЗОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ

В работе рассмотрены актуальные задачи развития крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) в условиях интеграции России в международное экономическое сообщество и обострения проблемы продовольственной безопасности. Применение информационных технологий и совершенствование существующей методики автоматизированного землеустроительного проектирования является одним из способов решения поставленных перед сельскохозяйственными производителями задач.

С учетом специфики данного направления были выделены рекомендуемые к реализации на государственном уровне положения по обеспечению вхождения автоматизированного проектирования в регулярную практику. Суть рекомендаций заключается в разработке и совершенствовании нормативной базы в области землеустройства, методик автоматизированного землеустроительного проектирования (АЗП), соответствующих программных продуктов, а также в их внедрении. В рамках разработки методики автоматизированного землеустроительного проектирования были поставлены задачи, которые реализуются по следующим направлениям: анализ отечественных и зарубежных разработок в области АЗП; обобщение и совершенствование концептуальных положений землеустройства на основе использования средств автоматизации; создание и внедрение автоматизированной системы проектирования (АСП); апробация и оценка экономической эффективности применения АСП.

Методика проектирования границ К(Ф)Х, специализирующихся на производстве молока разработана на критериальной основе и реализована с использованием геоинформационной системы MapInfoProfessional. Предложен проект границ К(Ф)Х, удовлетворяющий выявленным критериям и обеспечивающий эффективное и рациональное ведение производственной деятельности. Дальнейшие исследования в данной области направлены на разработку методик для К(Ф)Х, имеющих разные виды основной специализации, их апробацию и внедрение в практику.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Е.Н. Быкова

М.П. СЕВРЮГИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И КИНЕТИКИ ТОКОВ РЕЛАКСАЦИИ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОМ ВЫСОКООМНОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ por-Si

Поляризационные и зарядовые процессы лежат в основе функционирования большинства полупроводниковых приборов, определяя условия создания потенциального рельефа на поверхности слоев таких материалов. Для установления механизмов переноса заряда и природы локальных центров в высокоомных проводниках эффективным оказывается экспериментальное изучение и теоретический анализ механизмов поляризации при наложении электрического поля различной напряженности.

Одним из информативных методов выявления энергетического спектра локальных состояний является анализ характера изменения тока изотермической релаксации. Исследование временных зависимостей токов изотермической релаксации дает возможность получить информацию о кинетике заполнения центров захвата, неоднородно расположенных по толщине полупроводника, а также о процессах захвата в приэлектродных областях.

Информация о кинетике тока релаксации может быть получена с использованием метода токовой спектроскопии, а также из данных измерения диэлектрических коэффициентов материала.

Мнимая часть диэлектрической проницаемости ε'' может быть выражена в терминах временной функции релаксации $\Phi(t)$ [1]:

$$\varepsilon'' = \frac{\Phi(t)}{\omega C_a} + \frac{G}{\omega C_a}, \quad (1)$$

В координатах $I(t)$ - t данное выражение можно записать следующим образом:

$$\varepsilon'' = \frac{I(t)t}{C_a U Z(n)} \equiv \frac{I(t)t}{0.63 C_a U} \quad (2)$$

Измерения частотных зависимостей фактора диэлектрических потерь проводились на образцах слоев пористого кремния por-Si с применением спектрометра Concept-81 в частотном интервале $5 \cdot 10^{-3} < f < 10^6$ Гц при температуре 295 К и приложенном напряжении 1 В. В области низких частот $5 \cdot 10^{-3} < f < 15$ Гц наблюдается изменение диэлектрической проницаемости ε' по закону, близкому к гиперболическому, что свидетельствует о проявлении миграционной поляризации [2], связанной с концентрацией свободных зарядов на граничных слоях включений, в приэлектродных слоях и образованием пространственных зарядов, поле которых внешне проявляет себя как дополнительный механизм поляризации. В интервале частот $15 < f < 3 \cdot 10^3$ происходит резкое уменьшение значений величины диэлектрической проницаемости, а, начиная с значения $f = 3 \cdot 10^3$ Гц и выше, ε' становится практически не зависящей от частоты переменного поля, что связано с упорядочением дипольных молекул в направлении электрического поля.

Литература

1. Hamon B.V., Proc. Inst. Elec. Engrs. (London), v. 99, 1952, p. 115.
2. Pshchelko N.S., Sevryugina M.P., Modeling of physical and chemical processes of anodic bonding technology. Advanced Materials Research, Vol. 1040, 2014, p. 513-518

Научный руководитель: Н.С. Пщелко

В.Б. СКАЖЕНИК, А.В. ТУПИЦЫН, С.А. ДУБИЦКИЙ
Донецкий национальный технический университет, Украина

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Стремительное развитие компьютерных технологий создает предпосылки для совершенствования технологии принятия решений при проектировании горнодобывающих объектов. Многовариантность принимаемых решений, а также изменчивость факторов внешней и внутренней среды предопределяют сложность задачи выбора варианта развития горных работ и необходимость динамической корректировки решений.

Угольные шахты с позиции теории управления являются сложными инерционными системами. При обосновании проектных решений необходимо комплексно учитывать вопросы эффективности отработки месторождения, полноты и качества извлечения полезного ископаемого, экологической и производственной безопасности ведения горных работ. При этом некорректные проектные решения в последующем могут существенно ограничить производственные возможности предприятия и способность гибко реагировать на изменчивость факторов внешней и внутренней среды.

Сложившаяся практика корректировки проектных решений на угольных шахтах не обладает необходимой степенью гибкости и динамичности, соответствующей изменчивости условий.

Цель данной статьи – рассмотрение современных подходов к принятию проектных решений по развитию горных работ на основе компьютерного моделирования угольной шахты.

Внедрение компьютерных систем для моделирования горнодобывающих предприятий в большей степени распространилось при разработке сложноструктурных рудных месторождений. Необходимость обработки большого объема геологоразведочной информации для таких месторождений стимулировала внедрение программных продуктов Gemcom, Datamine, Micromine и подобных систем [1]. На угольных шахтах такие системы использовались гораздо реже прежде всего по причине меньшей изменчивости характеристик залежей полезного ископаемого. Однако для функционирующей шахты сложность в принятии решений относительно развития горных работ проявляется из-за разветвленной структуры горных выработок. При сети горных выработок в несколько десятков километров и стоимости проведения одного метра выработок от одной до двух тысяч долларов США оптимизация проектной сети горных выработок с учетом существующих технологических требований и ограничений представляет собой весьма актуальную задачу.

Создание автоматизированной системы принятия решений по развитию горных работ на угольной шахте предполагает решение следующих задач:

- систематизация совокупности принимаемых решений при проектировании и планировании развития горных работ а также факторов, предопределяющих принятие решений;
- анализ теоретических и практических подходов к принятию проектных решений на угольных шахтах;
- анализ применимости современных компьютерных интегрированных систем для условий угольных шахт;

— разработка концептуальных подходов к совершенствованию системы принятия проектных решений на основе компьютерного моделирования.

Подход в принятии решений должен основываться на учете взаимосвязи основных производственных звеньев и процессов, а также на возможности оперативного пересмотра возможных вариантов при изменении влияющих факторов внешней и внутренней среды.

Для условий одной из шахт Донбасса с использованием программного комплекса «Шахта-3D» построена компьютерная модель горных выработок (рис. 1), схемы транспорта и схема вентиляции (рис. 2). Технология построения модели заключается в следующем.

На первом этапе производится построение поверхности пласта и дневной поверхности. Для построения поверхности пласта используются изогипсы пласта, для дневной поверхности – координаты устьев скважин на поверхности. Изогипсы поверхности пласта или точки, соответствующие устьям скважин, отмечаются в dxf-файле с указанием высотных отметок. Файл экспортируется в программный комплекс "Шахта-3D", в котором производится триангуляция поверхностей.

Для моделирования существующих горных выработок проводится векторизация изображения выработок на плане горных выработок шахты. В отдельном xls-файле для каждой выработки указываются X, Y, Z - координаты маркшейдерских точек. В программном комплексе в результате сопоставления векторизованных изображений выработок и координат маркшейдерских точек по выработке обеспечивается трехмерное моделирование выработок.

Построение проектных выработок производится путём задания параметров сечения выработки и проведения трассы выработки с привязкой либо к существующей поверхности, либо к произвольной плоскости.

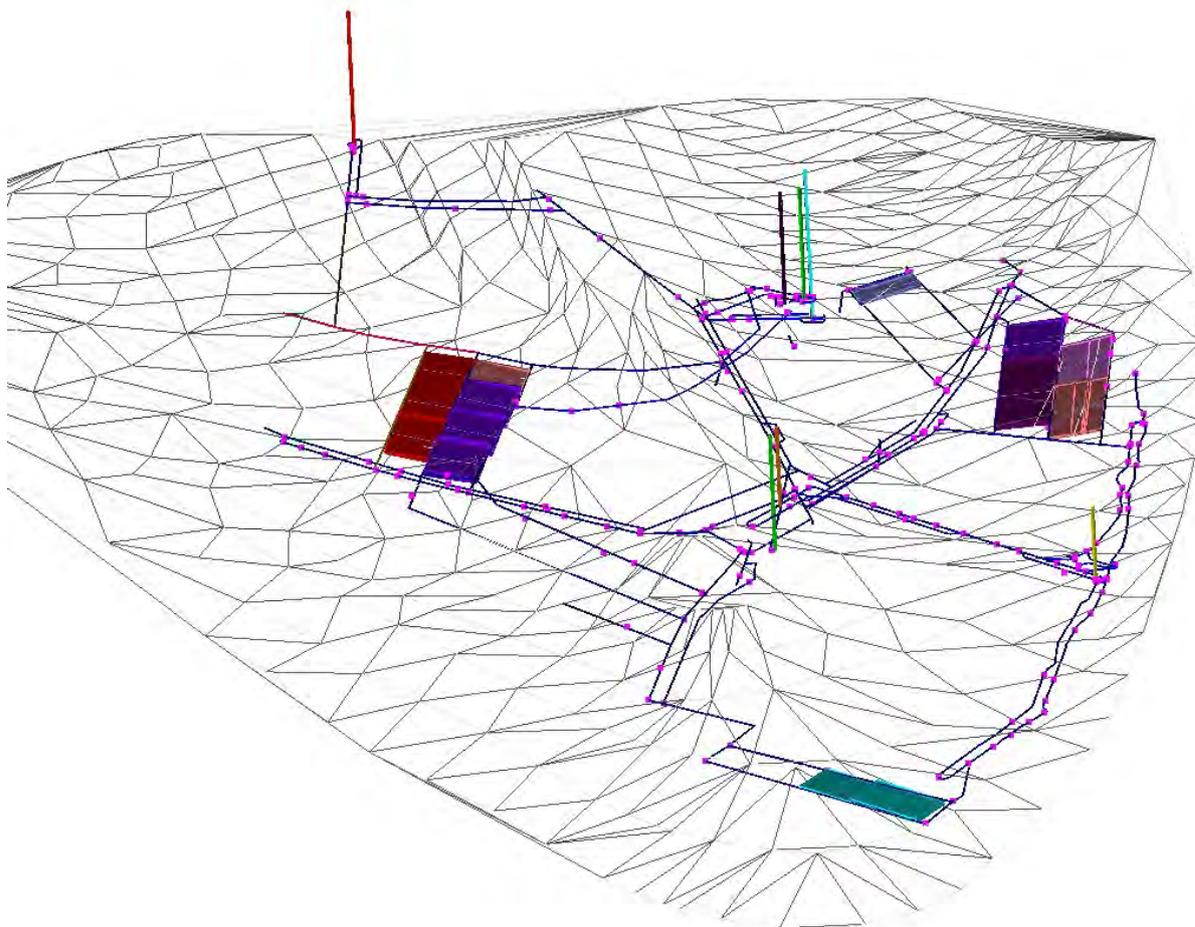


Рис. 1. Модель развития горных работ на угольной шахте

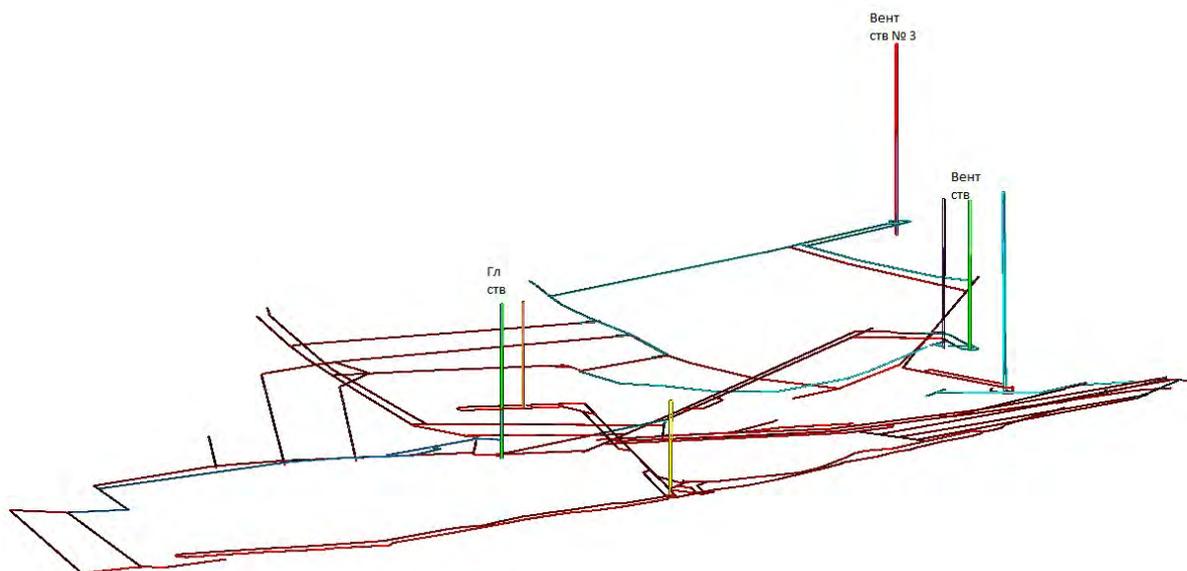


Рис. 2. 3D модель схемы вентиляции

Пространственное компьютерное моделирование развития горных работ во взаимосвязи с моделированием схем транспорта и вентиляции позволяет визуализировать взаимосвязь основных и вспомогательных производственных процессов, учесть пространственно-временные ограничения на взаимное расположение добычных и подготовительных забоев и в конечном итоге повысить качество проектных и плановых решений.

Литература

1. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. - СПб.: Недра, 2002. - 424 с.

Д.В. ФАДЕЕВ, В.Р. КАБИРОВ, Л.А. ЯЧМЕНОВА, А.Г. СЫРКОВ
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА АДсорбЦИОННЫЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИДРИДНОГО СИНТЕЗА

Важной задачей современного материаловедения, физики и химии низкоразмерных систем является установление количественных взаимосвязей «синтез-состав-строение-свойства» для различных гетерогенных материалов, содержащих поверхностно - наноструктурированные металлы. Нефтяное дистиллятное масло И-20 – один из наиболее распространенных смазочных материалов в промышленности на пространстве СНГ. Улучшение его свойств твердыми присадками крайне актуально в связи с решением проблем импортозамещения. В данной работе проанализированы закономерности формирования в среде метана гидрофобных и трибологических свойств металлических продуктов твердотельного гидридного синтеза (ТГС), содержащих карбосилоксановые группы на поверхности, для увеличения временного ресурса работы антифрикционных материалов.

ТГС основан на восстановлении в открытой проточной системе и по заданной программе твердых соединений металлов летучими термостойкими элементводородными соединениями (аммиаком, моносиланом, метаном, метилдихлорсиланом, органогидридсилоксанами). Методики ТГС, измерения адсорбции паров воды, жаростойкости образцов, изучения структуры и трибологических свойств материалов описаны в работе [1].

- В итоге адсорбционно – структурных исследований металлических продуктов ТГС, основанного на последовательном восстановлении металлов ($M=Fe, Ni, Cu$) парами органогидридсилоксанов и метаном, обнаружен необычный эффект. Использование газа-носителя (инертной среды) в виде метана на стадиях сушки исходного оксида и восстановления его кремнийорганикой приводит к возрастанию в 1,5 раза удельной поверхности и почти в 2 раза гидрофобности металла при сохранении высокой стойкости к окислению ($0,1 \div 0,4$ мг/см² при 900°С за 100ч). Механизм данного эффекта связывается с блокированием образования гидрофильных центров поверхности на всех стадиях ТГС.

- Установлены ряды увеличения удельной поверхности ($S_{уд}$) и гидрофобности металлического продукта при разных режимах ТГС. Обнаружены практически линейные зависимости $S_{уд}$ от величины ад-

сорбции паров воды на металле для каждого из трех изученных режимов ТГС, которые характеризуются возрастанием $S_{уд}$ в последовательности Fe-, Ni-, Cu- образцов.

- На основе изученных закономерностей формирования металлических продуктов с хемосорбированными карбосилоксановыми группами предложен новый способ получения поверхностно-наноструктурированных металлических материалов (заявка №2014126846 на патент РФ, приоритет от 01.07.2014). Способ приводит к упрощению процесса, снижению его материалоемкости и токсичности, росту гидрофобности и дисперсности материала по сравнению с известными аналогами.

- Введение полученных металлических порошков, поверхностно-модифицированных карбосилоксановыми структурами, в состав промышленного масла И-20 приводит к увеличению на 40% временного ресурса работы трансмиссии станкового оборудования и якорных мешалок периодического действия по сравнению со смазками, содержащими присадки, которые модифицировались четвертичными соединениями аммония, и внедрены ранее в компании «Лукойл».

Разработанные наноструктурированные высокогидрофобные металлы отмечены медалью и почетным дипломом на Международной выставке «Крым HI-Tech-2014» (Севастополь).

References

1. Syrkov A.G. Smart Nanoobjects. From Laboratory to Industry / Ed. by K. Levine ed., New York: Nova Science Publishers, Inc., 2013. 214 p.

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ- КОНКУРСА СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА

Ю.Э. АВДОНИН

Тюменский государственный нефтегазовый университет

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ

Большинство длительно разрабатываемых месторождений Западной Сибири находятся на поздней стадии эксплуатации характеризующейся падающими отборами нефти, но залежи таких месторождений содержат большое количество остаточной нефти. С целью повышения эффективности разработки необходимо правильно определить пути наиболее полного извлечения нефти. Для этого предлагается проведение комплексного анализа по трем направлениям: оценка качества запасов, выделение участков остаточных запасов, подбор оптимального МУН/ГТМ.

Оценка качества запасов представляет собой три тесно связанных между собой группы факторов: геолого-промысловых, технологических и экономических. Основным экономическим параметром является индекс доходности PI показывающий рентабельность разработки. Исходя из рентабельных значений PI рассчитываются рентабельные значения технологических параметров (дебит жидкости, обводненность), на основе которых по статистическим зависимостям рассчитываются критические значения геолого-промысловых характеристик. По полученным критическим значениям геолого-промысловых характеристик выделяются области рентабельных и нерентабельных запасов. Выделение остаточных запасов оптимально проводить на основе результатов гидродинамического моделирования. При отсутствии таковой модели, выделение возможно производить на основе карты остаточных запасов. Подбор оптимального ГТМ/МУН происходит по результатам анализа мероприятий, проведенных ранее на исследуемом объекте. В качестве анализируемых параметров используется - входной дебит жидкости и обводненность до и после проведения ГТМ/МУН, так же учитывается продолжительность эффекта.

Таким образом данный алгоритм опробовать на пласте БС9-1 месторождения СИ, и по его результатам даны рекомендации по бурению трех горизонтальных скважин в выделенных участках.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент А.А. Забоева

В.А. АГЕЕНКО

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВОДООБРАЗОВАНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

Существующие нормативные документы рекомендуют для определения нагрузки на обделку коллекторных тоннелей использовать теорию сводообразования М. М. Протодяконова, которая не учитывает зависимость нагрузки от глубины заложения тоннеля, что для коллекторных тоннелей не отражает реальный процесс формирования нагрузки в грунтовом массиве. Последующие исследования, например, работы К.В. Руппнейта, выполненные методами механики твердого деформируемого тела, восполнили этот недостаток, но вместе с тем установили развитие области разрушения не в своде, а в боках выработки, что также противоречит реально наблюдаемой картине разрушения в грунтовом массиве. Современные программные комплексы, реализующие решение этой же задачи уже численными методами, дают тот же результат- разрушение в боках выработки.

В настоящей работе предлагается расчетная схема определения нагрузки на обделку коллекторного тоннеля, сооружаемого по технологии микротоннелирования с учетом качества заполнения тампонажным раствором строительного зазора между обделкой и поверхностью выработки. Расчетная схема построена в «снимаемых напряжениях», как это сформулированного в работе И.В. Баклашова и В.Г. Хлопцова, рекомендуемых прогнозирование сводообразования выполнять в поле дополнительного напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

В первой части настоящей работы в результате решения осесимметричной задачи построено расчетное выражение нагрузки на обделку коллекторного тоннеля с учетом следующих предпосылок:

- смещения контура выработки возникает главным образом по причине смещений неразрушенного грунтового массива с модулем деформации $E_{гр}$ и коэффициентом Пуассона $\mu_{гр}$ за пределами границы области разрушения r_p ;

- смещения в приконтурном грунтовом массиве реализуются с учетом гипотезы его несжимаемости;

- обделка тоннеля, выполненная из железобетона, предполагается абсолютно жесткой, что вполне оправданно, так как модуль деформации бетона $E_b \approx 1000 E_{гр}$;

- тампонажный раствор после установки обделки вблизи забоя выработки в первые моменты времени, когда реализуются смещения грунта, находится в незатвердевшем пластичном состоянии с модулем деформации $E_t \approx 0,01 E_{гр}$;

- толщина тампонажного слоя Δ в общем случае определяется размерами строительного зазора, который в технологии микротоннелирования составляет обычно $0,02R_0$, где R_0 - радиус тоннельной выработки; при оседании обделки под её собственным весом на почву выработки строительный зазор в своде тоннеля увеличивается в 2 раза, поэтому, при построении теории совдообразования, логично предположить толщину тампонажного слоя $\Delta = 0,04R_0$.

Из условия равновесия смещений $U_M = U_T$ после преобразования получим расчётное выражение нагрузки на обделку

$$p = \left\{ (1 + \mu_{гр}) \frac{E_t}{E_{гр}} \cdot \frac{R_0}{\Delta} (\gamma H \sin \theta) \right\}^{\sin \theta} \cdot \{ \gamma H (1 - \sin \theta) \}^{1 - \sin \theta},$$

которое справедливо при условии образования области разрушения, т.е. при условии

$$p \leq \gamma H (1 - \sin \theta),$$

Из последнего выражения следует, что нагрузка на обделку уменьшается по мере уменьшения соотношения $\left\{ (1 + \mu_{гр}) \frac{E_t}{E_{гр}} \cdot \frac{R_0}{\Delta} \right\}^{\sin \theta}$, т.е. по мере уменьшения относительной жесткости тампонажного слоя $\frac{E_t}{E_{гр}}$ и увеличения относительной толщины $\frac{R_0}{\Delta}$, что подтверждается результатами компьютерного моделирования.

Во второй части работы выполнено компьютерное моделирование в программном комплексе «Plaxis». Формирование нагрузки на обделку с учетом заполнения тампонажным раствором строительного зазора, установлено удовлетворительное качественное согласование с результатами теоретических расчётов и показаны возможные пути модернизации расчётной схемы в этом комплексе.

П.П. АНАНЬЕВ, И.И. ЯКУПОВ

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УСКОРЕНИЯ ФИТОЭКСТРАКЦИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ПОЧВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГРУНТ

Очистка почв, загрязненные тяжелыми металлами (ТМ), с каждым годом приобретает все большую актуальность в России и в мире. Такое загрязнение приводит к образованию кислой или щелочной реакции почвенной среды, потери питательных веществ, к изменению плотности, пористости, отражательной способности, к развитию эрозии, снижению обменной емкости катионов, дефляции, к сокращению видового состава растительности, ее угнетению или к полной гибели.

Рекультивация почв с помощью растений (фитореккультурация), относится к активным методам очистки. В данном способе, используется способность растений накапливать тяжелые металлы в вегетативных органах, которые извлекают из окружающей среды и концентрируют в своих тканях различные элементы. На сегодняшний день является одним из основных методов очистки почвы от ТМ, так как растительную массу не составляет особого труда собрать и сжечь, а образовавшийся пепел или захоронить, или использовать как вторичное сырье. [1]

Однако, растения слабо усваивают многие тяжелые металлы – например, тот же свинец – даже при их высоком содержании в почве из-за того, что они находятся в виде малорастворимых соединений. Соответственно, время, требуемое для очистки почв от ТМ является достаточно продолжительным, так как концентрация свинца в растениях обычно не превышает 50 мг/кг, и даже индийская горчица, генетически predisposed к поглощению тяжелых металлов, накапливает свинец в концентрации всего 200 мг/кг, даже если растет на почве, сильно загрязненной этим элементом. Следовательно, возрастает и стоимость реализации данного метода.

Существует метод для стимулирования поглощения ТМ растениями, основанный на повышении подвижности ионов тяжелых металлов, что способствует ускорению процесса рекультивации. Подвижность ионов ТМ обеспечивается при помощи электрического воздействия на грунт. Технология метода основана в следующем: в загрязненную тяжелыми металлами почву помещаются семена растения-аккумулятора (например, пшеницы *Triticum vulgare*). Когда растение начинает расти, рядом (на расстоянии до 10 мм) помещаются электроды и подается 10-15 В. На загрязненном участке, где проводится данное электрическое воздействие, у растений, за вегетационный период (90 суток) накопление тяжелых металлов значительно растет. Практическая реализуемость такого метода сомнительна, так как данный метод является весьма дорогостоящим по сравнению с другими методами очистки, но факт положительного влияния импульсных токов на эффективность фитореккультурации может представлять научный интерес. [2]

Как отмечалось выше, очистка почв от ТМ с использованием электрического воздействия на грунт дорогостоящий метод. Основным фактором удорожания данного способа очистки являются энергозатраты. Однако на сегодняшний день имеются технологии по снижению затрат на энергообеспечение. Одним из таких технологий является метод разработанный Станиславом Викторовичем Авраменко по передаче переменного электричества по одному проводу в 1978 году с помощью электрической схемы названного в честь создателя «Вилка Авраменко». [3]

Теоретически данный метод позволяет минимизировать затраты на электроэнергию. Суть метода очистки заключается в следующем: с помощью солнечных панелей вырабатывается электричество, которое в последующем позволяет генерировать токи в земле и использовать их для повышения подвижности ионов тяжелых металлов. Основная полезная работа совершается за счет токов в почве. Таким образом энергозатраты идут лишь на возбуждение зарядов в почве.

Однако данное теоритическое предположение требует проверки в реальных условиях. Предстоит изучить возможность применения и эффективность данного метода очистки почв от ТМ, а также рассмотреть экономическую составляющую.

Литература

1. В.Душенков, И.Раскин. «Фиторемедиация: зеленая революция», Ратгерский университет (Нью-Джерси, США)
2. Ананьев П.П., Томская Е.С., Маслов М.Н. Способ очистки пгочвы от тяжелых металлов с применением энергетических воздействий (заявка на патент РФ №2013122416, от 16.05.2013)
3. Патент РФ №2 255406. Способ и устройство для передачи электрической энергии / Стребков Д.С., Авраменко С.В., Некрасов А.И. / БИ. 2005. №18.

Е.А. АНИЩУК

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ВЛИЯНИЕ НАЛОГОВОГО МАНЕВРА НА ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Причинами налогового маневра являются создание ЕАЭС (Евразийского экономического союза) и договор с Республикой Беларусь о снижении объемов возврата таможенных пошлин, стимуляция модернизации отрасли (повышение глубины переработки нефти).

Последствиями налогового маневра станет закрытие практически всех мини-НПЗ, снижение маржинальности переработки нефти, разработка и эксплуатация тяжелых и труднодоступных месторождений, на которые распространяются льготы на НДС (налог на добычу полезных ископаемых), а также рост цен на бензин на внутреннем рынке и возможная модернизация заводов по дизельному варианту.

Потери бюджета от налогового маневра за три года составят 444,2 млрд. рублей. Для компенсации этого дефицита планируется повысить налог на добычу полезных ископаемых (НДС) до 1005 рублей с 493 рублей на текущий момент. Повышение НДС принесет бюджету 618 млрд. рублей, таким образом, наблюдается положительное сальдо 173,8 млрд. рублей за три года.

В качестве положительных аспектов можно назвать модернизацию отрасли с повышением глубины переработки, дополнительные доходы в бюджет, а также уравнивание пошлин со странами ЕАЭС и создание единого экономического пространства в нефтегазовом секторе.

При различных вариантах развития нефтегазовой отрасли большинство мини-НПЗ будут вынуждены закрыться из-за некупаемости требуемых капитальных затрат, что приведет к стабилизации рынка и упрощению его регулирования. В целом, налоговый маневр можно рассматривать как положительное решение, позволяющее создать единое экономическое пространство, стабилизирующее ситуацию в нефтегазовом секторе и стимулирующее модернизацию отечественных НПЗ без потерь для государственного бюджета.

Научный руководитель: к.э.н., доцент М.М. Гайфуллина

Т.М. АУБЕКЕРОВ

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ QSPR МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА СТАНДАРТНЫХ КОНСТАНТ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Разработана двухпараметрическая нелинейная модель QSPR (Quantitative Structure – Properties Relationship) для расчета стандартных констант: молекулярной массы, плотности и температуры кипения нормальных и изо- алканов. Модель использует регрессионное уравнение, связывающее значения стандартных параметров с топологическими характеристиками молекулярных графов: индексом Винера и функцией собственных значений топологической матрицы молекулы:

$$Z(\varepsilon, I) = a_0 + a_1\varepsilon + a_2I \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения (1) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты модели (1) для расчета стандартных констант алканов			
Параметры модели (1)	a_0	a_1	a_2
н-алканы			
M	16,042	$7,84 \cdot 10^{-5}$	7,013
ρ	0,4654	$9,8 \cdot 10^{-4}$	0,02326
$T_{\text{кип}}, \text{K}$	127,153	-0,76967	24,4678
изоалканы			
$Z_1 = M/M_{(\text{CH}_4)}$	1,00128	$1,91 \cdot 10^{-5}$	0,43705
$Z_2 = \rho / \rho_{\text{CH}_4}$	1,05	$-2,15 \cdot 10^{-3}$	0,0548
$Z_3 = T_{\text{кип}} / T_{\text{кип}(\text{CH}_4)}$	1,6227	$-1,14 \cdot 10^{-3}$	0,13619

Коэффициенты зависимости (1) были найдены методами многофакторного регрессионного анализа. Точность полученных моделей в QSPR подходе оценивалась с помощью статистических характеристик, анализ показал, что полученная модель является адекватной. Сравнение справочных и расчетных значений свойств показало, что погрешность расчётов по предложенному методу не превышает 1 %.

На основе полученных результатов была написана программа в среде Maple для расчета топологических характеристик и стандартных свойств алканов, которая может быть использована для инженерных расчетов и для решения научных задач.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.А. Шамова

Н.Р. АХМЕДОВ

Альметьевский государственный нефтяной институт

РАСЧЕТЫ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СТВОЛА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ХАЗАР В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Осуществлен расчет оптимальной длины горизонтального ствола, который показал, что длина горизонтального ствола более 200 метров не приводит к увеличению затрат и не компенсируется затратами на удлинения ствола. В ряде случаев, по ниже следующим причинам дебит существенно может быть сокращен до 0. Причины, необратимой деформации коллектора существенно снижающий дебит, флуктуация горизонтального ствола при которой изменение трассы в любом направлении более двух метров существенно снижает дебит, поскольку коллектор состоит из прослоев песчаника, обломочные частицы песка за счет волочения частиц по стволу кольматирует коллектор. Кроме того, на кальматацию коллектора влияет скин-фактор, который в силу недостаточной изученности в настоящей работе не приводится. Поскольку длина горизонтального участка ограничена в одном направлении, мною рекомендуется бурения горизонтальных стволов в нефтяном пласте, который имеет достаточные размеры по простиранию и в крест простирания.

По схеме (рис.1) бурения из вертикального участка дополнительных горизонтальных стволов, расположенных под 90 градусов друг от друга в нефтяной залежи, что позволит в 3-4 раза увеличить дебит и добычу и не производить дополнительных финансовых затрат в случае бурение одного горизонтального ствола скважины. По простиранию в крест простирания нефтяного пласта имеет достаточную площадь для реализации бурения с четырех ствольного пласта или несколько такого типа скважин.

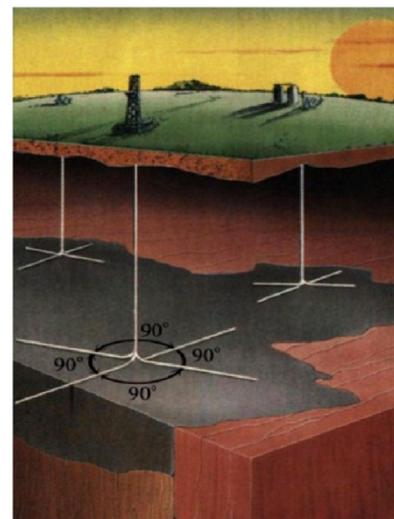


Рис.1. Схема расположения горизонтальных стволов

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент кафедры БНГС В.А. Файзуллин

ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ МЕТОДОМ БИОПЛАТО НА ПРИМЕРЕ ОАО «УРАЛГИДРОМЕДЬ»

Предприятие ОАО «Уралгидромедь», типичное предприятие горно-металлургического комплекса, расположенное на Гумешевском месторождении медистых глин в районе г. Полевской Свердловской области и ведущее добычу меди.

В настоящее время на Гумешевском месторождении работает система опытно-промышленного подземного выщелачивания и добыча меди реализуется через подачу в систему разноуровневых откачных и закачных скважин потоков рабочих выщелачивающих растворов, представляющих собой водный раствор серной технологической кислоты с концентрацией 10-30 г/дм³. В результате формируются отходы, представленные сточными водами. Сточные воды поступают в Южный залив Северского пруда, образовавшегося в пойме р. Железянки. При разгрузке скважин образуются загрязняющие стоки в Железянский залив, который является частью Южного залива. Данные проведенных анализов позволяют заключить, что Южный залив является фактически техногенным водоемом

Нами в качестве природоохранных мероприятий мероприятия рассмотрена возможность создания биогеохимического барьера в Железянском заливе. Выбор именно данного вида природоохранных мероприятий основывался на двух факторах:

1. По предварительным исследованиям, нами выявлено наличие в заливе видов растительности с высокой самоочищающей способностью: хвощ болотный, рогоз широколистный, горец земноводный, рдест курчавый, ряска малая. Однако количество растительности в пруде недостаточное: площадь зарастания составляет всего 28%, и она не может в полной мере участвовать в процессах очищения.

2. Результаты анализов 230 проб воды, отобранных нами из 10 створов залива, замеров расходов и балансовые расчеты показали высокую самоочищающую способность самого пруда в результате происходящих в нем химических и физико-химических процессов (образование оксигидратов, сорбции, осаждения).

Таким образом, можно утверждать, что в Железянском заливе существуют естественные условия для создания здесь биогеохимического барьера.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент В.А. Почечун

М.Б. БАЛТАЕВА, К.А. ПОТЕШКИНА

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ ПОТОВОТКЛОНЯЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИОКСИХЛОРИДА АЛЮМИНИЯ

Потокоотклоняющие технологии при разработке неоднородных по проницаемости продуктивных пластов вносят существенный вклад в решение задач по стабилизации и увеличению добычи нефти. Ранее в научно-образовательном центре «Промысловая химия» при РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина были разработаны потокоотклоняющие композиции на основе полиоксихлорида алюминия, карбамида и регулятора скорости гидролиза. Данные составы представляют собой истинные растворы с низкой вязкостью и обладают длительным временем гелеобразования, однако их эффективность зависит от внешних условий (температура, pH), что вызывает необходимость подробного изучения закономерностей процесса гелеобразования.

Целью данной работы является изучение кинетики гидролиза компонентов в системах: полиоксихлорид алюминия – карбамид – регулятор скорости гидролиза, а также определение комплексной вязкости образующихся гелей.

Момент образования геля определяли с помощью реометрических кривых, полученных в ходе проведения динамо-механических испытаний. На всех кривых наблюдалось скачкообразное изменение вязкости, соответствующее переходу дисперсной системы в гелеобразное состояние. Показатель комплексной вязкости композиций имеет высокое значение, что свидетельствует о достаточной прочности образующихся гелей.

Кинетику гидролиза компонентов в разработанных композициях изучали по изменению pH растворов во времени. Было установлено, что механизм образования геля обусловлен увеличением pH и при достижении необходимого значения гелеобразование происходит лавинообразно, что подтвердили результаты динамо-механических испытаний.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Л.А. Магадова

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КЕМБРО-ОРДОВИКСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПОСЕЛКЕ СИВЕРСКИЙ

Работа представляет собой план подсчета запасов подземных вод на конкретном объекте (ДОЛ «Юный Кировец»). В начале доклада приводятся базовые сведения о геологическом и гидрогеологическом строении района, к которому относится объект. Далее определяется расчетная схема для подсчета эксплуатационных запасов, в данном случае – это схема пласта с перетеканием из горизонта с переменным-постоянным напором. Отмечается, что данная схема характерна для данного района, но редко используется для подсчета запасов. Для наглядности в работе представлен типовой график развития депрессии и интерпретируются все его участки. Основная часть работы – представление графиков обработки опытно-фильтрационных работ и расчеты на основе данных, полученных из графиков. По итогам вычислений запасы являются обеспеченными. В конце приводится схема взаимного влияния скважин.

Научный руководитель: профессор С.М. Судариков

В.В. БАСОВ*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТИ ПОРОД ПОЧВЫ НА ПАРАМЕТРЫ ПУЧЕНИЯ В ВЫРАБОТКАХ

В работе изложены результаты исследования влияния структуры и прочности пород почвы на параметры пучения в выработках при отработке пологого угольного пласта средней мощности. Проведен анализ паспортов скважин, расположенных в пределах исследуемых выемочных участков. В качестве исходных данных для исследования были приняты горно-геологические условия ОАО «Шахта «Ерунаковская-VIII». Установлено, что мощность пород между разрабатываемым пластом 48 и нижележащим пластом 45 по всей протяженности выемочного столба меняется в пределах от 0,5-12 м.

Верхний угольный пласт 48 мощностью 2,2 м отрабатывается на глубине 373 м. По пласту проведен штрек шириной 5 м и высотой 2,6 м, который охраняется угольными целиками с двух сторон шириной 30 м от влияния выработанного пространства длиной по 300 м выемочных столбов 48-3 и 48-4.

Для изучения характера взаимодействия нижележащего пласта-спутника 45 на эксплуатационное состояние штрека было проведено численное моделирование геомеханического состояния геомассива посредством решения системы дифференциальных уравнений механики сплошной среды численным методом конечных элементов. Решена двумерная задача теории упругости о распределении напряжений в породах почвы и вокруг подготовительной горной выработки

При моделировании рассмотрены варианты, в которых междупластие изменялось от почвы 48 пласта до кровли 45 пласта в пределах от 0,6 до 3м. Установлены параметры напряженно-деформированного состояния пород в окрестности штрека до и после отработки выемочного столба.

Предложенная методика исследований позволяет прогнозировать напряженно-деформированное состояние пород почвы и рекомендовать мероприятия по повышению устойчивости пучащих пород при разработке паспортов выемочного участка.

Научный руководитель: ст. преподаватель каф. геотехнологии С.В. Риб

Т.С. БАСОВ*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВСКРЫТИЯ И ОТРАБОТКИ ОБВОДНЁННОГО УЧАСТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСКОВ «РАВАНЬ»

В связи с принятием решения о строительстве новой скоростной автомобильной дороги М-11 Москва - Санкт-Петербург, а именно её завершающего участка, расположенного в Тосненском районе Ленинградской области, возникла потребность в добыче большого количества качественного песка, которого в створе рассматриваемого участка дороги практически нет.

Разведанные запасы (около 7 млн. куб. м) месторождения песков «Равань», расположенного в непосредственной близости к месту строительства участка дороги, в полной мере соответствуют требованиям,

предъявляемым к материалам для строительства дорог с большой нагрузкой, но представляют собой обводненные грунтовыми водами залежи полезного ископаемого.

Для выбора наиболее комплекса горнодобывающего оборудования и способа вскрытия и отработки месторождения, наиболее полно отвечающего требований экономической эффективности, полноты извлечения запасов и качественного состава добываемых песков, необходимо провести анализ соответствующего горного оборудования и способов вскрытия карьеров-аналогов.

Проведенный анализ работы предприятий по добыче обводненных запасов песков, в том числе смежного с рассматриваемым месторождением карьера «Апраксин Бор» позволил выявить два наиболее перспективных варианта вскрытия месторождения песков «Равань»:

- с помощью гидравлического экскаватора, расположенного на сухой толще и производящего выемку песков из обводненного забоя нижним черпанием;

- с помощью землесосного снаряда, обрабатывающего подводную и надводную части забоя.

В работе обоснованы основные параметры вскрытия и системы разработки рассматриваемого участка месторождения. Проведенные исследования позволили установить, что вскрытие и отработка месторождения песков «Равань» с помощью землесосного снаряда обеспечит наилучшие качественные характеристики песка и наименьшую себестоимость его добычи.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.В. Иванов

А.С. БЕЛОЗЕРОВ

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАКЛОННЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Транспортная проблема является наиболее сложной для карьеров средней и выше средней глубины. Себестоимость добычи минерального сырья при увеличении глубины карьера зависит, главным образом, от затрат на транспортные операции. Указанную проблему можно решить, применяя скиповый подъем, который обладает рядом преимуществ по сравнению с автомобильным и конвейерным транспортом: наименьшая длина пути и небольшой объем капитальных работ при строительстве; транспортирование взорванной горной массы без предварительного дробления; малое сопротивление движению и незначительная подверженность действию климатических условий.

К недостаткам наклонных скиповых подъемов следует отнести неуравновешенность системы, которая является причиной того, что вращающий момент приводного двигателя, определяемый разностью натяжений канатов, является наибольшим в начале цикла подъема, а затем недоиспользуется по мощности. Это же является причиной повышенной мощности двигателя.

Для устранения указанных недостатков предлагается использовать вогнутый профиль рельсовых направляющих, выполненных по всей длине трассы, с уменьшением угла наклона сверху вниз. За счет постоянной разницы углов разность статических натяжений канатов имеет постоянное значение. В начале цикла подъема грузовой сосуд находится внизу, где профиль трассы имеет наименьший угол наклона. Поэтому натяжение канатов грузовой ветви в месте навивки их на барабан подъемной машины несколько меньше, чем при постоянном угле наклона трассы. При вращении барабана подъемной машины длина канатов уменьшается, грузовой сосуд перемещается вверх по рельсовым направляющим, угол наклона которых пропорционально и плавно возрастает. Таким образом, уравновешивание достигается за счет постоянного натяжения канатов в точке их навивки на барабан. Разность статических натяжений в начале подъема будет меньше, что позволяет использовать двигатель меньшей мощности.

Научный руководитель: к.т.н. Н.В. Чекмасов

Д.В. БЕРЕГОВОЙ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Классический метод тригонометрического нивелирования используется в геодезической практике достаточно давно и с тех пор несколько не изменился. На данный момент он считается менее точным для нахождения превышений по сравнению с геометрическим. Мало того, многие инструкции запрещают использование данного метода при выполнении тех или иных видов работ, несмотря на появление современных электронных приборов.

При детальном рассмотрении факторов потери точности разработана методика, которая позволяет учесть и ослабить влияние ошибок, значительно повысить точность и достичь уровня государственного геометрического нивелирования.

Главное отличие предлагаемой методики состоит в том, что она сочетает достоинства как геометрического, так и тригонометрического нивелирования. Тахеометр устанавливается примерно посередине между двумя точками, превышение которых нужно определить, а, следовательно, превышение между пунктами находится как разность превышений от первого пункта до тахеометра, и от него до второй точки, исходя из этого, исключаются основные недостатки классического способа: измерение высоты прибора и визирования, перефокусировка трубы, неточный учет поправок за кривизну Земли и рефракцию.

Предложенный метод обладает следующими достоинствами:

- использование одного прибора для комплексных измерений;
- возможность применения в холмистой и низкогорной местности;
- возможность использования более длинных плеч (до 250 м).

В результате экспериментальной проверки предлагаемой методики получено значительное повышение производительности труда при сохранении точности государственного геометрического нивелирования IV–II классов.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Зубов

А.А. БРАЙЛКО

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
профессионального высшего образования
«Тверской государственный технический университет»*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГРАНУЛ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ГЛИНЫ

Природные органические и органоминеральные материалы являются перспективным видом сорбентов для ликвидации загрязнений на водной и нефтяной основе. Использование торфа для получения сорбентов представляет особый интерес, так как он при соответствующей влажности является пластичным материалом, легко образующим композиции с широким классом соединений. На величину полной влагоемкости торфа оказывает влияние его влажность и степень разложения. Влияние сушки на обратимость водно-физических свойств торфа тем больше, чем выше содержание гуминовых и фульвовых кислот.

Целью работы является исследование сорбционной емкости композиционных гранул на основе торфа и глинистых материалов.

Экспериментально установлено максимальное значение показателя водопоглощения за 48 часов (B_{48}) для всех видов сорбируемых растворов, которое соответствует образцам с наименьшей степенью разложения, что обусловлено их большей пористостью. Первичное регулирование сорбционных свойств может быть реализовано путем выбора материала с наибольшим содержанием растительных остатков. Причем технология добычи и переработки должна оказывать минимальное разрушающее действие на структуру сырья.

Неорганические включения не оказывают существенного влияния на характер пористой структуры, однако вследствие физико-химических взаимодействий органических и минеральных компонентов происходит предварительная модификация композиции. Высокими гидрофильными свойствами, способностью к сорбции и ионному обмену обладают глинистые материалы.

Эксперименты, проведенные с гранулами, сформированными из пушицево-сфагнового торфа степенью разложения $R_T = 25\%$ и торфоминеральными композициями показали повышение сорбционных свойств гранул на основе торфа средней степени разложения.

Научный руководитель: д.т.н. О.С. Мисников

А.Э. БРАНД

Тюменский государственный нефтегазовый университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТА ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ

По данным Счетной палаты РФ около 30% запасов нефтяных запасов составляют высоковязкие нефти. Особые реологические свойства и уникальный химический состав обуславливает необходимость постоянного совершенствования технологий транспортировки. В настоящее время наиболее распространенным является термический метод обработки нефти для снижения вязкости нефти. Однако, в современных экономических условиях, одним из перспективных методов обработки является гидродинамическая кавитация по критериям доступности и возможности использования внутренних резервов вещества для изменения структуры нефти.

Автором проведен комплекс исследований для повышения эффективности технологии транспорта высоковязкой нефти с применением гидродинамической кавитации. Для оценки технологических параметров процесса снижения вязкости нефти разработан комплекс алгоритмов и методика расчета. Разработана конструкция кавитатора по результатам численного моделирования гидравлических и термодинамических параметров конструкции. Для достижения наибольшего эффекта при обработке нефти, а также решения вопросов обеспечения надежности кавитационных реакторов и кавитаторов, автором предложено использование комплексного метода, с добавлением химического реагента. Для минимизации коррозионного воздействия разработан реактор с щелевым цилиндром, а также технологическая схема применения реактора в системе трубопроводного транспорта. Анализ результатов экспериментальных исследований показал эффективность применяемой технологии.

Экономическая эффективность достигается за счет повышения начальной температуры подогрева в результате кавитации, уменьшения вязкости нефти и, как следствие, уменьшения затрачиваемой мощности подогревателей и улучшения реологических свойств нефтей.

Научный руководитель: ассистент кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов» А.А. Венгеров

Т.А. БУЗИКОВА

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕЧНЫХ ШЛАКОВ КАРБОТЕРМИИ КРЕМНИЯ

В работе приведены результаты исследования химического состава шлаков процесса получения кремния в руднотермических печах (РТП) металлографическим, рентгенофазовым методами анализа, а также рентгеноспектральным микроанализом (РСМА).

Содержание печного шлака в кремнии может достигать 1-8% в зависимости от мощности печи, что снижает извлечение кремния на 1,2-2,2%. Плотность шлака значительно выше, чем у кремния, следовательно, он будет опускаться на подину печи и образовывать подовую настывль.

Для исследований были отобраны образцы печного шлака с трех печей мощностью 16,5 МВАЗАО «Кремний» (ОК РУСАЛ, г. Шелехов). По данным металлографического анализа в образцах печного шлака были обнаружены крупные и мелкие вкрапления кремния.

По данным рентгенофазового анализа и РСМА проба шлака состоит из SiC, Si, α -SiO₂, CaO·SiO₂, Al₂O₃·SiO₂, интерметаллидов. Наличие CaO и Al₂O₃ обусловлено высоким сродством к кислороду металлов, которые не довосстанавливаются в процессе электроплавки. Карбид кремния – неизбежный промежуточный продукт пирометаллургии кремния. Из-за высокой вязкости шлака в нем запутываются корольки кремния; по результатам анализа проба образца практически наполовину представлена основным элементом, что приводит к снижению извлечения данного целевого продукта при плавке.

Таким образом, изучение химического состава шлака необходимо для анализа снижения потерь кремния с ними и повышения качества выплавляемого продукта (из-за перехода шлаковых включений в расплав при его выпуске из летки). Для дальнейшего удаления примесей на предприятии предусмотрено окислительное рафинирование.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Н.В. Немчинова

Е.С. БУЙКО, О.А. КОРНЕЕВА

Самарский Государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ РЕЖИМАМИ

Системы магистральных трубопроводов (МТП) представляют собой протяженную гидравлическую систему и подвержены гидроударным явлениям, вследствие отключения насосных агрегатов на нефтеперекачивающих станциях (НПС) и возникновения скачков давления, распространяющихся в виде волны в оба конца трубопровода.

Одним из способов снижения негативного влияния волн повышенного давления на трубопровод может служить реализация специальной программы отключения насосного агрегата на промежуточной НПС, которая позволяет «сгладить» фронт ударной волны на стадии ее формирования и избежать гидроударных процессов в трубопроводе.

В качестве наиболее простой типовой программы торможения насосного агрегата промежуточной НПС, позволяющей погасить недопустимые волновые колебания давления за минимально возможное время

($\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$), используется программа торможения насосного агрегата с постоянной скоростью ($v = f_{pk}^0 / \Delta_1$) снижения давления ($f_{pk}(t)$) на выходе НПС.

Реализация программы торможения насосного агрегата $f_{pk}(t)$ возможна, в частности, с использованием специальных высоковольтных тиристорных устройств плавного пуска электродвигателя (УПП).

Научный руководитель: к.т.н., ассистент кафедры «Трубопроводный транспорт» А.А. Афиногентов

Е.С. БУЙКО, О.А. КОРНЕЕВА

Самарский Государственный технический университет

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА/ОСТАНОВА (УППО)

Для реализации полученной программы торможения насосного агрегата $f_{pk}(t)$ в работе предлагается альтернативное пневмогидравлическое энергонезависимое устройство для плавного (безударного) пуска/отключения НПС (УППО), представленное на рисунке 1.

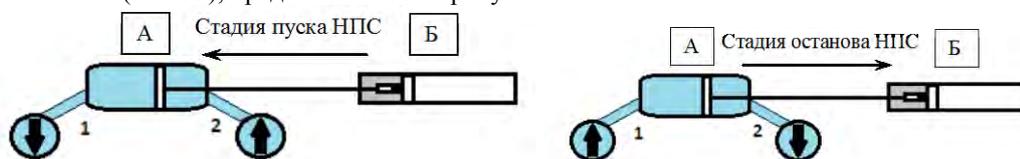


Рис. 1. Принцип действия УППО НПС

Принцип работы оборудования заключается в своевременном сбросе/приеме в специальный поршень-разделитель (А) соединенный с пневмоцилиндром (Б), определенного объема нефти без необходимости её последующей закачки в нефтепровод.

Согласно расчетам, для обеспечения оптимальной длительности снижения давления на выходе НПС при максимальной производительности нефтепровода $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{час}$ объем сброса должен составлять 25 м^3 .

Преимуществами предлагаемой системы УППО являются её энергонезависимость, возможность работы, как на этапе пуска, так и на этапе остановки насосных агрегатов НПС, а также отсутствие емкостей для сброса нефти и необходимости закачки нефти в нефтепровод после срабатывания системы.

Научный руководитель: ассистент кафедры «Трубопроводный транспорт», к.т.н. А.А. Афиногентов

Т.Д. БУЛАТОВ

Югорский Государственный Университет

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДОЮРСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НГП

Уменьшение объемов добычи нефти из юрских комплексов Западной Сибири, приводит к необходимости рассмотрения продуктивности пластов в доюрском основании. Объектом исследования в данной работе послужили юрские и доюрские отложения, вскрытые на Рогожниковском и Северо-Рогожниковском нефтяных месторождениях Западно-Сибирской НГП продуктивной скважиной 765 и непродуктивной 718. Целью работы являлось: определение источника углеводородов (УВ) в приконтактных зонах фундамента и чехла и установление перспективности освоения доюрского комплекса. В задачи исследования входило: изучение kernового материала, проведение геохимического анализа органического вещества, экстрагированного из керна, рассмотрение направлений миграции УВ нефтяного ряда C_8-C_{36} .

Осадочный чехол представлен юрской, меловой, палеогеновой и четвертичной системами. К отложениям триаса, являющиеся промежуточным комплексом, относятся терригенные (песчаники, аргиллиты, алевролиты) и вулканические (риолиты, базальты) породы, которые в результате сильной гидротермальной переработки стали карбонатизированными, трещиноватыми и разуплотненными. В триасовых образцах как 765, так и в 718 фиксируется резко восстановительная обстановка осадконакопления, которая благоприятна для накопления органического вещества, а следовательно – нефтеобразования. Этот промежуточный комплекс исполняет роль коллектора нефтяных компонентов, мигрирующих из нижней части тюменской свиты. Следовательно, можно сделать предположение, что нефтематеринской толщей служат терригенные отложения нижней подсвиты тюменской свиты аргиллиты тутлеймской свиты. Наиболее вероятной формой миграции веществ является диффузия с перемещением легких УВ C_9-C_{22} на расстояние до 300 м.

Таким образом, приняв во внимание подобный механизм формирования залежей, можно разработать методику поиска таких залежей в доюрском основании, которая сможет применяться и на других месторождениях Западно-Сибирской НГП.

Научный руководитель: старший преподаватель Кузина М.Я.

Е.Н. БЫКОВА, К.Э. ИВАНОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОД МНОГОКВАРТИРНЫМИ ЖИЛЫМИ ДОМАМИ НА КРИТЕРИАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

В условиях быстротечности урбанизации крупнейших городов очевидно выделяются проблемы нехватки земельных ресурсов, выражающиеся: в высокой плотности застройки; в смешении промышленных и селитебных территорий; в уменьшении процента озелененных территорий, и, как следствие, ухудшении экологической ситуации; в снижении комфортности проживания населения из-за отсутствия детских площадок, парковочных мест, мусоропроводов, адаптированных для исторической застройки.

Одним из возможных вариантов решения вышеизложенных проблем может быть разработка научно-обоснованного критериального подхода к формированию границ земельных участков, суть которого в обосновании и оценке критериев, позволяющих рационально использовать земельный потенциал; выявлять негативные последствия нерационально сформированных границ земельных участков и способствовать их устранению; обоснованно подходить к разработке проектов планировки территории и их согласованию органами государственной власти. В настоящее время выделяется два варианта формирования границ участков: по пятну застройки или с прилегающей территорией. Предлагаемые критерии классифицированы на три группы, каждая из которых характеризует качественные и пространственные условия:

1. Экономические критерии (количество земель, занятых многоквартирными жилыми домами, подлежащих налогообложению; критерий коммерческого использования);

2. Экологические критерии (озеленённость территории в процентах; расстояние от границ участков производственных объектов до жилых и общественных зданий; удаленность инженерной инфраструктуры от территории жилой застройки);

3. Пространственные критерии (минимальный и максимальный размер земельного участка; наличие «белых» пятен под застройку; коэффициент застройки; обеспеченность внутриквартальной инфраструктурой; доступность квартала относительно дорожно-транспортной сети; коэффициент компактности; прямолинейность сформированных границ; соблюдение углов поворота для инженерно-строительных целей).

Научный руководитель: к.т.н., доцент Е.Н. Быкова

Р.Р. ВАФИН

Альметьевский государственный нефтяной институт

ОПЫТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКВАЖИН СТРОИТЕЛЬСТВОМ БОКОВЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ПРИМЕРЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ НГДУ «ЛЕНИНОГОРСКНЕФТЬ»

На поздней стадии разработки актуальной задачей является максимальное использование пробуренного фонда скважин. Рыночные условия диктуют нефтяным компаниям необходимость обеспечения высокой эффективности капиталовложения в строительство и эксплуатацию скважин. В этой связи большое значение уделяется восстановлению фонда скважин, вышедшего из эксплуатации по техническим или геологическим причинам.

В последние годы в связи с развитием технологий бурения боковых (БС) и боковых горизонтальных (БГС) и стволов скважин задача восстановления бездействующего фонда становится все более актуальной.

В работе изучаются результаты восстановления скважин бурением БГС на промысловых объектах НГДУ «Ленингорскнефть». Согласно промысловым данным в высокообводненных скважинах 6309Б и 16919 залежи №15 была успешно осуществлена вырезка «окна» и проводка горизонтального ствола по песчанику бобриковских отложений. Эксплуатационный режим до восстановления скважин строительством БГС характеризуются малодобитностью (1,5 т/сут и 0,6 т/сут) при высокой обводненности продукции (86% и 96,1%). В результате строительства было получено увеличение дебитов до 11 т/сут в скважине 6309Б при снижении обводненности до 6%, и в скважине 16919 - 12 т/сут при обводненности 16%. Данные факты свидетельствуют о минимальном влиянии ранее эксплуатируемого участка вертикального ствола на новый пробуренный горизонтальный ствол.

По результатам выполненного в работе анализа можно сделать вывод, что применение БГС является эффективным ГТМ, позволяющий повысить КИН, за счет увеличения охвата пластов воздействием.

Научный руководитель: к.т.н., доцент И.И. Маннанов

ОЦЕНКА НЕКЛАССИЧЕСКИХ КАТИОННЫХ ПАВ КАК КОМПОНЕНТОВ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ И ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ

В настоящее время по мере разработки пласта возрастает его обводненность и на поверхность Земли нефть поступает в виде водонефтяной эмульсии. Обводненность нефти является причиной коррозионного разрушения нефтепромыслового оборудования, а также фактором, обуславливающим необходимость ее подготовки, включающей процесс термохимического обезвоживания водонефтяных эмульсий. Борьба с коррозией и разрушение эмульсий производится, в числе прочего, с использованием специальных реагентов - ингибиторов коррозии и деэмульгаторов. Получение данных реагентов - это путь синтеза и компаудирования различных компонентов (как чистых химических веществ, так и различных отходов производства). Достаточно интересным направлением в разработке нефтепромысловой химии является получение смесей на основе неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) с добавлением ПАВ ионогенного типа - катионных или анионных.

В предлагаемой работе в качестве компонентов ингибиторов коррозии и деэмульгаторов водонефтяных эмульсий исследованы катионные ПАВ неклассического типа. Изучено влияние строения данных ПАВ на эффективность композиций при ингибировании коррозии в кислородсодержащих средах и при обезвоживании эмульсий как легких, так и тяжелых нефтей

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.А. Елпидинский

А.Н. ВОЙНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение профессионального высшего образования «Тверской государственный технический университет»

КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДА

При проектировании тяговой характеристики автопоезда возникает необходимость определения максимальной скорости движения автопоезда V при заданной мощности двигателя, заданных характеристиках автопоезда и заданных дорожных условиях

Величина V входит в уравнение баланса мощности автопоезда. Для случая движения с постоянной скоростью это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N \eta - \frac{GfV}{3,6} \cos \alpha - \frac{G V}{3,6} \sin \alpha - \frac{10^{-3} k F V^3}{3,6^3} = 0, \quad (1)$$

где N – эффективная мощность двигателя автомобиля, кВт; η – КПД трансмиссии автомобиля; G – полный вес автопоезда, кН; f – коэффициент сопротивления качению; V – скорость движения автопоезда, км/ч; α – уклон дороги, град; k – коэффициент обтекаемости автопоезда, Н·с²/м⁴; F – площадь Миделя (площадь проекции лобовой поверхности машины на плоскость, перпендикулярную направлению движения, м²).

Формально максимальной скорости движения автопоезда V является корнем уравнения (1). Однако относительно V уравнение (1) аналитического решения не имеет. По этой причине V как корень уравнения (1) находится громоздким графоаналитическим методом. В связи с этим представляется целесообразным использовать для нахождения V численный метод с реализацией его с помощью алгоритмического языка программирования и компьютера.

В качестве численного метода решения уравнения (1) был выбран метод касательных (метод Ньютона).

Разработанная программа будет составной частью комплекса программ, позволяющих выполнить все расчеты, необходимые для построения тяговой характеристики автопоезда.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.Ф. Синицын

ОСОБЕННОСТИ ВЫПУСКА РУДЫ МЕЛКОФРАКЦИОННОГО СОСТАВА

Анализ опыта применения систем с обрушением при подземной разработке руд мелкофракционного состава показал, что очистная выемка при среднем размере куска $150\div 200$ мм сопряжена со значительными трудностями. Уже на ранней стадии выпуска формируются каналы, связывающие зону погрузки с налегающими обрушенными породами. То есть происходит так называемое «трубообразование», в результате которого разубоживание наблюдается уже после выпуска $15\div 20\%$ отбитой руды, для обеспечения безопасности, расстояние между целиками приходится увеличивать, при этом потери возрастают до $50\div 60\%$.

Как известно, обоснование параметров систем поэтажного обрушения базируется на результатах исследований, полученных при моделировании выпуска рудной массы, где критерием эффективности системы служит минимальный уровень потерь и разубоживания.

Совершенствование системы разработки должно быть направлено на увеличение высоты подэтажа, вплоть до применения этажного обрушения с торцевым или донным выпуском рудной массы. Даже при выпуске слоя высотой $50\div 60$ м максимальное расстояние между смежными выпускными выработками в подбных горнотехнических условиях не может превышать 11 метров. В то же время минимально допустимое расстояние между смежными выработками по условию обеспечения устойчивости целиков между должно составлять 20 м.

В результате оценки лабораторных и опытно-экспериментальных работ, проведенных в соответствии с параметрами, предложенными проектом, было сделано ряд выводов.

Во-первых, минимальные потери будут достигнуты при $H = 30$, а максимальные - при $H = 60$, а с возрастанием высоты от 20 до 60 метров при среднем гранулометрическом составе рудной массы ~ 200 мм диаметр фигуры выпуска увеличивается практически вдвое.

Во-вторых, в результате анализа экспериментов был сделан вывод о том, что толщина отбиваемого слоя на промежуточных подэтажах должна быть равна параметрам фигуры выпуска на каждом из них с учетом ее развития на полную высоту обрабатываемого этажа.

В-третьих, при компьютерном моделировании расположение подэтажных выработок повторяло их расположение на физической модели. На основе чего, можно принять компьютерный метод базисным при моделировании систем с обрушением при подземной разработке руд мелкофракционного состава. Так как, физический метод более трудоемкий и длительный по времени.

Таким образом, разрабатывая вариант системы поэтажного обрушения с торцевым выпуском для неустойчивых, склонных к мелкофракционному дроблению руд, исходили из того, что фигуры выпуска, формируемые в смежных выпускных выработках, должны пересекаться, или, при сложной морфологии, соприкасаться. Поэтому рассматривали схему расположения со смещением в смежных подэтажах относительно друг друга в горизонтальной плоскости на расстояние, не превышающее диаметр фигуры выпуска при установленной высоте подэтажа. Таким образом, в четвертом подэтаже выработки повторяли положение, принятое в первом, в пятом - принятое во втором, и т.д.

И.П. ВИНОГРАДОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ КАРБОНАТНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА КАРЬЕРЕ ООО «ХОЛСИМ (РУС)»

В работе предлагается обоснование и экономическая оценка безвзрывной технологии добычи карбонатных пород. Как одно из возможных решений, показано внедрение фрезерных комбайнов в технологию добычи. Целью использования безвзрывной технологии представляется уменьшение затрат на добычу полезного ископаемого, увеличение производительности карьера и соответственно получение экономического эффекта.

Научный руководитель: д.т.н., проф. С. И. Фомин

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКА СФОРМИРОВАВШИХСЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

В работе представлены результаты по изучению месторождений медно-никелевых руд Норильского района, вследствие чего получены данные, на основании которых разработан метод по прогнозированию и поиску аналогичных рудных объектов месторождения. Для изучения закономерностей распределения металлов в рудах использовались аналитические данные по керну скважин. В качестве количественного показателя обогащения руд Cu использовалось отношение Ni/Cu. Как показатель признака фракционирования сульфидного расплава и обогащения металлами Pt, Pd применялся коэффициент разделения - $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$. По результатам исследований имеющихся данных выяснилось, что распределение отношения Ni/Cu по горизонту массивных руд месторождений Талнахского рудного узла крайне неравномерное. Область, в которой руды обогащенные Ni и обедненные Cu определяется как центральная часть месторождений Талнахского и Октябрьского. Распределение коэффициент разделения по горизонту массивных руд месторождений также крайне неравномерное. В направлении к флангам месторождений наблюдается увеличение значений коэффициент разделения. В пределах горизонта сплошных руд участки, отчетливо обособляются по периферии горизонта к западу, северо-западу и северу от области центральной часть месторождения. Следовательно, в массивных рудах Талнахского рудного поля выделяется латеральная рудно-геохимическая зональность, в направлении с востока на запад. Учитывая, что коэффициент разделения в массивных рудах данного участка, достигнув максимальных значений, не снижается, можно предположить, что в западном направлении от промышленного контура месторождений можно ожидать появления сульфидной минерализации, обогащенной металлами платиновой группы. Данный метод прогнозирования и поиска сформировавшихся аналогичных месторождений сократит затраты на геологоразведочные работы и увеличит объемы добычи горнодобывающих предприятий за счет отработки разведанных медно-никелевых залежей.

Научные руководители: к.г.-м.н., доцент Л.К. Мирошникова; к.т.н., доцент Н.А.Туртыгина

Т.Ф. ГАЙФУЛЛИН

Тюменский государственный нефтегазовый университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА СЕРЫ МЕТОДОМ КЛАУСА НА АНТИПИНСКОМ НПЗ ПУТЕМ ДООБОРУДОВАНИЯ БЛОКОМ ДООЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

В городе Тюмени ведется строительство Антипинского НПЗ с максимально возможной глубиной переработки нефти с целью выпуска полного ассортимента моторных топлив, отвечающих требованиям норм ЕВРО-5, и нефтехимической продукции высокого качества. В связи с тем, что это требует значительных капиталовложений, строительство осуществляется несколькими технологическими очередями. В 2014 году введен в эксплуатацию 2 этап III технологической очереди, включающий в себя установку производства водорода, гидроочистки дизельного топлива, производства элементарной серы. Сырьем последней установки, работающей по методу Клауса, являются серосодержащие газы с установки гидроочистки дизельного топлива. На установке Клауса глубина извлечения серы составляет 96%, что ниже лучших зарубежных НПЗ, на которых установка Клауса дооборудована блоком доочистки хвостовых газов.

Согласно научным исследованиям и практическим данным, доочистку отходящих хвостовых газов можно осуществлять двумя методами:

1. Процессы, использующие продолжение реакции Клауса, для получения элементарной серы;
2. Процессы, при которых все серосодержащие соединения преобразуются в H_2S или SO_2 , далее поступаая на вход установки Клауса.

Для Антипинского НПЗ нами предложено использовать разновидность второго метода: SCOT-процесс. Он основывается на гидрировании всех серосодержащих соединений до H_2S с последующей абсорбцией метилдиэтаноломином и возвращением его на вход установки производства элементарной серы.

Дооборудование установки по производству серы позволит: 1. Увеличить глубину извлечения серы до 99%; 2. Уменьшить выбросы серосодержащих соединений в атмосферу, что улучшит экологические показатели завода.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Л.В. Трушкова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО СТЕКЛА С52-1

Добыча все большего и большего количества нефти приводит к увеличению объемов загрязнения в штатных ситуациях и, что самое опасное, учащаются случаи аварий при транспортировке нефти, среди которых наиболее тяжелыми по масштабам и последствиям являются аварии при водной транспортировке.

Несмотря на широкий ассортимент материалов, используемых для разработки нефтесорбентов, до начала работ, выполняемых под руководством проф. В.Е. Когана, пеностекла в этом аспекте оставались практически неисследованными.

В настоящей работе отражены результаты исследования возможности получения пеностекла для нефтесорбентов на основе электровакуумного стекла С52-1. Проведенный теоретический анализ и электронномикроскопическое исследование указали на наличие ликвации в этом стекле. Процесс фазового разделения по типу жидкость – жидкость, о чем говорит рентгеноаморфность образцов, завершается при проведении политермической термообработки по режиму, тождественному режиму вспенивания, с образованием химически нестойкой щелочнооборотной фазы.

Нами разработаны рецептурно-технологические параметры получения молочного пеностекла С52-1, характеризующегося практической непотопляемостью. Отсутствие на поверхности стекла остаточного углерода открывает дальнейшие перспективы по возможности наноструктурирования полученных нефтесорбентов.

Для разработанных сорбентов характер кинетических кривых нефтепоглощения коррелирует с таковым для сорбентов со стеклообразной поверхностью (имеется максимум при нахождении сорбента в нефти 7,5 мин и в дизельном топливе – 5 мин). Высота максимума и абсолютные значения поглощения меньше в случае дизельного топлива, что обусловлено его более низкими плотностью и кинематической вязкостью (837,8 кг/м³ и 4,1 сСт), чем у нефти (863,3 кг/м³ и 25,0 сСт) при 20 °С.

Сорбенты характеризуются закрытоячеистой структурой, и процесс поглощения ими обусловлен наличием открытых пор на поверхности образцов и капиллярными силами, действующими, в частности, в пространстве порозности между образцами.

Научный руководитель: д.х.н., профессор В.Е. Коган

В.С. ГЕРАСИМОВ

*Национальный Исследовательский Технологический университет «МИСиС»
Институт ИТАСУ*

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ НА ГОРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация: в докладе рассматриваются современные геоинформационные системы (ГИС) поддержки принятия решения для анализа состояния горных массивов и прогнозирования возникновения опасных ситуаций на примере комплекса программ «Геодин». Определены перспективы развития подобных комплексов, в частности, увеличение точности оценки за счет внедрения нейронных сетей. Обосновывается выбор определенной обучающей модели.

Подземные горные работы относятся к производствам повышенной опасности. Изменения в состоянии горных массивов может привести к обрушению горных выработок и созданию аварийных ситуаций. С конца 80-х годов ученые активно ведут разработки в области компьютерных систем моделирования процессов горных работ. Существующие аппаратно-программные комплексы позволяют проектировать и оптимизировать функционирование горных предприятий, планировать и осуществлять мониторинг проходческих и очистных работ, а также прогнозировать возникновение рисков для безопасности и здоровья. Тем не менее, среди решаемых задач существуют такие как, повышение точности прогнозных систем и систем. Введение интеллектуальных средств предопределяющего моделирования изменения состояния системы «горный массив — выработки» при долгосрочном проектировании подготовительных и очистных работ шахты и прогнозировании возможных ГДЯ с оценением рисков их возникновения. Решение данной задачи возможно с использованием искусственных нейронных сетей.

Процесс обучения нейронной сети достаточно долг и может занимать до нескольких месяцев, при этом статистические методы оценивания прогнозирования допускают до 26% ложных срабатываний системы, что непозволительно для систем безопасности на промышленных объектах. Данная проблема предопределяет необходимость адаптации механизма вывода по средствам синтеза нейронных сетей и ЭС.

Коэффициент доверия $a \in [0,1]$, применяемый в ЭС, можно интерпретировать в весовые коэффициенты нейронов, тем самым резко повысив обучаемость системы.

Данный метод позволит построить нейро-нечеткую ЭС, способную не только улучшить прогнозирование возникновения аварийных ситуаций на горном предприятии, но и предоставлять оценку риска каждого негативного события. Учет этих рисков значительно повысит добротность системы принятия решений и позволит предотвратить или значительно снизить последствия таких событий.

Создаваемая интеллектуальная система позволит исследовать массивы горных пород вблизи мест ведения проходческих и очистных работ на наличие опасности геодинамических проявлений и оценить риски этих событий. Участие автора заключается в разработке конкретной структуры нейронной сети, выбора метода моделирования, создании инструментария и проведения модельных исследований на примере конкретной угольной шахты.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.М. Шек

Л.Г. ГОДОВИКОВА

*Институт цветных металлов и материаловедения
Сибирского федерального университета*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ГЛУБОКИХ И СВЕРХГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Выполнен патентный и литературный обзор, проведен критический анализ способов и технических средств нормализации атмосферы карьеров и разрезов. Отмечены их достоинства и недостатки.

Разработан и предложен способ, обеспечивающий интенсификацию естественного проветривания в жаркий и холодный периоды года, а также в период атмосферных инверсий, не создающий помех выполнению технологических операций и ведению взрывных работ.

Оформлены документы на патентную защиту разработанного способа проветривания глубоких и сверхглубоких карьеров.

Внедрение разработанного способа обеспечит сокращение на 3 – 10 % объема зоны рециркуляции и очистку загрязненного воздуха на выходе из карьерного пространства, исключит случаи остановки горных работ вследствие загрязнения атмосферы карьера до уровня, превышающего санитарные нормы.

Научный руководитель: к.т.н., доцент С.Г. Шахрай

В.М. ГОРБЕНКО

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

РАЗРАБОТКА ШАРОСТРУЙНО-ЭЖЕКТОРНЫХ БУРОВЫХ СНАРЯДОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ ТВЕРДЫХ И КРЕПКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

В мировой практике бурения скважин прослеживается тенденция к возрастанию объема бурения скважин различного назначения в твердых и крепких горных породах. Бурение в таких интервалах характеризуется низкой механической скоростью бурения и проходкой на долото. Несмотря на постоянное совершенствование стандартных долот, бурение механическими способами в интервалах твердых и крепких горных пород недостаточно эффективно.

Поэтому актуальность приобретают разработки альтернативных способов разрушения твердых и крепких горных пород. По мнению ряда авторов одним из наиболее перспективных является гидродинамический способ разрушения горных пород, осуществляемый высокоскоростной струей жидкости. Шароструйный способ бурения скважин, заключающийся в разрушении горных пород ударами высокоскоростных шаров, непрерывно циркулирующих в призабойной зоне скважины, позволит решить ряд технических и технологических трудностей при реализации гидродинамического способа разрушения горных пород.

Была разработана конструкция шароструйно-эжекторного бурового снаряда, отличающаяся от известных тем, что при работе снаряда отсутствует постоянный контакт с горной породой, а шары при их подъеме в затрубном пространстве направляются непосредственно в технологические окна при помощи конусного задерживающего устройства. Для испытания данной конструкции был разработан и смонтирован лабораторный стенд с возможностью визуального наблюдения за процессами шароструйного бурения.

Были проведены лабораторные исследования по выявлению зависимостей эффективности шароструйного бурения от геометрических параметров снаряда, а также параметров режима бурения (расстояния между долотом и забоем, массы и диаметра породоразрушающих шаров).

На основе полученных экспериментальных данных разработана методика расчета шароструйно-эжекторных буровых снарядов для различных геолого-технических условий.

Научный руководитель: ассистент А.В. Ковалев

ИННОВАЦИОННАЯ ТРАНСМИССИЯ ПРИВОДА ШНЕКА ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Подземный способ добычи угля в настоящее время ориентирован на использование очистных механизированных комплексов, в которых очистной комбайн выполняет основную функцию – резание угля и его погрузку на забойный конвейер. От совершенства конструкции очистного комбайна зависит эффективность и экономичность подземной выемки угля. В забое около 70 % энергии, расходуемой на добычу угля, связано с работой очистного комбайна.

Разработана многопараметрическая математическая модель отработки угольного пласта двух шнековым очистным комбайном, позволяющая количественно установить влияние на уровень его весовой удельной производительности.

Установлено, что привод шнека с центробежным генератором гармонических колебаний движущего момента, настроенным на частоту 45,454 Гц, обеспечивает при разрушении опережающим (отстающим) шнеком снижение момента трения: - в крепких и хрупких углях на 36,154% за счет снижения эффективного коэффициента трения с 0,75 до 0,614; - в связных и пластичных углях на 51,341% за счет снижения эффективного коэффициента трения с 0,75 до 0,558. Что позволяет увеличить весовую удельную производительность очистного комбайна с $0,108 \cdot 10^{-3}$ до $0,123 \cdot 10^{-3}$ и с $0,452 \cdot 10^{-3}$ до $0,556 \cdot 10^{-3}$ (т/с)/Вт для крепких и хрупких, связных и пластичных углей соответственно.

Научный руководитель: д.т.н., профессор И.Л. Пастоев

А.Д. ГОРКУШЕНКО
ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В ИНТЕРЕСАХ РАЗВИТИЯ МОНОГОРОДА

В настоящее время актуальными являются вопросы распределения полномочий и ресурсов между субъектами федерации и их муниципальными образованиями (МО). Особенно острыми являются проблемы финансовой обеспеченности моногородов, которым необходимы стимулы для экономического и кадрового развития.

Цель работы - совершенствование финансовых отношений в интересах развития моногорода. Мы предлагаем своеобразный подход, позволяющий повысить качество прогнозирования и управления финансовыми потоками. Особенность методики в учете интересов трех звеньев финансовой системы: муниципалитета, предприятия и домашних хозяйств. Это позволяет отражать причинно-следственные связи между субъектами и в полной мере оценить финансовые отношения на территории, позволяет понять способствует ли использование промышленного капитала градообразующего предприятия развитию города и его местного сообщества. Для более объективного анализа была изучена структура финансовых ресурсов 6 моногородов России, в числе которых МО г. Норильск. Данный анализ выявил, что в структуре финансовых ресурсов преобладают денежные фонды предприятий. Учитывая фундаментальные характеристики территорий, в работе предлагаются методы перераспределения финансовых потоков в интересах устойчивого развития моногородов, в т.ч: пересмотр норм отчислений от федеральных и региональных налогов и сборов (в пользу местного бюджета), перечисление платежей по имущественным налогам и сборам предприятий, а также платежей, взимаемых в рамках функционирования специальных налоговых режимов.

В итоге автором предлагается методика оценки финансового потенциала моногородов и направления совершенствования государственной финансовой политики в их отношении (на примере МО г. Норильск). Данный подход позволяет с одной стороны получать наиболее успешный опыт муниципального управления территорией, с другой эффективно расходовать бюджетные средства всех уровней.

Научный руководитель: к.э.н., доцент Р.А. Кулян

О НЕСОВЕРШЕНСТВЕ СИСТЕМЫ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Действующая в России система налогообложения недропользования вызывает заслуженные нарекания, причем не довольны этой системой как налоговые органы, так и налогоплательщики-недропользователи. Рассмотрены основные ее недостатки, в частности:

1. Существующая система налогообложения минерального недропользования выполняет лишь фискальную функцию, в ней отсутствует регулирующая функция, направленная на рациональное использование недр. По причине отсутствия дифференциации платежей за пользование недрами имеющийся потенциал минерально-сырьевой базы используется недостаточно эффективно.

2. С принятием Налогового Кодекса Российской Федерации были введены в законодательном порядке новые понятия, противоречащие общепринятым. Более того, в действующем Законе «О недрах» такой раздел как «Термины и определения» просто отсутствует.

3. Имеют место противоречия в отдельных статьях 26 главы НК РФ, которые служат источником многочисленных споров в арбитражных судах.

Констатируется, что подобные споры между недропользователями и налоговыми органами вызваны, прежде всего, несовершенством законодательной базы, в частности 26 главы НК РФ. Речь следует вести не столько об объекте налогообложения, сколько о налогооблагаемой базе. Предлагается осуществлять совершенствование законодательной базы в области минерального недропользования по пути налогообложения добычи полезных ископаемых по стоимости погашенных в соответствующем периоде балансовых запасов полезных ископаемых. Показано, что стоимость запасов должна устанавливаться по горной ренте, утверждаемой ГКЗ совместно с условиями для подсчета запасов.

Научный руководитель: к. т. н., доцент С.С. Мининг

И.О. ГРИШИНА
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК МЕТОДАМИ ПРИБОРНОГО КОНТРОЛЯ

Для предприятий, осуществляющих добычу углеводородного сырья, актуальными остаются задачи повышения эффективности использования промышленного оборудования, увеличения надежности и межремонтных периодов нефтедобывающих и транспортирующих машин, снижения себестоимости добываемой нефти.

В настоящее время на территории России и стран СНГ более 70 % от действующего фонда нефтяных скважин эксплуатируются с использованием штанговых скважинных насосных установок (ШСНУ). Условия экономической рентабельности при снижении дебета старых скважин обуславливают необходимость эксплуатации ШСНУ с полной (или близкой к полной) выработкой ресурса. Срок службы некоторых ШСНУ превышает 25-30 лет, что определяет значительное количество аварийных отказов и высокий уровень материальных затрат на их техническое обслуживание и ремонт. Устранение вышеуказанных негативных тенденций возможно посредством перехода к системе обслуживания ШСНУ по фактическому техническому состоянию с использованием стационарных комплексов контроля и диагностирования.

Наиболее эффективным и просто реализуемым способом непрерывного мониторинга работы и диагностирования узлов ШСНУ является контроль изменения величины и характера наруженности приводных двигателей станков-качалок, осуществляемый посредством регистрации потребляемых токов, напряжений и мощностей. Создание научно-обоснованных методик анализа информации о параметрах питания электропривода ШСНУ позволит разработать алгоритмы предотвращения аварийных ситуаций, оповещения о недопустимом развитии событий с выдачей необходимых рекомендаций, действий и технических решений. Широкое внедрение средств и методик приборного контроля ШСНУ позволит повысить эффективность использования промышленного оборудования и снизить затраты на добычу нефти.

Научный руководитель: к.т.н. Д.И. Шишлянников

А.В. ГРУЗИН, А.Ю. ВАГАНОВ, Е.О. ФОМИН
Омский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ АНКЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

В работе представлены результаты лабораторных исследований влияния формы поперечного сечения моделей анкеров на их несущую способность. В исследованиях были использованы модели одинаковой длины с поперечным сечением в форме круга, квадрата и равностороннего треугольника равной площади.

Полученные результаты позволяют сделать предварительный вывод о перспективности использования для устройства фундаментов объектов нефтегазового комплекса свай, работающих на выдёргивающую нагрузку и имеющих равносторонний треугольник в качестве формы поперечного сечения. Использование свай такой конструкции позволит рационально использовать строительные материалы, необходимые для их изготовления.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Грузин

А.В. ГРУЗИН, В.С. ЕРМАКОВ, Н.М. БЕЛЯЕВ
Омский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ ДОБАВОК В ГРУНТЫ ОСНОВАНИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Поскольку реологические свойства нефти и нефтепродуктов существенным образом зависят от их температуры, задача снижения теплотерь в процессе транспортировки и хранения не теряет своей актуальности в условиях освоения новых месторождений в сложных природно-климатических и геокриологических условиях. Снижение температуры транспортируемого продукта приводит к росту затрат на перекачку, и, соответственно, к повышению его себестоимости. Для решения данной проблемы в настоящее время широко используются различные технологические и конструктивные приемы. В качестве меры, направленной на снижение тепловых потерь в окружающую среду, предлагается использовать теплоизолирующие добавки, например, гранулированный вспененный полистирол, в грунты оснований резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов.

В ходе лабораторных исследований, выполненных на базе студенческой научно-исследовательской лаборатории «Основания и фундаменты объектов нефтегазовой отрасли» ОмГТУ, было установлено:

1. влияние добавок гранулированного вспененного полистирола в песчаный грунт средней крупности на относительную вертикальную деформацию полученной смеси носит нелинейный характер;
2. установлен диапазон, в котором добавки в виде гранулированного вспененного полистирола практически не влияют на относительную вертикальную деформацию смеси «гранулированного вспененного полистирола - песчаный грунт средней крупности»;
3. полагается возможным практическое использование разработанной смеси с улучшенными теплоизолирующими свойствами в качестве грунта основания резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Грузин

С.И. ГУБАНОВ
Самарский государственный технический университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОБАРИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЛЕЖЬ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

В большинстве случаев добыча тяжелых нефтей невозможна без тепловых методов и увеличения депрессий на пласт, поскольку вязкость оказывает решающее влияние на скорость фильтрации углеводородов.

Одним из недостатков данных тепловых методов может быть перегрев приствольных и удалённых от скважин зон пласта до температур, приводящих к спеканию пород и коксованию тяжёлых углеводородов, например, при термобаровоздействии.

Для совершенствования термобарического воздействия на залежь предлагается осваивать месторождения высоковязкой нефти вертикальными скважинами с бурением дополнительного бокового ствола и спуском в скважины малогабаритного глубинно-насосного оборудования.

Для оценки влияния температуры на показатели добычи рассчитывались парные значения «дебит – депрессия», при этом использовались уравнение притока нефти к скважине по закону Дарси и уравнение стационарного притока нелинейно вязкопластичной нефти к скважине.

На забое вертикального ствола размещается высокотемпературный источник, добыча ведётся из бокового ствола. Гидродинамическими расчётами установлено, что проектный дебит 143 м³/сут, достигается при депрессии 4 МПа (что меньше фактического в 2 раза), если температура в точке отбора будет доведена до 40 °С, при этом расстояние от теплового источника до забоя бокового ствола (точки отбора) - порядка 30 м, при температуре источника 800 °С.

Снижение депрессий с одновременным поддержанием уровней добычи нефти для анализируемого терригенного пласта весьма актуально, поскольку коллектор представлен слабосцементированным песчаником и при увеличении градиентов давления разрушается.

Научные руководители: к.т.н., доцент В.А. Ольховская, к.т.н., ст.преподаватель А.М. Зиновьев

Т.М. ГУРКО
*Сибирский Федеральный Университет
Институт нефти и газа*

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ СЛИВО-НАЛИВНЫХ ОПЕРАЦИЯХ НА НЕФТЕБАЗАХ И АЗС МЕТОДОМ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Говоря о защите окружающей среды мы в первую очередь думаем о промышленных загрязнениях. Одно из первых мест занимает нефтегазовая отрасль. Ежегодно по различным оценкам в атмосферу планеты выбрасывается 50-90 млн. т паров углеводородов. Значительная часть этих выбросов приходится на предприятия нефтегазодобывающих отраслей промышленности, нефтеперерабатывающих предприятий, предприятий транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. Удельные потери углеводорода за счет их испарения на нефтеперерабатывающих заводах различных стран мира составляют 1,1-15 кг на 1 т продукта. Значительное загрязнение атмосферного воздуха парами нефтепродуктов происходит при заполнении и опорожнении резервуаров нефтехранилищ при так называемых "дыханиях" резервуаров. В работе предлагается проанализировать существующие методы уменьшения загрязнения окружающей среды в результате испарения паров углеводородов, а затем выбрать самый оптимальный и эффективный. Одними из методов являются контроль и диагностика технологического оборудования. Своевременный контроль и диагностика оборудования поможет вовремя выявить неисправности и произвести ремонт. Так же мы уделили большое внимание новым технологиям и методам борьбы с проблемой потерь нефтепродукта при сливо-наливных операциях. К ним относятся такие методы как газоуравнивание, сорбционный, метод с использованием защитного газа, компрессионный, конденсационный. Сравнивая, наиболее эффективными методами улавливания легких фракций нефтепродуктов являются сорбционный, компрессионный и конденсационный методы. Отсюда следует, что разрабатываемый метод определения количества парогазовой смеси нефтепродуктов должен быть основан на одном из рассматриваемых методов, либо на их комбинации. Известны несколько методов конденсации паров, нами предложен метод конденсации паров отличающийся тем, что, проводят поэтапное переохладение и конденсацию парогазовой смеси в многосекционном теплообменнике. Таким методом является рекуперация паровоздушной смеси углеводородов. Рекуперация паров позволяет снизить выбросы паров при сливо-наливных операциях, а также вернуть испаренное топливо. Метод рекуперации заключается в переохладении и конденсации паров углеводородов посредством контакта с поверхностями многоканальных лепестковых конденсаторов. Далее происходит разделение получившейся смеси на воду и фракции нефтепродукта. В атмосферу выходит воздух, очищенный от паров воды и нефтепродуктов. Преимуществом рекуперации перед другими методами является то, что мы возвращаем до 98 % потерянного нефтепродукта из-за испарения, тем самым рекуперация помогает не загрязнять воздушный бассейн. Патент на оборудование прилагается к работе.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Ю.Н. Безбородов

Е.И. ГУРЫЛЕВА
Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ В УСЛОВИЯХ МЕЖДУНАРОДНЫХ САНКЦИЙ И С УЧЕТОМ ВСЕХ РИСКОВ

Россия обладает около 21% шельфа Мирового океана. Общеизвестным является высокий углеводородный (УВ) потенциал шельфа России - суммарные извлекаемые ресурсы оцениваются многими ведущими отечественными специалистами в более чем 100 млрд. тонн условного топлива.

Реализация арктических нефтегазовых проектов всегда связана с рисками, влияющими на их экономическую эффективность. Тем более в нынешних условиях из-за санкций риски проектов выросли во много раз. Рисками являются неопределенность рыночной цены нефти и газа, ошибки в оценке характеристик за-

пасов, вероятные события политического и экономического характера, причинение ущерба окружающей среде и другие.

Однако введенные санкции не являются главной угрозой для арктических шельфовых проектов. Главная угроза для дорогих арктических проектов заключается в снижении мировой цены нефти. Цены и санкции, вероятно, отодвинут сроки ввода арктических шельфовых месторождений нефти в разработку. Все трудности освоения шельфа и большое распространение возобновляемых источников энергии делают перспективу широкого освоения Арктики весьма долгосрочной. Но, тем не менее, разработка углеводородного сырья данного региона - одна из предпосылок экономического могущества нашей страны, поэтому приоритетом в этой области должна стать грамотная государственная политика, направленная на развитие и совершенствование всех направлений.

Российские интересы в Арктике можно условно разделить на несколько групп:

- создание новых транспортных коридоров и освоение новых месторождений углеводородов при соблюдении экологического баланса;
- развитие инфраструктуры и повышение качества жизни местного населения;
- развитие отечественных технологий и снижение зависимости от иностранных партнеров.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Э.А. Крайнова

Ю.А. ДАВЛЕТЯНОВА

Тюменский государственный нефтегазовый университет

РАЗРАБОТКА ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ЭФИРНОГО ТИПА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗИМНИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА БАЗЕ АНТИПИНСКОГО НПЗ

Ввиду сложившейся геополитической и экономической ситуации тема импортозамещения в России ныне является наиболее актуальной. Одним из наиболее уязвимых мест отечественного НГК является обеспечение нефтепереработки топливными присадками, в том числе крайне затруднительным окажется замещение импортных депрессорно-диспергирующих присадок. Потребность в данном виде присадок составляет около 1,5-2 тыс. тонн в год. Причем следует помнить о таком стратегическом вопросе как освоение Арктики. В России на данный момент выпускается лишь одна марка депрессорных присадок на заводе в Ангарске [1].

Целью данной работы является разработка депрессорных присадок для получения зимних дизельных топлив на базе летнего дизельного топлива Антипинского НПЗ.

Высокую эффективность в дизельных топливах имеют полимерные и сополимерные присадки: полиалкилметакрилаты, сополимеры этилена и винилацетата, сополимеры алкилметакрилатов с винилацетатом, синергетическая смесь сополимеров этилена и винилацетата и сополимеров этилена и пропилена

Меньшее распространение получили присадки неполимерного типа: эфирные (продукты конденсации насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, и многоатомных спиртов) и азотсодержащие (алкиламины и алкиламиды) депрессорные присадки [2]. В работе был проведен анализ присадок эфирного типа. Эфирные депрессорные присадки были синтезированы конденсацией стеариновой кислоты с пентаэритритом и высших жирных спиртов с пиромеллитовым диангидридом.

Было изучено влияние мольного соотношения исходных реагентов, использованных для синтеза депрессорных присадок, на их эффективность в летнем дизельном топливе Антипинского НПЗ. Также на этом топливе изучена используемая в промышленности присадка Dodiflow 4971. Проведено сравнение эффективности представленных в работе присадок с Dodiflow 4971.

Показано, что максимальный эффект депрессии температуры застывания для ДТ Антипинского НПЗ в присутствии полученных присадок составляет более 28 °С; минимальный расход присадок для достижения заметного эффекта депрессии температуры застывания (9 – 18 °С) составляет 0,05 – 0,1% масс.

Сравнение присадок 166/06 и 162/06 с Dodiflow 4971 показало, что они близки по эффективности при содержании ДП в топливе 0,05 – 0,5% масс. По результатам сравнения депрессорные присадки 166/06 и 162/06 рекомендуются в качестве депрессорных присадок для дизельного топлива Антипинского НПЗ. Также, как и присадки 29/09 и 147/06. Содержание этих присадок в топливе в пределах 0,05 – 1,0% масс дает результаты, не уступающие результатам Dodiflow 4971.

Литература

1. Топливные присадки: импортозамещение по решению суда? // Нефтегазовая вертикаль: технологии, специальное приложение. – 2014. - № 2. – С. 30-33.
2. Тертерян Р. А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам / Р. А. Тертерян. – М.: Химия, 1990. – 238 с.

Руководитель к.т.н., доцент Н.С. Яковлев

ПОЛЯРИЗАЦИЯ МЕДНОГО АНОДА В СУЛЬФАТНОМ МЕДНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Для улучшения кристаллической структуры и внешнего вида катодных медных осадков при электрорафинировании меди в состав сульфатного электролита вводят блескообразующие поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые, адсорбируясь на поверхности катода, предотвращают образование дендритов. При этом ПАВ неизбежно адсорбируются и на поверхности анодов.

В большинстве случаев образование на анодах адсорбционных слоев органических ПАВ приводит к снижению скорости анодного растворения, и, как следствие к увеличению удельного расхода электроэнергии.

Целью нашей работы являлось исследование влияния ПАВ, используемых в качестве добавок в процессе электролитического рафинирования меди (клея мездрового, тиомочевина и «Авитона»[®]), на анодную поляризацию.

Исследования проводили прямым некомпенсационным способом регистрации потенциала с получением зависимости потенциал-ток. Электролитом служил модельный раствор состава, г/дм³: Cu -50; Ni²⁺ - 18; H₂SO₄ – 170; ПАВ – 0 – 0,1.

На основании выполненных исследований показано, что все используемые в процессе электрорафинирования меди ПАВ оказывают влияние на анодный процесс. При этом, степень и направление их воздействия различно. Если тиомочевина приводит к деполяризации анода, то мездровый клей и в меньшей степени ПАВ «Авитон»[®] выступают в роли ингибиторов процесса анодного растворения меди. Суммарный эффект от воздействия всех ПАВ, входящих в состав электролита, также является поляризующим.

Научный руководитель: директор «Центра инженерного сопровождения производства» ЗФ ОАО
«ГМК «Норильский никель», к.т.н., доцент А.И. Юрьев

А.С. ДАНИЛОВ
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Согласно ныне действующему законодательству в области охраны окружающей среды, обследование должно проводиться по расширенной программе, включающей измерения не только на территории города, но и за его пределами, а также на различных высотах над городом, чтобы оценить дальность и высоту распространения вредных примесей от городов, их влияние на изменение концентраций во всем жизнедеятельном слое на территории города или в целом промышленного района.

В ходе выполнения исследования, были разработаны научно-методические основы проведения экологического мониторинга окружающей среды с помощью малогабаритных беспилотных летательных аппаратов, оснащенных навесным аналитическим оборудованием, на территориях горнопромышленных агломераций, заключающиеся в определении оптимальных методов контроля и оценки качества компонентов окружающей среды; составлении программы дистанционного контроля качества состояния компонентов окружающей среды на территориях горнопромышленных агломераций; выборе измерительных средств для мониторинга качества компонентов окружающей среды.

Основными преимуществами рассматриваемого мониторинга является возможность ведения наблюдения в труднодоступных местах (территории застройки, хранилищ отходов, горных выработок), и получением трехмерной интерпретации загрязнения атмосферного воздуха.

Таким образом, предлагаемые научно-методические основы экологического мониторинга атмосферного воздуха позволяют минимизировать количество наземных станций наблюдения, проводить сбор информации различными типами датчиков, осуществлять сравнительный анализ полученных данных, а также решать задачи по определению вклада отдельных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха в настоящий момент времени на различных горизонтальных уровнях.

Научный руководитель: д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННЕГО РЫНКА УГЛЯ ПОСРЕДСТВОМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЕГО ПОСТАВОК ПОТРЕБИТЕЛЯМ

Россия занимает 3-е место в мире по разведанным запасам угля и 6-е по добыче (на 2013 г.). За последние годы отмечается устойчивая тенденция к росту объемов добычи угля, что связано в первую очередь с увеличением поставок угля на экспорт. В то же время объем потребления угля на внутреннем рынке ежегодно снижается, отрицательная динамика потребления наблюдается и по энергетическому углю, и по коксующемуся.

В соответствии с Энергетической Стратегией России на период до 2030 года стоит задача оптимизации структуры топливного баланса страны и увеличения объемов внутреннего потребления угля. Следовательно, выявление основных проблем, сдерживающие рост внутреннего потребления угля является актуальным.

В ходе анализа российского рынка угля для стимулирования использования угля внутри страны с целью формирования благоприятной рыночной среды необходимо:

- рассмотреть вопросы ценообразования на угольное топливо с целью установления объективного уровня отпускных цен;
- выявить и оценить резервы возможного снижения транспортной составляющей в цене угля (со стороны государства и оптимизация схем перевозок);
- усовершенствование практики заключения долгосрочных контрактов на поставку угля на внутреннем рынке.

Долгосрочные контракты на поставку угля, заключенные с учетом зарубежного опыта, на основании объективной цены отпускных цен и обоснованной величины транспортной составляющей в цене угля, станут основой надежности поставок угольной продукции потребителям.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Я.Н. Лозовская

Я. ДОЦЕНКО

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАДАСТРОВОЙ СИСТЕМЫ СТРАН БАЛТИЙСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О МОНИТОРИНГЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОДТОПЛЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ

В работе рассмотрены актуальные вопросы развития кадастровых систем стран Балтийского моря за счёт информации о негативном влиянии гидрологического фактора на отдельные территории городов. Внедрение данных мониторинга и прогнозирования подтопления земель являются одним из наиболее рациональных путей в достижении данной цели.

Суть работы заключается в анализе имеющихся показателей, полученных в результате мониторинга и прогнозирования, среди которых выделяются характеристики рельефа, геоморфологические условия территории, положения скважин для определения уровня грунтовых вод (УГВ), данные об УГВ. Учитывая специфику данного направления, были предложены рекомендуемые к внедрению на государственном уровне показатели, такие как подъём УГВ, среднесезонные показатели УГВ, варианты динамики УГВ. Кроме того, разработка новой системы показателей подразумевает создание графической части, которая предполагает зонирование территории в зависимости от уровня грунтовых вод и его прогнозируемых изменений.

Формирование системы показателей о подтоплениях территорий на этапе мониторинга и прогнозирования позволит развить кадастр в многофункциональную и эффективную систему, повысить результативность исполнения документов территориального планирования городов, вводить предупредительные меры по инженерной защите территорий от подтоплений, повысить объективность как кадастровой, так и индивидуальной оценок.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Е.Н. Быкова

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ

Специфическая производственная проблема, с которой столкнулись российские недропользователи, желающие привлечь инвестиции через биржу, - это проблема двойного стандарта оценки запасов – российского (стандарт ГКЗ) и международного (JORC) (входит в группу кодексов CRIRSCO).

Сравнительный анализ двух стандартов показал, что:

- Масштабы неподтверждения балансовых запасов ГКЗ по факту отработки на 5 предприятиях за 10 лет составили более 40%.
- Длительность проведения оценки по стандарту ГКЗ составляет 1,5 – 2 года и в 12 раз превышает длительность оценки запасов по кодексам CRIRSCO;
- Согласно данным компании Polymetal стоимость проведения оценки запасов по стандартам ГКЗ и JORC отличается в 23 раза (40 млн. руб и 1,7 млн. руб соответственно);

Помимо этого, в стандарте ГКЗ критерием эффективности до сих пор является бюджетная эффективность, не смотря на то, что данный параметр является индикаторным (вторичным); это приводит к системному необоснованному завышению запасов за счет отнесения к балансовым запасам бедной нерентабельной руды.

Поскольку основные показатели инвестиционной привлекательности компании (капитализация и ROI) основываются на прибыльности проекта, недропользователь, желающий привлечь инвестиции, попадает в зависимость от коммерческой эффективности проекта.

Помимо консервативности российских подходов к оценке запасов, к причинам сохранения устаревшей методики можно отнести несовершенство механизмов установления и изъятия горной ренты (проблема дифференциации параметров рентообразующих факторов и сопоставления особенностей месторождений с экономическими показателями).

Сближение стандартов оценки запасов возможно при внедрении механизмов государственно-частного партнерства в области переработки низкорентабельного сырья, совершенствовании подходов к определению состава и величины рентных платежей за пользование недрами, предоставлении компании возможности выбора системы оценки запасов по своему усмотрению.

Научный руководитель: д.э.н., профессор И.Б. Сергеев

Н.А. ЕВСИКОВА

Российский Государственный Университет нефти и газа им. И.М. Губкина

ОСОБЕННОСТИ НАВИГАЦИОННОГО СООБЩЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫМИ ПРОЕКТАМИ

Работа посвящена тому, на какие этапы можно разделить работу в навигационный период, а также, параметры, на которые можно повлиять для эффективного управления в рамках нефтегазового проекта.

Навигация – это комплексный процесс, который включает в себя, работу с судами, взаимодействие с партнерами и участие в тендерных процедурах, формирование примерных объемов и цен на перевозку, а также бюджета, подготовку судов к выходу в навигацию, включая страхование, ежегодное освидетельствование и ремонт судов, подготовка плавсостава, заключение договоров и т.д.

Любая компания, как и государство, рассматривает морской транспорт, как стратегически важный ресурс. Во-первых, потому что таким ресурсом обладают далеко не все страны и компании, а, во-вторых, потому что транспортировка морским и речным транспортом приобретает все большую актуальность. Это связано с разработкой шельфовых месторождений, а также с удаленностью мест добычи или производства нефти и нефтепродуктов до мест их переработки или потребления.

Имея собственный флот, компания сможет принять непосредственное участие в реализации многих проектов, получить выгодные контракты и постоянные грузопотоки. Таким образом, появляется необходимость в грамотном управлении таким ресурсом, как танкерный флот, в рамках нефтегазового проекта, а также знание всех тонкостей и принципов работы в навигационный и межнавигационный период.

Для выявления ключевых особенностей навигационного и межнавигационного периодов в работе были применены в основном общенаучные и формально-логические методы исследований: моделирование, сравнение, описание и анализ ситуации, метод индукции и дедукции.

В работе навигационный период разбит на этапы и обозначены основные действия заказчика на каждом из них. Зная этапы навигации и их последовательность, правила страхования и виды освидетельствования судов, особенности договорных отношений между перевозчиком и грузоотправителем, а также

основные документы, регламентирующие коммерческие отношения, формирование цен на перевозку и правила подведения итогов навигации, компания может эффективно использовать мощный и стратегически важный ресурс, как танкерный флот.

Научный руководитель: к.э.н., доцент А.А. Пельменева

М.А. ЖИЛЬЦОВА

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УЧАСТКЕ НЕДР ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВОДОЗАБОРА ОАО «СВЕКЛОВИЧНОЕ» В П. КРАСНАЯ ЯРУГА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Научные исследования в области оценки запасов подземных вод ведутся в России начиная с 18 века. Сфера практического применения результатов исследований и разработок данного направления постоянно растёт, одновременно растут и требования, предъявляемые к ним, что обуславливает ихнепреходящую актуальность.

Целью исследования является изучение гидрогеологических условий распространения и химического состава подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта, подсчет и утверждение эксплуатационных запасов подземных вод на участке действующего водозабора в п. Красная Яруга Белгородской области для водоснабжения ОАО «Свекловичное».

В результате обобщения проведенных до настоящего времени работ, было выявлено, что рассматриваемая территория достаточно изучена в гидрогеологическом, геоэкологическом и геологическом отношении. Основные гидрогеологические параметры рассчитаны для всех гидрогеологических подразделений. Выяснена роль поверхностных вод в восполнении эксплуатационных запасов подземных вод. Имеется многолетний ряд режимных наблюдений по всем основным горизонтам в нарушенных и естественных условиях. В задачи данного исследования входило изучение условий существующего водоснабжения в районе, санитарная оценка территории, изучение обводнённости, фильтрационных параметров водовмещающих пород, гидрохимических особенностей подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта.

В работе приведены результаты обследования территории водозабора, собранные и обобщенные геологические и гидрогеологические материалы. Отражены результаты выполнения опытно-фильтрационных и камеральных работ. Приведены данные гидрогеологических режимных наблюдений. Изучен альб-сеноманский водоносный горизонт и оценены запасы по промышленным категориям.

Научный руководитель: к.г.-м. н., доцент С.С. Мининг

Р.Р. ЗАКИЕВА

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ В ПРИСУТСТВИИ ВОДЫ В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

В связи с вовлечением в переработку нетрадиционных углеводородных ресурсов и высоковязких нефтей, а также возросшего экологического сознания, сверхкритические среды начинают показывать свою реальную ценность. Сверхкритические среды характеризуются исключительно низкой вязкостью и высокой диффузионной способностью. Обе характеристики исключительно важны и лежат в основе практического использования вещества в сверхкритическом состоянии.

Целью данной работы было преобразование нетрадиционных углеводородных ресурсов в востребованное нефтехимическое сырьё. А именно облагораживание тяжелой битуминозной нефти, снижение содержания серы и увеличение выхода ценных дистиллятных фракций.

В качестве объекта в работе была выбрана битуминозная нефть Ашальчинского месторождения. Серия экспериментов проводилась в лабораторном каталитическом реакторе, в интервале температур с нижней границей 380°C, длительность эксперимента 2 часа. Подобраны иницирующие добавки, в состав которых входил каменный уголь, активированный уголь, нанодисперсные оксиды металлов переменной валентности. Агломераты наночастиц были гомогенизированы на ультразвуковой установке, что обеспечило их доступность для органических молекул любой формы и размеров. Добавки стабилизировались в водной среде анионными ПАВ.

Результаты экспериментов по воздействию воды в сверхкритическом состоянии на улучшение свойств тяжелой высоковязкой нефти оказались впечатляющими. Для продуктов конверсии был проведен комплекс анализов. Вязкость нефти после эксперимента снизилась на 28% по сравнению с исходным образцом. В преобразованной нефти уменьшилось содержание смолисто-асфальтеновых компонентов и произошло перераспределение высокомолекулярных парафинов из сложных агломератов молекул.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Д.А. Ибрагимова

А.С. ИВКИН, Е.В. КИРЕЕВА, И.Г. ПЕВЧЕНКО, Я.В. ДЕРКАЧ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Разрабатываемые профилактические средства нефтяного происхождения предназначены для решения задач транспортировки вскрышных горных пород железнодорожным и автомобильным транспортом в условиях низких температур и интенсивного пылеобразования. Предлагаемые вещества обладают хорошими смазывающими, вяжущими, вязкостно- и низкотемпературными свойствами, обеспечивающими защиту поверхности транспортного оборудования от примерзания влажных кусков породы и эффективную борьбу с пылеобразованием на временных карьерных автодорогах.

Наиболее пригодными компонентами для получения профилактических средств являются лёгкие газойлевые фракции процессов замедленного коксования и каталитического крекинга, а также остатки вакуумной перегонки нефти и термического крекинга.

В ходе данной работы на основе продуктов глубокой переработки нефти были получены лабораторные образцы профилактических средств, которые исследовались на соответствие требованиям настоящих технических условий по показателям вязкости, плотности, температуры вспышки, температуры застывания и содержания механических примесей. По результатам исследования шесть образцов полностью удовлетворяют требованиям к профилактическому средству Ниогрин, и один образец удовлетворяет требованиям к Универсину-С. Требуемое значение физико-химических свойств обеспечивается определенным содержанием остаточных компонентов. При этом изменение температуры застывания от содержания остатка в образцах носит экстремальный характер. Это объясняется способностью смолисто-асфальтеновых соединений адсорбироваться на твёрдых кристаллах нормальных парафиновых углеводородов, которые являются основными центрами формирования твердой пространственной структуры, и понижать температуру застывания системы.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.В. Зырянова

В.А. ИСАЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО БЕРЕГА ОЗ. ИЛЬМЕНЬ

В данной работе отписываются результаты работ методом сопротивлений, выполненные новгородской области на южном побережье оз. Ильмень в рамках геолого-геофизической практики студентов. В наши дни при больших темпах развития геофизической аппаратуры и усовершенствования методик полевых работ становится актуальным создание геофизических полигонов. Полигон должен обладать следующими характеристиками: слабым уровнем промышленных помех, хорошей обнаженностью, наличием контрастных геоэлектрических границ, наличием участков с пологим залеганием геоэлектрических слоёв. В настоящее время такие полигоны в западной части Российской Федерации существуют: пос. Александровка (кафедра геофизики МГУ); побережье Белого моря (кафедра физики земли СПбГУ) и др. С 2012 года студенты кафедры геофизики начали проходить академическую практику в Новгородской области вблизи пос. Бурег. Авторы поставили перед собой задачу оценить участок южного побережья оз. Ильмень как геологогеофизический полигон и заложить основу для создания его геологогеофизического паспорта.

По полученным измерениям были построены кривые ВЭЗ. Основная часть измеренных кривых является кривыми К-типа (проводник-диэлектрик-проводник). Лишь в одном месте встречаются кривые другого типа. Именно там, на геологическом разрезе, составленным С.Б. Шишловым и др. происходит выклинивание бурегских «ракушняковых» известняков.

Учитывая пологое залегание геологических слоёв района исследований, интерпретация кривых выполнялась в рамках горизонтально-слоистых моделей (1D). Решение обратной 1D задачи выполнялось с использованием программы IP12Win (А.А. Бобачёв, МГУ).

Результаты работ 2012 года показали, что с использованием метода сопротивлений может быть определена подошва ракушняковых известняков (кровля ильменских песчаников). Это позволяет картировать указанные комплексы Франского яруса в данном районе. Великолепная обнаженность, разнообразие горных пород, наличие контрастных геоэлектрических границ и их пологое залегание, делают южный берег оз. Ильмень Потенциальным полигоном объектом для геофизических практик учебных геолого-съёмочных практик и выполнения научных исследований.

Научный руководитель: доцент С.М. Данильев, ассистент Е.Ю. Ермолин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ШТАНГОВУЮ КОЛОННУ

В данной работе проведен анализ влияния формирования органических отложений на изменение гидродинамических нагрузок на колонну штанг на примере Альметьевской площади Ромашкинского месторождения.

При формировании органических отложений увеличивается вероятность обрыва штанг. Это может быть обусловлено изменением ряда параметров, в том числе уменьшением гидравлического диаметра и изменением физико-химических свойств нефти.

Проведены исследования перепада температур между поверхностью оборудования и потоком продукции скважин на интенсивность образования органических отложений и изменение вязкости нефти.

Исследования реологических характеристик нефтей проводились на ротационном вискозиметре Rheotest RN4.1. Кроме того, в работе использовалась специально сконструированная для исследования интенсивности образования органических отложений по методу «холодного стержня».

Были построены графики изменения вязкости нефти до и после формирования органических отложений при разных температурных градиентах с учетом интенсивности нагрузки, выражаемой через градиент среза.

По результатам экспериментов установлено, что формирование органических отложений приводит к увеличению вязкости нефти; наибольшее влияние на массу формирующихся отложений оказывает не абсолютное значение температуры, а температурный перепад между жидкостью и поверхностью, на которой формируются отложения; формирование органических отложений приводит к существенному увеличению (от 40 до 90%) гидродинамического сопротивления на колонну штанг.

Научный руководитель: д.т.н., профессор И.А. Гуськова

И.Н. КАБАНОВ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

АНАЛИЗ СИЛОВОГО КАРКАСА МАЧТ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Мачта является узлом бурового станка, который предназначен для обеспечения совместного функционирования механизмов вращения и подачи бурового става, а также вспомогательных устройств. Конструктивно мачта представляет собой пространственную сварную металлоконструкцию. Критериями работоспособности мачт являются прочность, жесткость, устойчивость, при минимально возможной массе конструкции.

В представляемой работе выполнен анализ силовых каркасов мачт буровых станков. Сопоставлены карты напряжений, перемещений для выявления наилучшей структуры металлоконструкции. На рис. 1 показаны варианты исследованных решеток.

Модели формы мачт были выполнены по следующим условиям. Габариты всех вариантов одинаковые, число секций - 6. Модель нагружения для рабочего состояния описывается совокупность силовых факторов, таких как усилие подачи, момент кручения, сила тяжести металлоконструкции и оборудования. Рабочие нагрузки рассмотрены для трех положений мачты: вертикальное, наклонное 15° и наклонное 30° . Исследования проводились для трех вариантов фиксации мачт в пространстве (рис. 2).

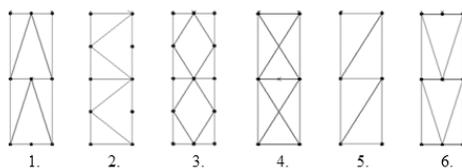


Рис. 1. Варианты решеток металлоконструкции мачт

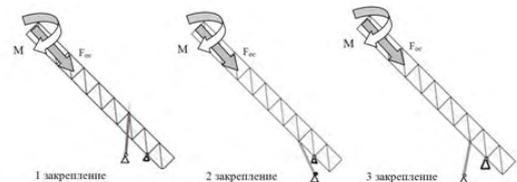


Рис. 2. Фиксация в пространстве

Краткие результаты исследований показаны на рис. 3. Меньшая металлоемкость обеспечивается при первом закреплении любой структуры, меньшие механические напряжения в каркасах 1 и 3. Наилучшие, с точки зрения обеспечения жесткости 3, 2 и 4.



Рис. 3. Сводная диаграмма результатов исследований

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В. Савинова

К.В. КАЗАКОВ

Башкирский государственный университет

ПРОЕКТ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРА ШАХТАУ (РЕСПУБЛИКА БАШКОТОСТАН) ПУТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОПАРКА

Геопарк – это новая для России форма реабилитации территории горных разработок, которая становится с учетом ее использования для геотуризма. Карьер Шахтау – это бывший палеозойский риф, который вместе с другими горами-останцами Тратау, Юрактау, Куштау входит в объект геологического наследия Стерлитамакские шиханы С 1946 г. Шахтау используется как месторождение известняков. В ближайшие годы его ресурс будет исчерпан, и встает вопрос о рекультивации карьера. Достопримечательностью Шахтау является коллекция окаменелостей, собранная геологом ЗАО «Сырьевая компания» И.А. Скуиным за период горной разработки месторождения. Учитывая высокую научную и природоохранную значимость шиханов как объекта геологического наследия и биоразнообразия, наша межвузовская команда разработала в рамках молодежного конкурса проект Палеонтологического парка Шахтау (<http://www.quarrylifeaward.com/project/creation-paleontological-park-territory-shakh-tau-quarry-sozdanie-paleontologicheskogo-parka>), в котором возможно развитие научного, познавательного, развлекательного, спортивного, экологического туризма.

Несмотря на то, что проект направлен на перспективу, многие его элементы можно использовать уже сегодня, пока еще ведется разработка. К этим направлениям можно отнести: 1) изучение и пополнение музейной коллекции, разработка образовательных программ в функционирующем сегодня музее камня им. И.А. Скуина; 2) корректировка стратегического плана разработки карьера с учетом планирования будущих объектов Палеонтологического парка, 3) разработка программы маркетинга для повышения потенциала туризма в будущем геопарке; 4) создание базы, в том числе на территории карьера, для восстановления утраченной в процессе горной разработки уникальной растительности, сохранившейся на соседних шиханах и др. Реализация проекта первого в России геопарка на основе отработанного карьера позиционирует горнодобывающую компанию как экономического, так и экологического лидера.

Научный руководитель: к.б.н., доцент С.Р. Гарипова

А.М. КАЛИМУЛЛИН

*Казанский (Федеральный) приволжский университет
Институт геологии и нефтегазовых технологий*

ВАКУУМИРОВАНИЕ СКВАЖИНЫ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

В данной статье предлагается новый метод добычи углеводородов. Метод заключается в создании депрессии на пласт в результате поддержания в скважине вакуума. Жидкость движется из-за разности давлений в нефтеносном слое и скважине. Объем охваченного движением флюида в пластовой системе во многом зависит от величины этой разности. Именно по этой причине для изменения разности давлений нужно влиять на давление непосредственно в скважине. Эта величина, в свою очередь, зависит от создаваемого давления. Тогда единственным выходом является изменение давления. Уменьшить его можно путем вакуумирования скважины. «Аномально» низкое давление создается с помощью центробежных многоступенчатых насосов, расположенных на поверхности на специальных станциях.

Научный руководитель: д.г.-м.н., доцент Р.З. Мухаметшин

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТА ЮВ-1 ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ КУСТОВОЙ ДОЖИМНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ (УРЬЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

В данной работе рассматривается оценка эффективности увеличения проницаемости юрских отложений пласта ЮВ-1 путем увеличения давления нагнетания на примере Урьевского месторождения Западной Сибири.

Изучаемое месторождение отличается сложностью геологического строения, неоднородностью пластов. Так, основная по запасам залежь пласта ЮВ-1 характеризуется наличием множества литологических экранов, неоднородностью распространения коллекторов пласта (как в плане, так и по разрезу) и частично затрудненной гидродинамической связанностью коллекторов, выраженной разными уровнями ВНК на отдельных участках залежи. Средняя пористость не превышает 0.16 долей ед., а проницаемость 0.007, 0.011, 0.005 мкм².

Для решения вопроса увеличения проницаемости юрских отложений на одном из опытно-промышленных участков месторождения было опробовано применение кустовой дожимной насосной установки (КДНУ), так называемых «коллайдеров», представляющих собой установку для системы ППД. Суть метода заключается в следующем: в корпус коллайдера подается давление, которое под действием напорного УЭЦН, размещенного внутри, повышается в системе водовода до необходимого значения. Применение КДНУ позволяет существенно повысить давление закачки воды в пласт и, соответственно, увеличить значение проницаемости разрабатываемых пластов.

Нами был изучен ряд скважин, на которых была внедрена технология КДНУ, проанализирована динамика работы скважин до и после установки коллайдеров.

Научный руководитель: старший преподаватель Р.Ф. Вафин

Г.И. КАРИМОВА
Уфимский государственный нефтяной технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ТЕЧЕНИИ В ТРУБАХ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

При конструктивных расчетах различного вида насосов, элементов трубопроводной арматуры, технического оборудования возникает задача определения гидродинамических параметров в различных сечениях каналов заданной формы. Это может быть связано с необходимостью выявления сечений с минимальным или максимальным давлением, или скоростью из условия сохранения прочности или обеспечения бескавитационных условий работы.

Обратной задачей является определение формы поверхности канала по заданному распределению одного из гидродинамических параметров. В общем случае, поставленные задачи могут быть решены только приближенно с помощью численных или графоаналитических методов. В гидромеханике эти задачи решаются с применением уравнения Лапласа.

В работе сделана попытка решения с помощью основных уравнений прикладной гидравлики – уравнения Дарси-Вейсбаха и уравнения Бернулли. В результате, для турбулентного и ламинарного режимов течения потока вязкой несжимаемой жидкости, получены уравнения зависимости: давления в трубе переменного сечения от ее длины, диаметра трубы переменного сечения от его длины при постоянном давлении (труба постоянного давления), гидродинамических напоров в трубопроводах переменного сечения от их длины.

Применение полученных выражений может быть актуальным при расчетах технологического оборудования: эжекторов, запорной арматуры, подводных устройств и т.д. Определив закон изменения гидродинамических параметров по длине потока жидкости, можно оптимизировать конструкционные и механические характеристики элементов технологического оборудования.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Л.Р. Байкова

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ

Перспективным методом решения проблемы ограничения водопритока являются водоизоляционные технологии на основе гелеобразующих составов. К недостаткам применяемых гелеобразующих водоизоляционных составов можно отнести низкую проникающую способность, невысокую устойчивость в пластовых условиях, токсичность и высокую стоимость. Устранение отмеченного должно существенно повысить конкурентоспособность этого способа водоизоляции.

В качестве основы разрабатываемого водоизоляционного состава был выбран полимерный состав под условным названием ПС, к которому добавлялся (в различной концентрации) неионогенный ПАВ.

Эксперименты по определению реологических характеристик исследуемых составов показали, что во всем диапазоне исследованных температур (5...80 °С) добавление ПАВ обеспечивает снижение критического напряжения сдвига. Полученные результаты хорошо укладываются в рамки объемного механизма действия ПАВ, который, блокируя электростатическое взаимодействие полимерных звеньев, снижает неньютоновские аномалии раствора. Этот механизм подтверждает и экстремальная концентрационная зависимость параметров фильтрации, характерная для ПАВ: максимальный эффект – снижение критического напряжения сдвига на 96% наблюдается при 5%.

В пользу данного механизма свидетельствуют и данные измерений при повышенной температуре: более интенсивное тепловое движение снижает уровень межмолекулярного взаимодействия в растворе и соответствующие реологические аномалии, уменьшается и эффективность действия ПАВ в силу физического характера адсорбции, но экстремальный характер зависимости критических градиентов давления от содержания реагента сохраняется.

Научный руководитель: д.т.н., профессор М.К. Рогачев

В.С. КАУНОВ

Новороссийский Политехнический Институт (Филиал КубГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНЫХ АЭРОДИСПЕРСНЫХ ПОТОКОВ ЛАЗЕРНЫМИ МЕТОДАМИ

Многие современные технологические процессы (переработка твердых полезных ископаемых, металлургия, химическая промышленность, энергетика, производство строительных материалов и т.д.) приводят к образованию плотных аэродисперсных потоков, которые необходимо очищать от дисперсной фазы. Эту очистку выполняют с помощью специальных пылеулавливающих установок (ПУ), состоящих из нескольких ступеней. Выход из строя ПУ, особенно последней ступени, приводит к резкому возрастанию концентрации, поэтому необходимо оперативно в реальном времени обнаружить факт отказа ПУ по изменению параметров выбрасываемого аэродисперсного потока.

В качестве объекта исследования использовались воздушные потоки с цементным аэрозолем. На основании полученных в лабораторных условиях функций распределения частиц по размерам для более, чем сто образцов готового цемента различных производителей и партий и фракционных эффективностей очистки каждой ступени ПУ были получены функции распределения частиц по размерам на входе и выходе каждой ступени и выбросе в атмосферу. По результатам исследований характерных отказов рукавного фильтра были получены функции распределения частиц по размерам в случае отказов различной степени тяжести.

В результате численного моделирования было получено зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра d_{32} частиц на выходе, как в исправном состоянии, так и при отказе последней ступени очистки. Это позволило выбрать метод спектральной прозрачности одновременно реализованный на двух длинах волн: 405 нм и 650 нм для диагностики отказов фильтра. Проведены лабораторные исследования и получены результаты, позволяющие находить d_{32} по измеренным оптическим толщам на выбранных длинах волн.

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент П.В. Чартий

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТОВ АС₉₋₁₀ С ЦЕЛЮ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ЗАПАСОВ (НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НГБ)

В представленной работе проводится анализ изменения коллекторских свойств продуктивных терригенных пластов АС₉₋₁₀ черкашинской свиты по данным исследований кернового материала и результатам интерпретации комплекса ГИС с целью оценки эффективности выработки запасов нефти. Основной акцент в работе сделан на изучении фациальной неоднородности изучаемых пластов и их литолого-петрофизической типизации и диагностике фациальных обстановок осадконакопления с использованием динамогенетической диаграммы Г.Ф. Рожкова, электрометрических моделей фаций В.С. Муромцева, в комплексе с детальным анализом текстурно-структурных особенностей пород и характеристик их вещественно-го состава.

Исходя из результатов проведённых работ, автором сделаны следующие основные выводы:

1) в терригенных пластах АС₉₋₁₀ преобладают коллекторы III-IV классов (по классификации Ханина А.А.) с проницаемостью $10-300 \cdot 10^{-3}$ мкм² и с пористостью 20-24 %, при этом лучшими ФЕС обладают породы-коллекторы пласта АС₉;

2) доминирующей литофацией пластов является литофация отложений вдоль береговых баров с характерным выделением двух типов разреза по электрометрической модели фаций В.С. Муромцева (первый тип представляет собой прямоугольный треугольник, расположенный в зоне отрицательных аномалий ПС; для второго типа характерно отсутствие ярко выраженных гранулометрических трендов и «бочкообразная» форма кривой ПС);

3) установлены основные различия в фациальных обстановках осадконакопления пластов и их влияние на эффективность и полноту выработки запасов нефти.

Научный руководитель: старший преподаватель Р.Ф. Вафин

А.А. КЕТРОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ВОРОНЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Открытое в 1985 году на Урале Воронцовское месторождение относится к Ауэрбаховскому (Красноуринскому) рудному району. По минералого-геохимическим особенностям и геодинамической позиции – локализации в условиях активной континентальной окраины, некоторые исследователи относят руды, слагающие Воронцовское месторождение к Карлинскому типу.

Руды Воронцовского месторождения представлены несколькими типами. Золотоносные скарны (среднее содержание Au 2 г/т), имеют преимущественно гранатовый реже эпидотовый состав. Минералы полиметаллической ассоциации наложены на скарны, которые по содержанию редкоземельных и транзитных элементов занимают промежуточное положение между вмещающими месторождение известняками и оруденелыми брекчиями.

Главную рудную залежь Воронцовского месторождения слагают брекчии (среднее содержание Au 5 г/т), сформированные в две стадии брекчирования. Грубообломочные брекчии первой стадии являются нерудоносными. В их цементе преобладает обломочный материал – минералы пород вулканогенно-осадочной толщи и вулканогенные образования. С брекчиями второй стадии с пирит-аурипигмент-реальгаровой минеральной ассоциацией образовались в главную по отношению к золоту стадию. В тонкоchешуйчатых скоплениях реальгара обнаруживаются многочисленные сульфиды, сульфо-стибиды, сульфо-арсениды: крестит, полхемусит, минералы изоморфного ряда груздевит-акташит и др. Наряду с ними в зонах, обогащённых реальгаром, встречается и весьма высокопробное самородное золото. Проведённые исследования позволили выявить сходство рудного минерального парагенезиса Воронцовского месторождения с месторождением Карлин. Однако концентрация минералов Tl, Hg, As, Ag, Au в брекчиях, с формированием особо богатых руд, является яркой особенностью рассматриваемого месторождения, что ставит под вопрос целесообразность отнесения его к Карлиноскому типу. Природа формирования рудоносных брекчий является вопросом дискуссионным, и для ответа на него требуется проведение дальнейших исследований.

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор А.В. Козлов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Целью данной работы является разработка методики гироскопического ориентирования методом временных интервалов. Метод временных интервалов является не новым, но он не нашел своего практического применения в отечественных гироскопах.

Основным отечественным маркшейдерским гироскопом, применяемым при ориентировании шахт и рудников является МВТ2. Он разработан во взрывобезопасном исполнении, что позволяет применять его на шахтах опасных по взрыву газа и пыли. Гироскоп МВТ2 позволяет ориентировать стороны маркшейдерской сети с погрешностью около 30". Неудобством при работе с этим гироскопом является метод определения ориентирного направления – метод точек реверсий. Наиболее перспективным считается метод временных интервалов. Он основан на измерении отрезков времени между фиксированными штрихами шкалы автоколлимационной системы гироскопа. Нами была выявлена та самая последовательность прохождения через фиксированные штрихи, которая позволила применять расчетные формулы. Было выполнено пятнадцать определений азимута методом временных интервалов. Средняя квадратическая погрешность отдельного измерения составила 17". Метод временных интервалов требует более точного приведения оси гироскопа в плоскость меридиана. Также необходимо сказать о достоинствах этого метода. Первым из них является простота применения, так как оператору не нужно поворачивать теодолит и отслеживать точки реверсий. Он просто засекает интервалы времени в момент прохождения подвижного биссектора через фиксированный штрих. Вторым достоинством является его полная автоматизация. Для этого в гироскопическую приставку необходимо встроить несколько фототранзисторов, полупроводниковый лазер и счетчик времени, и этот метод станет наиболее эргономичным по сравнению с применяемым. Также внедрение этого метода позволяет сократить время определения гироскопического азимута с двенадцати до семи минут.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.А. Голованов

М.С. КИСЛИЦЫН, В.В. ЯРОШЕНКО

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ НА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ПЛАСТА «ЧЕТВЕРТЫЙ» ВОРКУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе предлагается решение проблем об управлении газовыделением и увеличении нагрузки на очистной забой на выемочных участках пласта «Четвертый» Воркутского месторождения путем повышения эффективности дегазации нижних пластов-спутников. Современный способ повышения эффективности дегазации надрабатываемых пластов заключается в проведении дополнительной полевой дегазационной выработки под пластом и бурении из нее сети восстающих скважин. Переход от бурения нисходящих скважин к восходящим является очень перспективным. Бурение сети восстающих из дополнительной выработки обеспечит наиболее эффективную дегазацию как надрабатываемого пласта так и рабочего и дополнительно позволит уменьшить риск выбороопасности путем их разгрузки. Переход на дегазацию надрабатываемых пластов путем восстающих скважин позволит увеличить нагрузку на очистной забой по газовому фактору. Ожидаемый положительный эффект от данных мероприятий: это увеличение коэффициента дегазации до 0,7 и увеличение нагрузки с 1500 до 2000 т/сут и более.

Научный руководитель: д.т.н., профессор О.И. Казанин

К.В. КЛЕКОВКИН, М.Е. СЕМБИЕВ

Уфимский государственный нефтяной технический университет

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕКАЧКИ ВЫСОКОВЯЗКИХ И ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ

В условиях непрерывного роста цен на энергоносители развитие транспортной системы возможно только с переходом на качественно новый уровень производства и потребления энергии.

Тяжелые и высоковязкие нефти в условиях истощения традиционных энергетических ресурсов приобретают все большее значение в мировой экономике. Особое значение они имеют и в России, где месторождения легкой нефти выработаны более чем наполовину, и одновременно - действующие и потенциальные переработчики в большинстве случаев не имеют прямого доступа к ресурсам.

Целью нашего доклада является разработка методов технологического расчёта и оптимизация эксплуатационных затрат при перекачке тяжелых и высоковязких нефтей.

Научная новизна работы заключается в разработке научных основ гидравлического и теплового расчёта перекачки высоковязкой нефти по трубопроводам при совместном подогреве и разбавлении и оптимизация эксплуатационных затрат при такой технологии перекачки.

Научный руководитель: старший преподаватель В.А. Бикинцев

С.В. КОВРИГИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ РАССЕЙНИЯ ТЕРРИТОРИИ С МАЛОСУЛЬФИДНОЙ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ

Изучение вторичных литохимических ореолов рассеяния – основной инструмент геохимических поисков МПИ. В настоящей работе изучены специальные возможности статистической обработки данных многоэлементного анализа (32 элемента, ПКСА) с целью поиска наиболее информативных способов выявления и визуализации аномальных геохимических полей (АГХП). Исходным материалом послужили результаты литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния на территории Нижне-Чиримбинского рудного узла (Енисейский край, обработано 10299 проб, работа ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2014 г.). Для определения геохимических закономерностей изучено статистическое распределение элементов (определено как логнормальное), произведены корреляционный, кластерный и факторный анализы методом главных компонент по парным корреляциям элементов. Для оптимизации значений в пространстве факторов были выбраны шесть наиболее значимых факторов с последующим варимаксным вращением координат. Выделенные группы элементов с сильными взаимными корреляционными связями, соответствующие им факторы получили геологическую интерпретацию: (1) $lgNa_{0.73}lgK_{0.49}$ – «породный литофильный», (2) $lgTi_{0.70}lgZr_{0.74}lgNb_{0.96}$ – «породный щелочной», (3) $lgCa_{0.87}lgMg_{0.76}$ – «породный карбонатный», (4) $lgZn_{0.80}lgPb_{0.76}lgMo_{0.75}$ – «рудный полиметаллический», (5) $lgCu_{0.73}lgNi_{0.72}lgCo_{0.62}$ – «породный базитовый», (6) $lgAu_{0.83}lgAs_{0.73}$ – «золоторудный». Поскольку корреляция вторичных литохимических ореолов с подстилающими породами и локализованной в них минерализацией проявляется наиболее явно при одновременном учете нескольких факторов, с целью лучшей визуализации геохимической модели АГХП нами был использован метод построения цветовых композитных карт в системе RGB по значениям трех выбранных факторов в качестве цветовых каналов по оригинальной методике. В работе предложен способ выбора сочетания «породных» и «рудных» факторов, оптимальный для геологической интерпретации.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент М.В. Морозов

М.А. КОРОБИЦЫНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ГОРНОРАБОЧИХ «КОЛЬСКОЙ ГМК»

В работе проведены расчеты рисков здоровью работников по основным вредным производственным факторам при добыче руды. Комплексный анализ рисков здоровью позволил выявить степень вероятности и предварительные сроки развития профессионального заболевания. Расчеты показали, что потенцирующий эффект совместного действия нескольких вредных факторов повышает вероятность развития профессионального заболевания у проходчиков в 3-5 раз в условиях конкретной горно-металлургической компании. Своевременная оценка рисков здоровью горнорабочих позволит правильно формировать группы риска по профзаболеваниям и целенаправленно осуществлять профилактические и реабилитационные мероприятия в целях сохранения и поддержания здоровья работников.

Научный руководитель: д.вет.н., профессор З.Н.Черкай

А.И. КОРОЛЕВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ЗАБОЙНЫЙ СКРЕБКОВЫЙ ЗАРУБНОЙ КОНВЕЙЕР ОЧИСТНОГО МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Известно, что очистные механизированные комплексы (ОМК) работают с существенно разной эффективностью из-за их слабой адаптивности к изменяемым горно-геологическим условиям. Схемы компоновки ОМК не изменялись более 40 лет при среднем периоде обновления техники от 7 до 15 лет. Назрела актуальность повышения адаптивности ОМК и их забойного конвейера, как основного элемента комплекса, к изменяемым в широком диапазоне горно-геологических условий.

Основными недостатками таких забойных конвейеров являются:

- не может работать при сложной гипсометрии пласта и изогнутой линии забоя из-за чрезмерной жёсткости става конвейера;
- невозможность раздельной транспортировки угля и породы;
- низкий коэффициент готовности, так как тяговая цепь, замкнутая в вертикальной плоскости, создаёт сложности в эксплуатации;
- малый клиренс (при комбайновой выемке) ограничивает поток угля, следовательно, техническую производительность комплекса.

Решением этих проблем может стать горизонтально замкнутый зарубной забойный скребковый конвейер, который может использоваться для компоновки ОМК с выемочным модулем.

Горизонтально замкнутый скребковый зарубной конвейер обеспечивает раздельное разнонаправленное транспортирование угля и породы что создаёт условие для селективной выемки. Повышается коэффициент готовности конвейера из-за уменьшения времени поиска неисправностей ($T_{пн}$), времени подготовки к устранению неисправности ($T_{п.у.н.}$) их устранения ($T_{ун}$) и времени наладки ($T_{ор}$):

$$K_r = \frac{T_p}{T_p + T_{ун}} = \frac{T_p}{T_p + (T_{н.н} + T_{п.ун} + T_{ун} + T_{ор})}$$

где: T_p – время работы конвейера;

Увеличивается подвижность става и приспособляемость конвейера к сложной гипсометрии пласта, а также техническая производительность комплекса за счёт увеличения потока угля.

Предлагаемый забойный скребковый зарубной конвейер осуществляет профилирование почвы, подрубку пласта, облегчает техническое обслуживание и является одним из узловых решений в дальнейшем совершенствовании очистных механизированных комплексов. Основные функции: отделение угля от массива пласта, погрузка отделённого угля на конвейер и его транспортирование, перемещение секции крепи, распределены по всей длине забоя, что снижает удельную концентрацию горных работ по длине лавы. Снижение концентрации и энергонапряжённости работ на каждом участке по длине лавы повышает безопасность и устойчивость технологического процесса добычи угля в КМОЗ.

П.А. КОСТЮК

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПНЕВМОПОДЪЕМНИКА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ В ГАЗОВОЙ СМЕСИ

В данной работе на основании принятой физической модели двухкомпонентного потока разработано математическое описание раздельного движения компонент с учетом их взаимодействия между собой, а также с элементами пневмоподъемника сыпучих материалов.

Однозначность результатов решения уравнений определяется конкретными начальными и граничными условиями движения двухкомпонентного потока материала.

На основании математического моделирования работы пневмоподъемника сыпучих материалов предложена новая конструкция, которая позволяет исключить выброс сыпучего материала из подающего трубопровода, снижение энергоемкости азирования и транспортирования, уменьшение расхода сжатого газа, увеличение надежности работы установки и охрана окружающей среды.

Экспериментально подтверждена пригодность разработанного математического описания для двухкомпонентных потоков при пневмо-транспортировании потоками высокой концентрации.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработана методика и программа расчета на ЭВМ установок нагнетательного пневмотранспорта сыпучих материалов потоками высокой концентрации, позволяющая проводить расчет оптимальных по энергоемкости режимов транспортирования и выбирать основное оборудование, необходимое для обеспечения этих режимов.

Определена величина максимальной подачи сыпучего материала. Представлена графическая часть, содержащая принципиальную схему пневмосистемы. Выведены зависимости рабочих параметров устройства.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В. Я. Потапов

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО ВЗАИМОСВЯЗЯМ ДИНАМИЧЕСКИХ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД

Целью исследований является разработка метода оценки прочностных свойств горных пород по их акустическим характеристикам, позволяющего производить оценку устойчивости целиков и кровли подземных выработок. Идея заключается в оценке остаточной прочности горных пород без их разрушения по взаимозависимости прочности и акустической добротности пород. Лабораторные эксперименты включали в себя первичное и вторичное определение акустической добротности образцов, внесение поврежденности циклическим нагружением, определение предела прочности образцов после внесения поврежденности. В результате испытаний получены зависимости добротности и прочности от количества циклов, а также предела прочности от добротности. Испытывались образцы осадочных (известняк Тигинского месторождения), магматических (габбро Головинского месторождения) и метаморфических (мрамор месторождения Тассос) пород. Для осадочных и магматических горных пород уменьшение акустической добротности соответствует уменьшению предела прочности. Для метаморфической породы зависимость состоит из двух участков уменьшения добротности и прочности и их увеличения.

Результатом исследований являются зависимости, позволяющие производить оценку остаточной прочности пород целиков и кровли без их разрушения методами неразрушающего контроля. Положительным эффектом является повышение безопасности горных работ, снижение потерь полезных ископаемых, увеличение эффективности горного производства.

Руководитель д.т.н., профессор А.С. Вознесенский

Е.А. КРАСИЛЬНИКОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ГРУБООШИБОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Достоверные геодезические данные требуются для решения различных научных и производственных задач. При наличии в результатах геодезических измерений грубых ошибок возникают значительные искажения полученных результатов. Современные компьютерные программы, обрабатывающие результаты геодезических измерений, реализуют тот или иной алгоритм поиска грубых ошибок. Цель работы – изучение существующих алгоритмов и экспериментальное определение их эффективности.

Методы поиска промахов делятся на: отбраковку грубых ошибок перед уравниванием и по результатам уравнивания. При современных способах накопления и обработки информации целесообразнее использовать вторые. Они делятся на статистические тесты, построенные на методе наименьших квадратов, и робастные процедуры.

Статистические тесты (способ нормированных поправок) дают надёжные результаты, но позволяют найти за цикл обработки лишь одну грубую ошибку. Этот недостаток можно исключить в методе наложения графиков поправок (МНГП). Основное свойство робастных процедур – устойчивость к грубым ошибкам. Наиболее общими из существующих робастных оценок являются М-оценки. Решение выполняется методом квадратично-взвешенных приближений (изменения весов между циклами). В работе исследуются МНГП, метод наименьших модулей, функция Хьюбера, функция Эдуола, «Правило альтернативы» и «Альтернатива методу наименьших модулей».

Для определения эффективности методы были протестированы на геодезической нивелирной сети для нахождения одной грубой ошибки и комбинации из двух ошибок. Были получены следующие выводы. МНГП работает лучше, чем способ нормированных поправок при малых значениях грубых ошибок. Кроме того, он выявляет значительный процент из комбинаций ошибок. Эффективность робастных методов при нахождении одной ошибки наивысшая для метода Эдуола. При выявлении двух ошибок наиболее эффективен метод «Правило альтернативы» – найдено 80% комбинаций.

Необходимо создание комплексного алгоритма, позволяющего сочетать достоинства приведённых методов в той или иной степени.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Зубов

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИТАЦИИ В ОБОГАЩЕНИИ ТРУДНООБОГАТИМЫХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД МЕДВЕДЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Разведанные на Южном Урале месторождения магнетитовых руд малочисленны и запасы в них незначительны. Большая часть разведанных железных руд Южного Урала (более 80%) представлена титаномагнетитовыми рудами, которые являются, в основном, среднетитанистыми с массовой долей диоксида титана 3 – 14%. К таким рудам относятся и руды Медведевского месторождения, разведанные запасы которого составляют 476 млн т.

Руды Медведевского месторождения делятся на вкрапленные ильменитовые и сплошные ильменит-титаномагнетитовые руды. Размер зерен основной части рудных минералов (ильменита и титаномагнетита) колеблется от 1,5 до 0,5 мм.

Ильменитовый промпродукт представлен рудными минералами с плотностью 4500–5000 кг/м³ и нерудными с плотностью 2700–3200 кг/м³, что дает возможность применять для их разделения гравитационный метод обогащения.

Одним из наиболее эффективных гравитационных аппаратов, обеспечивающих высокую степень разделения, является концентрационный стол. Применение данного аппарата требует больших производственных площадей и значительных капитальных затрат. Поэтому наиболее целесообразно предварительно использовать высокопроизводительный аппарат, позволяющий получать черновой концентрат. Для разделения ильменитового промпродукта крупностью 0,1-0 мм изучено влияние основных параметров работы центробежного концентратора, концентрационного стола и винтового сепаратора на технологические показатели обогащения. Результаты показали, что из титаномагнетитовой руды Медведевского месторождения возможно получение кондиционного ильменитового концентрата с массовой долей диоксида титана 49,0% применяя гравитационную схему обогащения с предварительным обогащением на центробежном концентрате и последующим – на концентрационном столе.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.П. Шавакулева

Ф.Г. КУДИНОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Битуминозные карбонатно-глинисто-кремнистые породы баженовской свиты – уникальное геологическое образование Западно-Сибирского НГБ. Это - региональный флюидоупор, перекрывающий верхнеюрский нефтегазовый комплекс, сильный отражающий сейсмический горизонт, разделяющий меловые и юрские отложения бассейна. Баженовская свита содержит нефтяные залежи, как в аномальных разрезах, так и в самой матрице высокоуглеродистых пород (сланцевая нефть).

Породы баженовской свиты, исключая аномальные ее разрезы (АР), обладают аномальными физическими свойствами и используются в качестве репера при геофизических исследованиях скважин (ГИС), в первую очередь, по методам сопротивления (КС) и гамма-каротажу (ГК). С учетом данных акустического (АК), плотностного (ГГК) и нейтронного (НКТ) методов ГИС. Нижеперечисленные свойства и тем более их сочетания не обнаруживаются в других частях мезозойского разреза Западно-Сибирского НГБ и являются уникальной геофизической характеристикой баженовской свиты.

Аномально высокая радиоактивность (ГК>30 мкР/ч), исключительно урановая ее природа. Содержание U на порядок выше, а калия и Th - в разы ниже, чем во вмещающих породах и других частях разреза.

Аномально низкая плотность (по данным ГГК), особенно в интервалах с высокой радиоактивностью и нефтенасыщенностью.

Высокое удельное электрическое сопротивление (КС) при повышенной радиоактивности ГК>30 мкР/ч, регулярное сопровождение максимумов сопротивления минимумами содержания калия.

Расхождение показаний разноглубинных зондов ВИКИЗ с принципиально иным, чем у коллекторов, соотношением сопротивлений. Максимальные расхождения показаний зондов ВИКИЗ соответствуют максимальным содержаниям U (ГК).

Научный руководитель: кандидат г.-м.н., доцент Г.Г. Номоконова

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ КОЛОНКОВОГО БУРЕНИЯ С ПРОДУВКОЙ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Как показывает практика, проходка на коронку и расход алмазов на 1 м бурения с продувкой серийными типами алмазных коронок, предназначенных для бурения с промывкой, уступают соответствующим показателям бурения этими коронками при промывке, поэтому алмазное бурение серийными коронками с продувкой сжатым воздухом в породах высоких категорий пока не эффективно и требует создания специализированного алмазного бурового инструмента для бурения с продувкой сжатым воздухом.

Предлагаемые технические решения направлены на повышение стойкости буровых коронок и снижение энергоемкости разрушения при бурении с продувкой сжатым воздухом за счет более интенсивного охлаждения торца буровой коронки. Для бурения в твердых и крепких горных породах предлагается специальная алмазная коронка, отличающаяся особым выполнением - наклонно расположенными продольными каналами на боковых поверхностях матрицы и их «амплитудным» расположением. Амплитудное расположения секторов матрицы позволит снизить величину поступающего в матрицу теплового потока, при котором сократится температурное напряжение и снизится температурный градиент, что позволит более эффективно охлаждать коронку. Расположение продувочных каналов по такой схеме способствует снижению потерь скорости и давления потока сжатого воздуха в призабойной зоне. Более того, наклонное положение продольных каналов на боковых поверхностях матрицы делает матрицу своеобразным центробежным насосом, активизирующим циркуляцию потока сжатого воздуха.

Предполагается также возможность замены алмазов из коренных месторождений на более перспективные – импактные алмазы (лонсдейлит).

Научные руководители: к.т.н, профессор Р.М. Скрябин, ст. преподаватель Б.В. Григорьев

Д.Е. ЛАЗАРЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Фотограмметрический способ обработки изображений нередко сводится к определению координат специальных знаков. Естественной единицей измерения цифровых снимков служит пиксель. Специализированные программные продукты гарантируют субпиксельную точность измерений. Однако, объективных доказательств того, что измерять можно с точностью до десятых и даже сотых долей пикселя в литературе не обнаружить, как и алгоритмов, с помощью которых такая точность достигается.

Разработка технологии, обеспечивающей объективную числовую оценку субпиксельной точности, и алгоритма для автоматизированной обработки измерений.

Важной характеристикой цифровых снимков является разрешение на местности, так называемое GSD. В данной работе рассматривается возможность использования разностей GSD пар независимых отрезков для оценки точности определения пиксельных координат по измерениям, выполненным вручную и автоматически. Также рассматривается влияние масштаба изображения на точность измерений. В работе учитывается влияние формы знака на точность определения координат.

1. Точность измерений вручную равна половине пикселя исходного изображения независимо от масштаба, при котором этот процесс выполняется.

2. Точность автоматического измерения выше точности измерений вручную. Автоматизация процесса позволила достичь точности сотых долей пикселя.

3. Доказывается, что зависимость точности измерений от формы знака не одинакова при использовании разных алгоритмов определения координат.

4. Разработан алгоритм, обеспечивающий высокую точность измерений, будучи при этом достаточно простым и практически независимым от качества изображения.

Предложенный вариант исследования точности измерения цифровых снимков с помощью GSD оказался эффективной технологией, обеспечивающей объективную числовую оценку субпиксельной точности.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Ю.Н. Корнилов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОНДЕНСАТА

Разрабатываемые газоконденсатные залежи в зависимости от геологических условий находятся в широком диапазоне давлений и температур и различны по качественным и количественным характеристикам конденсата. В пластовых условиях совместно с углеводородами содержатся пары воды, которые оказывают влияние на фазовые процессы, а, следовательно, и на основные прогнозные характеристики. В зависимости от коллекторских свойств пород остаточная вода занимает различную часть порового объема залежи. Так, в коллекторах валанжинских залежей Уренгойского месторождения остаточная водонасыщенность варьирует в пределах 27% - 48%, а в залежах ачимовских отложений (по данным ЗапСибГеоНац), находящихся при более высоких давлениях и пластовых температурах, количество водяных паров достигает до 56%.

Отличительным признаком конденсационных вод является их слабая минерализация. Достоверную информацию о составе конденсационных вод получить сложно, т.к. они смешиваются с пластовыми водами. Обычно PVT-исследования с целью определения прогнозного КИК проводятся без учета воды, в то время как ее наличие ведет к снижению конденсатоизвлечения и росту пластовых потерь углеводородов до 5% при разработке реальных газоконденсатных залежей.

Экспериментальные исследования в системе газ-вода-конденсат проводились на рекомбинированных пробах газа сепарации, насыщенного конденсата и воды, отобранных из валанжинской залежи (пласт БУ) при $T_{пл} - 78^{\circ}\text{C}$ и содержании воды в системе $19,93 \text{ г/м}^3$ и ачимовских отложений (пласт АЧ₃₋₄) при $T_{пл} - 105^{\circ}\text{C}$ Уренгойского месторождения. Для оценки учета влияния конденсационной воды на КИК исследования проводились на установке ChandlerEngineering модели 3000G. Прогнозирование процесса разработки на истощение водонасыщенной газоконденсатной смеси осуществлялось методом дифференциальной конденсации.

Таким образом, экспериментально установлено, что при снижении давления происходит конденсация воды вместе с высококипящими углеводородами из пластовой газоконденсатной смеси. Содержание паров воды в газе зависит от термобарических условий залежей углеводородов и варьирует в широких пределах.

Научный руководитель: д.т.н., профессор С.И. Грачев

Е.Х. ЛАФОНТ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕТСКОЙ ГОРОДСКОЙ БОЛЬНИЦЫ №22 В КОЛПИНСКОМ РАЙОНЕ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Комплекс зданий детской больницы №22, построенной еще в 1992 году, находится в предаварийном состоянии; зафиксировано развитие значительных и неравномерных осадок, подвальные помещения постоянно подтапливаются грунтовыми водами.

В разрезе основания зданий больницы непосредственно под фундаментами (отдельно стоящие и ленточные) присутствует толща пылеватых песков, для которой характерны пльвинные свойства. Формирование гидродинамических условий в разрезе рассматриваемого объекта происходит под воздействием старинного Ижорского водохранилища, созданного в 1722 году. Постоянное подтопление территории происходит за счет фильтрационного потока в сторону р. Попова Ижорка, на правом берегу которой расположена больница. Напоры в песчаном слое основания близки к отметкам уровня водохранилища. Восходящее перетекание вод формирует зыбучие свойства песков и перекрывающих их слабых глинистых отложений.

Грунты разреза микробно поражены, что вызвано заболоченностью территорий, ее длительным хозяйственным освоением, а также плохим состоянием канализационной системы больницы. Бактериологический и микологический анализ грунтов показал, что наиболее микробно поражена толща пылеватых водонасыщенных песков. Высокая микробиологическая пораженность грунтов предопределяет низкие значения прочности песчано-глинистых отложений разреза.

При расчетах несущей способности грунтов под подошвой фундаментов, было установлено, что грунты основания находятся в стадии развития пластических деформаций, которые имеют затухающий характер.

Так как процесс затопления подвальных помещений происходит на всей территории, расположенной между Заводским проспектом и Ижорским водохранилищем, вопрос о дренаже сооружения надо решать с региональных позиций. Один из вариантов снижения гидродинамического давления и взвешивающего эффекта – устройство «стены в грунте», которая будет заглублена в нижнекембрийские глины на 2 м, и сле-

дующий этап – проектирование дренажа зданий в зависимости от конкретной гидрогеологической обстановки.

Научный руководитель: д.г.-м. н., профессор Р.Э.Дашко

Г.С. ЛОНШАКОВ

Иркутский национальный исследовательский технический университет

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ г. ИРКУТСК

Контроль и анализ состояния природно-техногенных систем основан на комплексном анализе большого объема разнородной геологической информации. В качестве информационного обеспечения предлагается электронный атлас, который представляют собой послойно отображаемую картографическую модель местности с возможностью интерактивного взаимодействия с пользователем и анализа исходной информации с помощью математического моделирования для разработки и вычисления комплексных характеристик исследуемых площадей.

Комплексной работы подобного рода по территории г. Иркутск нет. Главным отличием разрабатываемого атласа от существующих аналогов является то, что наряду с картографическим материалом в атласе в электронном виде отражена и доступная для обработки информация по более чем 2500 точкам наблюдения, в т.ч. - буровым скважинам, колодцам, шурфам, канавам. На основе атласа возможна комплексная оценка устойчивости гидросферы территории с учетом различных техногенных нагрузок и количественная характеристика их защищенности.

Схемы подземных коммуникации являются объектами повышенной секретности. По мнению многих экспертов роль подземных коммуникации в развитии подтопления территории г. Иркутск носит ключевой характер и расчет устойчивости подземной гидросферы не может быть достоверным без учета этого фактора. Для решения данной проблемы разработана методика составления схемы плотности подземных коммуникации.

Как суммарный результат взаимодействия природных условий и техногенных нагрузок на территорию города в атласе приведены карты вероятности развития отдельных природных геодинамических и инженерно-геологических процессов.

Для прогноза развития опасных процессов разрабатывается комплексный показатель состояния гидросферы, включающий комплекс факторов, включенных в электронный атлас.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Л.И. Аузина

А.И. ЛЮТАК

Сибирский государственный университет геосистем и технологий

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ КАРЬЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ СКАНЕРОВ

В работе рассматривается технология создания цифровых моделей карьеров с применением лазерного сканирования.

Трехмерное моделирование в настоящее время все чаще начинает применяться в различных сферах деятельности человека. Одной из областей является горная промышленность. Исходными данными для создания трехмерных моделей могут быть данные наземного лазерного сканирования. В горной промышленности такие данные могут быть использованы для 3D-моделирования месторождений, трубопроводов, открытых карьеров и подземных выработок; создания высокоточных цифровых моделей сложных технологических объектов и узлов; проектирования объектов обустройства месторождений и т.д.

Данные лазерного сканирования представляют собой «облако точек» с набором характеристик для каждой точки. Для обработки материалов сканирования и создания по первично обработанным материалам моделей объектов, используется специализированное программное обеспечение.

Сканирование производится с точки установки штатива (станции). Для обеспечения полноты геометрических данных об объекте сканирование последнего выполняется с нескольких станций (позиций на местности). Используя методы классической геодезии, данные, полученные при сканировании, приводятся к единой системе координат. В зависимости от условий и требований технического задания, одним сканером за один день на объекте можно выполнить до нескольких сотен станций. При этом на каждой станции в автоматическом режиме выполняются десятки миллионов измерений объекта с точностью 2-5 мм.

Наземное лазерное сканирование является самым оперативным и высокопроизводительным средством получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте, в частности, о карьере. Суть технологии сканирования заключается в определении пространственных координат точек объекта.

Научный руководитель: к.т.н. В.С. Писарев

М.А. МАКАРОВА

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В данной работе рассматривается управление экологическим риском на примере экономико-математической модели предпринимательской структуры.

Экологический ущерб от аварии может быть настолько существенным, что предприятие станет не в состоянии возобновить свою коммерческую деятельность. Поэтому в целях обеспечения экономической устойчивости ПС должна проводить мероприятия по управлению экологическим риском.

Оценка уровня экологического риска играет главную роль при формировании инструмента налогового регулирования. В данном случае рекомендуется определить зависимость налоговой ставки от уровня экологического риска на предприятии, по принципу - высокому уровню экологической опасности соответствует повышенная ставка налога на прибыль, и наоборот. Данный механизм будет способствовать проведению превентивных мероприятий в отношении экологического риска и тем самым снижать налоговую нагрузку.

В качестве основы данного инструмента является нормативный уровень экологического риска предприятия. Превышение фактического уровня экологического риска по сравнению с нормативным уровнем автоматически увеличивает налоговую ставку. Использование данного инструмента налогового регулирования предполагает, помимо основной налоговой ставки ($H^{осн}$), введение стимулирующей части налоговой ставки ($H^{стим}$), которая непосредственно регулирует уровень налогообложения субъекта предпринимательской деятельности.

Предложенный механизм налогового регулирования экологического риска оказывает стимулирующее воздействие на предприятие в целях обеспечения экологической безопасности и устойчивости функционирования на рынке.

Научный руководитель: ст. преподаватель И.Н. Глазкова

А.В. МАЛЬЦЕВА

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ООО «ГАЗПРОМ ДОБЫЧА УРЕНГОЙ»

В условиях нестабильной политической и экономической ситуации в России необходимо разрабатывать новые пути реализации энергетической стратегии ОАО «Газпром». В этой связи, предложено и обосновано стратегическое изменение схем использования природного газа в ООО «Газпром добыча Уренгой».

Предприятие в 2014 году добыло более 100 млн м³ газа и значительная его часть, после транспортировки в центральные регионы России использована на выработку электроэнергии. Суть проекта заключается в том, чтобы преобразовать 30% газа в электроэнергию на самом месторождении, и транспортировать уже электроэнергию. Это позволит сократить потери и повысить экологическую эффективность за счет заправки продуктов сгорания в пасты.

Для апробации выбран газовый промысел №16. Общий объем инвестиций в проект составит около 10 млрд. руб. Но в результате реализации проекта эффект в сумме 50 млн.руб. будет получен уже в первый год.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Д.В. Котов

Р.Э. МАТВЕЕВ

Самарский государственный технический университет

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА МНОГОКОМПОНЕНТНЫМИ КИСЛОТНЫМИ СОСТАВАМИ

В работе освещены проблемы снижения продуктивности нефтяных скважин, сформулированы основные критерии выбора кислотных составов. Выделяется факт синергизма свойств совместного присутствия полярного растворителя и ПАВ в кислотном составе. Приведены результаты лабораторных и промысловых исследований по разработке многокомпонентного кислотного состава.

Одной из актуальных проблем нефтедобывающей отрасли является повышение эффективности эксплуатации скважин. Как правило, падение продуктивности скважин связано с ухудшением гидродинамических характеристик призабойной зоны пласта (ПЗП) вследствие снижения проницаемости прискважинной

зоны пласта, вызванного техногенными факторами. К основным причинам ухудшения проницаемости ПЗП можно отнести:

- Кольматацию пласта фильтратом буровых и цементных растворов;
- Повреждение пласта водными растворами при глушении и кислотных обработках;
- Выпадение в призабойной зоне пласта тяжелых углеводородных осадков (образование асфальтосмолистых отложений);
- Образование неорганических осадков при смешении нагнетаемой и пластовой вод;
- Образование в пласте водно-нефтяных эмульсий.

При выборе и обосновании технологии воздействия на ПЗС в конкретных условиях имеют большое значение результаты анализа причин и механизма ухудшения состояния призабойной зоны в процессе эксплуатации.

Научный руководитель: доцент Л.Н. Хромых

Б.И. МАХМУТОВ

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
институт геологии и нефтегазовых технологий*

МЕТОД SAGD ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ НА АШАЛЬЧИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Одним из перспективных источников углеводородного сырья на современном этапе разработки месторождений являются месторождения высоковязких нефтей и природных битумов. К таким источникам УВ необходимо отнести месторождения высоковязких нефтей и природных битумов на территории Республики Татарстан, локализованные на сравнительно небольших глубинах (в среднем до 400 м) в пермских отложениях, что очень сильно осложняет бурение горизонтальных скважин с их выходом на поверхность. Поэтому компанией «Татнефть» была закуплена канадская буровая установка, специально разработанная для бурения таких скважин.

Метод SAGD (steam-assisted gravity drainage) – это новая технология для добычи высоковязких нефтей и природных битумов, т.е. метод, при котором два горизонтальных ствола параллельны и бурятся в одной плоскости, расстояние между скважинами от 5 до 10 метров. Верхняя скважина является паронагнетательной, а нижняя – добывающей.

Методы разработки, которые ранее применялись на Ашальчинском месторождении, были связаны с использованием закачки пара в вертикальные скважины, а также применения метода внутрислового горения. К сожалению, использование этих методов вызвало появление экологических проблем.

Современный метод SAGD позволяет добывать битумы без экологического ущерба окружающей среде. Так же использование метода SAGD позволит повысить КИН, что вызывает необходимость детального изучения строения месторождения, изучения состояния коллекторов и покрышек, анализа характеристического состава пород и изучения особенностей самих нефтей и природных битумов.

Успешное применение метода SAGD зависит от геологической изученности Ашальчинского месторождения и рекомендаций по применению метода на отдельных его участках.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Л. М. Ситдикова

Н.А. МЕДВЕДЕВА

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тверской государственный технический университет»*

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Для подготовки торфяного месторождения к эксплуатации выполняются гидротехнические мероприятия по осушению торфяной залежи. В результате осушения торфяной залежи уменьшается средняя влажность торфяной залежи до эксплуатационного значения; уплотняется торфяная залежь и повышается выход воздушно-сухого торфа, создаются условия для прохождения различных торфяных машин. Осушение вертикальным дренажем осуществлялось путем откачки воды насосами из специальных вертикальных колодцев-скважин, заложенных в водоносном слое. Воду отводят в ближайший искусственный (водохранилище) водоприемник. Путем осушения системой открытых каналов (магистральный, валовые и картовые каналы) осуществляется сброс из торфяной залежи избыточных запасов воды.

Цель работы – изучение возможности применения вертикального принудительного дренирования для дополнительного осушения торфяных месторождений с наименьшим отрицательным влиянием на окружающую природную среду и в первую очередь на режим прилегающих водных объектов.

Проведен анализ осушительной сети торфяного месторождения «Ильинское» Тверской области. На опытном участке построены три водопонизительные скважины с сетчатыми фильтрами, оборудованные погружными насосами. При исследованиях проводились измерения уровня грунтовых вод в залежи и пьезометрического уровня в подстилающих песках. Осадка поверхности определялась нивелированием более ста точек поверхности залежи. В четырех пунктах периодически отбирались по всей глубине залежи пробы торфа на влажность.

При непрерывной откачке воды из скважин на опытном участке начала формироваться общая депрессионная воронка с дополнительными местными понижениями вблизи скважин. Таким образом, вертикальное принудительное дренирование понижает напора в подстиле, а также обеспечивает отвод воды атмосферных осадков и понижение УГВ.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.В. Пухова

Л.И. МИНИХАИРОВ, Н.Г. ГАЛЯМОВ
Казанский (Приволжский) федеральный университет

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ С ЦЕЛЬЮ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЗДАНИЕ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Интенсивное строительство и разрастание территории города Казани требует внимательного наблюдения за влиянием активных геологических процессов на памятники архитектуры, вновь строящиеся строения и сооружения с целью предотвращения возможных негативных последствий. В условиях городской застройки существенную помощь в решении проблемы могут оказывать геофизические методы измерений, не влияющие на геологическую среду и экологию.

Методика гравиметрических измерений в режиме мониторинга с целью сохранения памятников архитектуры Архитектурного ансамбля Казанского кремля впервые была разработана и проведена под руководством профессора К(П)ФУ З.М. Слепака в 1995 – 2003 гг. Она заключается в выполнении независимых повторных измерений в одних и тех же пунктах, разделенных временными интервалами. Это позволило исключить необходимость учёта влияний земного рельефа, строений кремля и по изменчивости гравитационного поля, создаваемой динамикой подземных вод, изучать их влияние на основания и фундаменты строений.

Объектом исследования авторов являлось здание ИГиНГТК(П)ФУ, расположенное в центре города на улице Кремлевской.

В докладе рассматриваются результаты гравиметрического мониторинга, проведённого внутри здания Института геологии и нефтегазовых технологий К(П)ФУ с целью изучения негативного влияния активных геологических процессов на его основание и предотвращения связанных с ними опасных последствий. Высокоточные гравиметрические измерения в режиме мониторинга были выполнены гравиметром канадского производства - Scintrex CG-5 Autograv № 716 на первом этаже здания. По результатам измерений авторами проведена обработка и интерпретация полученных данных. Измерения в режиме мониторинга в здании также были проведены ранее в 2011 - 2012 гг. Сопоставление этих данных с результатами измерений, проведённых авторами, позволило изучить особенности изменения поля силы тяжести в здании ИГиНГТ в течение 4 лет, что и являлось основной задачей исследований.

Научный руководитель: д.г.-м.н. профессор З.М. Слепак

М.А. МИРОШНИЧЕНКО
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАПРАВЛЕННОГО КИСЛОТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН СЛТ ПРИОБСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Запасы Северной лицензионной территории (СЛТ) Приобского нефтяного месторождения относятся к трудноизвлекаемым по причине низкой проницаемости пород-коллекторов, высокой расчлененности продуктивных горизонтов, а также повышенными пластовыми температурами. Анализ геолого-промыслового материала показал низкую успешность кислотных обработок за период 2011-2012гг., которая составила 57%, при этом рост обводненности наблюдался у 61% обработанных скважин. Исходя из анализа геолого-промыслового материала, актуальной задачей является повышение успешности кислотных обработок добывающих скважин.

На основании проведенного анализа теоретического опыта применения различных методов кислотных обработок скважин была рекомендована технология направленной кислотной обработки. Причина такого выбора состоит в том, что продуктивные пласты СЛТ Приобского нефтяного

месторождения имеют низкую проницаемость и высокую неоднородность в сочетании с зонами высокопроводимых трещин из-за проведения ГРП. В связи с этим была предложена технология кислотного воздействия, состоящая из 4-х этапов. На первом этапе производится очистка призабойной зоны пласта (ПЗП) от загрязнений. В зависимости от типа загрязнения подбирается соответствующий вид химической обработки. На втором этапе в ПЗП закачивается жидкость-отклонитель в виде обратной водонефтяной эмульсии (ОВНЭ). На 3-ем этапе производится солянокислотная обработка (СКО) скважины с целью растворения карбонатов в породе-коллекторе, после чего на 4-ом этапе осуществляется глинокислотная обработка (ГКО) с целью воздействия на матрицу породы.

За счет регулируемых технологических свойств (вязкости, термостабильности) состав ОВНЭ, проникая в ПЗП, временно изолирует высокопроводимые каналы трещины, обеспечивая отклонение закачиваемого следом кислотного состава (КС) с целью воздействия на низкопроницаемые интервалы продуктивного пласта.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.В. Мардашов

А.В. МОРОЗОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ

В работе рассмотрены актуальные задачи развития крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) в условиях интеграции России в международное экономическое сообщество и обострения проблемы продовольственной безопасности. Применение информационных технологий и совершенствование существующей методики автоматизированного землеустроительного проектирования является одним из способов решения поставленных перед сельскохозяйственными производителями задач.

С учетом специфики данного направления были выделены рекомендуемые к реализации на государственном уровне положения по обеспечению вхождения автоматизированного проектирования в регулярную практику. Суть рекомендаций заключается в разработке и совершенствовании нормативной базы в области землеустройства, методик автоматизированного землеустроительного проектирования (АЗП), соответствующих программных продуктов, а также в их внедрении. В рамках разработки методики автоматизированного землеустроительного проектирования были поставлены задачи, которые реализуются по следующим направлениям: анализ отечественных и зарубежных разработок в области АЗП; обобщение и совершенствование концептуальных положений землеустройства на основе использования средств автоматизации; создание и внедрение автоматизированной системы проектирования (АСП); апробация и оценка экономической эффективности применения АСП.

Методика проектирования границ К(Ф)Х, специализирующихся на производстве молока разработана на критериальной основе и реализована с использованием геоинформационной системы MapInfo Professional. Предложен проект границ К(Ф)Х, удовлетворяющий выявленным критериям и обеспечивающий эффективное и рациональное ведение производственной деятельности. Дальнейшие исследования в данной области направлены на разработку методик для К(Ф)Х, имеющих разные виды основной специализации, их апробацию и внедрение в практику.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Е.Н. Быкова

И.А. МОРОЗОВ

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТ ТОРЦЕВЫХ УСЛОВИЙ И ОТНОШЕНИЯ ВЫСОТЫ К ДИАМЕТРУ ПРИ СЖАТИИ ОБРАЗЦОВ КАМЕННОЙ СОЛИ

В ходе экспериментального исследования определены коэффициенты трения различных типов контактов, проведены эксперименты по сжатию образцов каменной соли различной высоты при определённых торцевых условиях с построением полных диаграмм деформирования и определением комплекса механических показателей. Получены эмпирические зависимости, позволяющие определять значения механических показателей, соответствующие одноосному сжатию, по результатам экспериментов на сжатие образцов произвольной высоты при произвольном коэффициенте трения покоя между торцами образца и плитами пресса.

Результаты проведенного комплекса исследований предназначены для совершенствования методики определения физико-механических свойств соляных пород при сжатии образцов в лабораторных условиях.

Научный руководитель: к.т.н., доцент И.Л. Паньков

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ОПЫТНОЙ АЛМАЗНОЙ КОРОНКИ

Одним из направлений совершенствования буровых инструментов является создание конструкций коронок и долот, обеспечивающих снижение искривления стволов скважин, буримых в анизотропных горных породах.

Разработана новая алмазная коронка, защищенная заявкой на полезную модель (патент №148333), которая учитывает основные недостатки известных технических решений. Данная коронка, в отличие от известных конструкций, отличается заданной асимметрией вооружения. Для изучения особенностей механизма работы опытной коронки было проведено экспериментальное бурение на буровом стенде.

Экспериментальные исследования включали определение физико-механических свойств горной породы – долерита и бурение данной породы импрегнированной коронкой типоразмера NQ (наружный диаметр 76, 2 мм) с тонкой матрицей (8 мм) – без изменения торцевой части и той же коронкой, но уже с измененным торцом матрицы. Бурение осуществлялось на буровом стенде, который оборудован буровым станком СКБ-4 и буровым насосом НБ-3. Экспериментальное выполнено в соответствии с планом полного факторного эксперимента. В качестве откликов были замерены: механическая скорость бурения v_m , м/ч; углубление за один оборот $h_{об}$, мм/об; энергоемкость бурения N/v_m , кВт ч/м; мощность на бурение N , кВт; диаметр керна d_k , мм; угол смещения точки контакта корпуса коронки со стенкой скважины, Δ , град.

Опытные работы показали, что коронка показывает высокую работоспособность, а результаты испытаний позволяют выполнить дополнительные усовершенствования конструкции новой коронки. При этом выявлен механизм работы опытной коронки и в целом подтверждены результаты теоретического анализа. Полученные результаты опытных работ позволяют провести новый этап работ по усовершенствованию конструкции алмазной буровой коронки с целью повышения её эксплуатационных характеристик.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.В. Нескоромных

А.Б. МЫРЗАМУРАТОВ
РГУ нефти и газа И.М. Губкина

ПОГРУЖНАЯ НАСОСНАЯ УСТАНОВКА С ПОДПОРНЫМ СТРУЙНЫМ НАСОСОМ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН С БОКОВЫМИ СТВОЛАМИ

На протяжении последнего десятилетия эффективно реализуются проекты по бурению боковых стволов. Бурение боковых стволов дает вторую жизнь скважине, позволяет вовлечь в разработку ранее неохваченные нефтеносные участки. Однако при эксплуатации таких скважин возникают определенные сложности. К осложняющим факторам при эксплуатации скважин с боковыми стволами относят: ограничение по диаметру боковых стволов (89, 102 мм); большое отклонение бокового ствола от вертикали (до 65°); интенсивный набор кривизны бокового ствола (до 8° на 10 м); ограничение эксплуатации по динамическому уровню. Данные проблемы ограничивают возможность применения в боковых стволах стандартного насосного оборудования. Насосные установки малого габарита значительно повышают стоимость добычи нефти из-за дороговизны новой насосной техники. В этой связи, остаются актуальными работы по созданию более эффективных, с экономической и технической точки зрения, насосных систем для эксплуатации боковых стволов.

В рамках научной работы разработана новая схема насосной системы, выполненной на основе надежной и относительно дешевой насосной установки УЭЦН в пятом габарите, с размещением УЭЦН в основном стволе скважины. Ниже УЭЦН, в основном стволе скважины или в боковом стволе, размещают подпорный струйный насос. Подпорный струйный насос обеспечивает повышение давления на приеме УЭЦН, что способствует повышению эффективности работы насосной установки в целом.

В рамках данной работы решены следующие задачи: выполнена разработка конструкции новой насосной системы, подготовлена методика для подбора и расчета насосного оборудования. На основе программы «Насос струйный.xls» произведен гидравлический расчет системы «УЭЦН-струйный насос», определены оптимальные размеры проточной части струйного насоса. Разработана конструкторская документация и трехмерные модели (в среде SolidWorks), проведен прочностной анализ в пакете SolidWorks Simulation.

Выполненные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы подтвердили возможность эффективного применения новой насосной системы для добычи нефти.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Ю.А. Сазонов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ЖЕЛЕЗОРУДНОМ КАРЬЕРЕ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «МИХАЙЛОВСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ»

В настоящее время на железорудном карьере Михайловского Горно-Обогатительного Комбината существует проблема некачественной проработки подошвы уступа. Это обусловлено добычей полезного ископаемого высокими уступами до 30 метров и углами откоса уступов до 80 градусов.

Известны различные методы решения данной задачи: изменение диаметра скважин, огневое расширение скважин (создание «котлов»), применение наклонных скважин и другие. Применяемый в настоящее время метод парносближенных скважин имеет следующие недостатки:

1. Увеличение стоимости работ, вызванное удваиванием объема бурения.
2. Выход негабаритных кусков породы из верхней части скважины, за счет снижения высоты колонки проектного заряда.

Расчет по методике для высокоплотных взрывчатых веществ, к которым относится применяемый Гранэмит И-50, подтверждает невозможность проработки нижней части уступа при использовании одной скважины. Предлагается комбинированная конструкция заряда: в нижней части скважины - тротилосодержащие взрывчатые вещества, например, Акватол или Граммонит 30/70, а в верхней части - Гранэмит И-50. Расчет показывает, что нижняя часть уступа будет эффективно проработана одной скважиной, без использования парносближенных скважин.

Научный руководитель: д.т.н, профессор Г.П. Парамонов

Я.О. МЯСИН*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫНОСНОЙ РЕАКЦИОННОЙ ЗОНЫ БЛОКА СИНТЕЗА МЕТИЛ ТРЕТ-БУТИЛОВОГО ЭФИРА НА БАЗЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА 1-А/1М

В работе представлен расчетный проект выносной реакторной зоны блока синтеза МТБЭ для установки каталитического крекинга 1-А/1М. Реакционная зона спроектирована по существующей модели НИИ «Ярсинтез», которая успешно реализована в составе секции 300 комбинированной установки каталитического крекинга Г-43-107/М1.

Данный проект позволяет увеличить мощность производства метил трет-бутилового эфира в рамках реализации стратегии улучшения технико-экологических характеристик бензинов реализуемой в ОАО АНК «Башнефть». При реализации данного проекта появится возможность увеличения производства бензинов марок «Премиум-95» и «Экстра-98» экологического класса Евро-5, что положительно скажется на маржинальности переработки нефти, так как стоимость вышеназванных топлив выше, чем бензина марки «Регуляр-92».

Расчет выносной реакционной зоны произведен исходя из максимальной проектной мощности установки 1-А/1М по сырью и среднегодовых данных выхода бутан-бутиленовой фракции. Проектная мощность блока по целевому продукту составляет 360 тыс. т/год, выход которого равен 16,34%. Количество потерь не превышает 2%, основной побочный продукт представлен отработанной бутан-бутиленовой фракцией, направляемой на установку сернокислотного алкилирования.

В расчетах предложено использование выносной реакционной зоны, имеющей политропический тепловой режим с отдельной ректификационной зоной для получения метил трет-бутилового эфира высокой чистоты более 99,5%.

Предложенный блок может работать в режиме синтеза высокооктанового эфирного компонента, представляющего собой эфир меньшей степени чистоты, а также может быть переоборудован для выпуска других эфиров.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Ганцев

РАЗРАБОТКА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД И ОТВАЛОВ

В настоящее время одной из основных задач металлургических предприятий является рациональное использование сырья, а также экологическая чистота применяемых технологий. Значительное истощение легкодоступных источников сырья привело к необходимости использования бедных по ценному компоненту ресурсов. Данная работа посвящена разработке технологии извлечения меди из окисленных руд и отвалов, с применением процесса "жидкостной экстракции".

В современной мировой металлургической практике кучное выщелачивание (КВ) медных руд является низкзатратным способом извлечения меди, но в России данная технология пока не нашла промышленного применения. В связи с тем, что за последние десятилетия произошло значительное истощение запасов богатых руд и накопление большого количества отвалов окисленных руд, особенно в промышленно развитых районах, возникает потребность внедрения данной технологии на отечественных предприятиях.

Основной технологической стадией в процессе получения чистого конечного продукта (катодной меди), является технология "жидкостной экстракции - электролиза" (SX-EW), которая позволяет сконцентрировать основную часть металла в электролит, при помощи органических реагентов. Так как, наряду с самим процессом выщелачивания, данная технология является ключевой, появилась необходимость в проведении детальных технологических исследований на базе физико-химической лаборатории, направленных на установление оптимальных режимов ведения процессов кучного выщелачивания (КВ) и экстракции применительно к Российским климатическим условиям. В процессе таких исследований, проведенных на продуктивных растворах КВ меди из окисленной руды одного из месторождений Урала, разработана оптимальная технологическая схема переработки данного сырья, которая направлена на получение чистого товарного продукта с высоким показателем степени извлечения ($\epsilon_{Cu} = 82\%$). Также был проведен поиск наиболее подходящих реагентов, для их рационального использования в процессе жидкостной экстракции. В ходе проведения опытов использовались реагенты, рекомендуемые компанией СУТЕС. Были рассмотрены основные вспомогательные операции, направленные на улучшение технологических показателей. Подробно изучены основные факторы и параметры, оказывающие влияние на процесс извлечения целевого металла, такие как:

- содержание меди в водной фазе (ПР);
- концентрация примесей (особенно Fe^{3+});
- содержание твердых взвесей в растворе;
- кислотность/pH водной фазы.

Оценка влияния данных факторов на процесс экстракции определялась по результатам проведения детальных технологических исследований.

В нашей стране экстракционная технология меди пока не нашла широкого промышленного применения, но уже сейчас на различных стадиях проектирования находятся несколько металлургических предприятий. Введение данной технологии в промышленность позволит дать ряд преимуществ, которые заключаются прежде всего: в легкости организации высокопроизводительного процесса, в уменьшении капитальных, эксплуатационных затрат и улучшении условий труда. А самое главное, данная технология позволит достичь повышения показателей производства меди в нашей стране на 15 - 20%, за счет переработки больших запасов окисленных медных руд и отвалов.

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры Металлургии цветных металлов А.А. Васильев.

П.В. НИКИФОРОВ

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

ОПТИМАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ СТРУКТУР ТАРЫНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

В настоящее время одним из наиболее перспективных объектов выявления крупных богатых золото-кварцевых месторождений на Северо-Востоке Якутии является Тарынский рудный узел (ТРУ).

Эффективность геологоразведочных работ при поисках полезных ископаемых во многом зависит от использования оптимального комплекса геофизических исследований, особенно в условиях закрытых территорий, где требуются значительные объемы поверхностных выработок и картировочных скважин.

Для изучения особенностей строения золоторудных объектов ТРУ и выделения в геофизических полях наиболее перспективных минерализованных зон рекомендован следующий оптимальный комплекс

геофизических методов: высокоточная магниторазведка, симметричное электропрофилирование (СЭП), дипольное электропрофилирование (ДЭП), зондирование методом переходных процессов (ЗМПП).

Выполненные геофизические опытно-методические исследования показали, что рудоконтролирующие структуры ТРУ выделяются слабоинтенсивными локальными магнитными аномалиями, преимущественно, отрицательного знака и повышенными, по сравнению с вмещающими породами, значениями кажущегося удельно электрического сопротивления, а также по данным ЗМПП в геоэлектрических разрезах кажущейся электропроводности повышенными значениями выделяются участки сульфидизации, пониженными – кварцевые жилы и зоны кварцевого прожилкования.

Предлагаемый комплекс геофизических исследований способен решить широкий круг геологических задач, направленных на поиски рудоконтролирующих структур не только ТРУ, но и других объектов, расположенных в монотонных терригенных толщах складчато-надвиговых областей.

Научный руководитель: ст. преподаватель В.А. Кычкин

Р.Н. НУРКАЕВ

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
институт геологии и нефтегазовых технологий*

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗА РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЧАЯНДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гелиевые аномалии трассируют современные активные разломы, тогда как в геофизических полях отражаются также и консолидированные структуры. Чаще всего гелиевые аномалии тяготеют к флангам геофизических полей, что может быть связано как с морфологией блоков, так и с динамикой разграничивающих их разломов.

На основе повышенных значений концентрации гелия, превышающих по величине одну единицу стандартного отклонения (1 СКО), проведено ранжирование выделенных разломов по степени проницаемости. На рисунке степень проницаемости разломов обозначена красной змейкой различной величины: со значением >1 СКО и > 2 СКО.

Таким образом, в пределах Чаяндинского участка развита система глубинных структурообразующих разломов, имеющих на отдельных участках, преимущественно в зонах их пересечения, повышенную проницаемость.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Ю.П. Балабанов

Литература

1. Драгунов А.А. Нефтегазопоисковые структурно-геологические исследования. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 190 с.
2. Швыдкин Э.К., Якимов А.С., Вассерман В.А. Геофизические и геохимические технологии прогноза и оценки нефтеносности объектов. Казань: ЗАО «Новое знание», 2008. - 164 с.
3. Якимов А.С. Геолого-геофизические методы доразведки нефтяных месторождений. Казань: Изд-во КГУ, 2004. - 128 с.
4. Якимов А.С. Комплексирование «легких» геофизических и геохимических методов на поздних стадиях освоения нефтегазоносных провинций // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 4. – С. 96–100.

В.В. ОГОНЕРОВ

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ НА УЧАСТКЕ УЛАХАН-ТАРЫН

Минеральные подземные воды издавна применяются для лечения и профилактики многих инфекционных, наследственных и других болезней. Территория Центральной Якутии относится к провинции холодных солоноватых и соленых лечебных гидрокарбонатных натриевых, сульфатных натриевых и хлоридных натриевых минеральных вод. В местности «Улахан-Тарын» на глубине 422 м вскрыты в 1982 г. подмерзлотные гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 3,6 г/л и содержанием сероводорода 230 мг/л. Водовмещающие нижнекембрийские породы представлены в основном известняками и доломитами. Подмерзлотные воды высоконапорные, их уровень после бурения установился на 3 м выше поверхности земли. Подобные сульфидные минеральные воды используются в бальнеологической практике

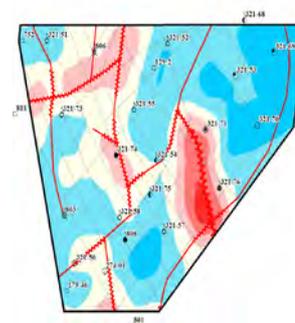


Рис. 1. Карта фоновых значений концентраций гелия с радиусом осреднения 3 км

на курортах Пятигорска, Мацесты, Усть-Качки в виде ванн, ингаляций и орошения при воспалительных заболеваниях органов движения, нервной системы, гинекологии. По современным данным, химический состав изливающихся подмерзлотных вод за 30-летний период существенных изменений не претерпел. Следует отметить, что вскрытия минеральных вод после бурения не была ликвидирована. Неконтролируемый самоизлив привел к истощению запасов подмерзлотного водоносного комплекса. Это выражается в снижении пьезометрического уровня подземных минеральных вод. Самоизлив воды, обогащенной микроэлементами Li, F, St и др., привел к их накоплению в деятельном слое пород вблизи скважины что, несомненно, отразится на почвенно-растительном покрове прилегающей территории. Изучение минеральных подземных вод в Центральной Якутии должно проводиться целенаправленно, путем постановки специальных научно-исследовательских и разведочных гидрогеологических работ. Только при таком подходе можно ожидать, что эти воды будут широко использоваться для лечебно-профилактических целей в самом густонаселенном регионе Якутии и не произойдет истощения их запасов.

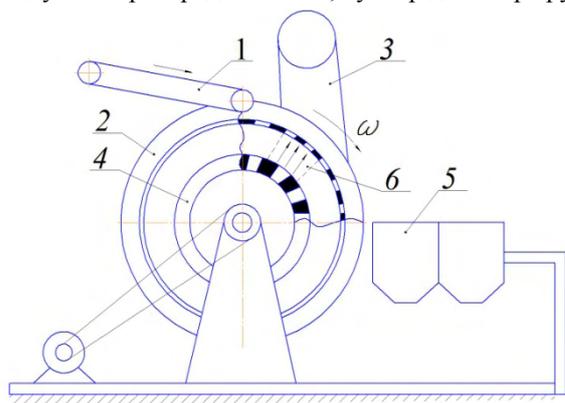
Научный руководитель: к.г.-м.н. Н.А. Павлова

С.А. ОПАНАСЕНКО

ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

РОТОРНО-ВОЗДУШНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ РУДНОГО МАТЕРИАЛА

Для повышения эффективности процесса разделения рудного материала, нами было разработано роторно-воздушное устройство для разделения рудного сырья на несколько фракций (см. рисунок). Рабочими элементами установки являются загрузочное устройство 1, роторный барабан 2, аспирационный канал 3, воздушный распределитель 4, бункер для сбора рудного материала 5 и воздуховод 6.



Общий вид роторно-воздушного устройства

Устройство для разделения рудного материала работает следующим образом. Перерабатываемая руда загрузочным устройством 1 подается на вращающийся роторный барабан 2, при этом во внутреннюю полость воздушного распределителя 4 подается под напором воздух, который через отверстия поступает во внутреннюю полость роторного барабана, и воздуховодом 6 направляется к роторному барабану.

В правой верхней четверти роторного барабана за счет инерционного воздействия барабана и воздушного потока руда разделяется на мелкие кусочки размером менее 12 мм, и крупные куски размером до 150 мм. Аспирационный канал 3 создает разрежение и транспортирует мелкие частицы размером менее 1 мм. Руда поступает по роторному барабану 2 в приемный

бункер 5, который разделен на две секции: для сбора крупных и мелких кусков.

В результате решения компромиссной задачи по определению основных параметров роторно-воздушного устройства были установлены: оптимальные напор воздушного потока, окружная скорость роторного барабана и угол направления воздушного потока. Оптимизация параметров роторно-воздушного устройства выявила возможность его применения для разных технологий обогащения руды.

Научный руководитель: к.т.н., М.А. Перепелкин

М.А. ОСИПОВА

Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И СОТРУДНИЧЕСТВО В ОСВОЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ АРКТИЧЕСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

Россия – крупнейшая арктическая держава, располагающая значительным ресурсным потенциалом углеводородов в Арктике. Сдерживающим фактором в освоении углеводородного потенциала региона является нехватка опыта и технологий для освоения морских месторождений у российских компаний. Огромная значимость региона для обеспечения обороноспособности и стабильности экономики России в будущем требует преодоления данных ограничений, в том числе и с помощью развития тесного международного сотрудничества и использование механизма трансферта технологий. В будущем развитие топливно-

энергетического комплекса России, вопросы обеспечения возрастающих потребностей экономики в энерго-ресурсах и укрепления энергетической безопасности будут зависеть от развития этого региона.

В связи с этим, сегодня необходимо решать ряд проблем, существующих в экономико-правовой сфере страны, которые существенно замедляют реализацию стратегических задач по развитию Арктической зоны. Эффективное и безопасное освоение углеводородного потенциала Арктики требует укрепления международного сотрудничества, прежде всего между государствами, имеющими непосредственный выход к Северному Ледовитому океану. Важнейшую роль играют скоординированность действий участников и соблюдение их стратегических национальных интересов.

Автором исследуются основные подходы к организации международного сотрудничества в Арктике, анализируется мировой опыт комплексного развития Арктических зон, рассматриваются основные используемые и перспективные пути эффективного взаимодействия международных участников шельфовых нефтегазовых и связанных с ними проектов.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Э.А. Крайнова

Д.А. ОСТАПЧУК

Тюменский государственный нефтегазовый университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Неэффективная работа системы заводнения является одной из наиболее распространенных проблем, с которыми приходится сталкиваться при разработке нефтяных месторождений. Так, прорыв нагнетаемой воды – одна из основных причин высокой обводненности добывающих скважин. Пренебрежение же возможностью образования в нагнетательной скважине трещин авторазрыва может привести к неэффективным финансовым затратам.

Таким образом, данная работа состоит из двух частей. В первой части был рассмотрен вопрос диагностики причин обводнения с помощью построения графиков зависимости ВНФ и производной ВНФ от времени в двойных логарифмических координатах, на основании которых по характеру наклона кривых делается вывод о причинах. С помощью гидродинамического моделирования в программном продукте Tempest More была доказана его пригодность для вертикальных и горизонтальных скважин месторождений Западной Сибири. Также в работе приведены некоторые примеры диагностических графиков реальных вертикальных и горизонтальных скважин. В работе доказывается применимость данного метода для диагностики множественных причин обводнения как для вертикальных, так и для горизонтальных скважин.

Вторая часть работы посвящена исследованию явления авторазрыва коллектора в нагнетательных скважинах некоторых месторождений (Локосовское, Мегинское и др.). Было установлено, что наличие трещин автоГРП приводит к неравномерности закачки и быстрому обводнению отдельных добывающих скважин. Также в данной работе было доказано, что такой эффект нивелирует результат проведенных в нагнетательных скважинах ОПЗ и ВПП, что очень важно для уменьшения неэффективных затрат на разработку. Нами был сделан вывод о необходимости обоснования давления разрыва, направления трещин и величины репрессии уже на стадии составления проектных решений, а также даны несколько советов по оптимизации работы нагнетательных скважин, в которых наблюдается подобный эффект.

Научный руководитель: к.т.н., доцент И.А. Синцов

А.Ю. ПАТРУШЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение профессионального высшего образования «Тверской государственный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Количество уборочных машин при добыче фрезерного торфа определяется производительностью, что позволяет использовать высокопроизводительные машины, тем самым уменьшая металлоемкость и затраты на оборудование.

Цель: определить влияние технических параметров (ширины захвата валкователя, средней поступательной скорости, коэффициента использования циклового времени) на производительность уборочных машин при изменяющихся цикловых сборах и различной длине рабочего прохода.

Установлено, что при увеличении длины рабочего прохода уменьшается ширина полосы, с которой торф собран в один валок, так как это связано с тем, что вместимость бункера постоянна, а масса торфа в бункере возрастает. При увеличении же циклового сбора этот параметр имеет тенденцию к уменьшению.

При длине рабочего прохода от 450 метров и больше скорость движения машины практически не изменяется, так как масса торфа в бункере остается постоянной.

Коэффициент использования циклового времени при увеличении длины рабочего прохода возрастает с увеличением рабочего времени на сбор торфа, а вспомогательное время в цикле остается постоянной величиной.

При увеличении длины рабочего прохода производительность уборочной машины падает в связи с уменьшением ширины захвата валкователя в большей степени, чем при увеличении коэффициента использования циклового времени.

На основании исследований выявлено, что при существующей длине рабочего прохода 450 метров на производительность уборочной машины влияют: ширина захвата валкователя и величина циклового сбора. При увеличении названных параметров производительность уборочной машины имеет тенденцию к уменьшению, в то же время поступательная скорость, и коэффициент использования циклового времени остаются постоянными.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Г.Е. Столбикова

Д.Ю. ПЕТОВРАДЖИ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АСФАЛЬТО-СМОЛИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ В НЕФТИ НА ПРОЦЕСС ВЫПАДЕНИЯ АСПО

В настоящей работе показаны результаты исследования температуры насыщения нефти парафином в зависимости от различного содержания в ней смол и асфальтенов при изобарических условиях, соответствующих пластовым.

Определение температуры насыщения нефти парафином проводилось на системе изучения процессов образования твердых веществ в пластовом флюиде FLASS (Vinci Technologies).

Полученные в работе результаты экспериментальных исследований высокопарафинистой малосмолистой нефти показывают, что присутствие в нефтяной дисперсной системе асфальтенов и смол может приводить к положительным депрессорным эффектам.

Также показаны исследования интенсивности выпадения асфальтеносмолопарафиновых отложений (АСПО) на «холодном стержне» в зависимости от содержания в нефти асфальто-смолистых веществ. Исследовалась безводная нефть и нефть, обводненная на 50%.

Результаты исследования интенсивности выпадения АСПО показывают, что седиментационная устойчивость безводной нефти при увеличении содержания АСВ остается практически без изменений и не отражается на количестве осадка, тогда как исследования на обводнённой модели показывают, что с увеличением содержания АСВ количество выпавшего осадка значительно возрастает. Природные ПАВ (АСВ, парафины) концентрируются на границе раздела фаз вода–нефть, образуя так называемые бронирующие оболочки, что, несомненно, приводит к увеличению устойчивости водонефтяной эмульсии. Можно предположить, что если нефть образует устойчивую эмульсию, то эмульгированная вода вовлекается в формирование отложений и, как следствие, наблюдается значительное увеличение массы образующихся отложений.

Научные руководители: к.т.н., доцент Д.Г. Петраков, аспирант Г.Ю. Коробов

М.В. ПОГРЕБНИЮК

Новосибирский государственный университет

ПОСТРОЕНИЕ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЛАРЛОМКИНСКО-ВЕСЕННЕЙ ЗОНЫ НЕФТЕНАКОПЛЕНИЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Объект исследования расположен в Каргасокском районе Томской области и в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа, в тектоническом плане приурочен к центральной части Каймысовского свода и представлен Ларломкинским куполовидным поднятием и Первомайским валом, согласно схеме нефтегазогеологического районирования, относится к Каймысовскому нефтегазоносному району Каймысовской нефтегазоносной области.

На базе комплексной интерпретации данных сейсморазведки (56 профилей МОГТ общей протяженностью 1169 км) и глубокого бурения (35 скважин) выполнен структурно-тектонический анализ территории. К началу апта современный структурный план подошвы баженовской свиты был в значительной мере сформирован, но гипсометрически выше находилась Ларломкинская структура. В апт-туронское и кайнозойское время – наоборот, испытывал интенсивный относительный рост Первомайско-Весенний вал. В результате разнонаправленных тектонических движений Ларломкинское и Первомайско-Весеннее поднятия в современном рельефе подошвы баженовской свиты вышли приблизительно на один гипсометрический уровень, образуя единую зону нефтенакопления. В это время баженовская свита достигла пика генерации, что предопределило заполнение ловушек углеводородами.

По комплексу ГИС выполнено детальное стратиграфическое расчленение разреза келловей-волжских отложений и построены корреляционные схемы. На базе структурных карт по кровлям резервуаров, карт эффективных толщин и результатов испытаний скважин были построены прогнозные карты распределения залежей углеводородов и нефтегазоперспективных объектов. Их анализ показал, что залежи углеводородов на рассматриваемой территории контролируется в основном структурным фактором. Литологические выклинивания выявлены в северо-западной части Первомайского вала, в центральной и юго-западной частях Ларломкинского куполовидного поднятия. Выделены нефтегазоперспективные объекты.

Научный руководитель: к.г.-м.н. Л.М. Калинина

С.А. ПОЛИКАШОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МНОГОИНВЕРТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ И АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ

В настоящее время актуальными вопросами развития топливно-энергетического комплекса являются вопросы обеспечения энерго- и ресурсосбережения, а также обеспечение электромагнитной, электромеханической и энергетической совместимости автоматизированных электроприводов технологических комплексов производств большой энерговооруженности.

Современный электропривод промышленных предприятий, как правило, представляет собой многодвигательную электромеханическую систему, которая может быть частично или полностью регулируемой. Основой таких систем, в большинстве случаев, являются асинхронные двигатели и силовой полупроводниковый преобразователь частоты. Основным энергетическим недостатком асинхронных двигателей заключается в низком коэффициенте мощности.

Для регулирования частоты вращения группы асинхронных двигателей в большинстве случаев используют общий двухзвенный преобразователь частоты (ПЧ), в состав которого входят диодный неуправляемый выпрямитель и транзисторный полностью управляемый автономный инвертор.

Способ повышения энергетической эффективности многодвигательной электромеханической системы заключается в использовании перспективных ПЧ, собранных по многоинверторной схеме с активным выпрямителем. Такой ПЧ содержит активный выпрямитель и транзисторные, полностью управляемые автономные инвертора, по одному на каждый двигатель. Благодаря такой структуре ПЧ реализуется раздельное управление многодвигательным электроприводом.

Энергетические проблемы МЭС, т.е. обеспечение коэффициента мощности МЭС с асинхронными двигателями на уровне единицы и синусоидальность напряжения сети и потребляемого тока, решается путем использования в ПЧ активного выпрямителя.

Управление каждым электродвигателем осуществляется индивидуально. Входным управляющим воздействием для технологической системы автоматического управления электромеханической системы является задание на расход – $Q_{\text{зад}}$, расход воды, который необходим поддерживать на входе потребителя для обеспечения необходимых технологических процессов. Технологическая САУ, в соответствии с заданием на расход, должна сформировать задание на частоту вращения каждого двигателя ($\omega_{1\text{зад}}$ – заданная частота вращения первого электродвигателя; $\omega_{2\text{зад}}$ – заданная частота вращения второго электродвигателя; $\omega_{3\text{зад}}$ – заданная частота вращения третьего электродвигателя).

Результатом работы технологической САУ и СУЭП, за счет выбора необходимого количества работающих приводных двигателей насосов и обеспечения их оптимального режима работы, будет поддерживаться минимальное энергопотребление на уровне, соответствующем расходу воды на входе потребителя.

Использование активного выпрямителя обеспечивает работу МЭС без негативного влияния на форму напряжения сети электроснабжения и потребление МЭС с асинхронными двигателями синусоидальных токов. Также, видно, что использование активного выпрямителя в многоинверторном ПЧ обеспечивает потребление практически чисто активной мощности. Эти два фактора обеспечивают работу электропривода с коэффициентом мощности около единицы.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент Б.Ю. Васильев

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОАМПЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ БЕЗ АНОДНОГО ЭФФЕКТА

Целью данной работы является изучение процессов, происходящих перед анодным эффектом (АЭ), моделирование протекания АЭ, а также его идентификация на начальном этапе.

За счет борьбы с АЭ, решаются следующие задачи:

- увеличение производительности алюминия;
- высокое энергосбережение;
- увеличение экологичности производства;
- увеличение безопасности, работающего персонала.

Актуальность работы и связана с совершенствованием методов ведения технологического процесса электролитического получения алюминия с минимизацией частоты анодных эффектов. Предлагаются решения, позволяющие прогнозировать период наступления анодного эффекта и выработать рекомендации системе управления питанием электролизера по предотвращению возникновения этого отрицательного для процесса явления.

В ходе работы был смоделирован процесс протекания анодного эффекта, а также была построена модель идентификации его наступления.

Результаты работы дают возможность повысить энергоэффективность и технико-экономические показатели процесса получения алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов, так как при минимизации количества всплеск снижается расход электрической энергии на 250-300 кВт·ч/т Al и увеличивается производительность электролизера. Предотвращение анодного эффекта благоприятно сказывается на состоянии окружающей среды, поскольку при АЭ резко увеличиваются выбросы перфторуглеродных газов, способствующих глобальному потеплению.

Данные результаты могут быть внедрены на предприятиях алюминиевой промышленности и также использоваться в учебном процессе на кафедрах металлургии и автоматизации технологических процессов и производств факультета переработки минерального сырья.

Ю.Е. ПОХАРУКОВА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ НА СИНТЕЗ ЛАКТИДА

В последнее время большой интерес вызывают биорезорбируемые полимеры на основе молочной кислоты (МК), которые используются для изготовления различных медицинских изделий. Одним из таких полимеров является полилактид, который получают через лактиды с последующим раскрытием цикла под действием различных катализаторов.

Синтез лактида включает следующие стадии: концентрирование МК; процесс олигомеризации МК; синтез лактида-сырца; очистка лактида-сырца. Одной из стадий в процессе получения лактида является олигомеризация МК, от которой зависит выход и степень чистоты лактида. Для получения олигомера МК и далее лактида предложено использовать различные катализаторы, такие как металлы, оксиды цинка, сурьмы, алюминия, олова, соли и комплексы металлов, а также многие другие соединения.

Поэтому целью данной работы являлось изучение влияния различных катализаторов на стадию олигомеризации МК и, соответственно, на выход и степень чистоты лактида-сырца.

В результате исследования было выявлено, что наилучшими из использованных катализаторов для синтеза лактида являются закись олова, окись цинка и паратолуолсульфокислота.

В присутствии катализатора паратолуолсульфокислоты при стандартных условиях в реакционной колбе наблюдалось образование очень вязкой и темной массы, что в свою очередь в дальнейшем приводит к значительному снижению выхода лактида-сырца. Поэтому было определено оптимальное время получения олигомера молочной кислоты и количество данного катализатора. Выявлено, что в присутствии паратолуолсульфокислоты время олигомеризации МК сокращается в 4 раза по сравнению с реакцией, катализируемой, например, окисью цинка.

Степень чистоты лактида-сырца характеризовалась его температурой плавления методом ВЭЖХ. Очистку лактида-сырца проводили методом перекристаллизации. Также отработана методика регенерации отходов от этой стадии.

Научный руководитель: к.х.н., старший преподаватель Е.П. Фитерер

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ РИСКА ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАПАСОВ

Предприятия нефтедобывающей отрасли, которая продолжает оставаться одной из системообразующих в российской экономике, сталкиваются все с большим количеством проблем, таких как: истощение и ухудшение качества запасов, устаревание основных фондов и, как следствие, снижение текущей эффективности производства. Возникшие на данный момент непростые политические и экономические реалии создают новые вызовы нефтяным компаниям. В этой связи, освоение и эксплуатация нефтяных запасов сопряжены с высокими рисками, поэтому особую актуальность приобретает планирование и оценка эффективности разработки месторождений с учетом факторов нестабильности внешней и внутренней среды.

Научная новизна настоящего исследования заключается в систематизации методических основ оценки проектов освоения нефтяных запасов и формировании рекомендаций по адаптации методов «Монте-Карло» и «оценки реальных опционов» к текущим организационно-экономическим условиям хозяйствования, а также формировании предложений по информационному обеспечению названных методических подходов. Сделанные рекомендации по развитию информационно-методических основ оценки риска апробированы на примере месторождения ХМАО средней величины. Проведенные расчеты и их сопоставление с традиционными методами оценки рисков свидетельствуют о практической применимости предложенных методических подходов и их большей информативности в сравнении с действующими. Это позволит принимать более обоснованные инвестиционные решения в условиях нестабильной среды.

Рекомендации автора в области оценки риска инвестиционных проектов освоения нефтяных запасов могут быть использованы проектными институтами при проектировании разработки месторождений, а также нефтяными компаниями при формировании бизнес-планов и инвестиционных программ. В настоящее время часть рекомендаций используется ОАО «СибНИИ НП» при оценке инвестиционных проектов.

Научный руководитель: к.э.н., доцент А.С. Лебедев

И.В. ПРОКОПЬЕВ

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

О НОВОМ СПОСОБЕ ПОДГОТОВКИ КОЛЛЕКТИВНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ К СЕЛЕКЦИИ

Объект исследования - свинцово-цинковая сульфидная руда одного из месторождений Красноярского края.

Исследована возможность применения коллективно-селективной схемы флотации. Предлагается интенсифицировать флотацию сульфидов с применением аполярных собирателей. Определено, что добавка машинного масла в процесс флотации позволяет снизить потери металлов с хвостами на 1,5-2 %.

Предложено, с целью очистки поверхности сульфидов от коллекторной плёнки, коллективный концентрат перед циклом селекции обрабатывать бактериальной культурой. Это обусловлено тем, что биотехнологические способы являются экологически безопасными, низкочувствительными, пригодными для переработки труднообогатимых бедных и забалансовых руд и сырья техногенного происхождения, а также дают возможность повысить качество очистки сточных вод. Проведен отбор штаммов микроорганизмов (бактерий) по способности к росту на дизельном топливе. Исходя из лабораторных исследований, основанных на методе Купера, нами сделан вывод о целесообразности применения бактерий для удаления аполярных углеводородов, используемых в качестве флотореагентов.

Результаты опытов показали, что загидрофобизированные в коллективном цикле минералы с увеличением времени контактирования и расхода культуры, резко теряют свои флотационные свойства. При времени контактирования 48 часов, суммарное извлечение цинка и свинца в камерный продукт увеличивается до 133,9%. Увеличения расхода культуры с 0 мл до 25 мл, приводит к увеличению извлечения в камерный продукт на ~62%.

Технологическими исследованиями показана перспективность использования отобранной культуры бактерий для деградации аполярного собирателя в практике обогащения полиметаллических руд. Предложенное техническое решение позволит снизить расход токсичных реагентов, обеспечит энергосбережение в горно-металлургической отрасли.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.К. Алгебраистова

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В связи с негативными эффектами которые горные предприятия наносят окружающей, инвесторы принуждают горных предпринимателей серьезно думать об использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Не смотря на недоразумение о ВИЭ, компании которые вырабатывают энергии с их помощью нашли путь в горное дело через договор о предоставлении мощности.

Итак, предлагают горным предприятиям рассматривать использование солнечной энергии. Фотоэлектрические системы (ФЭС) можно применить в России, особенно для горных предприятий, так как если смотреть на карту месторождений металлов в России и сравнивать ее с картой солнечной инсоляции видно, что месторождения находятся в окрестностях мест, которые имеют продолжительность солнечного сияния, как в Крыму. Хорошим вариантом применения ФЭС является ее совместная работа с дизельной электростанцией, так как такая система очень конкурентоспособная.

Правительство России поставили цель об увеличении доли использованных ВИЭ в России. Хотя серьезные меры еще не применены чтобы достигать эту цель, Белгородская компания ООО «Альтэнерго» является примером того, что правительство не может игнорировать предпринимателей, которые идут вперед к инновациям и к будущей. Почему бы горным предприятиям не присоединить к ним?

Научный руководитель: к.т.н., профессор Л.А. Плащанский

А.А. РАССОЛОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ФЛЮИДОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ТЕЛА: ПРОБЛЕМЫ ТИПИЗАЦИИ, ГЕНЕЗИСА, РАЗВЕДКИ

В последние годы активизировались исследования флюидогенных рудных тел, с которыми связаны крупные, а иногда и уникальные месторождения черных, цветных, редких, благородных металлов, алмазов. Для алмазоносных кимберлитовых трубок этот вопрос достаточно детально исследован, но для месторождений многих других полезных ископаемых эта проблема изучена еще весьма слабо. В связи с недостаточной изученностью появляется огромное количество новых терминов и обозначений, зачастую дублирующих друг друга и приводящих к путанице. На настоящий момент не разработан комплекс критериев для отнесения рудных тел к данной группе, что приводит к необоснованному включению в нее рудных тел иного происхождения. Слабо разработаны методические основы разведки трубообразных рудных тел и использования современных компьютерных технологий при их моделировании и подсчете запасов полезного ископаемого. Проведенные исследования позволили выявить проблемные вопросы в области генезиса флюидогенных рудных тел, разработки критериев их выделения и методики разведки и сформулировать задачи исследований, которые позволили бы в существенной мере решить эти проблемы.

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор А.В. Козлов

Р.А. РАСУЛОВ

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЦВИТТЕР-ИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

В настоящей работе были проведены исследования нефтewытесняющих свойств водных растворов вязкоупругих цвиттер-ионных ПАВ в условиях неоднородных по проницаемости пластов и повышенной минерализации пластовых вод.

В качестве цвиттер-ионных ПАВ были исследованы различные представители бетаиновых ПАВ. В рамках исследовательской работы были проведены исследования водных растворов бетаинов на снижение межфазного натяжения, реологические свойства и испытания нефтewытесняющей способности на насыпных моделях.

В результате проведенных испытаний установлено, что исследуемые цвиттер-ионные ПАВ, в отличие от традиционно применяемых неионогенных ПАВ, обладают повышенной стойкостью к высокой минерализации пластовой воды и образуют вязкоупругие водные растворы при концентрациях 0,5-2% мас. Поверхностная активность исследуемых ПАВ также высокая и позволяет снижать межфазное натяжение «уг-

леводород-вода» до 1-2 мН/м. Это свидетельствует о высокой смачивающей способности водных растворов исследуемого ПАВ и о хороших нефтеотмывающих характеристиках.

Результаты проведенных испытаний нефтевытесняющей способности на насыпных моделях показали что суммарный КНО после доотмыва водой составляет 80-90 %. При идентичных условиях КНО промышленных аналогов на основе неионогенных ПАВ составляет 90-95 %. Причиной более низких значений КНО является высокая адсорбция исследуемого ПАВ вследствие хороших поверхностно-активных свойств.

На сегодняшний день продолжают работы в этом направлении. Основной задачей исследований является снижения адсорбции и увеличение нефтевытесняющей способности водных растворов цвиттер-ионных ПАВ.

Научный руководитель: к.т.н., Р.Р. Мингазов

А.П. РАЧКОВА

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ SRTM

Цифровые модели рельефа – одна из важных моделирующих функций геоинформационных систем, включающая две группы операций, первая из которых обслуживает решение задач создания модели рельефа, вторая - её использование.

Актуальность темы обусловлена потребностью географических исследований в использовании данных о рельефе в цифровой форме в связи с возрастающей ролью геоинформационных технологий при решении различных задач, необходимостью повышения качества и эффективности методов создания и использования цифровых моделей рельефа, обеспечения достоверности создаваемых моделей.

В настоящее время широкому кругу пользователей интернета доступна информация о цифровой модели Земли, полученная в результате радарной топографической съемки с детальностью до 30 м, такая модель называется SRTM.

Shuttleradartopographicmission (SRTM) - Радарная топографическая съемка большей части территории земного шара, за исключением самых северных (>60), самых южных широт (>54), произведенная за 11 дней в феврале 2000г с помощью специальной радарной системы. Двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR, было собрано более 12 терабайт данных. Результатом съемки стала цифровая модель рельефа 85% поверхности Земли.

В данной работе на конкретной территории Павловского газонефтяного месторождения выполнено исследование точности высот модели SRTM с целью возможностей создания топографических карт разных масштабов. В работе также проведен анализ влияния характера рельефа на точность высот SRTM модели.

Также в ходе выполнения работы, была проведена проверка соответствия нормальному закону распределения значений ошибок построения рельефа по данным SRTM. Проверка произведена тремя методами: визуальным, численным и по критерию согласия χ^2 .

В заключении работы установлена зависимость ошибки построения рельефа от уклона.

Научный руководитель: старший преподаватель Е.С. Богданец

Т.С. РОДИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ЧЕУСКИНСКО-САРМАНОВСКОГО ВРЕМЕНИ ПОЗДНЕГО ВАЛАНЖИНА НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

На территории Среднего Приобья со стратиграфическим интервалом мощностью от 60 до 80 м, заключенным между чеускинской и сармановской пачками, связан ряд продуктивных пластов углеводородов (БС9, БС8, БП9, БП8). Основной проблемой их эксплуатации является сложная морфология, многократно чередующиеся слои псаммитовых коллекторов, псаммит-алевритовых полуколлекторов и алевропелитовых флюидоупоров, которые невыдержанны по латерали, часто выклиниваются и замещают друг друга. В этой ситуации для увеличения эффективности эксплуатации необходимы работы, направленные на выявление особенностей чеускинского-сармановских песчаных коллекторов, связанных с обстановками их формирования.

Ключевыми объектами исследования стали Сугмутское, Суторминское и Еты-Пуровское месторождения. Здесь детально описано 484 м керна 25 скважин, использованы результаты ПС и ГК каротажа по 51 скважине.

В результате показано, что в западной части региона существовали обстановки глубоководных илов (аргиллиты с остатками морской фауны и сульфидами), лоскутных песков (линзовидно-полосчатые чередо-

вания тонкозернистых песчаников и аргиллитов) и песчаных отмелей (песчаники мелкозернистые с косою разнонаправленной слоистостью и редким растительным шламом). К востоку их сменяло баровое поле (песчаники мелко- и среднезернистые с косою разнонаправленной слоистостью и обильными углефицированными остатками наземных растений), за которым располагались лагуны (глинистые алевролиты с прослоями углей и корневыми остатками).

Анализ слоевых последовательностей показал, что интервал разреза, ограниченный чеускинской и сармановской пачками сформировался в течение 3 трансгрессивно-регрессивных циклов осадконакопления. Их следы могут быть установлены по всему рассматриваемому региону и, таким образом, обеспечивают надежную корреляцию частных разрезов.

Составление серии палеогеографических схем для узких временных интервалов, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам, позволил реконструировать особенности пространственно-временной миграции ландшафтов. Показано, что границы ландшафтных зон имели сложную конфигурацию и простирались с юго-запада на северо-восток. Особенности морфологии чеускинской-сармановских коллекторов связаны с тем, что на западе они формировались в обстановках подводных песчаных отмелей, а на востоке в пределах барового поля.

Научный руководитель: д. геол.-мин. наук, профессор И.В. Таловина

Д.С. РОЖКОВА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В СФЕРЕ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ

Эффективность применения сорбционных материалов определяется не только показателями экономической стоимости и сорбционной емкости, но возможностью проводить работы при различных условиях разлива: на почве, на твердой искусственной поверхности, на поверхности природных водоемов. Некоторые современные сорбенты, даже при высоких показателях нефтеемкости, не могут быть использованы для ликвидации аварийных разливов на водной среде, что обусловлено их гидрофильными свойствами и/или высокими показателями плавучести. С этой точки зрения интересен в качестве сорбционного материала воздушно-сухой торф, недорогой природный материал, обладающий не только свойствами сорбировать нефть, но и способностью хорошо удерживаться на водной поверхности. Томская область обладает значительными запасами торфяных ресурсов. Наиболее высокими значениями нефтеемкости обладают верховой сфагново-мочажинный, сфагновый и фускум-торф. Для повышения гидрофобности образцы были термически обработаны до 250 °С в среде собственных газов разложения, на установке нагрева. В качестве сорбтива – была использована товарная нефть Нюрольского Месторождения Красноярского края.

Нефтеемкость воздушно-сухих образцов при сорбировании нефти с водной поверхности находится в пределах от 4,22 до 6,70 г нефти/ 1 г торфа, что несколько ниже, чем для термообработанных образцов: 4,65...7,00 г нефти/1 г торфа. Данные свидетельствуют о положительном влиянии термообработки на сорбционную способность торфа по отношению к нефтяным углеводородам. Относительное увеличение нефтеемкости составило 4,5...10,2 % отн. При использовании предварительного нагрева, существенно снижается влагоемкость торфа, что делает его наиболее устойчивым к такому сорбтиву, как вода:

- влагоемкость образцов в воздушно-сухом состоянии после контакта с водой составляла от 6,9 до 9,4 г воды/ 1 г торфа,
- после термообработки этот показатель снижается до 4,62...5,41 г воды/1 г торфа, что в относительных процентах составляет 33,0...42,5 соответственно.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Н.В. Чухарева

В.А. РОМАНОВ

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРИВОДОВ ШАХТНЫХ САМОХОДНЫХ ВАГОНОВ 5BC-15M И BC-30

Для предприятий, осуществляющих добычу калийной руды подземным способом, актуальными остаются задачи повышения эффективности использования выемочных и транспортирующих машин, увеличения производительности и эксплуатационной надежности.

В настоящее время на калийных рудниках РФ принята камерная система отработки пластов с использованием механизированных комбайновых комплексов, в состав которых входят проходческо-очистные комбайны, бункер-перегрузатели и шахтные самоходные вагоны (ШСВ). Увеличение энерговооруженности современных проходческо-очистных комбайнов, позволяет обеспечить техническую производительность до 7–8 т/мин. В то же время, производительность используемых на рудниках шахтных само-

ходных вагонов в 2–2,5 раза ниже производительности добычных машин и определяется длиной транспортирования.

Повышение эффективности эксплуатации механизированных комбайновых комплексов возможно посредством внедрения самоходных вагонов повышенной грузоподъемности, совершенствования конструкции и технологических схем работы ШСВ.

Сотрудниками кафедры «Горная электромеханика» ПНИПУ совместно со специалистами ООО «РКЦ» выполнены исследования нагруженности приводов самоходных вагонов 5BC-15M и BC-30 на рудниках ОАО «Уралкалий», собраны и проанализированы статистические данные о надежности основных узлов ШСВ, проведены хронометражные наблюдения.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволили сформулировать технические предложения по повышению эффективности процесса транспортирования калийной руды в очистных камерах, повышению маневренности самоходных вагонов, увеличению надежности узлов приводов ШСВ, уменьшению времени простоев вагонов при разгрузке.

Научный руководитель: к.т.н. Д.И. Шишляников

В.А. РУДКО, А.А. ШАЙДУЛИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

УЛУЧШЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ И СУДОВЫХ МАЛОВЯЗКИХ ТОПЛИВ

Разработка месторождений нефти и газа на арктическом шельфе России, а также необходимость в изучении и освоении северных регионов нашей страны, требуют увеличения производства низкотемпературных топлив для дизельных двигателей наземной техники и марин-дизелей.

Сложность получения низкозастывающих сортов судовых маловязких и дизельных топлив, обусловлена в основном углеводородным составом нефтяного сырья, а именно: наличием высокоплавких парафиновых углеводородов нормального строения, являющихся основными носителями высоких температур застывания. Эффективным способом уменьшения доли парафиновых углеводородов в получаемых топливах является использование в схемах нефтепереработки таких процессов, как депарафинизация, гидроизомеризация, селективный гидрокрекинг и др. Основными недостатками решения проблемы данным способом являются высокие капитальные и энергетические затраты на внедрение данных процессов в производство. В настоящее время на многих отечественных предприятиях получение зимних сортов топлив происходит за счёт разбавления их более легкокипящими фракциями, например, керосином. Такой способ противоречит рациональному использованию ресурсов нефтяного сырья и приводит к сокращению выхода в расчёте на моторное топливо.

Наиболее эффективным и экономически выгодным способом решения проблемы получения судовых маловязких и дизельных топлив зимних и арктических марок является использование специальных высокоэффективных депрессорных присадок. При введении в состав нефтяного топлива депрессоры улучшают его низкотемпературные характеристики, например, температуру застывания.

В данной работе была исследована приёмистость присадки ВЭС (сополимер этилена с винилацетатом) к полученным из продуктов глубокой переработки нефти судовым маловязким и дизельным топливам. Максимальная депрессия температуры застывания составляла в среднем 32°C, и в зависимости от химического состава температуры застывания топлив снижалась в среднем до минус 20-40°C.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

С.К. РЫЖКОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭКСКАВАТОРОВ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАЗРЕЗОМ КИСЕЛЕВСКИЙ ОАО ХК «СДС-УГОЛЬ»

В работе предлагается пересмотреть автономное перемещение гидравлических экскаваторов. Как одно из возможных решений этой проблемы, показано устройство для мобильной перевозки гидравлических экскаваторов. Обоснована его экономическая эффективность, приведена получаемая выгода, как в денежном эквиваленте, так и во временном, а также описан основной процесс передвижки с помощью устройства.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. С.И. Фомин

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАРСКОЙ СВИТЫ (НИЖНИЙ КАРБОН) СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПАЙ-ХОЯ

Визейско-серпуховские глубоководные отложения сланцевой зоны Пай-Хоя представлены карской свитой. В отличие от подстилающих и перекрывающих преимущественно глинисто-кремнистых отложений, она сложена карбонатными породами. В северо-восточных районах Пай-Хоя, где выходы нижнего карбона протягиваются узкой полосой от устья р. Песчаная на юго-восток (Амдерминский район), разрезы карской свиты в разные годы исследовались Ю.Н. Ромашкиным, Н.В. Калашниковым и др., А.А. Беляевым (неопубликованные материалы). В рамках проведения ГДП-200 в 2013 г было проведено комплексное изучение разрезов нижнего карбона Амдерминской площади. На основе полученных данных представляется возможным предложить модель формирования карской свиты.

Цель данной работы состоит в выделении последовательных стадий формирования карской свиты в Амдерминском районе на основе анализа циклических ассоциаций осадочных пород – циклотем. Под циклотемами здесь понимаются многослой, состоящие из 1-6 слоев без однозначного повторения.

В разрезе карской свиты в амдерминском районе преобладает второй тип циклотем, являющихся результатом процесса карбонатно-кремнистой фоновой седиментации с дистальными карбонатными турбидитами. Верхняя часть разреза свиты представлена двумя типами циклотем: четвертый тип имеет последовательность осадконакопления, отвечающую циклу развития гидротермальных построек («белые курильщики»), пятый тип представлен, так называемыми, сипами или очагами разгрузки фокусированных флюидных потоков на континентальных окраинах.

Сипы на рассматриваемой территории характерны для поздневизейско-серпуховского временного интервала. Образование же низкотемпературных гидротермальных построек («белых курильщиков») происходило с начала серпуховского века за счет гидротермальной переработки нижележащих терригенно-карбонатных толщ. В качестве источника тепла для раннекаменноугольных сипов и гидротерм предполагается выделение энергии в зоне растяжения задугового спрединга.

Научный руководитель: к.г. - м.н., доцент Р.А. Щеколдин

С.М. РЯМОВА

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОПЛИВА

Истощение нефти в России прогнозируется на 20-е гг., а в Иране, Саудовской Аравии и Венесуэле на 50 гг. Одной из причин этого является увеличение количества автотранспорта. Сейчас эксплуатируется около 700 млн автомобилей, потребляющих более 60% всей добываемой нефти.

В качестве альтернативного источника энергии рассматривается водород (H_2), обладающий рядом преимуществ перед бензином и дизельным топливом (ДТ): высокая энергоотдача, экологичность, источник получения – обычная вода, безопасность.

Поглощение углеводородом - важнейший технологический процесс внедрения H_2 . В зависимости от соотношения H_2 и углерода можно получать твердое, жидкое или газообразное топливо. Но возникает задача получения углерода. Так, развитие водородной промышленности делят на 2 этапа. 1-й: пока есть нефть, H_2 используется для улучшения качества и увеличения количества получаемого бензина (каталитический крекинг). 2-й связан с использованием для производства углеводородного топлива углерода из негорючих материалов (известняка).

Способ получения водородсодержащего газа с наиболее высоким эндотермическим эффектом и удельной производительностью водорода (92 кДж/моль) – это сухая термокаталитическая конверсия. Применительно к дизелям, рассматриваются возможности использования H_2 в качестве самостоятельного вида топлива и в виде присадки, позволяющей улучшить экономические и токсические характеристики дизеля. К инновационным технологиям в водосодержащих энергоносителях относится производство метано-водородных смесей (МВС).

Применение производства альтернативного топлива с высоким содержанием водорода способствует развитию топливно-энергетического комплекса.

Научный руководитель: к.т.н., П.Н. Вайншток

ОГНЕВЫЕ РАБОТЫ ПО УСТРАНЕНИЮ ДЕФЕКТОВ МГ Ø=1400мм

Актуальность данной темы объясняется началом строительства магистрального газопровода «Сила Сибири», рабочий диаметр этой газотранспортной системы будет равен 1400 мм. В своей работе я рассмотрел проведение огневых работ для устранения дефектов, выявленных в ходе внутритрубной дефектоскопии (ВТД).

Дефекты могут быть образованы в ходе строительства, эксплуатации или внешних факторов, например, в результате негативных воздействий многолетнемерзлых грунтов, по которому будет проложена трасса газопровода.

Огневые работы на линейной части газопроводов состоят из четырех основных этапов:

- вырезка технологических отверстий, люков с установкой ВГУ;
- разъединение газопровода под избыточным давлением газа или после освобождения ремонтного участка от газа;
- сварочно-монтажные работы;
- заварка технологических отверстий.

Работа будет включать последовательный план по подготовке и выполнению огневых работ. Подробно будет рассмотрен каждый этап работ и техника безопасности при их выполнении.

Огневые работы – это технологические операции на линейной части магистрального газопровода, связанные с применением открытого огня, искрообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение газа, горючих жидкостей, материалов и конструкций.

Научный руководитель: старший преподаватель Р.А. Атласов

Т.В. САВЕЛЬЕВА

Российский государственный университет нефти и газа им.И.М. Губкина

РОЛЬ ПРЕФЕРЕНЦИЙ В РАЗРАБОТКЕ НИЗКОРЕНТАБЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учитывая рост выработанности в России основных крупных месторождений нефти, актуальным становится вопрос освоения средних и мелких месторождений с трудноизвлекаемыми запасами (ТИЗ) и с высокой степенью обводненности, которые являются низкорентабельными.

Для добычи ТИЗ требуются повышенные затраты финансовых, материальных и трудовых ресурсов, нетрадиционные технологии, несерийное оборудование. Для их эффективной разработки необходимы преференции со стороны государства. Снижение налоговых выплат может снизить издержки на добычу нефти и тем самым позволит оставить в разработке дополнительное число малодебитных и высокообводненных скважин.

Система стимулирования должна способствовать наиболее полному извлечению нефти на уже обустроенных и эксплуатируемых месторождениях; внедрению самых передовых технологий и оборудования на различных стадиях разработки, решению социальных проблем региона.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Э.А.Крайнова

Р.А. САГИТУЛЛИН

ФГБОУ ВПО «Уральский Государственный Горный Университет»

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ БУРОВЫХ РЕАГЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА МЕХАНОАКТИВАЦИИ НЕТРАДИЦИОННОГО КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Опыт ведения буровых работ как в нашей стране, так и за рубежом показывает, что только за счет применения высококачественных буровых растворов, удовлетворяющих геолого-техническим условиям бурения, возможно увеличение механической скорости бурения на 25-40%, сокращение временных и материальных затрат на сооружение скважин до 20% и более, повышение на десятки и сотни процентов добычи жидких и газообразных ископаемых.

В основу предлагаемой технологии заложены результаты многолетних исследований коллектива кафедры «Технологии и техники разведки МПИ» УГГУ, по направлению - механоактивация технологических материалов, используемых в нефтегазодобывающих и геологоразведочных отраслях. Разработанная экспресс-технология модификации нетрадиционного крахмалосодержащего сырья позволит значительно

снизить себестоимость производства импортозамещающих, высокоэффективных буровых реагентов (на десятки процентов), за счет исключения операций клейстеризации, сушки и дополнительного дробления готового продукта.

Потенциальными потребителями крахмальных реагентов являются: нефтегазодобывающие и геологоразведочные организации, горнообогатительные предприятия, производители строительных материалов, целлюлозно-бумажные, текстильные и другие предприятия. Экономический эффект от внедрения разработанной технологии только в нефтегазодобывающей отрасли ориентировочно может составить порядка 45-50 млн. рублей в год. На основе разработанной технологии и техники возможно открытие стационарного, многотоннажного, достаточно компактного и быстро окупаемого производства по выпуску импортозамещающих высокоэффективных буровых крахмальных реагентов типа “РБК-М” из нетрадиционного крахмалосодержащего сырья.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Г.А. Усов

И.А. САЛОВ

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА

В настоящее время в металлургической, горной и в других отраслях промышленности гидравлика и гидропривод находят все большее применение. Совершенствование и проектирование предусматривает внедрение систем диагностирования гидропривода. Использование этих систем позволит: обеспечить контроль состояния и поиск неисправностей элементов гидропривода; уменьшить потери производства и расход материальных и трудовых ресурсов; повысить надежность оборудования; повысить качество проката.

В работе предлагается оснащение гидравлической системы уравновешивания валков МГД-генератором, применение которого облегчает техническую диагностику, как гидравлической системы, так и технологических процессов.

Научный руководитель: ассистент Ю.А. Пожидаев

Б.В. САХНЕВИЧ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Бензин – важнейший продукт нефтеперерабатывающей промышленности, выпуск которого в России, исходя из прогнозов, к 2020 г. возрастет до 47,6 млн. тонн в год. В связи с этим, перед производителями бензина стоит задача повышения объемов выпуска при одновременном улучшении ключевых качественных характеристик.

Смешение бензинов – крайне трудный для оптимизации многостадийный процесс, в который вовлечено большое количество индивидуальных компонентов в условиях постоянного изменения состава смесей; в дополнение к этому, физико-химические свойства компонентов проявляют отклонения от правил аддитивности. Оптимизация процесса производства бензинов возможна только на основе комплексной системы, включающей в себя модели процессов риформинга и изомеризации, и позволяющей разрабатывать рецептуры смешения бензинов с учетом неаддитивности октановых чисел смешения и изменяющегося состава сырья.

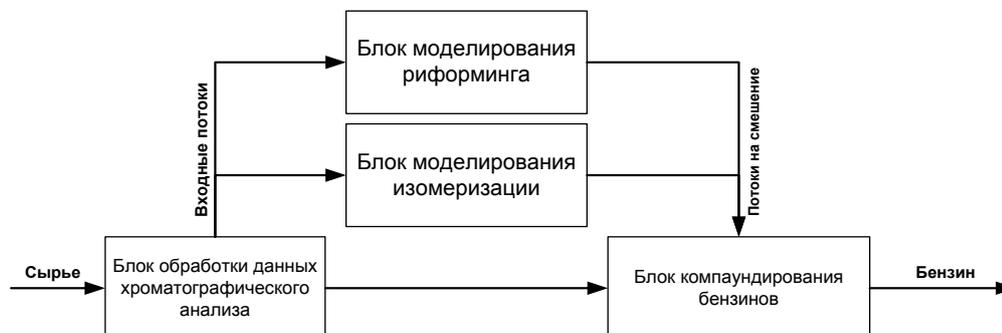


Рис. 1. Структура комплексной моделирующей системы

Использование такого подхода позволяет достичь снижения запаса по качеству продуктов, а также экономии дорогостоящих и дефицитных компонентов. Так, показано, что увеличение содержания ключевых компонентов – н-пентана и н-гексана в сырье процесса изомеризации на 2-3 % мас. приводит к увеличению октанового числа изомеризатов на 2-3 пункта, что определяет соотношение компонентов при приготовлении бензина: при производстве бензина марки Премиум-95 становится возможным экономия 2 % мас. метилтретбутилового эфира и 1 % мас. алкилата.

Научный руководитель: ассистент кафедры ХТТиХК Киргина М. В.

А.М. САФИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ НА ЭТАПАХ ДОБЫЧИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И СКЛАДИРОВАНИЯ УГЛЯ

Развитие угольной энергетики немыслимо без развития угледобывающих предприятий. Использование на угольных шахтах современных очистных механизированных комплексов и проходческого оборудования нового поколения позволило значительно повысить удельную производительность труда рабочих. Вместе с тем, возрастание нагрузки на очистной забой привело к более интенсивному пылеобразованию и пылевыведению на всех этапах производства угля: начиная добычей и заканчивая конечной доставкой к потребителю.

Целью работы является улучшение санитарно-гигиенических условий труда рабочих, занятых на производстве угля за счет мероприятий по пылеподавлению с применением в процессе орошения эффективных, наиболее физиологически и экологически безвредных смачивателей.

В ходе исследований была установлена зависимость смачиваемости угольной пыли от влажности, зольности, петрографического и химического состава добываемых углей. Также выявлена зависимость смачиваемости пыли среднеметаморфизованных углей различных марок от вида и концентрации ПАВ. В результате доказано, что при разработке среднеметаморфизованных углей подземным способом использование в процессе орошения смачивателя, включающего натриевую соль карбоксиметиллцеллюлозы, триполифосфата натрия и соснового масла, позволяет повысить эффективность пылеподавления не менее чем на 25-30 %.

Для пылеподавления открытых штабелей угля предлагается применение в качестве смачивателя хлорида кальция. Хлористый кальций известен своими гигроскопичными свойствами. На открытой поверхности он способен поглощать водяные пары из воздуха, тем самым обеспечивая противопыление поверхности угля. Также раствор 32%-го смачивателя обладает морозостойкими характеристиками, что позволяет сохранить качество угля, во время хранения и транспортировки в зимний период.

Научные руководители: д. т. н., профессор Г.И. Коршунов, к. т. н., доцент С.В. Ковшов

В.А. САЯХОВ

Альметьевский государственный нефтяной институт

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРП НА ОБЪЕКТАХ ОАО «ТАТНЕФТЬ» И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГРП

Целью данной работы является анализ эффективности применения гидроразрыва пласта на объектах ОАО «Татнефть» и ознакомление с современными технологиями, позволяющим совершенствовать процесс ГРП с целью увеличения выработки запасов и рентабельности их эксплуатации.

Для ОАО «Татнефть» технология ГРП позволяет эффективно эксплуатировать скважины на поздней стадии разработки. За рассматриваемый период с 2009 по 2014 года количество произведенных операций по ГРП с каждым годом неуклонно растет. Прирост дебита нефти, приходящийся на 1 скважину, ежегодно сохраняется в пределах 4 - 6 тонн в сутки, дополнительная добыча нефти с начала использования мероприятия составляет порядка 10 млн. тонн нефти. Срок окупаемости составляет менее года, срок эффекта - порядка 3 лет.

В связи с тем, что метод ГРП за последние десятилетия приобретает всё большую значимость в применении по всему миру, ведущие компании ведут интенсивные работы по совершенствованию технологий ГРП. ОАО "Татнефть" также успешно внедряет на своих месторождениях инновационные технологии: многозонный ГРП, использование крупного проппанта для выполнения ГРП на карбонатных коллекторах, ГРП с применением линейного геля, ГРП пеной с содержанием азота, комплексная технология ГРП и гидropескоструйной перфорации.

В проделанной работе были проанализированы промысловые данные по фактическим технологическим режимам скважин до и после проведения различных технологий ГРП. В результате анализа были сде-

ланы выводы о наиболее эффективных технологиях ГРП для геолого-технических условий объектов разработки Ромашкинского месторождения.

Научный руководитель: д.т.н., профессор И.А. Гуськова

И.П. СВЕРЧКОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «МЕЖДУРЕЧЬЕ»

В Российской Федерации объем отходов образующихся при добыче полезных ископаемых стабильно растет и в 2013 году составил 4701,2 млн. тонн. Размещение отходов сопровождается изъятием земель сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения. Кроме того, при складировании отходы могут пылить, загрязняя приземный слой атмосферного воздуха, а при выпадении осадков подвижные формы элементов вымываются, загрязняя почвы и подземные воды.

Одним из видов отходов образующихся при переработке полезных ископаемых являются отходы обогащения угольного сырья, которые представляют собой обводненную мелкодисперсную смесь угля и пустой породы.

Шламы углеобогащения предприятия ОАО «Междуречье» имеют зольность, менее 25 % и удельную теплоту сгорания около 19 МДж/кг. Такие параметры отходов позволяют использовать их в качестве сырья для приготовления водоугольного топлива.

На котельной рассматриваемого предприятия установлены паровые котлы ДКВр – 10, которые могут быть переоборудованы для сжигания водоугольного топлива.

Подобные испытания уже проводились. При использовании водоугольного топлива, изготовленного из шламов углеобогащения, улучшились параметры работы котла: на 30 – 40 % снизились выбросы оксидов азота, в 1,5 – 2,0 раза снизились выбросы в атмосферу твердых частиц. Степень недожога топлива уменьшилась на 17 – 20 %, а КПД котла увеличился на 17 – 19,5 %.

Золошлаковые отходы, образующиеся при сжигании водоугольного топлива можно использовать как добавку к цементу на асфальтобетонном заводе, предприятия ОАО «Междуречье».

Таким образом, утилизация шламов углеобогащения путем их сжигания на котельных предприятия позволит рациональнее использовать природные ресурсы, снизить техногенную нагрузку на окружающую среду, а также освободить значительные территории, в настоящее время, используемые для хранения шламов.

Научный руководитель: д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

Э.Ф. СИБАГАТУЛЛИНА

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ РУДЫ МЕДВЕДЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЛОТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ ОБОГАЩЕНИЯ

Титаномагнетитовые руды – ценное комплексное сырье, имеющее в своем составе железо, титан и ванадий в количествах, достаточных для их промышленного извлечения. Однако ограничивающим фактором для широкого их использования в традиционной металлургии является наличие в получаемых концентратах диоксида титана.

Характеристика титаномагнетитовых руд различных месторождений указывает на сложность их вещественного состава, тесное взаимопрорастание минералов и весьма тонкую их вкрапленность, что определяет трудную степень обогатимости данных руд.

Флотация представляет перспективный метод обогащения титаномагнетитовой руды Медведевского месторождения, который обеспечивает получение кондиционного концентрата. Флотируемость минералов определяется физико-химическими свойствами их поверхностей, зависящими от строения поверхностных слоев и кристаллической структуры минерала. Для флотации ильменита в качестве собирателей применяют жирнокислотные и аполярные собиратели, в качестве депрессоров и регулятора среды – кремнефтористый натрий и серную кислоту.

В качестве исходного продукта для опытов использовался немагнитный продукт магнитной сепарации титаномагнетитовой руды Медведевского месторождения крупностью 0,1-0 мм. В результате экспериментальных данных получен концентрат с массовой долей диоксида титана 46,5% при извлечении его в концентрат 86,0%. Данные свидетельствуют о том, что кремнефтористый натрий является эффективным депрессором, серная кислота – регулятором среды, олеат натрия – хорошим собирателем, а ВКП – дополнительным собирателем и вспенивателем.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.П. Шавакулева

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕЛЬСОВОЙ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ²

В условиях сложившейся политико-экономической ситуации, связанной с введением экономических санкций и снижением курса национальной валюты, особую актуальность приобретает технологическое развитие отечественного промышленного сектора и производство высококачественной продукции, как для внутреннего рынка, так и для экспорта в ближнее и дальнее зарубежье. В настоящее время перед разработчиками металлургической технологии и оборудования стоит ряд проблем, от решения которых зависит поступательное развитие экономики, повышение экспортного потенциала страны и снижение доли импорта. Одной из основных задач в сохранении технологической независимости страны в черной металлургии является поузловая модернизация машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) с применением наукоемких технологий, современных технических и технологических решений.

В Российской Федерации основным производителем рельсовой металлопродукции является ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (г. Новокузнецк), проведенные в 2012-2013 гг. мероприятия по реконструкции МНЛЗ и рельсобалочного цеха позволили освоить технологию производства 100-метровых рельсов для укладки высокоскоростных магистралей. В тоже время качество производимых рельсов может быть улучшено за счет создания гидродинамических условий, способствующих рафинированию металлического расплава от неметаллических включений в промежуточном ковше МНЛЗ. Для определения оптимальных конструктивных параметров рабочего пространства промежуточного ковша разработан и реализован проект лабораторно-экспериментального комплекса для исследования гидродинамических процессов при непрерывной разливке стали. Проведенные исследования позволили оптимизировать движение потоков металла, обеспечить чистоту непрерывнолитой заготовки по неметаллическим включениям и повысить конкурентоспособность отечественной рельсовой металлопродукции.

Научный руководитель: к.т.н. С.В. Фейлер

А.Д. СМОЛЬНИКОВ, П.А. ПЕТРОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПОРА ДЛЯ НАРЕЗКИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОФИЛЯ

Цель работы – моделирование и разработка системы автоматического упора для нарезки алюминиевого профиля.

Проблема отсутствия автоматических упоров на линии по нарезке алюминиевого профиля является актуальной, поскольку в данном процессе требуется достаточная точность и скорость перемещения упора для увеличения производительности.

При использовании ручной подачи профилей из-за человеческого фактора, люфта упорного механизма, внешних воздействий возникают значительные погрешности измерений. Эти проблемы решаются за счёт внедрения системы автоматического упора. Данная система намного дешевле, чем полная замена старого оборудования на новое.

В данной работе был разработан алгоритм управления автоматическим упором, собрана лабораторная установка для моделирования процесса подачи упора, создана модель на базе лабораторной установки и программной среды National Instruments LabVIEW 5.6, разработан экран оператора для управления процессом, проведено моделирование процесса подачи упора. На экране оператора задаётся скорость перемещения и необходимый размер заготовки. После нажатия кнопки «Start» происходит перемещение упора на заданную величину. Нажатие кнопки «Stop» прекращает процесс моделирования.

Моделирование системы автоматического упора позволяет исключить ошибки при внедрении проекта на действующем производстве, тестировать различные режимы работы двигателя и варианты программы управления. В дальнейшем планируется создать модель упора, включающую в себя все элементы реального агрегата (стол, зубчатую рейку, шестерню, направляющие).

² Работа выполнена в СибГИУ по государственному заданию Минобрнауки России, проект 2556

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЫ, НА КОТОРОЙ ВОЗМОЖНО ПРОЯВЛЕНИЕ ГОРНЫХ УДАРОВ, НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Выполнен анализ существующих расчетных методов прогноза возникновения горных ударов, а также методик определения коэффициентов структурного ослабления массива для целей реализации реального поведения массива при численном моделировании. Предлагается методика определения критической глубины по условию удароопасности. Методика позволяет определять глубину ведения работ, с которой необходимо проектировать реализацию мероприятий по предотвращению горных ударов. Методика основана на интерпретации результатов численного моделирования с использованием существующих эмпирических критериев возникновения горных ударов.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.Н. Шабаров

Д.Ю. СОЛОВЬЕВ, Р.М. РАХИМЗЯНОВ, К.А. ВЯТКИН

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЭМУЛЬГАТОРА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ ЭМУЛЬСИЙ

В настоящее время растет доля трудноизвлекаемых запасов, которые при извлечении и транспортировке образуют высоковязкие эмульсии. Основным способом их разрушения является использование деэмульгаторов. В работе оценивается эффективность его использования при транспортировке высоковязких эмульсий при ламинарном режиметечения жидкости. Эффективность применения деэмульгатора обуславливается достижением всех бронирующих оболочек асфальтено-смолистых веществ на каплях пластовой воды при турбулентном режиме. В ламинарном потоке деэмульгатор не способен полностью прореагировать со всем объемом эмульсии, что приводит к повышению давления в трубопроводе и увеличению времени подготовки.

Для оценки воздействия реагента с помощью программного комплекса «OLGA» смоделирован трубопровод и заложены физико-химические свойства транспортируемого флюида. Вязкость эмульсии задавалась на основе проведенных лабораторных исследований, в которых были подготовлены балансовые смеси из нефтей и пластовых вод без добавления (базовая смесь) и с добавлением деэмульгатора. Вязкость полученных смесей измерялась на ротационном вискозиметре Rheotest RN 4.1 в соответствии с ГОСТ-1929-87 при температуре 8°C. Моделирование процесса позволило определить распределение давления, изменение скорости, доли сечения, занятого жидкостью, изменение плотности флюида, режим течения жидкости по длине трубопровода. Проведена оценка результатов расчета и фактических параметров трубопровода для определения качества моделирования.

В результате исследований установлено, что применение деэмульгатора снижает давление в трубопроводе на 17% по сравнению с базовой смесью, но при ламинарном режиме заявленные давления не достигаются. Предложено применение турбулизаторов потока для перемешивания деэмульгатора с эмульсией и разрушения всех бронирующих оболочек, что дает положительный экономический эффект, связанный со снижением давления в трубопроводе, времени подготовки нефти, расхода деэмульгатора и энергозатрат.

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры «Нефтегазовые технологии» П.Ю. Илюшин

А.В. СТЕНЬКИН

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ QSPR МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Разработана двухпараметрическая модель QSPR (Quantitative Structure – Properties Relationship) для расчета критических констант: температуры, давления, коэффициента сжимаемости n-и изоалканов. Модель представляет собой регрессионное уравнение, связывающую приведенные (относительно метана) значения критических параметров с топологическими характеристиками молекулярных графов: индексом Винера и функцией собственных значений топологической матрицы молекулы:

$$Z(\varepsilon, I) = a_0 + a_1\varepsilon + a_2I + a_3\varepsilon^2 + a_4\varepsilon I + a_5I^2 \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения (1) приведены в таблице 1.

Коэффициенты зависимости (1) были найдены методами многофакторного регрессионного анализа. Точность полученных моделей оценивалась с помощью статистических характеристик, анализ которых доказал, что полученная модель является адекватной. Сравнение справочных и расчетных значений свойств показало, что погрешность расчётов по предложенному методу не превышает 1 %.

Таблица 1

Коэффициенты модели (1) для расчета критических констант алканов						
Параметры модели (1)	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
изоалканы						
$Z_1 = T_{кр} / T_{кр(CH_4)}$	1,954543	0,009387	-	-0,001446	0,000058	0,007521
$Z_2 = p_{кр} / p_{кр(CH_4)}$	1,188902	-	-0,092412	-0,000517	0,000026	0,005366
$Z_3 = z_{кр} / z_{кр(CH_4)}$	0,956868	-	-	-0,000085	0,000005	-
н-алканы						
$Z_1 = T_{кр} / T_{кр(CH_4)}$	1,004874	0,241881	0,03429	-0,00831	0,000167	-0,064566
$Z_2 = p_{кр} / p_{кр(CH_4)}$	1,004137	0,231397	0,32901	-0,00744	0,000144	-0,073045
$Z_3 = z_{кр} / z_{кр(CH_4)}$	0,998679	0,021453	-	-0,00053	-	-0,006530

На основе полученных результатов была написана программа в среде Maple для расчета топологических характеристик и критических свойств алканов, которая может быть использована для инженерных расчетов и для решения научных задач.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Е.Ф. Трапезникова

С.Ю. СТЕПАНОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПЛАТИНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В УЛЬТРАОСНОВНЫХ ИНТРУЗИВАХ УРАЛО-АЛЯСКИНСКОГО ТИПА (НА ПРИМЕРЕ МАССИВОВ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА УРАЛА)

Вопрос о коренной платиноносности дунит-клинопироксенитовых интрузивов стоит перед учёными-геологами со времени начала крупномасштабной разработки Уральских платиновых россыпей. Значительные успехи в области разведки коренных месторождений платины были сделаны в пределах Нижнетагильского интрузива, а данные о рудных зонах в других дунит-клинопироксенитовых интрузивах Платиноносного пояса до недавнего времени почти отсутствовали.

В результате поисково-разведочных работ последних двух лет платиновые рудные зоны выявлены в породах Вересовоборского и Светлоборского интрузивов. Существуют предпосылки для выявления аналогичных рудных зон в пределах Каменушенского интрузива. Цель научно-исследовательской работы заключалась в выявлении закономерностей размещения платинового оруденения посредством минералогическо-петрографических исследований и сопоставления их результатов с геологическими наблюдениями.

Из числа дунит-клинопироксенитовых интрузивов Платиноносного пояса Урала наиболее перспективными на выявление крупных месторождений с хромит-платиновым оруденением являются интрузивы с развитием грубозернистых дунитов. Положение рудных тел в таких интрузивах контролируется зонами перехода разновидностей дунитов, отличающихся по зернистости. На основе многочисленных онтогенетических наблюдений над индивидами минералов, петрографических исследований и анализа данных геохимического опробования пород и руд можно сделать вывод, что формирование промышленно-значимых рудных хромит-платиновых тел связано с непосредственным образованием дунитов и последующей их эволюцией в ходе магматического и раннего постмагматического процессов при активном участии флюидной фазы, обеспечивающей долговременное развитие рудообразующей системы с глубокой эволюцией вещества.

Научный руководитель: д. геол.-мин. наук, профессор А.В. Козлов

Л.В. СТЕПАНОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

В работе представлены результаты изучения факторов, направлений и инструментов нормативно-правового регулирования, влияющих на оценку условий труда, в рамках нового законодательства о специальной оценке условий труда (СОУТ). Актуальность данной работы заключается в необходимости объективного анализа текущей ситуации с оценкой условий труда и предоставления работникам гарантий и компенсаций, а также потенциальное ухудшение состояния здоровья работников и как следствие повышение уровня травматизма и профессиональной заболеваемости. В данной работе были выявлены возможные нега-

тивные последствия введения СОУТ, а также предложены решения на уровне предприятия по их предотвращению.

Особое внимание уделено изменению перечня измеряемых факторов производственной среды и изменению порядка предоставления работникам гарантий и компенсаций за работу во вредных и опасных условиях труда.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор М. Л. Рудаков

М.С. СТОЛЯРОВА

Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова

ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Коксохимическая промышленность является одной из важнейших отраслей металлургии и обеспечивает коксом черную металлургию и ряд других отраслей промышленности. Тушение кокса является важным звеном технологического процесса производства кокса. Этот процесс осуществляется мокрым и сухим способом. Наиболее прогрессивным направлением по совершенствованию процесса тушения кокса является способ охлаждения, согласно которому кокс охлаждается в две ступени: на первой - водой через стенки теплообменника, и на второй - охлаждающим газом, содержащим пары воды. Устройство для осуществления этого способа содержит шахту с пережимом в центральной части. Недостатком данного устройства является неравномерность охлаждения кокса из-за разной порозности кокса (доля межкусковых пустот в общем объеме слоя) в движущейся массе и большей скорости движения центральных участков, чем периферийных. Способ сложен еще и потому, что газ второй ступени необходимо очищать от пыли. Эти способы также требуют сортировки кокса по классам крупности для формирования потребительских свойств перед отправкой.

Нами разработан комплекс сортировки и охлаждения кокса, позволяющий учитывать большинство особенностей технологии тушения и сортировки кокса. Также нами разработана методика определения прочностных свойств кокса по трещиностойкости, учитывающая пористость, форму и размер кусков кокса, подготовленных для испытаний. Разработанный метод является прямым, т.е. характеризует действительную прочность кокса, что является преимуществом перед другими методами.

Научный руководитель: ассистент Ю.А. Пожидаев

Д.И. ТОРБА

Самарский государственный технический университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Месторождение X Самарской области является месторождением высоковязкой нефти с динамической вязкостью нефти в пластовых условиях 52,59 мПа·с для бобриковского горизонта. Коллекторами служат песчаники слабой и средней крепости с проницаемостью 3,242 мкм², пористостью 0,27.

В работе оценены суммарные объемы пескопроявления с течением времени при различных условиях эксплуатации с помощью математической модели П.Я. ван ден Хука и М.Б. Гейликмана.

В первую очередь расчет выноса песка был проведен для фактических условий эксплуатации скважины (текущий дебит жидкости составляет 143 м³/сут при депрессии 7,6 МПа).

Согласно расчетам критических градиентов давлений минимальное значение депрессии, необходимое для исключения влияния вязко-структурных свойств нефти на процесс фильтрации, для рассматриваемой пластовой системы составляет 3,2 МПа. В связи с этим, был выполнен перерасчет процесса выноса механических примесей для полученного значения депрессии.

Решением аналитического уравнения псевдоустановившегося притока нелинейно-вязкопластичной нефти к вертикальной скважине с произвольной по форме площадью дренирования был определен проектный дебит, соответствующий депрессии 3,2 МПа.

Учитывая то, что нефть рассматриваемого объекта обладает высокой вязкостью, коллектор сложен слабо и средне консолидированным песчаником, рассмотрен вариант снижения фактической депрессии с сохранением проектного дебита путем повышения пластовой температуры до 40⁰С в результате применения теплового воздействия. Для полученного значения депрессии (4 МПа) были оценены суммарные объемы пескопроявления с течением времени.

Научные руководители: ст. преподаватель В.Е. Ханжина; к.т.н., ст. преподаватель А.М. Зиновьев

ОЦЕНКА ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Деятельность хозяйствующего субъекта, независимо от отрасли и масштабов, сопряжена с многочисленными рисками, влияние которых качественно и количественно сказывается на его результатах.

На рынке калийных удобрений, который принято было считать одним из самых стабильных, в период с 2011 по 2013 год сложилась достаточно неблагоприятная ситуация, в связи с чем, изменилась и сама конъюнктура рынка. Это связано с падающей ценой и снижением потребления калийных удобрений в странах импортерах. Также, на данный момент произошел разрыв отношений между белорусским и российским производителями. «Беларуськалий» оказался в условиях жесткой ценовой конкуренции. Данная ситуация для «Беларуськалия» осложняется тем, что компания произвела ряд крупных капитальных вложений в строительство нового химического комбината. Эти изменения ярко выражены в структуре ликвидности ее баланса.

Оценка рисков ликвидности и финансовой устойчивости для предприятий, занятых производством, может осуществляться с помощью относительных показателей, посредством анализа их отклонений от рекомендуемых значений. При оценке финансового состояния предприятия используется комплексная балльная система. В качестве относительных показателей применяются коэффициенты абсолютной ликвидности, «критической оценки», автономии, обеспеченности собственными средствами и финансовой устойчивости.

По набранному количеству баллов, исходя из установленной шкалы по уровню риска, предприятие ОАО «Беларуськалий» за 2012 год существенно улучшило свое финансовое состояние и может быть отнесено ко второму классу риска (нормальное финансовое состояние). Данная категория характеризуется финансовыми показателями, близкими к оптимальным, однако на ОАО «Беларуськалий» наблюдается отставание по показателям ликвидности и обеспеченности собственными средствами. Общее финансовое состояние компании в ближайшей перспективе может быть охарактеризовано как устойчивое.

Научный руководитель: к.э.н., доцент О.А. Маринина

А.Ю. ТРУШИН

Казанский национальный исследовательский технологический университет

НОВЫЙ ПОДХОД К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВОДЫ В ТОВАРНОЙ И СЫРОЙ НЕФТИ

В настоящее время со стороны государства усиливается контроль за природными ресурсами, прежде всего связанный с добычей углеводородного сырья. Учетные операции осуществляются на основании показаний средств измерений расхода, объема, плотности, содержания воды и др. Погрешности этих измерений приводят к тому, что из коммерческого учета выпадает значительная часть валового продукта отрасли.

В работе предложена и обоснована схема проведения поверки средств измерения объемного влагосодержания нефти на основе ГОСТ 8.614-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений объемного влагосодержания нефти и нефтепродуктов». К данным средствам измерения относятся поточные влагомеры, которые обеспечивают допустимые погрешности измерения балласта нефти и, в конечном счете, массы нетто нефти. Подтверждение соответствия метрологических характеристик, применяемых в настоящее время в нефтяной промышленности поточных влагомеров нефти установленным при испытаниях с целью утверждения типа нормам точности, осуществляется проведением периодического контроля метрологических характеристик при эксплуатации и ежегодной поверкой. На сегодняшний момент широко применяется процедура поверки рабочих средств измерений связанная с демонтажом средств измерения с места эксплуатации и доставка их в лабораторию, где находится поверочный стенд, посредством которого осуществляется поверка. Такая схема имеет ряд существенных недостатков. Предложенный подход метрологическому обеспечению определения количества воды в товарной и сырой нефти, который позволит проводить поверку в условиях эксплуатации, повысит достоверность результатов поверки и существенно сократить временные и финансовые затраты.

Научные руководители: начальник отдела ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии» А.Г. Сладовский; к.т.н., доцент О.Ю. Сладовская

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ ЖДАНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Формирование оруденения на данной территории связано с многостадийными деформационными процессами, происходящими в раннеюрское время. Анализ кинематических условий и реконструкции полей локальных тектонических напряжений проводились с использованием метода М.В. Гзовского. Были проведены массовые замеры линейных структурных элементов: слоистость, кливаж, трещины, кварцевые жилы и прожилки, борозды скольжения.

Рудные тела представлены золотоносными кварцевыми жилами, локализующимися в зонах разрывных нарушений и в трещинах скола. По морфологии выделяются три типа рудных тел: 1 – простые лестничные жилы; 2 – линзовидные жилы в зонах секущих разрывных нарушений; 3 – межпластовые жилы в трещинах срыва. В результате нанесения на стереографическую проекцию полюсов кварцевых жил, выделены две системы. Первая система $S_1 - 230 - 240 \angle 80$ – кварцевые жилы северо-западного простирания. Это наиболее мощные (до 1,0 м) жильные образования, сложенные кварцем первой генерации, межслоевые или секущие слоистость под острым углом. В соответствии с положением главных векторов, локальное поле напряжений относится к взбросовому типу. Вторая система $S_2 - 312 - 320 \angle 60$ – маломощные кварцевые жилы и прожилки, оперяющие главные рудные тела, сложенные кварцем второй генерации. Вторая система жил S_2 по отношению к первой перпендикулярна по падению. Локальное поле напряжений относится к сдвиговому типу, угол динамокинематической плоскости – 30° говорит о комбинированном характере деформации.

Таким образом, в результате проведенного геолого-структурного анализа, можно сделать вывод, что на данной территории широко проявлены два этапа структурообразования: этап D1 – надвиговый и этап D2 – сдвиговый (сбросо-сдвиговый). Золотое оруденение связано с мощными кварцевыми жилами, сформировавшимися при надвиговых дислокациях, тип оруденения – золото-кварцевое малосульфидное.

Научный руководитель: к. г-м.н., доцент Л.И. Полуфунтикова

А.М. УСМАНОВ

Альметьевский государственный нефтяной институт

ТЕХНОЛОГИЯ ОСВОЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ИЗОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ ПРИРОДНОГО БИТУМА РТ ТЕПЛОВЫМИ СКВАЖИННЫМИ МЕТОДАМИ

Разработан эффективный способ освоения битумных залежей изометрической формы. Способ состоит из 2 этапов. Первый этап бурение вертикальной дренажно- добычной скважины в центре залежи. В одной колонне монтируется добычная колонна, и дренажная колонна, оборудованная штатным штанговым насосом. Ключевой задачей технологии освоения и разработки является эффективный разогрев предварительно осушенного битумного пласта. Обезвоженный пласт позволяет, как показали лабораторные исследования, уменьшить объем теплоносителя, увеличить скорость разогрева битумного и снижение величины теплотрат на 60-70%.

Распределение теплотока в кольцевом пространстве теплонагнетательной скважины определяется по оригинальной формуле: $P = h (T_f - T_s)$ где: P - поток тепла через единицу площади или объема раздела фаз. h - коэффициент теплоотдачи, T_f – температура течения жидкости, T_s - температура твердой фазы. Тепловой поток стремится центру круга и добывающей скважине (рис.1).

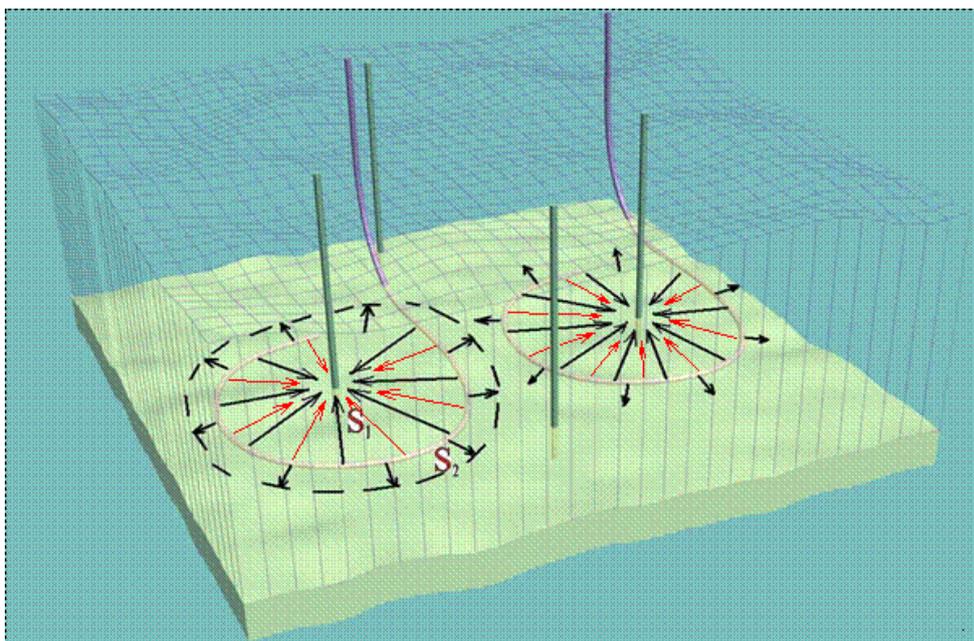


Рис 1. Контур кольцевой теплонагнетательной скважин

С продвижением потока к центру он стремится к увеличению плотности, поскольку h - коэффициент теплоотдачи по всей площади круга существенно не меняется.

Разность $(T_f - T_s)$ стремится к увеличению, следовательно, к увеличению плотности потока, что прямо пропорционально уменьшению радиусу круга.

В.А. ФАМ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НЕФТЕГАЗОВОЙ КОРПОРАЦИИ «ПЕТРОВЬЕТНАМ»

Нефтяная и газовая промышленность играет важную роль в процессе социально-экономическом развития. Для Вьетнама в последние годы, корпорация «Петровьетнам» играет очень важную роль, ежегодно обеспечивая почти 30% национального бюджета. В ближайшие годы ее роль в энергетической безопасности и доходах бюджета страны будет увеличиваться и являться стимулом для индустриализации и модернизации страны.

За 2014 год корпорация «Петровьетнам» выполнила план по добыче нефти на территории Вьетнама, которая составила 14,37 млн. тонн нефти и 9,5 млрд м³ газа. Всего «Петровьетнам» добыто 16,21 млн. тонн. По итогам 2014 г. объемы геологоразведочных работ превысили плановые по сейморазведочным работам. За счет открытия новых месторождений запасы увеличились почти на 48 млн. тонн. На территории Вьетнама корпорацией «Петровьетнам» пробурена 31 скважина, в том числе, 10 разведочных и 21 оценочная скважины. Также построено 47 добывающих скважин в стране и 17 скважин за рубежом.

Чистая прибыль корпорации «Петровьетнам» после налогообложения за 2013 год составила более 2,7 млрд. долл. и увеличилась на 8% по сравнению с 2012 годом.

Положительная динамика развития корпорации во многом определяется совершенствованием системы управления персоналом. Сотрудники являются основой потенциала корпорации «Петровьетнама». Численность работников 2013 год составила более 50 тыс. чел.

В работе предлагается рассмотреть состояние рабочей силы, политику управления персоналом предприятия и механизмы совершенствования структуры персонала.

Научный руководитель: к.г.н., доцент М.Р. Цибульникова

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИТОКА НЕФТИ ИЗ КОЛЛЕКТОРОВ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Большая территория распространения, развитая инфраструктура, огромные потенциальные запасы нефти высокого качества делают баженовскую свиту достаточно привлекательным объектом для большинства нефтяных компаний. В то же время, она требует грамотного изучения и правильного подхода к разработке, применение новейших и дорогостоящих технологий, а большие экономические риски не дают возможности мелким компаниям принять участие в добыче.

На сегодняшний день имеется опыт применения методов интенсификации притока сланцевой нефти, который будет представлен в данной работе. Были проведены исследования растворимости насыпки из керна пород баженовской свиты различными кислотами, а также рассмотрено влияния разного рода растворителей на краевой угол смачивания на границе порода баженовской свиты–нефть.

В заключении будут представлены рекомендации по исследованиям и дальнейшие планы по изучению нефтематеринских пород баженовской свиты.

На рис. 1 представлены результаты растворимости пород баженовской свиты азотной кислотой в динамике при различных концентрациях, с использованием магнитной мешалки IKA RT 5 POWER, при пластовой температуре 105 °С

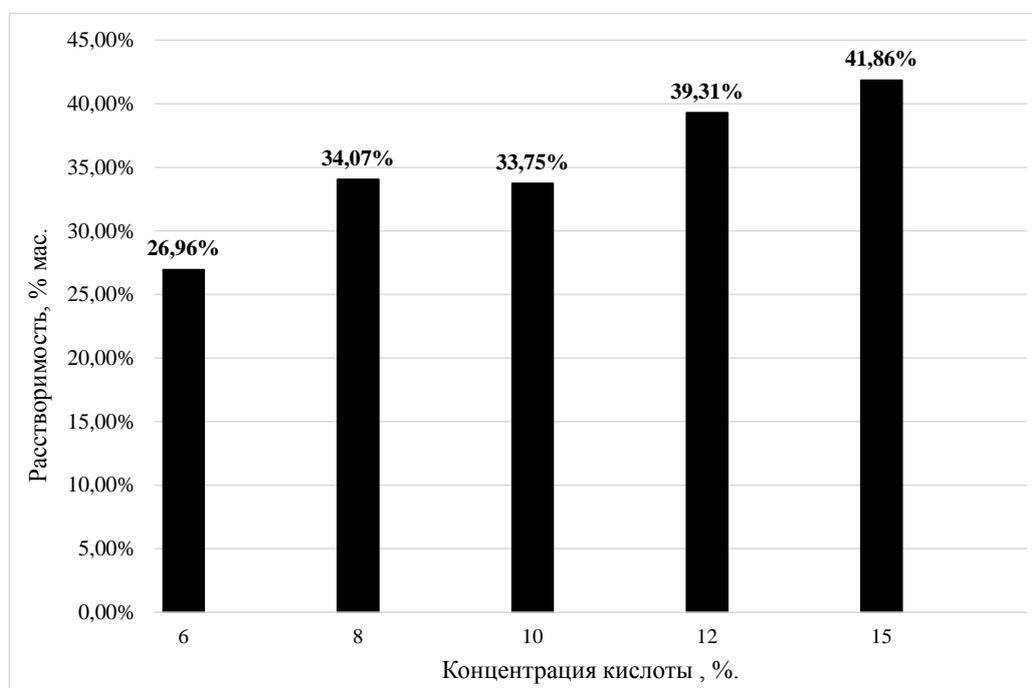


Рис.1 Результаты растворения пород баженовской свиты азотной кислотой

Научные руководители: профессор Петухов А.В., аспирант Литвин В.Т.

И.И. ФИЛАТОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

МЕХАНИЗМ СОЗДАНИЯ КГН И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДОХОДОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ БЮДЖЕТОВ

С 1 января 2012 г. в соответствии с положениями налогового кодекса РФ в редакции Федерального закона от 16.11.2011 N 321-ФЗ налогоплательщикам предоставлена возможность создания консолидированной группы налогоплательщиков (далее - КГН) для целей исчисления и уплаты налога на прибыль. КГН - это добровольное объединение российских организаций-плательщиков налога на прибыль организаций на основе договора о создании такой группы. Создание КГН целесообразно для организаций, входящих в крупный холдинг.

После введения данного закона открытые акционерные общества начали активно проводить работу по созданию КГН в рамках группы компаний. И ОАО «Газпром нефть» - крупнейший налогоплательщик

Санкт-Петербурга, также входит в их число. Начиная с отчетного периода за 2013 год Компания является ответственным участником КГН.

Законодательство о КГН стимулирует крупнейшие компании страны платить налог на прибыль не по месту регистрации юридического лица, а в тех регионах, где сконцентрированы производственные мощности и персонал. Так как в состав группы «Газпром нефть» входят около 80 нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и сбытовых предприятий, находящихся в нефте- и газодобывающих областях, то головной офис в Петербурге больших доходов не генерирует, поэтому перераспределение налога на прибыль явно должно было быть не в пользу городского бюджета. В свою очередь, ожидался рост поступлений в бюджеты промышленных регионов. Однако «Газпром нефть» провела консолидацию только сбытовых подразделений и отложила на неопределенный срок консолидацию производственной группы. В КГН были включены московские «Газпромнефть-аэро» и «Газпромнефть — смазочные материалы», петербургские «Газпромнефть марин бункер» и ОДЦ «Охта». Добывающие дочерние предприятия «Газпром нефти» в КГН не вошли. Дело в том, что новый законопроект все-таки позволяет компании выбирать, где платить налоги: это возможно не только в регионах, где компания ведет основную деятельность, к примеру, в Омске, но и в тех областях, где у компании зарегистрированы основные средства. Ожидается, что в Санкт-Петербурге достроят новый огромный офис (ЗАО «ОДЦ «Охта») и, соответственно, именно там будут сосредоточены огромные капиталовложения.

Таким образом, создание ОАО «Газпром Нефть» КГН не привело к значительному изменению соотношения налоговых отчислений в бюджеты регионов, как планировалось в новом законодательстве РФ.

Более того, согласно финансовой отчетности ОАО «Газпром Нефть», в результате введения данного механизма Компания в 2013 году сократила расходы на налог на прибыль в размере 111 853 тыс. руб.

Многие были выявлены основные причины использования данного механизма Компанией:

1. Создание КГН выгодно тем, что внутренние операции (операции между организациями группы) не облагаются налогом на прибыль. Такое объединение платит налог на прибыль как единая организация с системой филиалов (обособленных подразделений), то есть консолидирует налоговую базу.

2. КГН получает привилегию трансфертного ценообразования, тем самым позволяя экономить на НДС.

Научный руководитель: доц. Е. Г. Катыхова

Д.А. ФОМИН, Д.Г. ЛАПИН

Институт нефти и газа

Сибирский федеральный университет

УТИЛИЗАЦИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА – ЗАКАЧКА В ПЛАСТ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПНГ И ПАРОГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

В работе рассматриваются наиболее эффективные и экологичные методы утилизации попутного нефтяного газа для современных нефтегазодобывающих компаний, а также разработан метод утилизации ПНГ при помощи забойного парогазогенератора. Использование нового метода утилизации ПНГ позволяет наращивать объемы добычи нефти более быстрыми темпами, решает вопрос эффективного использования CO₂ на месторождениях, что является актуальным в современных условиях добычи нефти и использования попутного нефтяного газа.

К факторам, препятствующим эффективной утилизации следует отнести отсутствие существующей развитой инфраструктуры, газопроводов; отсутствие по близости достаточных перерабатывающих мощностей. По этим причинам полезная и эффективная утилизация на многих месторождениях становится попросту нерентабельной.

На сегодняшний день известны следующие способы утилизации: компрессорный транспорт газа; сдача сухого газа на газоперерабатывающий завод; малая энергетика; переработка газа на синтетическое топливо; закачка попутного нефтяного газа и его смесей в пласт для поддержания пластового давления и для повышения нефтеотдачи.

Основная идея разработанного метода заключается в применении парогазогенератора, установленного на забое скважины. Парогаз – это совместное нагнетание теплоносителя и дымовых газов (N₂ + CO₂), позволяющее улучшить вязкостное соотношение за счет уменьшения вязкости нефти при растворении в ней азота и углекислого газа.

Забойный парогазогенератор работает следующим образом: у обрабатываемой скважины монтируется наземное оборудование. Парогазогенератор спускают в скважину на насосно-компрессорных трубах и устанавливают в зоне перфорации пласта при помощи термостойкого пакера. В камеру сгорания ЗПГГ по НКТ подают воздух, а по трубопроводам - топливо и воду. Забойный парогазогенератор сжигает ПНГ на забое скважины в камере сгорания, а продукты сгорания – азот и диоксид углерода подаются в нефтяной продуктивный пласт. Конструкцией устройства предусмотрена водяная рубашка для регулировки температуры подачи дымовых газов в пласт. Доказано, что оптимальная температура теплоносителя составляет 70-80 °С.

Теоретические расчеты показали, что для расчетного состава газа расход воды составляет 0.1 м³ на 1 м³ сжигаемого ПНГ. Установлено, что для полного сгорания 1 м³ ПНГ данного состава необходимо 8.2 м³ воздушной смеси в качестве окислителя. Объем продуктов сгорания равен 9.2 м³ из них: N₂ – 6.3 м³, CO₂ - 1.1 м³, H₂O (водяной пар) – 1.8 м³.

Забойный парогазогенератор может применяться как в вертикальных, так и горизонтальных скважинах. В настоящее время считается, что CO₂ является самой эффективной добавкой к пару, так как он уменьшает межфазное натяжение на границе пластового флюида и уменьшает вязкость нефти, улучшая ее подвижность.

Научный руководитель: д.т.н. Б.Б. Квеско

Г.Р. ХАКИМОВА

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
институт геологии и нефтегазовых технологий*

ПРОГРАММА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПУСТОТНО-ПОРИСТОГО ПРОСТРАНСТВА НЕФТЯНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Цель работы – применение программного пакета eCognition для исследования конфигурации пористого пространства карбонатных коллекторов нефти.

Объектом исследования были выбраны карбонатные породы турнейского яруса Демкинского месторождения нефти. Для определения коэффициента пористости мы провели попиксельную сегментацию изображения, на основе пикселей черного цвета выделили класс нефтенасыщенных пор и получили три класса объектов (рис. 1). По схожему принципу проанализировали микрофотографии в скрещенных николях. На основе этих данных, была рассчитана общая пористость шлифа, проведен статистический анализ.

Установлено, чередование зон процессов выщелачивания с более спокойными областями наиболее значимыми были для участка контакта пород с водой. Группы пор нефтяного контакта характеризуются закономерным распределением пор и образуют кластеры определенной конфигурации. Значения среднего евклидова расстояния, также, колеблются в определенном интервале, меньшим, чем в зоне водно-го контакта.

Основное преимущество метода - способность быстрой обработки большого количества изображений в автоматическом режиме без участия человека.

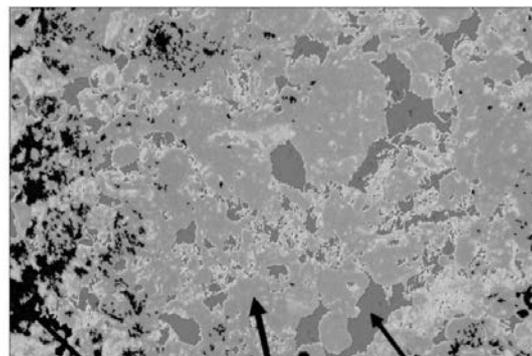


Рис. 1. Результат анализа микроснимков шлифов

Научный руководитель: к.г.-м.н., ассистент Р.И. Кадыров

Э.Р. ХАМДАМОВ

Национальный исследовательский технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время использование современных информационных технологий имеет большой спрос среди крупных и средних предприятий для решения различных специализированных задач. В их число входят горнодобывающие комплексы и предприятия России. Для повышения эффективности при введении взрывных работ и снижении риска опасности, актуальным является разработка прикладного программного комплекса, который позволяет наглядно и в удобной для пользователя форме проводить автоматизированный расчет эксплуатационных параметров буровзрывных работ (БВР), отображать в отчетах полученную статистику с анализом.

В работе создан специализированный прикладной программный продукт, который объединяет в себе различные модули, позволяющие произвести автоматизированные расчёты параметров БВР с высокой точностью и за короткий промежуток времени. Расчет основан на отработанных стандартных методиках, прошедших апробацию на горнодобывающих предприятиях России. Данный программный комплекс создан при помощи среды разработки DELPHI. Получаемый код обладает высоким быстродействием, что очень важно при получении отчета с анализом полученных расчетных данных. Программное средство позволяет произвести необходимые расчёты для введения взрывных работ в реальных условиях работы. В результате

получаем оптимизированное решение эксплуатационных параметров БВР. В программной среде предусмотрено получение справочной информации, как по методикам расчёта параметров БВР, так и по необходимым коэффициентам используемых в этих алгоритмах.

Таким образом, разработан программный комплекс, позволяющий производить автоматизированные расчёты параметров БВР и на их основе создавать отчёты (паспорта) для проведения БВР (продукт апробирован на Куркачинском месторождении).

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.Р. Мухутдинов

Д.Д. ХАРИСОВА

Альметьевский государственный нефтяной институт

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ НЕРЕНТАБЕЛЬНЫМ ФОНДОМ СКВАЖИН НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОАО ТАТНЕФТЬ)

Вопросы эксплуатации малодобитных скважин имеют большое значение с точки зрения экономики, так как затраты на эксплуатацию этих скважин весьма значительны. При определенных условиях нефтедобывающие предприятия заинтересованы в прекращении эксплуатации малодобитных нерентабельных скважин. Однако принятие такого решения влечет за собой множество негативных последствий. Фонд добывающих скважин в ОАО Татнефть делится на рентабельный и нерентабельный (в том числе убыточный). В работе проведен анализ структуры и эффективности эксплуатации фонда скважин одного из НГДУ ОАО Татнефть. Выявлены факторы, влияющие на рентабельность скважин, а именно: цена на нефть, объем добычи, обводненность продукции. С экономической точки зрения убыточную скважину выгоднее остановить, однако окончательное решение по остановке нефтяных скважин принимается только после дополнительного анализа с целью соблюдения проектных принципов разработки месторождения. При остановке убыточных скважин происходит высвобождение следующих затрат: переменных, на оборудование и на ремонт скважин. Негативным последствием остановки скважин является потеря объема добычи нефти. Компенсация добычи нефти можно достичь, проводя эффективные геолого-технические мероприятия (ГТМ). В связи с тем, что вопрос определения источника финансирования ГТМ для ОАО Татнефть является актуальным, предлагается в качестве источника финансирования использовать сумму высвобожденных средств. В работе проведен анализ и подбор ГТМ, компенсирующих потерю добычи нефти, а по затратам не превышающих источник финансирования. Анализ показал, что экономический подход к управлению фондом скважин оказал положительное влияние на технико-экономические показатели предприятия.

Научный руководитель: к.э.н., доцент Ч.С. Закирова

А.Д. ХАРИТОНОВ

ФГБОУ ВПО Самарский государственный технический университет

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ БУРОВОГО РАСТВОРА

Поглощение бурового раствора наиболее дорогостоящая проблема, приводящая к потерям промывочной жидкости. Своевременное предупреждение или быстрое и эффективное устранение поглощений экономит много времени и средств при проходке скважин. Поэтому вопросы, связанные с выбором методов борьбы с потерей циркуляции бурового раствора, всегда остаются актуальными.

Одним из возможных методов ликвидации поглощений является применение блокирующих материалов. В поисках новой рецептуры изолирующего вещества, направленного на борьбу с поглощениями бурового раствора, изначально было принято решение использовать в качестве основы гель-раствор, который был разработан ранее на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» [1]. В дальнейшем проводилась корректировка первоначальной рецептуры, экспериментальным путем были подобраны наиболее эффективные концентрации всех реагентов, что позволило разработать новую гелеобразную композицию.

Далее были проведены исследования динамики структурообразования разработанного состава, определены интервалы гелеобразования, изучено взаимодействие нового вещества с пластовой водой и влияние на него повышенных температур. Таким образом, полученная лабораторным путем композиция обладает гидроизоляционными свойствами и может быть рекомендована для борьбы с частичными и полными поглощениями бурового раствора в процессе строительства скважин.

Для проведения расчётов поглощающего пласта и выбора возможных методов по борьбе с поглощениями бурового раствора на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» разработан программный продукт *Insulating Compositions – Selection*.

Программа позволяет составлять и оценивать индикаторные диаграммы, определять тип коллектора в зоне поглощения и производить дальнейший расчет удельной приёмистости поглощающего горизонта. На

основе полученной информации и рассчитанных данных, предлагается методика ликвидации поглощений и производится расчёт необходимого количества изолирующего материала.

Литература

1. Нечаева О.А. Обоснование и разработка многофункционального бурового раствора на основе синтезируемых гелей для строительства скважин// НТЖ «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море» ВНИИОЭНГ, №5, Москва, 2012. - С. 40-44.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О.А. Нечаева

Д.В. ХЛОПЦОВ

Московский горный институт НИТУ «МИСиС»

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОЦЕНКЕ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПОДЗЕМНОМ ХРАНЕНИИ ГАЗА

Одной из важнейших геомеханических задач: решаемых при добыче и подземном хранении газа является прогноз и обеспечение устойчивости скважин.

Эта задача возникает уже на стадии бурения скважин, которое сопровождается перераспределением напряжений в прискваженном массиве, процессами деформирования и разрушения стенок скважин и прилегающих пород.

В результате выполненных исследований установлены условия и характер разрушения стенок скважин и прискважинной области породного массива в зависимости от уровня начального напряженного состояния массива, анизотропии начального напряженного состояния, прочностных свойств вмещающих горных пород и удельного веса бурового раствора. Предложены диаграммы устойчивости открытого ствола скважины для количественной оценки максимальной и минимальной плотностей бурового раствора, обеспечивающих устойчивость стенок скважины.

Установлены закономерности процессов деформирования и разрушения многослойной конструкции крепи скважины, состоящей из обсадной колонны и цементной тампонажной оболочки, при воздействии избыточного внутреннего давления, осевых и горизонтальных эксплуатационных нагрузок, обусловленных сдвижением массива при разработке месторождений и эксплуатации подземных хранилищ газонефтепродуктов, а также сочетания действующих активных и реактивных нагрузок.

На основании установленных закономерностей разработаны научно-методические рекомендации для расчета конструктивных элементов эксплуатационных скважин на прочность при смятии под воздействием внешних равномерных и неравномерных нагрузок со стороны породного массива, на разрыв по образующей под воздействием избыточного внутреннего давления, на разрыв по образующей под воздействием страгивающей силы продольного растяжения.

Разработанные рекомендации проиллюстрированы числовыми расчетами для параметрического ряда диаметров скважин и обсадных труб.

Р.Р. ХУЗИН

*Казанский (приволжский) Федеральный университет
Институт геологии и нефтегазовых технологий*

СУЛЬФИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ВИЗЕЙСКИХ УГЛЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Объектом исследования явились визейские угли, отобранные при геолого-разведочных работах на территории Республики Татарстан.

Цель исследований - изучение вещественного состава сульфидных включений углей, их минеральных и геохимических особенностей.

Сульфидная сера в углях присутствует главным образом в составе сульфидов железа (пирита, реже – марказита). Имеются сведения о наличии в углях пирротина и мельниковита, а также в малых количествах сульфидов меди, никеля, цинка, свинца и ртути. Под термином «сульфидная сера», который будет применяться в дальнейшем, следует иметь в виду ту часть общей серы угля, которая входит в состав дисульфида железа.

Повышение концентрации сульфатной серы, обычно обнаруживаемое в зоне выветривания угольных пластов, связано с окислением сульфидных минералов. Это не означает, однако, что сульфатная сера в углях не имеет других источников. Сульфаты, являющиеся необходимым элементом минерального питания растений, частично восстанавливаясь в процессе их жизнедеятельности, включаются в компоненты белка, ферментов и других органических соединений. Это дает основание выделить конституционную сульфатную серу углей.

Научный руководитель: к.г.-м.н, ст.преподаватель И.П. Зинатуллина

**С.И. ХУСНУТДИНОВ, А.Г. САФИУЛИНА,
Р.Р. ЗАББАРОВ, Н.А. КОРОЛЕВА, А.И. ГАФФАРОВ**

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ПЕРЕРАБОТКА ЭМУЛЬСИИ ТЯЖЕЛОЙ ПИРОЛИЗНОЙ СМОЛЫ И ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА МЕТОДОМ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

В настоящее время существует ряд процессов, при проведении которых образуются высокоустойчивые водо - углеводородные эмульсии, в том числе процесс пиролиза, в котором в качестве побочного продукта образуется эмульсия тяжелой пиролизной смолы (ТПС).

Для решения проблемы разрушения устойчивых эмульсий “углеводород - вода” используются различные методы обезвоживания: термический, электрический, механический и химический или их комбинации. Но для эмульсий вышеуказанного типа характерна низкая эффективность этих методов. Сложность разрушения эмульсий обусловлена повышенным содержанием в их составе природных эмульгаторов и близкими значениями плотности углеводородной и водной фаз.

В работе предложен метод термомеханического обезвоживания, заключающийся в одновременном нагреве и механическому воздействию на эмульсию. В процессе нагрева водосмоляной эмульсии наблюдается укрупнение глобул воды, их дальнейшее осаждение на поверхность нагрева приводит к перегреву и выбросу эмульсии. Механическое воздействие способствует дроблению глобул воды, что позволяет обеспечить стабилизацию процесса кипения.

Целью данного исследования была адаптация процесса термомеханического обезвоживания к переработке тяжелой пиролизной смолы и жидких продуктов пиролиза ОАО «Казаньоргсинтез».

В ходе работы показана возможность обезвоживания эмульсии ТПС и переработки жидких продуктов пиролиза в ценные товарные продукты с высокой коммерческой стоимостью. Исследовано влияние состава сырья на выход основных продуктов и их физико-химических свойств. Проведен анализ получаемых продуктов на соответствие жидким продуктам пиролиза марок Е-1, Е-18, различным маркам котельного топлива и выбран оптимальный режим работы установки.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент А.Г. Сафиуллина

Е.М. ЦЕЙТЛИН, С.И. ДАНИЛОВ, С.А. ОСИНЦЕВ, Д.А. БЕРСЕНЕВ
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Сегодня вопросы снижения негативного воздействия на окружающую среду и ее охраны с каждым днем становятся все более и более актуальными. Правовой базой для обеспечения современных природоохранных требований при функционировании промышленных предприятий и снижения их негативного воздействия на окружающую среду является экологическое законодательство. В различных странах нормативно-правовые подходы по снижению негативного воздействия на окружающую среду отличаются друг от друга.

В данной работе был проведен анализ существующих нормативно-правовых подходов к снижению негативного воздействия в России и за рубежом. Было выявлено, что за рубежом существует динамично развивающееся многоуровневое экологическое законодательство, которое позволяет предприятиям обеспечивать выполнение новых требований государства в области защиты окружающей среды. Уровень штрафных санкций значителен и нацелен на предотвращение нарушений, а также полную компенсацию экологического ущерба.

В России нередко возможности предприятий не всегда успевают за изменениями экологического законодательства. Но главное, штрафы за нарушение законов охраны окружающей среды неоправданно малы и не соответствуют экономике предприятий, что не стимулирует осуществление природоохранных решений и мероприятий. Актуальной задачей отечественного экологического законодательства является оптимальное сочетание существующих нормативных требований с динамическим подходом, существующим в зарубежных странах. Кроме того, учитывая зарубежный опыт, авторы считают необходимым, чтобы наряду с предприятиями –загрязнителями окружающей среды штрафы выплачивали и субъекты Федерации, и муниципальные округа, на территории которых находится данное предприятие. Такой подход повысил бы экологическую ответственность предприятий и стимулировал советуемые органы власти правительство лучше их контролировать.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Е.М. Цейтлин

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

В работе рассмотрены вопросы оценки экологического ущерба. Сегодня существует множество различных методов оценки экологического ущерба. Авторы проанализировали существующие методы, выделили их преимущества и недостатки.

Экономический ущерб от экологических нарушений не имеет пока однозначного определения не только в плане методов количественного измерения, но и на содержательном уровне. Слово ущерб всегда понимается как: потеря, убыток, урон. Поэтому мы однозначно понимаем под ущербом окружающей среде те потери, которые несет именно природная среда. Однако в данном случае правильнее говорить о вреде окружающей среде, а переходя к экономическому аспекту этой проблемы о затратах на ликвидацию вреда окружающей среде, нанесенного в результате деятельности хозяйствующих субъектов.

Из-за сложности оценки экономического ущерба любого проекта, требуется их классификация, в основе которой лежат качественные, принципиальные различия подходов к оценке экономического ущерба от экологических нарушений. С этой точки зрения предлагается различать проекты, планы и программы, которые наносят экономический ущерб, и проекты, направленные на предотвращение ущерба. Существует ряд методов оценки экономического ущерба на окружающую среду, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками. Ниже перечислены основные методы, применяемые при оценке экологического ущерба: экспертная оценка, метод прямого счёта, метод косвенного счёта, рыночная оценка (метод оценки недвижимости), метод энергетической оценки.

Вышеуказанные методы позволяют в определенной мере достаточно объективно оценить ущерб, наносимый производством окружающей среде. Выбор метода зависит от конкретной ситуации. Однако, на современном уровне развития науки необходимо разработать и официально утвердить универсальный метод комплексной оценки экологического ущерба, наносимого окружающей среде.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Е.М. Цейтлин

Н.Д. ЦИЦИНА

*Институт цветных металлов и материаловедения
Сибирского федерального университета*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Изучен механизм потерь напряжения на электролизерах для производства алюминия.

Выполнен патентный и литературный обзор способов и конструкций токоподвода к обожженному аноду.

Разработана конструкция токоподвода, обеспечивающая повышение площади контакта «ниппель – анод» в 2 – 2,2 раза, снижение падения напряжения в этом узле в 1,5 – 2 раза, с 90 до 45 – 60 мВ, снижение глубины погружения ниппеля в угольный блок на 20 – 50 мм, увеличение цикла замены анода на 1 – 2 суток, снижение массы анодного огарка на 50 – 100 кг.

Оформлены документы на патентную защиту разработанной конструкции токоподвода обожженного анода алюминиевого электролизера.

Внедрение разработанной конструкции токоподвода снизит удельный расход электроэнергии электролизерами с обожженным анодом на 140 – 190 кВт·ч/тAl. В масштабах Российской алюминиевой промышленности, производящей около 1,5 млн. т/год металла в электролизерах с обожженным анодом, экономия электроэнергии составит 210 – 275 млн. кВт·ч, что достаточно для производства 15 000 – 20 000 т/год алюминия.

Сокращение потребления электроэнергии алюминиевой промышленностью позволит уменьшить количество угля, сжигаемого на тепловых электростанциях на 85 000 – 110 000 т/год и снизить, таким образом, выбросы SO₂ на 7 000 – 9 000 т/год, NO₂ – на 4 200 – 5 500 т/год, CO₂ – 300 – 450 тыс. т/год.

Научный руководитель: к.т.н., доцент С.Г. Шахрай

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ

Целью данной работы является обоснование эффективности методики реструктуризации газодобывающей компании и выбор наиболее оптимального варианта для сокращения затрат на капитальный ремонт скважин газодобывающего предприятия в условиях завершающей стадии отработки месторождения и падающего дебета скважин.

Ухудшающиеся горно-геологические условия добычи газа, необходимость сохранения уровня доходности компании требуют снижения удельных производственных затрат на кубометр добываемого газа, повышения производительности труда занятого персонала, эффективности использования основных производственных фондов. В целях достижения этих целей требуется дальнейшее углубление производственной специализации. Объективные условия, складывающиеся в газовой отрасли в целом, требуют дальнейшего сосредоточения производственной деятельности в области добычи газа и последовательного сокращения объемов сервисных работ, выполняемых собственными силами. Производственный персонал газодобывающего управления должен быть занят исключительно выполнением основных технологических операций, а все виды сервисных работ следует передать на исполнение специализированным сервисным организациям. В этой связи за НГДУ целесообразно оставить функции определения объемов, сроков, графиков проведения сервисных работ и их стоимости. Важнейшей функцией становится выбор исполнителей работ, контроль качества исполнения, соблюдение норм и требований эксплуатации оборудования и управление уровнем эксплуатационных затрат в пределах жизненного цикла основных фондов. Многие газовые промыслы, находясь сейчас на завершающей стадии эксплуатации и на грани рентабельности, учитывая свое положение и разразившийся финансовый кризис, нуждаются в реструктуризации и концентрации финансов в добывающих подразделениях. Соответственно сервисные подразделения должны быть выделены из структуры предприятия, необходима методика реструктуризации с целью повышения качества оказания услуг и одновременно экономии издержек.

Научный руководитель: д.э.н., профессор А.Е. Череповицын

Д.А. ЧЕРКАШИН

ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ФАЙНШТЕЙНОВ СОЕДИНЕНИЯМИ НИКЕЛЯ БОЛЕЕ 50%

Исходным сырьем участка разделения файнштейна Обжигового цеха Никелевого завода Заполярного филиала ОАО «ГМК» Норильский никель» является дробленый файнштейн с размером сульфидов меди в пределах 100-180 мкм, сульфидов никеля 120-180 мкм, металлического сплава 100-360 мкм, и соотношением меди к никелю 1:1.

Настоящая гидрометаллургическая схема переработки дробленого файнштейна состоит из ряда стадий флотационного разделения, и последующей фильтрацией полученных медного и никелевого концентратов. Которые поступают на последующую переработку соответственно на Медный завод и Обжиговой цех Никелевого завода.

В связи с закрытием Никелевого завода возникает потребность в новом сырье. В этой роли будет выступать файнштейн с содержанием никеля к меди 2:1. Предварительные исследования показали, что при использовании стандартных параметров технологического процесса разделение такого файнштейна происходит не полностью. В связи с этим переработка полученных концентратов будет крайне осложнена.

С целью подбора оптимальных режимных параметров флотационного разделения выполнена исследовательская работа в направлениях:

- подбор аппаратов для флотационного разделения;
- подбор параметров флотационного разделения;
- подбор подходящих реагентов для процесса.

Научный руководитель: зав.кафедрой МЦМ, к.с.-х.н., доцент О.В. Носова

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК К СУДОВЫМ ВЫСОКОВЯЗКИМ ТОПЛИВАМ

Введение экономичных энергетических установок на крупнотоннажные суда международного морского флота вызвало спрос на дешёвое тяжёлое остаточное топливо. Основная доля на мировом бункерном рынке приходится на высоковязкий мазут марок IFO 380 и IFO 180, состоящих преимущественно из остаточных продуктов глубокой переработки нефти. Однако, вовлечение в состав бункеровочных топлив тяжёлых нефтяных остатков приводит к ухудшению их низкотемпературных свойств, что требует дополнительных энергетических затрат на топливоподготовку на судах дальнего плавания непосредственно перед подачей в двигатели внутреннего сгорания.

Наиболее эффективным способом решения данной проблемы является получение судовых высоковязких топлив на основе продуктов глубокой переработки нефти и дистиллятов вторичных процессов с применением депрессорной присадки. Депрессоры положительно влияют на низкотемпературные свойства получаемых топлив, такие как температура застывания и предельная температура фильтруемости, что позволяет использовать топливо при более низких температурах.

В данной работе было изучено влияние депрессорной присадки ВЭС (сополимер этилена с винилацетатом) и депрессорно-диспергирующей присадки фирмы КОЛТЕК на температуру застывания полученных образцов судовых высоковязких топлив. В качестве компонентов судовых высоковязких топлив были использованы отобранные с установок Омского НПЗ лёгкие и тяжёлые газойли замедленного коксования и каталитического крекинга, а также гудрон и висбрекинг-остаток.

Температура застывания при использовании присадки ВЭС снижалась до минус 20 – минус 32°C, при добавлении её в количестве 0,25%. При введении депрессорно-диспергирующей присадки КОЛТЕК в количестве 0,15-0,25% температура застывания снизилась до минус 12 – минус 22°C.

Максимальная депрессия температуры застывания при введении присадки ВЭС к опытным образцам судовых высоковязких топлив составила 38°C, а при введении присадки КОЛТЕК – 20°C.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

Л.К. ШАЙДУЛЛИН

Альметьевский государственный нефтяной институт

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Для борьбы с парафинообразованием применяют тепловые, физические, химические и механические методы. Эффективность ряда методов удаления АСПО с поверхности скважинного оборудования и ПЗП зависит от механических свойств отложений, их состава и структуры.

В рамках данной работы проведены лабораторные эксперименты по изучению изменения механических свойств АСПО до и после термического воздействия, а также последующего воздействия растворителем «МИА-Пром». Растворитель «МИА-Пром» представляет собой композиционную смесь широкой фракции легких и ароматических углеводородов. Для проведения исследований был выполнен отбор образцов АСПО со скважины НГДУ «Альметьевнефть». В качестве одного из способов оценки твердости отложений был принят ГОСТ 25771-83 «Метод определения пенетрации иглой». Механическая прочность АСПО оценивалась при предварительном нагреве образцов АСПО до различных температур (30, 40, 50, 60°C), последующем охлаждении до температуры 20°C и дальнейшей статической выдержки проб в растворе реагента при температуре 20°C в течение 30 мин. Также определялась масса образцов до и после растворения в «МИА-Пром».

По результатам экспериментов установлено, что растворитель наиболее эффективен при предварительном нагреве образца до 30°C; с увеличением предварительного нагрева до 60°C эффективность снижается в 2,38 раз, что, очевидно, связано с увеличением пластичности отложений после термического воздействия.

Таким образом, эффективное применение технологий удаления АСПО с использованием растворителя обуславливается предысторией применения технологий удаления АСПО.

Научный руководитель: ст. преподаватель Д.М. Гумерова

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДОБЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

В работе предлагается решение, позволяющее осуществлять комплексное измерение параметров нефтяных скважин в целях непрерывного контроля за разработкой нефтяных месторождений.

На сегодняшний день перед нефтяной отраслью России все еще стоит проблема оптимизации разработки месторождения и снижение материальных и экономических затрат. С целью уменьшения затрат на разрабатываемых месторождениях нефти применяются различные решения, которые оптимизируют процесс добычи нефти, снижая тем самым затраты ресурсов.

Такие решения, в свою очередь, требуют постоянный мониторинг состояния разработки месторождения и, в частности, нуждаются в таких показателях как: расход закачиваемой жидкости и добытой нефти, значения давлений в различных местах месторождения, обводненность добываемой продукции скважин и прочие показатели.

Выпускаемые на данный момент устройства для измерения таких параметров как дебит добывающей скважины, обводненность ее продукции, а также давление на устье скважины имеют малое распространение вследствие некоторых недостатков в существующих устройствах, что обуславливает низкое использование решений, оптимизирующих процесс разработки месторождения.

Предлагаемый измерительный комплекс лишен недостатков, присущих приборам, которые в данный момент могут применяться на скважинах. К числу устраненных недостатков можно отнести, к примеру, дороговизну существующих решений, вследствие чего оборудование каждой скважины на месторождении требует значительных материальных затрат.

Таким образом, целью работы является создание измерительного комплекса для нефтяных скважин, позволяющий осуществлять их непрерывный мониторинг, направленный на последующее создание системы автоматического управления месторождением.

Научный руководитель: старший преподаватель Н.Н. Алаева

Р.А. ШАКИРОВ

Альметьевский государственный нефтяной институт

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБОРА КЕРНА

В сложившейся социально-экономической ситуации задача повышения надёжности и эффективности отечественного бурового оборудования становится всё более актуальной. Это служит поводом для всестороннего рассмотрения вопроса о модернизации систем бурения и исследования нефтяных и газовых скважин.

Данная работа относится к нефтедобывающей промышленности, а именно к буровому инструменту, в частности к устройствам для бурения нефтегазодобывающих скважин с отбором керна и сохранением пластовой среды.

Целью проекта является расширение эксплуатационных возможностей системы. Первой задачей является обеспечение непрерывного отбора и сохранение заданных интервалов отбора керна, повышение качества отбираемого керна и получение на поверхности информации о работе и состоянии системы. Вторая задача-обеспечение виброанализа, для получения информации о свойствах отбираемой породы.

Поставленные задачи решаются предлагаемой системой непрерывного отбора керна, которая включает керноотборный снаряд и содержит корпус, подвеску керноприемной трубы, керноприемную трубу, узел кернорвателей, бурильную головку, датчик вибрации и систему передачи данных.

Новым является то, что система оборудована блоком контроля отбора керна, включающая датчик измерения уровня керна в керноприемной трубе, датчик вибрации и систему передачи данных. Система позволяет контролировать процесс отбора керна непосредственно на устье скважины, определять момент заклинивания керна, независимо от крепости пород. Обеспечивает непрерывность отбора керна и условия для отбора и сохранения качественного и представительного керна в заданных интервалах геологического разреза. Позволяет сократить непроизводительные затраты времени и средств, связанные с некачественным отбором керна в процессе бурения.

Таким образом реализация данного проекта обеспечит эффективный процесс бурения и позволит при минимальных затратах получить качественные результаты.

Получен патент РФ № 133559.

Научный руководитель: старший преподаватель Е.С. Анохина

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ ФИЛЬТРОВ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ ГАЗА

Важной научно-технической проблемой разработки месторождений является одновременное обеспечение высоких уровней и темпов добычи углеводородного сырья при наиболее полном извлечении его из недр с высокими технико-экономическими показателями работы газодобывающих предприятий.

Одной из основных причин, не позволяющих решить эту проблему, является песок, выносимый вместе с продукцией скважины из рыхлых пластов.

Появление песка на забое газовых скважин обусловлено различными причинами, связанными в основном с механическими свойствами продуктивного пласта. Следовательно, основными задачами, решаемыми при эксплуатации газовых скважин с пескопроявлениями на забое является: с одной стороны, предотвращение образования песчаных пробок за счет ограничения дебита скважин; с другой стороны, выбор такого дебита скважины, при котором обеспечивался бы вынос частиц песка, проникающих на забой, на поверхность, к устью скважины. Наконец, если снижение дебита скважины для предотвращения образования песчаных пробок окажется намного меньше потенциального дебита скважины, то необходимо решать вопрос о применении скважинных фильтров для защиты призабойной зоны скважины от попадания песка.

В данной работе проведен анализ эффективности применения песчаных фильтров. В процессе исследований проведены эксперименты на стенде кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений» Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, позволяющие дать рекомендации по подбору песчаных фильтров для газовых скважин. Использование полученных результатов поможет избежать некоторых проблем, осложняющих эксплуатацию газовых скважин, обеспечить длительную и эффективную работоспособность газовых скважин, увеличить конечный коэффициент извлечения газа из залежей.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Деньгаев

А.А. ШАМШЕВ
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАТОПЛЕНИЯ ЛИКВИДИРОВАННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В работе предлагается рассмотрение проблем, связанных с ликвидацией угольных шахт методом их затопления. Рассмотрены несколько видов ликвидации шахт методом их затопления, а также описаны развивающиеся в процессе затопления гидрогеологические и гидромеханические процессы и явления. С целью оценки влияния затопляемой шахты на находящиеся рядом действующие шахты выполнена численная геофильтрационная модель на программе MODFLOW. Целью моделирования является рассмотрение условий затопления шахты, в случае основного поступления притоков в неё при перетекании из вышележащего водоносного комплекса, имеющего, в свою очередь, в основном инфильтрационный тип питания. В тесте выполнено два варианта, с различными граничными условиями питания приповерхностного водоносного комплекса, на основе которых выполнен расчёт водопритоков в действующую горную выработку. Сделаны выводы о влиянии расположения поверхностных водотоков на условия затопления горных выработок в случае затруднённой гидравлической связи между ними и приповерхностным водоносным горизонтом.

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Ю.А. Норватов

И.В. ШАРДАКОВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение профессионального высшего образования «Тверской государственный технический университет»

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ВМЕСТИМОСТИ БУНКЕРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ РАЗЛОЖЕНИЯ

Производительность уборочной машины при производстве фрезерного торфа зависит от основных технических параметров, которые в конечном итоге определяют программу сезонной добычи.

Цель работы: подобрать конструктивную ширину захвата валкователя, среднюю поступательную скорость бункерной уборочной машины для добычи фрезерного торфа.

На основании исследований установлено, что увеличение конструктивной ширины захвата валкователя, при различных значениях циклового сбора позволяет использовать бункер большей емкостью, однако при увеличении циклового сбора ширина захвата валкователя уменьшается, так как возрастает масса собранного торфа.

При увеличении средней поступательной скорости, вместимость бункера снижается независимо от величины циклового сбора в связи с увеличением массы перевозимого торфа.

Коэффициент использования циклового времени практически не зависит от объема бункера и величины циклового сбора, так как время рабочего прохода изменяется незначительно.

Установлено, что увеличение вместимости бункера, повышает производительность бункерной уборочной машины, это связано с тем, что ширина полосы, с которой собран торф, возрастает в большей степени, чем уменьшается поступательная скорость машины.

Вывод: на основании исследований установлено, что выбор технических параметров и объема бункера уборочной машины при производстве фрезерного торфа необходимо осуществлять на основе величин: циклового сбора, средней поступательной скорости, коэффициента использования циклового времени, которые в свою очередь зависят от циклового сбора.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Г.Е. Столбикова

А.В. ШЕВЧЕНКО

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ

Российский арктический шельф - новый, неосвоенный регион, требующий создания принципиально новых нефтегазопромыслов. Они должны строиться с использованием последних достижений науки и техники, соответствовать всем требованиям промышленной безопасности и охраны труда, быть экономически эффективными. Наряду с этим, слаборазвитая транспортно-логистическая система не позволит в полной мере использовать весь природно-ресурсный потенциал арктической зоны и повысить конкурентоспособность России на международном рынке энергоресурсов.

Так, одним из перспективных направлений развития эффективной транспортно-логистической системы является развитие морских портов Мурманского региона и их инфраструктуры. Также значительное внимание уделено рациональному Северного морского пути (СМП) с примыкающими к нему железнодорожными и речными маршрутами, авиацией, автомобильными дорогами, а также береговой инфраструктурой.

Таким образом, особенностью Мурманского региона является то, что он находится в непосредственной близости к разведанным месторождениям углеводородного сырья. В регионе находятся крупнейшие промышленные и судоремонтные предприятия, научно-исследовательские и образовательные учреждения. Очевидные конкурентоспособные преимущества Мурманского транспортного узла делают Мурманскую область не только перспективной базой освоения Арктического шельфа, но и важнейшим транспортным узлом Российской Федерации. Все это превращает Мурманский порт в перспективный транспортный узел по доставке углеводородного сырья к мировым рынкам сбыта.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Э.А. Крайнова

А.В. ШЕСТАКОВА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

СОСТАВ УГЛЕКИСЛЫХ ВОД ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА ЧОЙГАН (ТУВА)

В работе рассматривается состав углекислых холодных и термальных подземных воды природного комплекса Чойган, располагающийся в Восточных Саянах на северо-востоке Тувы. Это редкое для Сибири месторождение углекислых вод с уникальным составом биологически активных компонентов – углекислый газ, радон, кремнекислота, железо.

Изучением источников Чойгана занимались многие исследователи Сибири, такие ученые как: И.С. Крыжин (1858), С.В. Обручев (1945), Е.В. Пиннекер (1966–1967) и др. С 90-х годов комплексное исследование проводили сотрудники Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов (ныне ТИКОПР СО РАН). Вместе с тем, в связи с труднодоступностью территории и отсутствием дорожного сообщения углекислые воды Чойгана недостаточно исследованы для их полноценного практического применения. Остается не до конца изученным вопрос о формировании газового состава и его связи с химическим составом подземных вод. В этой связи, целью работы является изучение механизма формирования химического состава подземных вод природного комплекса Чойган.

Комплексные экспедиционные исследования вод природного комплекса Чойган с участием автора были проведены в 2013 г, в процессе которых обследовано 33 источника подземных вод. Получены новые данные о газовом, микробиологическом, макро- и микрокомпонентом составе подземных вод.

По химическому составу подземные воды Чойгана являются преимущественно $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$, с минерализацией от 300 мг/л до 2600 и температурой воды от 7°C до 39°C. Значения pH от 5,9 до 8,3, Eh изменяется от -170 мВ до 236 мВ. Концентрация свободной углекислоты в родниках колеблется от 40 мг/л до 1500 мг/л. В газовом составе преобладает азот до 75 об. %. Микробиологические исследования 2013 г. показали, что термальные и холодные углекислые подземные воды Чойган являются местом активного функционирования микроорганизмов и их сообществ.

Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент А.А. Хвощевская, к.г.-м.н., доцент Н.В. Гусева

К.А. ЮЖАНИНА

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

Первоначальным этапом при проектировании аппаратов промышленных установок нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов является расчет физико-химических свойств (ФХС) углеводородных систем. Поиск необходимых ФХС составляет 10-20 % от полного объема затрат на проектирование.

В данной работе предлагается усовершенствованная методика исследования углеводородных систем, состоящая из определения фракционного состава, относительной плотности (ρ_4^{20}) и показателя преломления (n_D^{20}). По предлагаемым стохастическим моделям, разработанным на основе данных пассивного эксперимента (> 700 индивидуальных углеводородов), рассчитывается молярная масса, вероятный углеводородный состав и псевдохарактеристические константы.

Для расчета молярной массы узких 10%-ных фракций предлагается модель следующего вида:

$$M_i = 1,72 * \tau_{k,i}^{(2,33 + \frac{2,09}{\tau_{k,i}})} / \rho_{4,i}^{20(0,34 + 0,68 * \rho_{4,i}^{20})}, \text{ где } \tau_{k,i} = \frac{T_{cp,i}}{100}. \quad (1)$$

Затем расчет среднеинтегрального значения молярной массы фракционируемого образца проводится по формуле:

$$M = \frac{\rho_4^{20}}{(\sum_{i=1}^m \frac{\rho_{4,i}^{20}}{M_i})/m} \quad (2)$$

Значение молярной массы дает возможность определить среднюю температуру кипения исследуемого образца:

$$T_k = 59,4 * M^{0,43} * (\rho_4^{20})^{0,49} \quad (3)$$

Далее определяется брутто-формула гипотетического углеводорода C_nH_μ , где массовая доля углевода рассчитывается по формуле:

$$m_c = 1,02 * (\rho_4^{20})^{0,28} / \tau_k^{0,06} \quad (4)$$

Оценка вероятного углеводородного состава основывается на определении структурного алканового индекса $I_{Mi}^a = \frac{M_i^{H.a.}}{M_i}$.

Разработанная методика позволит рассчитать физико-химические свойства углеводородных систем с высокой точностью и может быть использована студентами при курсовом или дипломном проектировании.

Научные руководители: д.т.н., профессор С.А. Ахметов; к.т.н., доцент А.Р. Гайсина

И.А. ЮРМЕНИЧ

ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СГУСТИТЕЛЯ

Исследуется производственный передел сгущения никелевого концентрата цеха обезвоживания и складирования концентрата Надеждинского металлургического завода им. Б.И. Колесникова как комплексный объект автоматизации. Выявлены недостатки существующего управления и обоснована необходимость разработки алгоритма регулирования процесса сгущения никель-сульфидного концентрата. Рассмотрены методы искусственного интеллекта применительно к моделированию трудноформализуемого объекта обогащательного производства. Представлена математическая модель объекта управления. Предложены варианты ее рационального использования.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.Н. Мишина

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ГИБКОЙ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТРУБЫ

Применение гибких полимерно-металлических труб (далее – ГПМТ) требует адекватного прочностного расчета, что осложняется многослойностью трубы и различным материальным исполнением каждого из ее слоев. В силу изотропности свойств конструкции для проведения прочностного расчета ГПМТ, необходимо проводить исследования пределов текучести и прочности конструкции в целом. Проволочный каркас воспринимает радиальные напряжения, грузонесущие повивы – осевые. Основной идеей является применение метода заполненности периметра сечения при определении механических характеристик слоев.

Для описания алгоритма применения метода заполненности периметра сечения необходимо ввести понятие «кластер». В настоящей работе под кластером подразумевается площадь, на которую приходится минимум одно полное поперечное сечение проволоки или повивов.

Площадь кластера продольного сечения равна $9,6 \text{ мм}^2$, а площадь поперечного сечения проволоки $7,07 \text{ мм}^2$. Отношение площадей является собой безразмерный коэффициент $T^1=0,74$. Зная коэффициент T , можно вывести пределы текучести и прочности для расчетов на прочность ГПМТ:

$$\sigma_T^1 = 0,74\sigma_T; \quad \sigma_B^1 = 0,74\sigma_B \quad (1)$$

где σ_T^1 и σ_B^1 – пределы текучести и прочности ГПМТ, σ_T и σ_B – аналогичные пределы для стали проволоки.

Площадь сечения грузонесущего повива равна $12,57 \text{ мм}^2$, а площадь кластера поперечного сечения – $14,51 \text{ мм}^2$. Следовательно в данном случае коэффициент $T^2=0,78$. Пределы текучести и прочности в таком случае составят:

$$\sigma_T^2 = 0,78\sigma_T; \quad \sigma_B^2 = 0,78\sigma_B \quad (2)$$

Полученные значения пределов прочности и текучести позволяют проводить расчет на прочность ГПМТ и аналогичных многослойных конструкций согласно общепринятой методике расчета промышленных нефтепроводов по СП 34-116-97, определять максимальный натяг трубопровода при монтаже.

Научный руководитель: ассистент А.А. Синюгин

ХИМИЯ МОЛОДЫМ: ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ- КОНКУРСА

1. Термодинамика и кинетика процессов химической технологии

А.С. ВОЛКОВА, О.В. ЧЕРЕМИСИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИОННОГО ОБМЕНА КАТИОНОВ РТУТИ (II) И НАТРИЯ НА ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЯХ

В настоящее время все более широкое распространение получает сорбционное извлечение металлов из сбросных технологических растворов и сточных вод вследствие высокой эффективности метода и отсутствия вторичных загрязнений. Известно, что при производстве хлора и каустика ртутным методом в сточных водах находится значительное количество катионов ртути.

Перспективным природным сорбентом для очистки сточных вод и сбросных технологических растворов являются железомарганцевые конкреции (ЖМК). В данной работе исследовали скорость ионного обмена катионов ртути на катионы натрия на поверхности ЖМК.

Скорость ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК изучали в статических условиях. По экспериментальным данным были построены кинетические зависимости концентрации ионов Hg^{2+} в исследуемом растворе от времени ионного обмена катионов.

Были получены линейные зависимости величины $\ln C_0 / C_t$ от времени процесса ионного обмена τ в секундах. По тангенсу угла наклона были найдены величины констант скорости процесса ионообменной сорбции k , приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Константы скорости ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК при температуре 288, 303, 323 К

V/m , мл/г	Гранулометрический состав ЖМК, мм	Число оборотов ме- шалки, об·мин ⁻¹	Температура процесса, К	Константа скорости внешней диффузии k , с ⁻¹
100	-1,00+0,63	400	288	$3,54 \cdot 10^{-4}$
			303	$3,9 \cdot 10^{-4}$
			323	$5,27 \cdot 10^{-4}$

Кинетические зависимости концентрации катионов Hg^{2+} в исследуемом растворе от времени процесса ионного обмена интерпретировали уравнениями первого порядка.

Константы скорости процесса ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК в зависимости от соотношения V/m приведены в таблице 2.

Таблица 2

Константы скорости ионообменной сорбции катионов, энергия активации, радиусы катионов по Стоксу и Бокию

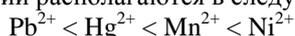
Катион	k , с ⁻¹	E_a , кДж/моль	r_{aq} по Стоксу, пм	r_{cr} по Бокию, пм
Ni^{2+}	$1,7 \cdot 10^{-3}$	7,43	340	74
Mn^{2+}	$0,93 \cdot 10^{-3}$	7,15	343	91
Hg^{2+}	$3,9 \cdot 10^{-4}$	9,27	289	112
Pb^{2+}	$9,9 \cdot 10^{-5}$	14,64	262	125

Как видно из таблицы 2, константа скорости внешней диффузии k возрастает с уменьшением соотношения V/m , так как возрастает отношение S/V . Этим подтверждается внешнедиффузионный механизм процесса.

Значение энергии активации определяли, используя логарифмическое уравнение Аррениуса:

$$\ln \frac{k_{\max}}{k} = \frac{E_a}{RT}$$

По угловому коэффициенту, равному E_a / RT , рассчитали значение энергии активации и уравнения Аррениуса, которое составило $E_a = 9,2 \pm 1,2$ кДж/моль. Низкое значение энергии активации согласуется с тем, что лимитирующей стадией процесса является внешняя диффузия. Катионы по скорости стационарной диффузии располагаются в следующий ряд подвижности:



В ряду подвижности увеличивается константа скорости и уменьшается энергия активации диффузии. При этом возрастают значения радиусов катионов по Стоксу.

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук, профессор Черемисина О.В.

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Жадовский И.Т.

Список литературы

1. Челищев Н.Ф. Сорбционные свойства океанических железомарганцевых конкреций и корок/ Н.Ф. Челищев, Н.К. Грибанов, Г. В. Новиков // М.: Недра. - 1992. С. 7-23, - 316 с.
2. Равдель А. А. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой // Л.: Химия. - 2002. С. 123-231 с.
3. Зарицкий В.П. Конкреции и конкреционный анализ: Сб. статей // М.: Наука, - 1977. С 84-79.
4. Чиркст Д.Э. Изотерма обмена катионов свинца и натрия на ЖМК/Д.Э Чиркст, О. В. Черемисина, М. В. Иванов, И. Т. Жадовский // ЖПХ. - 2010. - Т. 83. № 10. С. 1623-1627.
5. Чиркст Д.Э. Кинетика сорбции катионов железа (2) на ЖМК / Д.Э Чиркст, О. В. Черемисина, М. В. Иванов, А. А. Чистяков А.А // ЖПХ. - 2004. - Т. 79. № 7. С.101-105.

Р.Р. КАШУРИН, И.Т. ЖАДОВСКИЙ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИОНООБМЕННОЙ СОРБЦИИ КАТИОНОВ Hg^{2+} И Na^+ НА ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЯХ

В исследовании была поставлена задача очистки сточных вод металлургических предприятий от катионов цветных и тяжелых металлов. Данные катионы могут попадать в природные воды различными путями: от естественного выщелачивания из горных пород через стадию промышленной переработки до сброса в природные водоемы и водотоки.

Перспективным природным сорбентом для очистки сточных вод и сбросных технологических растворов являются железомарганцевые конкреции (ЖМК) [1]. В данной работе исследовали ионный обмен катионов ртути на катионы натрия на поверхности ЖМК.

Объектом исследований были железомарганцевые конкреции Копорского залива. Железомарганцевые конкреции состоят из слабокристаллизованных гидроксидов железа и марганца [3]. Проведенное исследование показывает, что основная масса рудной части ЖМК представлена гидроксидами железа и марганца, а цветные металлы находятся в изоморфной связи с минералами марганца и железа.

На рисунке приведена изотерма ионного обмена катионов Hg^{2+} на ЖМК в Na-форме на основании данных таблицы [4]. Изотерма ионообменной сорбции на рисунке описывается уравнением Фрейндлиха $\Gamma_{Hg} = 1,1418 \cdot C_p^{0,0647}$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,94$.

В таблице содержатся значения концентраций катионов Hg^{2+} исходных и равновесных C_0 и C_p ; величины сорбции катионов Hg^{2+} Γ моль·кг⁻¹; обратные величины сорбции катионов Hg^{2+} $1/\Gamma$ моль⁻¹·кг; равновесные концентрации ионов натрия C_{Na^+} и средние ионные коэффициенты активности $\gamma_{\pm} NaNO_3$

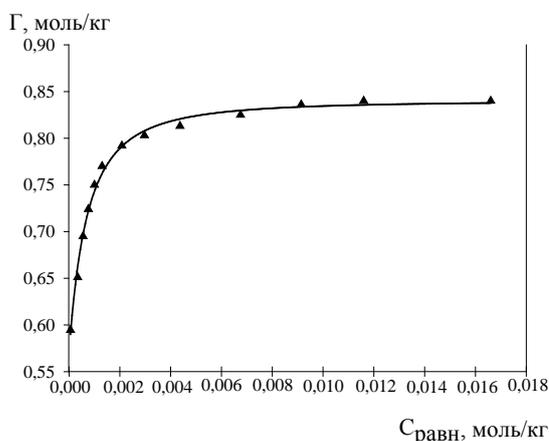


Рис. 1. Изотерма ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК

и $Hg(NO_3)_2$, взятые из табличных данных [2].

Результаты ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК

C_0 , моль/кг	C_p , моль/кг	Γ , моль/кг	$1/\Gamma$, кг/моль	γ_{\pm}		C_{Na^+} , моль/кг
				$NaNO_3$	$Hg(NO_3)_2$	
0,006	0,000055	0,5945	1,6821	0,8943	0,7950	0,01189
0,00685	0,00034	0,651	1,5361	0,8903	0,7827	0,01302
0,0075	0,00055	0,695	1,4388	0,8873	0,7737	0,0139
0,008	0,00076	0,724	1,3812	0,8849	0,7669	0,01448
0,0085	0,001	0,75	1,3333	0,8825	0,7600	0,015
0,009	0,0013	0,77	1,2987	0,8799	0,7531	0,0154
0,01	0,00208	0,792	1,2626	0,8746	0,7392	0,01584
0,011	0,00297	0,803	1,2453	0,8691	0,7259	0,01606
0,0125	0,00437	0,813	1,2300	0,8609	0,7079	0,01626
0,015	0,00675	0,825	1,2121	0,8477	0,6831	0,0165
0,0175	0,00914	0,836	1,1962	0,8350	0,6644	0,01672
0,02	0,0116	0,84	1,1905	0,8228	0,6508	0,0168
0,025	0,0166	0,84	1,1905	0,8000	0,6361	0,0168

В ходе работы были достигнуты следующие результаты:

1. Изотерма ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК описывается методом линеаризации уравнения, полученного преобразованием уравнения закона действующих масс:

$$\frac{1}{\Gamma_{Hg^{2+}}} = 1,1173 + 0,7893 \cdot f(c) \text{ с достоверностью аппроксимации } R^2 = 0,98.$$

2. Определены количественные характеристики ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК: кажущаяся константа равновесия $K_{Hg^{2+}/Na^+} = 2,00 \pm 0,21$; предельная сорбция ионов Hg^{2+}

$\Gamma_{\infty Hg^{2+}} = 0,895$ моль/кг; энергия Гиббса ионного обмена катионов Hg^{2+} и Na^+ на ЖМК:

$\Delta G_{298}^0 = -1,7 \pm 0,24$ кДж/моль; посадочная площадка и радиус сорбированного катиона:

$$S_{M Hg^{2+}} = 8,13 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2; r_{sorb Hg^{2+}} = 160 \text{ пм}.$$

3. Радиусы сорбированных катионов имеют значения, промежуточные между кристаллографическими радиусами катионов по Бокию и радиусами гидратированных катионов в водном растворе по Стоксу, что соответствует представлению о сорбции катионов на поверхности ЖМК в слое Штерна-Гельмгольца в частично дегидратированном состоянии [5].

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук, профессор Черемисина О.В.

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Жадовский И.Т.

Список литературы

1. Зарицкий В.П. // Конкреции и конкреционный анализ: Сб. статей. М.: Наука, 1977. С 84-79.
2. Краткий справочник физико-химических величин. / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. Л.: Химия. 2002. С. 123, 130, 200, 232 231 с.
3. Челищев Н.Ф., Грибанов Н.К., Новиков Г.В. Сорбционные свойства океанических железомарганцевых конкреций и корок // М.: Недра. 1992.- С. 7-23, 316.
4. Чиркст Д.Э., Черемисина О.В., Иванов М.В., Жадовский И.Т., /Изотерма обмена катионов свинца и натрия на ЖМК // ЖПХ. 2010. Т. 83. № 10. С.1623-1627.
5. Чиркст Д.Э., Черемисина О.В., Иванов М.В., Чистяков А.А., Жадовский И.Т., /Изотерма обмена катионов натрия и меди на ЖМК // ЖПХ. 2009. Т. 82. № 2. С.238-242.

Б.А. КОЗЫРЕВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ МАГНЕТИТА В СЕРНОКИСЛОЙ СРЕДЕ

Перспективным методом гидрохимической доводки железистых платиносодержащих концентратов является растворение железа в сернокислрой среде в присутствии восстановителя. Очевидным достоинством восстановительного сернокислоого выщелачивания является гарантия полного отсутствия перехода металлов платиновой группы в раствор и соответственно их дополнительных потерь.

Термодинамическая оценка вероятности протекания реакций восстановления оксидов железа свидетельствует, что изменение энергии Гиббса имеет наиболее отрицательное значение при использовании в качестве восстановителя железного порошка.

Экспериментальное исследование физико-химических закономерностей сернокислотного восстановительного разложения осуществлялось на модельном магнетитовом концентрате, содержащем 52,1 Fe %. Изучено влияние основных технологических параметров (температуры, расхода восстановителя, кислотности раствора) на извлечение железа в сульфатный раствор. Установлено, что при оптимальных технологических параметрах процесса сернокислотного вскрытия модельного концентрата СМФ (концентрация серной кислоты – 200 г/л, двукратный избыток металлического железа от теоретически необходимого, температура 70 °С, продолжительность 1,5 часа, ж:т=10:1) обеспечивается полное извлечение железа в сернокислый раствор.

Разработанный метод восстановительного сернокислотного выщелачивания железа может быть эффективно применен в рамках единой технологической схемы извлечения платиновых металлов и хрома из хромитов дунитовых массивов Среднего Урала и Камчатки, рассматриваемых в настоящее время в качестве перспективного минерально-сырьевого источника металлов платиновой группы.

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук Петров Г.В.

Список литературы

1. Петров, Г.В. Концентрирование платиновых металлов при переработке традиционного и нетрадиционного платинометалльного сырья / Г.В. Петров. – СПб: Санкт-Петербургский горный ин-т, 2001. - 106 с.
2. Петров, Г.В. Современное состояние и технологические перспективы производства платиновых металлов из хромитовых руд/ Г.В. Петров, Т.Н. Грейвер, В.Г. Лазаренков. - СПб: Недра, 2001. - 200 с.
3. Диаките, М.Л.Л. Сернокислотное рафинирование железистых платиносодержащих концентратов / М.Л.Л. Диаките, Г.В. Петров, А.Я. Бодуэн и др. //Цветные металлы – 2013: Сб. научн. статей. – Красноярск: Версо, 2013. – С. 461-466.

М.А. КРАПИВИН

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Институт химии, Санкт-Петербург*

ТЕРМОДИНАМИКА СОЛЬВАТАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ КЛАСТЕРНЫЕ ФРАГМЕНТЫ

Как известно, отличительной чертой кластерных соединений является наличие кратных связей металл-металл, которая во многом определяет их поведение. Благодаря своим особенностям кластерные соединения нашли свое применение во многих сферах, так, например, в химии такие соединения используются для катализа, а в фармакологии в качестве веществ-носителей для адресной доставки биологически активных компонентов.

При получении кластерные соединения, зачастую, выделяют из раствора в виде комплексов с молекулами растворителя, координированного к кластерному ядру. Используя различные донорные растворители можно провести процесс пересольватации таких кластерных фрагментов. Такая замена влияет на энергетические характеристики связи металл-металл и позволяет, тем самым, оказывать мягкое воздействие на данную связь, что сказывается на свойствах соединения в целом.

Для того чтобы исследовать сольватацию (пересольватацию) некоторого комплекса необходимо быть точно уверенным в том, что происходит именно этот процесс. Одним из способов детектирования сольватации является исследование спектральных характеристик раствора вещества (ИК-спектры, спектры поглощения в видимом и УФ диапазонах и пр.). Некоторые характерные особенности таких спектров (смещение полосы поглощения) позволяют судить о появлении (смене) лигандного окружения, а иногда так же и о положении занимаемом лигандами.

Одним из важных способов изучения термодинамики сольватационных процессов является калориметрический метод. Основной рассматриваемой величиной здесь является энтальпия сольватации, которая позволяет количественно оценить изменение энергии связи металл-металл. Существуют различные методики калориметрического определения энтальпии сольватации, основными можно назвать: выдерживание исследуемого десольватированного соединения в парах некоторого растворителя; растворение навески исследуемого соединения в избытке некоторого растворителя; калориметрическое титрование раствора исследуемого соединения некоторым растворителем.

Описанный выше подход был применен для исследования процесса пересольватации комплекса $K_4[Mo_2(SO_4)_4] \cdot 2H_2O$ (1) с ДМФА.

Процесс пересольватации изучался с помощью спектроскопии в видимой области и калориметрии. Растворитель был тщательно деаэрирован во избежание окисления комплекса во время проведения всех экспериментов.

Спектроскопическое исследование раствора комплекса (1) в растворе серной кислоты при добавлении к нему ДМФА подтвердило наличие пересольватации. Спектры поглощения серии растворов в видимой области представлены на рис. 1.

Видно, что в результате добавления ДМФА происходит изменение лигандного окружения кластерной группировки, что сказывается на положении полосы поглощения.

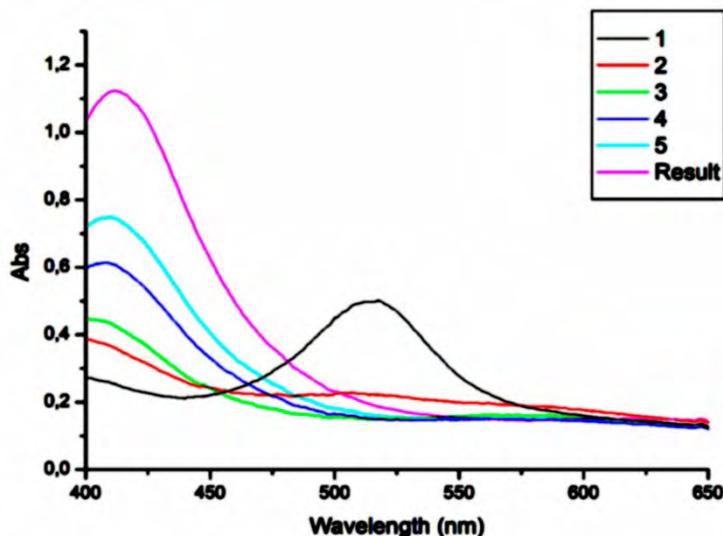


Рис. 1. Спектры поглощения серии растворов $K_4[Mo_2(SO_4)_4] \cdot 2H_2O$ в ДМФА

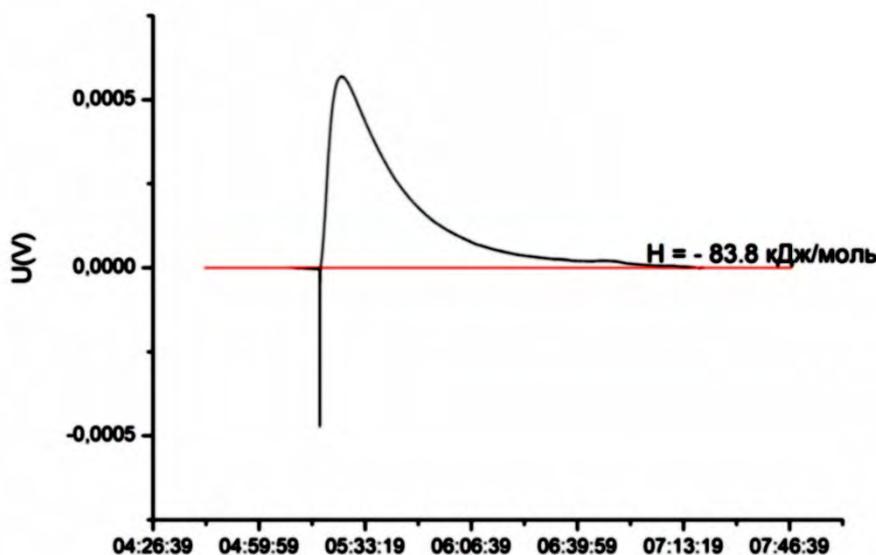


Рис. 2. Термограмма раствора $K_4[Mo_2(SO_4)_4] \cdot 2H_2O$ в ДМФА

Энтальпия пересольватации была оценена калориметрически (термограмма представлена на рис. 2 и составляет - 83,8 кДж/моль комплекса (1), что свидетельствует об экзотермическом характере процесса пересольватации.

Научный руководитель: профессор, доктор химических наук Кондратьев Ю.В.

Ю.Д. ПРОКОПЬЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ МЫШЬЯКОВИСТЫХ ОСАДКОВ

Образующиеся в процессе автоклавной переработки золотосодержащего пирит-арсенипиритного сырья железо-мышьяксодержащие растворы нейтрализуют кальциевыми нейтрализаторами, переводя основную массу примесей в осадок. Часть водной фазы выводят в отдельный цикл очистки для получения сточных вод. Оставшуюся нейтрализованную пульпу отправляют в хвостохранилище, водная фаза из которого используется в качестве оборотной воды. В процессе хранения мышьяксодержащих продуктов происходит разрушение нестабильных соединений мышьяка и железа, что приводит к накоплению мышьяка в водной фазе хвостохранилища.

Проведены исследования по изучению поведения мышьяка при продолжительном хранении пульп, полученных при нейтрализации мышьяк- и железосодержащих растворов различного состава при различных режимах: варьировали температуру, количество стадий процесса, время их экспозиции, тип подаваемого нейтрализатора.

Установлено, что для того чтобы снизить влияние роста концентрации мышьяка в процессе хранения пульп необходимо вести процесс нейтрализации при температуре 90 °С в три стадии (рН = 1,6-1,8, рН = 4,2-4,5, продолжительность от 0,7 до 1,0 ч. каждая, нейтрализатор – известняковая пульпа, доведение до рН = 7,5, нейтрализатор известь) и при введении затравки.

Научный руководитель: ассистент, кандидат технических наук Фокина С.Б.

Список литературы

1. Набойченко, С.С. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнейерсон, Л.В. Чугаев. - Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. - 940 с.
2. Sánchez, M.A. The removal of arsenic from hydrometallurgical process and effluent streams/ M.A. Sánchez, F. Vergara, S.H. Castro. University of Concepción. - 2000. - 10 p.
3. Фокина С.Б. Обзор методов очистки мышьяксодержащих сточных вод металлургических производств // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2012. - №2. - С. 406-409.
4. Фокина С.Б. Поведение мышьяка при нейтрализации растворов после автоклавного окисления пирит-арсенопиритных концентратов / С.Б. Фокина, В.М. Сизяков, А.В. Маркелов, С.А. Иваник // Естественные и технические науки. - 2012. - №1. - С. - 376-381.

В.Н. САГДИЕВ, И.В. ЗАМЯТИН

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИОНООБМЕННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ АЛЮМИНАТНЫХ РАСТВОРОВ

В связи с истощением минеральных сырьевых запасов в настоящее время в производство вовлекаются все более сложные и бедные руды, а также полупродукты металлургического производства, которыми являются технологические и оборотные растворы.

Актуальность работы обусловлена расширением сфер потребления галлия, отсутствием экономически рентабельных технологий извлечения галлия и повышением цен на металл.

Наиболее перспективным источником получения галлия являются алюминатные растворы, получающиеся в результате обработки алюминиевых руд растворами щелочей. При разложении алюминиевых руд – бокситов – методом Байера галлий на 70 - 80 % переходит в алюминатные растворы в виде галлата натрия. В промышленных алюминатных растворах, используемых в качестве оборотных, содержится от 0,2 до 0,3 г/л галлия [1].

Из технологических растворов извлечение галлия возможно путем карбонизации, обработкой растворов известью, электролизом и различными комбинированными методами.

Целью работы является изучение сорбционного извлечения галлия из щелочных алюминатных растворов, образующихся в результате переработки бокситов по способу Байера с использованием слабоосновных макропористых ионообменных смол.

В работе проведены исследования по изучению сорбции галлия из модельных растворов на ионообменных смолах: слабоосновных макропористых анионитах D 406 FG, D 407 FG, ЭДЭ-10П, АН-9Ф, АН-31, D-403 и сильноосновных анионитах АВ-17-8 и АВ-17-8 ЧС.

По экспериментально определенной величине полной обменной динамической емкости (ПОДЕ), составившей величину 0,4 моль галлия на 1 кг сухой смолы, и динамической обменной емкости до проскока (ДОЕ) выбраны оптимальные для извлечения галлия из щелочных растворов аниониты D-403 и АН-31.

Для определения термодинамических параметров сорбции и установления формы сорбированного галлат-иона в твердой фазе анионита на основании полученных экспериментальных данных построили изотермы сорбции галлат-иона на анионитах D-403 и АН-31. Величины сорбции галлат-ионов определяли при соотношении объемов фаз Ж:Т=10 и температуре 298 К методом переменных концентраций в статических условиях.

Известно, что аминогруппы слабоосновных анионитов склонны к образованию комплексных соединений с некоторыми металлами, поэтому с целью определения механизма сорбции галлат-ионов рассмотрели сорбцию возможных анионных форм галлия: $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-_{(с)}$, $[\text{Ga}_2(\text{OH})_8]^{2-}_{(с)}$, $[\text{Ga}(\text{OH})_6]^{3-}_{(с)}$ в слое Штерна-Гельмгольца в твердой фазе анионита [2].

Аппроксимируя полученные линейные зависимости величин концентраций одно-, двух- и трехзарядных галлат-ионов в фазе ионита от соответствующего концентрационного аргумента методом наименьших квадратов получили уравнения, из которых рассчитали значения предельной концентрации ионов в фазе сорбента, кажущихся констант равновесия ионного обмена и энергий Гиббса для рассмотренных форм галлия.

Рассчитанные значения предельной концентрации ионов в фазе ионитов совпали со значением полной статической обменной емкости анионитов, значением емкости анионита по сертификату $1,22 \pm 0,02$ экв/кг и значением емкости по гидроксильным ионам только для трехзарядных ионов, что подтверждает сорбцию в поверхностном слое трехзарядного иона $[\text{Ga}(\text{OH})_6]^{3-}_{(s)}$.

По значениям энергий Гиббса ионного обмена, полученных в данной работе для галлат-аниона и ранее для анионов: GeO_3^{2-} , $[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$, $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ [3], представлен ряд сорбируемости на поверхности твердой фазы анионита D-403.

Ряд сорбируемости анионов:

$[\text{Ga}(\text{OH})_6]^{3-}$	$>$	GeO_3^{2-}	$>$	$[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$	$>$	$[\text{Al}(\text{OH})_5]^{2-}$	$>$	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	
$-\Delta_r G_{298}$ кДж/моль		23,7±0,6		19,0±0,5		15,6±0,3		12,6±0,5	3,8±0,2

Менее прочная связь цинкат-, алюминат- и плюмбат-ионов с ионогенными группами смолы должна привести практически к полному вытеснению перечисленных анионов ионами $[\text{Ga}(\text{OH})_6]^{3-}$ с поверхности анионита, что характеризует высокую селективности данной смолы по отношению к галлат-ионам и обеспечивает высокую степень очистки технологических щелочных растворов от сопутствующих ионов металлов.

На основании рассчитанного коэффициента разделения ионов $[\text{Al}(\text{OH})_5]^{2-}$ и $[\text{Ga}(\text{OH})_6]^{3-}$ между сорбентом и раствором

$$K_{\text{т/ж}}^{\text{Ga/Al}} = \frac{D_{\text{т/ж}}^{\text{Ga}}}{D_{\text{т/ж}}^{\text{Al}}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{т/ж}}$ - коэффициент распределения соответствующего иона металла, и значений энергий Гиббса ионного обмена сделан вывод о менее прочной связи алюминат-ионов с ионогенными группами смолы, что приведет практически к полному вытеснению ионов алюминия галлат-ионами $[\text{Ga}(\text{OH})_6]^{3-}$ с поверхности анионита:

$$D_{\text{т/ж}} = \frac{\Gamma}{C_{\infty}} \quad (2)$$

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук, профессор Черемисина О.В.

Список литературы

1. Иванов А.И./ Комплексная переработка бокситов. / Кожевников Г.Н., Ситдииков Ф.Г., Иванова Л.П. // Екатеринбург. УрО РАН.2003. С. 180-185.
2. Чиркст Д.Э./ Сорбция германия на анионите из щелочных растворов. / Черемисина О.В., Чистяков А.А., Жадовский И.Т. // ЖПХ. Т. 81, Вып.1.2008 С. 41-45.
3. Чистяков А.А. / Изучение сорбции германия, цинка и свинца на слабоосновном анионите D-403 / Чиркст Д.Э., Черемисина О.В. // Цветные металлы. № 6. 2009. С. 93-98.

Н.Р. СУЛТАНМУРАТОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАВНОВЕСИЯ ИОННОГО ОБМЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ

В данном исследовании были изучены закономерности обмена катионов металлов (Sr^{2+} , Co^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+}) на поверхности железомарганцевых конкреций Финского залива.

Изотермы ионного обмена катионов металлов на поверхности железомарганцевых конкреций описываются модифицированным уравнением Лэнгмюра и могут быть представлены в линейном виде с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,93-0,99$ [1].

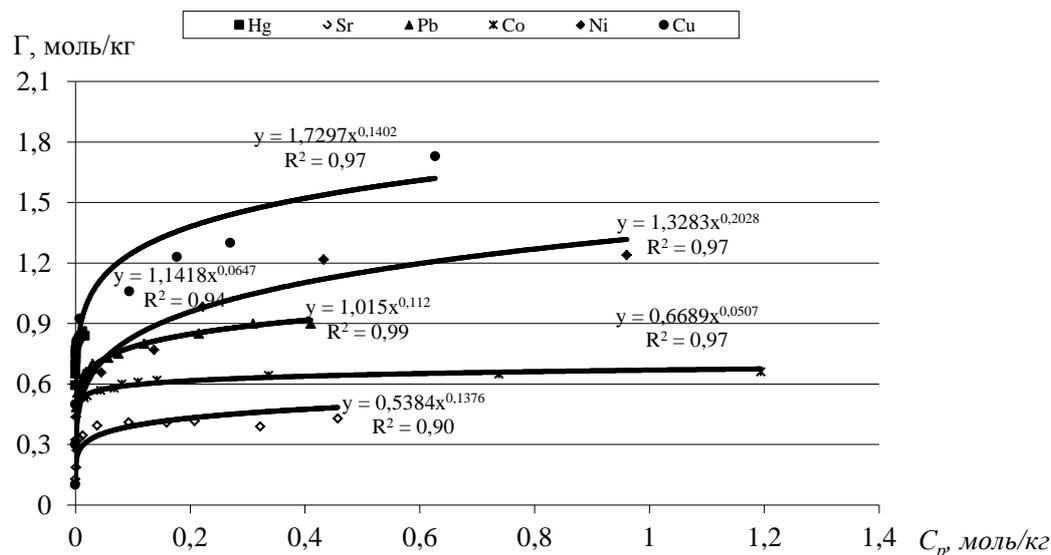


Рис. 1. Изотермы обмена катионов металлов на поверхности ЖМК

В исследовании были определены кажущиеся константы ионного обмена и значения дифференциальной энергии Гиббса обмена ионов Cu^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} , Hg^{2+} на катионы Na^+ на поверхности железомарганцевых конкреций.

Расчитаны значения предельной сорбции ионов, оценены посадочные площадки и значения радиусов сорбированных катионов. Радиусы сорбированных катионов имеют значения, промежуточные между кристаллографическими радиусами катионов и их радиусами по Стоксу, что свидетельствует о сорбции катионов в слое Штерна-Гельмгольца в частично дегидратированном состоянии [2].

На основании рассчитанных значений дифференциальной энергии Гиббса ионного обмена построен ряд сорбционной способности катионов или лиотропный ряд. В лиотропном ряду с понижением энергии Гиббса ионного обмена растет вытеснительная способность катионов, при этом наблюдается повышение ионных потенциалов сорбированных катионов [3].

Таблица 1

	Лиотропный ряд катионов						
	$\text{Na}^+ <$	$\text{Sr}^{2+} <$	$\text{Hg}^{2+} <$	$\text{Pb}^{2+} <$	$\text{Co}^{2+} <$	$\text{Ni}^{2+} <$	$\text{Cu}^{2+} <$
ΔG^0_{298} , кДж·моль ⁻¹	0	-1,69	-1,7±0,24	-3,7±0,26	-3,8±0,32	-5,66	9,3±0,48
Γ_{∞} , моль/кг	-	0,480	0,895	0,866	0,667	1,24	1,43
$z/r_{\text{сorb}}$ ·10 ³ , пм ⁻¹	5,46	9,0	12,5	12,3	10,75	13,6	15,7
$r_{\text{сorb}}$, пм	183	219	160	163	186	136	127
a	0	47,6	72,7	72,3	58,1	76,7	80,1

Найдено, что кинетика ионного обмена катионов ртути (2+) и свинца (2+) подчиняется уравнению первого порядка. Значение энергии активации E_a составило $9,2 \pm 1,2$ кДж·моль⁻¹ и $14,6 \pm 0,6$ кДж·моль⁻¹ соответственно. Рассчитаны значения констант скорости внешней диффузии катионов k в зависимости от температуры процесса сорбции и размера гранул ЖМК.

Низкое значение энергии активации и зависимость константы скорости от гранулометрического состава ЖМК и соотношения объема жидкой фазы к массе твердой фазы V/m подтверждают то, что лимитирующей стадией процесса является внешняя диффузия катионов в слое Нернста.

В таблице 1 представлен ряд подвижности катионов металлов. В ряду повышается константа скорости внешней диффузии и понижается энергия активации. Ряд подвижности коррелирует с уменьшением кристаллографических радиусов катионов и не согласуется с ростом вдоль него радиусов катионов по Стоксу, что объясняется «проскоковым» механизмом диффузии.

Работа выполнена согласно государственному заданию Минобрнауки России по проекту № 982 «Развитие термодинамической и кинетической теории межфазного ионного обмена применительно к природным и промышленным объектам» 11.06.2014 г.

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук, профессор Черемисина О.В.

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Жадовский И.Т.

Список литературы

1. Никашина В.А. Об особенностях ионного обмена и математическом моделировании и расчете динамических ионообменных процессов на природных клиноптилолитах // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т.8. Вып.2. С. 227-240
2. Челищев Н.Ф. Обменные реакции марганцевых минералов океанических конкреций // Минерал. докл. сов. геол. на 28 сес. Междунар. геол. конгр. Вашингтон, июль, 1989. М., 1989. С. 218-233.
3. Чиркст Д.Э., Черемисина О.В., Иванов М.В., Чистяков А.А., Жадовский И.Т. Изотерма обмена катионов никеля и натрия на поверхности // ЖМК ЖПХ. 2006. Т. 79. № 7. С.1101-1105.

Т.А. ХОРОШИХ, И.В. БЕРЛИНСКИЙ, О.Л. ЛОБАЧЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИТТЕРБИЯ (III) МЕТОДОМ ФЛОТОЭКСТРАКЦИИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Иттербий - это редкоземельный элемент (РЗЭ), относящийся к иттриевой подгруппе тяжелых металлов. РЗЭ обладают уникальными для различных областей промышленности свойствами, поэтому они являются достаточно важным компонентом в развитии экономики многих стран, в том числе и России.

Россия имеет большие запасы руд, содержащих РЗМ, но не владеет достаточными технологиями и навыками в их извлечении и переработке для дальнейшего использования. Именно поэтому возникает необходимость в увеличении отечественных мощностей в отрасли РЗМ-промышленности [1].

В данной работе исследована возможность извлечения ионов иттербия из нитратных растворов методом флотоэкстракции и определение оптимальных условий процесса с использованием в качестве собирателя анионного поверхностно-активного вещества (ПАВ) додецилсульфата натрия, в качестве флотоэкстрагента – изооктилового спирта.

Цель работы заключалась в определении условий для извлечения ионов иттербия из нитратных растворов методом флотоэкстракции.

Флотоэкстракция - адсорбционно-пузырьковый метод поверхностного разделения, в котором всплывающие пузырьки газа переносят адсорбированное на них вещество (сублат) из одной жидкости в другую [2, 3]. В данном случае термин сублат обозначает химически индивидуальное вещество, в составе которого извлекаемый ион (коллигенд) концентрируется на поверхности пузырьков. Процесс реализуется при небольших расходах газа, не разрушающих верхний слой органической жидкости. Метод используется при очистке сточных вод от органических примесей и для количественного определения следов металлов и поверхностно-активных веществ [4].

В процессе флотоэкстракции используется классическая стеклянная колонка, выполненная в виде цилиндра, дном которого служит фильтр Шотта (пористая мембрана). Через пористую мембрану подается газ (азот) из баллона. Расход газа контролировали ротаметром. В каждом опыте 200 мл исследуемого раствора $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3$, содержащего додецилсульфат натрия, концентрация которого соответствовала стехиометрии реакции, и 5 мл органической фазы (изооктиловый спирт), помещали в колонку. Газ подавался с такой скоростью, чтобы сильно не разрывать слой органического растворителя, находящегося над водным раствором, а точнее $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{ч}$. Опыт продолжался в течении 2 часов. Процесс флотоэкстракции проводили до постоянной остаточной концентрации ионов РЗЭ, которую определяли по стандартной методике. Значения рН раствора контролировали с помощью иономера «Анион 7010» со стеклянным электродом. Для установления рН растворов использовали растворы азотной кислоты или гидроксида натрия. Содержание ионов иттербия после флотоэкстракции в камерном и пенном продуктах определяли фотометрическим методом [5].

Содержание ионов Yb^{3+} в органической фазе рассчитывали по разности концентраций в исходной и равновесной водной фазах:

$$C_{org} = (C_0 - C_{aq}) \cdot \frac{V_{aq}}{V_{org}} \quad (1)$$

где C_{org} и C_{aq} - концентрации ионов металла в органической и водной фазах соответственно, моль·кг⁻¹; C_0 – начальная концентрация ионов иттербия в водной фазе, моль·кг⁻¹; V_{aq} и V_{org} – объемы водной и органических фаз соответственно.

Коэффициент распределения Yb^{3+} между водной и спиртовой фазами (K_p) определялся по формуле:

$$K_p = \frac{C_{org}}{C_{aq}} = \frac{V_{aq}}{V_{org}} \left(\frac{C_0}{C_{aq}} - 1 \right) \quad (2)$$

Коэффициент распределения выражает соотношение концентраций веществ в обеих фазах, и эта величина зависит от условий распределения и не зависит от объемов фаз. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1 в таблицах 1 и 2.

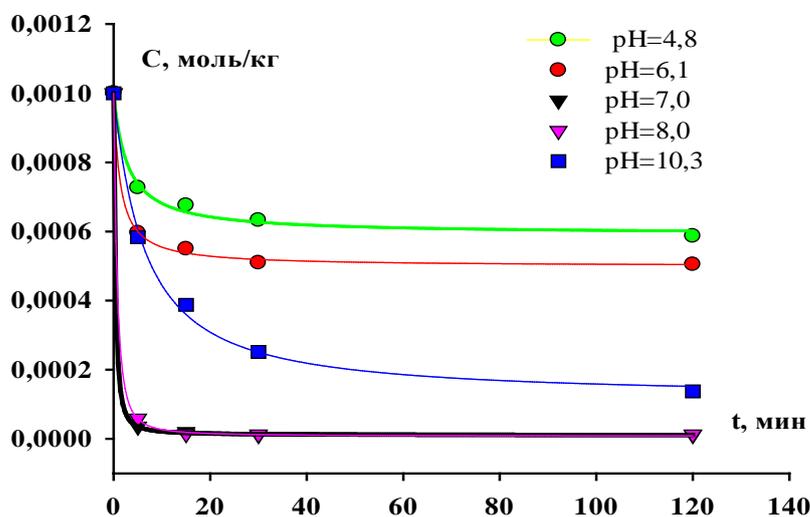
Таблица 1

t, мин	C, моль/кг				
	pH=4,8	pH=6,1	pH=7,0	pH=8,0	pH=10,3
0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
5	$7,27 \cdot 10^{-4}$	$5,97 \cdot 10^{-4}$	$0,35 \cdot 10^{-4}$	$0,58 \cdot 10^{-4}$	$5,84 \cdot 10^{-4}$
15	$6,76 \cdot 10^{-4}$	$5,50 \cdot 10^{-4}$	$0,19 \cdot 10^{-4}$	$0,13 \cdot 10^{-4}$	$3,88 \cdot 10^{-4}$
30	$6,33 \cdot 10^{-4}$	$5,09 \cdot 10^{-4}$	$0,11 \cdot 10^{-4}$	$0,12 \cdot 10^{-4}$	$2,51 \cdot 10^{-4}$
120	$5,87 \cdot 10^{-4}$	$5,05 \cdot 10^{-4}$	$0,11 \cdot 10^{-4}$	$0,12 \cdot 10^{-4}$	$1,37 \cdot 10^{-4}$

Таблица 2

Степень извлечения α и коэффициент распределения иттербия (III) при времени процесса 120 минут и $C_0 = 0,001$ моль/кг

pH	C_{org}	C_{aq}	K_p	α
4,8	$1,65 \cdot 10^{-2}$	$5,87 \cdot 10^{-4}$	28,13	41,3
6,1	$1,97 \cdot 10^{-2}$	$5,05 \cdot 10^{-4}$	39,20	49,5
7,0	$3,95 \cdot 10^{-2}$	$0,11 \cdot 10^{-4}$	3524,09	98,9
8,0	$3,94 \cdot 10^{-2}$	$0,13 \cdot 10^{-4}$	3048,87	98,8
10,3	$3,45 \cdot 10^{-2}$	$1,37 \cdot 10^{-4}$	251,41	86,3

Рис. 1. Зависимость концентрации Yb^{+3} в водной фазе от времени флотации при различных pH

Таким образом, можно найти оптимальное время проведения процесса флотации в растворах нитратов РЗЭ с начальной концентрацией 0,001 моль/кг. Кинетические кривые флотации, изображенные на рисунке 1, показывают, что максимальное извлечение иттербия происходит при pH=7,0 в течении 10 минут.

С течением времени концентрация ионов приближается к некоторому конечному значению, что характеризует приход системы в стационарное состояние.

Константы скорости были вычислены по уравнению Познера:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0 - C_{eq}}{C_\tau - C_{eq}} \quad (3)$$

где τ - время протекания процесса флотации, C_0 , C_τ и C_{eq} – начальная, текущая и стационарная (равновесная) концентрации лантаноида в водной фазе.

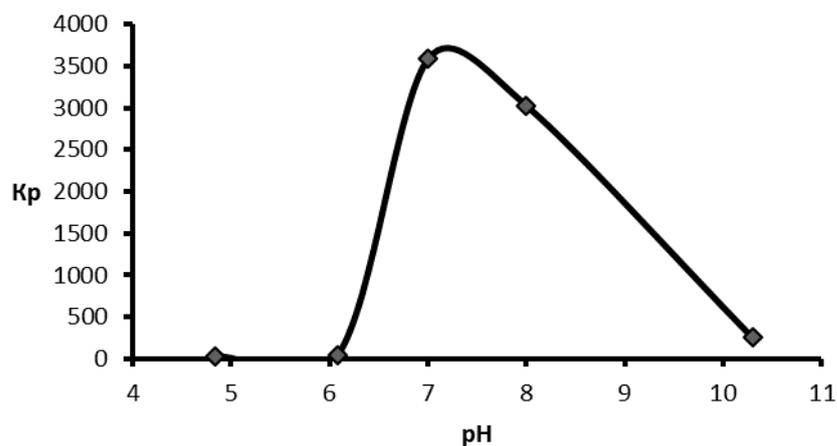


Рис. 2. Зависимость коэффициента распределения Yb^{3+} от pH раствора

Из графика, изображенного на рисунке 2, можно сделать вывод, что наибольшая степень извлечения ионов иттербия происходит при $pH=7,3$.

При анализе кинетических кривых на графике, изображенном на рисунке 1, можно выделить три зависимости:

1. $pH = 4,8$ и $pH = 6,1$ максимальная степень извлечения составляет 49,5 %. Процесс флотоэкстракции стремится к состоянию равновесия при достаточно высоких концентрациях.

2. $pH = 7,0$ и $pH = 8,0$ наблюдается увеличение степени извлечения, до 99 % и уменьшение концентрации катионов иттербия в водной фазе.

Работа выполнена согласно государственному заданию Минобрнауки России по проекту № 982 «Развитие термодинамической и кинетической теории межфазного ионного обмена применительно к природным и промышленным объектам» 11.06.2014 г.

Научные руководители: доцент, кандидат химических наук Берлинский И.В.
доцент, кандидат химических наук, доцент Лобачева О.Л.

Список литературы

1. Э.П. Локшин, В.А. Маслобоев Сырьевые источники редкоземельных металлов России и проблемы их вовлечение в переработку // Цветные металлы. 1997. - №8. - С.46-50.
2. Adsorptive bubble separation techniques. / Ed. R. Lemlich. New York: Academic Press. 1972. 344 p.
3. Ф. Себба Ионная флотация // М. Металлургия. 1965. -170 с.
4. O.L. Lobacheva Application of solvent sublation for the removal of trace elements in wasterwater. Technische universitat bergakademie Freiberg // Wissenschaftliche Mitteilungen. 2008. - V.35. - P.163-166.
5. Sastri V.S. et al. Modern Aspects of Rare Earths and Their Complexes / Sastri V.S., Bunzli J.-C.G., Ramachandra Rao V., Rayudu G.V.S., Perumareddi J.R. // Elsevier Science, 2003. - 995 p.

2. Физико-химические основы переработки нефти и получения органических веществ

Р.Р. НАЗАРОВ, К.В. АРХАРОВ, А.А. КУЖАЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ

В современных условиях происходит постоянное снижение качества нефтяного сырья, поступающего на переработку и повышаются экологические требования к качеству выпускаемых топлив, что ставит актуальным решение проблемы обессеривания товарных нефтепродуктов.

Наиболее надежными и доступными способами выделения серосодержащих органических соединений являются окисление различными окислителями, адсорбция на силикагеле и оксиде алюминия, серно-кислотная и щелочная экстракция, а также каталитические методы: гидроочистка и биодесульфуризация [1]. Существенными недостатками почти всех этих способов являются низкий коэффициент использования сырья, малая производительность устройств и нерентабельность при реализации их для крупномасштабных производств.

Главным промышленным процессом, направленным на удаление серы, является каталитическое гидрообессеривание, в котором сернистые соединения разрушаются, образуя сероводород, а углеводородная часть молекул сырья восстанавливается и сохраняется в составе целевых жидких продуктов.

В настоящей работе сделана попытка рассмотреть некоторые данные по окислительному обессериванию. Основными классами сернистых соединений, содержащихся в нефтяных фракциях, являются тиолы, диалкил- и циклоалкилсульфиды, алкиларилсульфиды, а также гетероароматические соединения - производные тиофена. Сернистые соединения, которые необходимо удалить из фракций дизельного топлива, чтобы снизить содержание серы в них с 300 - 500 ppm до требуемого уровня в 10 - 50 ppm, представлены в основном бензотиофеном, дибензотиофеном и их алкильными производными.

Наиболее распространенным окислителем сернистых соединений нефтяных фракций в настоящее время является пероксид водорода [2, 3] в сочетании с различными катализаторами. Для окисления алкилароматических сульфидов до соответствующих сульфоксидов и сульфонов может использоваться пероксид водорода, образующий с солями переходных металлов пероксокомплексы.

В работе [4] был предложен вариант окисления сернистых соединений дизельного топлива пероксидом водорода в пенно-эмульсионном режиме в присутствии соединений металлов (Mo, V, W) с последующим каталитическим разложением сульфонов на диоксид серы и углеводород.

Значительное распространение для удаления сернистых соединений из моторных топлив получили гетерогенные системы, состоящие из разнообразных твердых носителей (соли, оксиды, активированный уголь, цеолиты) и пероксидных окислителей (пероксид водорода или алкилгидропероксиды). Молибденсодержащие катализаторы являются одними из самых эффективных гетерогенных систем для окислительного обессеривания дизельного топлива [5].

Доказана эффективность окислительного обессеривания, представляющего собой сочетание каталитического окисления сернистых соединений молекулярным кислородом в присутствии гетерогенного катализатора и адсорбции на активированном угле в мягких условиях (25 °С) [6].

Глубокое обессеривание дизельного топлива может быть эффективно осуществлено при сочетании электрохимического каталитического окисления с экстракцией продуктов окисления [7].

Среди других методов окислительного воздействия на различные виды углеводородного сырья следует отметить обессеривание тяжелых фракций нефти озонированием и радиолизом, ультразвуковая обработка дизельной фракции в присутствии водного раствора пероксида водорода и четвертичной аммониевой соли в качестве межфазного катализатора.

Перспективным способом очистки нефтепродуктов от серы является ступенчатая периодическая обработка в ультразвуковом поле в присутствии катализатора и окислителя с последующим удалением очищенной части нефтепродукта. В отсутствие катализатора ультразвуковая обработка не приводит к заметному снижению содержания серы в нефтепродуктах.

Разрабатываются технологии десульфуризации/демеркаптанизации углеводородного сырья прямым окислением сероводорода и меркаптанов непосредственно в газовых потоках в процессе перегонки. Процесс обессеривания протекает при пропускании серосодержащего углеводородного аэрозоля через катализаторные блоки при различных температурах. Технология заключается в окислении содержащихся в нефтях низкомолекулярных меркаптанов и сероводорода кислородом воздуха в присутствии катализатора с последующим выделением в щелочной среде.

Повышение качества нефти возможно за счет её переработки, а именно удаления серы. Обессеривание или десульфуризация – это одна из главных проблем, поэтому в настоящее время актуальной задачей является разработка технологий сероочистки.

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук, доцент Кужаева А.А.

Список литературы

1. Сираев И.Н. // Нефтегазовое дело. 2011. № 5. С. 318-322.
2. Шарипов А.Х., Нигматуллин В.Р., Нигматуллин И.Р., Закиров Р.В. // Химия и технол. топлив и масел, 2006, № 6, С. 45-51.
3. Анисимов А.В., Тараканова А.В. // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, Т. ЛП, № 4, С. 32-40.
4. Шарипов А.Х., Нигматуллин В.Р. // Химия и технол. топлив и масел, 2005, № 4, С. 42-43.
5. Garsia-Gutierrez J.L., Fuentes G.A., Hernandez-Teran M.E., Garsia P., Murrieta-Guevara F., Jimenez-Cruz F. // Appl. Catal.A: General, 2008, Vol. 334, P. 366—373.
6. Ma C., Zhou A., Song C. // Catal. Today, 2007, Vol. 123, № 1-4, P. 276—284.
7. Wenbo Wang, Shujun Wang, Yuanhao Wang, Hongyan Liu, Zhenxin Wang. // Fuel Proc. Technol., 2007, Vol. 88, P. 1002—1008.

А.В. БЕЗМАТЕРНЫХ, Д.С. ЛУЦКИЙ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Процесс каталитического риформинга имеет важнейшее прикладное значение для современного нефтехимического производства. Так с помощью каталитического риформинга можно получать высокооктановый бензин, который продлевает срок службы двигателя внутреннего сгорания, за счет повышения октанового числа, что в свою очередь увеличивает детонационную устойчивость топлива. Данный процесс дает возможность получения ароматических и циклических соединений, которые в свою очередь являются важнейшим сырьем для химического производства.

В данной работе будут рассмотрены основные процессы, происходящие при риформинге, в частности метод применения модифицированных полиметаллических катализаторов на примере системы палладий-хром.

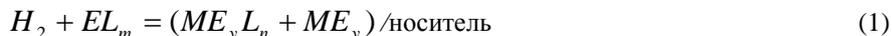
Рассмотрим сначала что из себя представляет процесс каталитического риформинга.

Каталитический риформинг (англ. catalyticreforming от reform - переделывать, улучшать) - процесс переработки бензиновых фракций с целью получения высокооктановых бензинов и ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилолов) [1].

Сырьем для риформинга при производстве высокооктановых компонентов служит фракция широкого состава, выкипающая при температуре от 85 до 100 °С. Более легкую фракцию подвергать риформингу нецелесообразно, поскольку это приведет к увеличению газообразования, а ароматизация этих углеводородов затруднена. При утяжелении сырья увеличиваются процессы уплотнения и коксообразования.

Преимущество полиметаллические кластерных катализаторов заключается в том, что они обладают стабильностью биметаллических, но характеризуются повышенной активностью, лучшей селективностью и обеспечивают более высокий выход реформата. Срок их службы составляет 6 - 7 лет [2].

Установлено, что формирование различных структур на поверхности металлов и их оксидов регулируется двумя факторами: реакционной способностью (r) и диффузионной проницаемостью (j) поверхности в ходе модификации с использованием топохимической реакции типа (1):



где активный металл М - Ni, Pd, Pt; элемент E - Cr, Mn, Si или Sn; лиганд L - CO, Cl, алкил или арил; m и n - количество лигандов, связанных с элементом, причем $m > n$. Обычно такие реакции начинаются вблизи различных дефектов на поверхности твердого тела, которые к тому же включают активные центры каталитических реакций.

Таким образом, в ходе разложения элементарного соединения EL_m , первоначально элемент E будет выделяться в области дефектов на поверхности.

На основе общих закономерностей превращения поверхности, кинетику накопления элемента E в ходе реакции на поверхности можно описать уравнением (2):

$$\frac{dq(E)}{dt} = r(E) - j(E) \quad (2)$$

где $q(E)$ означает концентрацию элемента E на поверхности; $r(E)$ и $j(E)$ - удельные скорости накопления E на поверхности и диффузионного потока элемента с поверхности в объем металла.

При высокой реакционной способности (r) элементарного соединения EL_m лиганды быстро отщепляются с образованием элемента в области дефектов на поверхности, и если r существенно превышает диффузионную проницаемость поверхностного слоя, элемент E будет накапливаться в этой области. Таким

образом, дефектные центры будут закрыты интерметаллидом, а поверхность активного металла остается доступной для реагентов.

Рассмотрим применение модифицированных полиметаллических катализаторов на примере системе палладий-хром. В этой системе при соотношении $\text{Cr}/\text{Pd} \geq 1$, по данным хемосорбции кислорода, палладий полностью закрыт нанослоем хрома, который не обладает каталитической активностью. Однако испытания Pd-Cr катализаторов в процессе гидрирования бутадиена и гидрооблагораживания бензинов показали, что их активность близка к немодифицированным палладиевым катализаторам, а по селективности действия и стабильности они существенно превышают немодифицированные катализаторы. Например, при исчерпывающем гидрировании бутадиена (99,7 %) селективность Pd-Cr/ Al_2O_3 катализаторов составляет 88 %, а на Pd/ Al_2O_3 катализаторе - только 67 %. Особенно следует отметить, что экранирование палладия слоем хрома значительно улучшает серостойкость катализатора (рис. 1).

Относительная активность (H_2S)/г

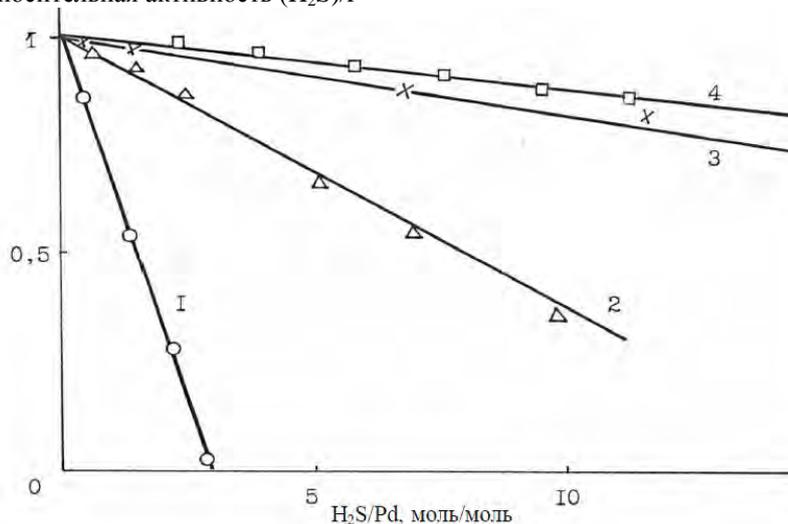


Рис. 1. Гидрирование бутадиена -1,3 смесью H_2 - H_2S (1 %) на катализаторах (1) 0,3 % Pd/ Al_2O_3 ; (2) 1+0,3 % Cr^{3+} ; (3) 1+0,3 % Cr-Ar; (4) 1+0,6 Cr-Ar ; $T=303\text{K}$; $P=0,1$ МПа; $\text{H}_2/\text{C}_4=3$

По данным ускоренного испытания катализаторов гидрирования бутадиена-1,3 в присутствии 1 % H_2S , немодифицированный катализатор полностью теряет активность после подачи сероводорода в количестве $\text{H}_2\text{S}/\text{Pd} = 3$, модифицированный Cr^{3+} катализатор полностью теряет активность после подачи сероводорода в количестве $\text{H}_2\text{S}/\text{Pd} = 17$, а катализаторы, модифицированные бисаренхромом, практически не отравляются при $\text{H}_2\text{S}/\text{Pd} = 3$. Результаты представлены на рисунке 1.

При ароматизации олефинов и бензинов термических процессов, содержащих много олефинов и серы, Pd-Cr/ Al_2O_3 катализаторы также продемонстрировали высокую активность и стабильность по сравнению с традиционными катализаторами, содержащими платину и палладий.

При гидрооблагораживании бензина коксования, содержащего 47 % олефинов, 9,5 % ароматики и 0,36 % S, выход высококачественного бензина, содержащего 25 % олефинов, 22 % ароматики и 0,16 % S, составляет 96 %. В указанном режиме (520°C , $P = 1,5$ МПа) катализатор Pd-Cr-Si (модифицирован бис-аренхромом и трифенилхлорсиланом) работал без потери активности в течение 120 ч [3].

В данной работе были исследованы основные процессы, происходящие в ходе каталитического риформинга нефтепродуктов. А так же применение модифицированных полиметаллических катализаторов на примере системы палладий-хром. Было установлено что данный катализатор обладает большей направленностью действия на получения высококачественного бензина, а также он обладает большей стабильностью чем Pt/ Al_2O_3 .

Данный факт дает нам возможность применения данного катализатора для увеличения процента выхода высококачественного бензина, что позволит сделать процесс более экономически выгодным.

Научные руководители: профессор Мартынов В. Л.,
доцент, кандидат технических наук Луцкий Д.С.

Список литературы

1. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика. / Под редакцией М.Г. Рудина. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004.с.336
2. Ахметов С. А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. — СПб.: Недра, 2006. — 737 с.

А.А. БОЙЦОВА, Е.И. КРАПИВСКИЙ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И РАЗБАВИТЕЛЯ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЕЕ ПЕРЕРАБОТКИ

В условиях истощения запасов традиционных энергетических ресурсов все большее значение приобретают тяжелые нефти. В настоящее время доля высоковязкой и высокопарафинистой нефти в общем объеме добычи растет с каждым годом.

Отечественные запасы тяжелой нефти составляют около 13,1 % от общего объема разведанных в России ресурсов нефти. Затраты на добычу тяжелой нефти и природных битумов в 3 - 4 раза превосходят затраты на добычу легкой нефти, что обусловлено не только более высокими показателями плотности и вязкости, но и недостаточным развитием технологий добычи, транспортировки и переработки такой нефти. В настоящее время для перекачки как легкой, так и тяжелой нефти используется одна система трубопроводов, что приводит к ухудшению качества всей перекачиваемой нефти. По мнению экспертов, оптимальный способ использования таких нефтей – ее переработка вблизи места добычи, что снижает затраты на транспортировку. Следует отметить, что глубина переработки в России составляет 70 - 72 %, в то время как за рубежом этот показатель достигает 90 – 95 %. Эксперты отмечают, что переработка тяжелой высоковязкой нефти затруднительна, энергоемка и во многих случаях низкорентабельна и убыточна ввиду отсутствия рентабельных технологий переработки мазута и гудрона. Поэтому высоковязкие нефти, природные битумы и тяжелые остатки переработки идут на экспорт, тем самым лишая Россию многих ценных видов нефтепродуктов (низкотемпературные масла, топлива, кокс).

Разработка новых технологий добычи, транспортировки и переработки тяжелых и сверхвязких нефтей является приоритетным направлением развития всей нефтяной отрасли.

В данной работе выполнен анализ физико-химических свойств смеси тяжелой высоковязкой Ярегской и парафинистой Варандейской нефти, взаимодействие которых может вызвать ухудшение показателей полученной смеси. В связи с этим также анализировалось ультразвуковое влияние на нефть с целью улучшения структурных характеристик с целью увеличения выхода светлых фракций.

Анализ был выполнен для трех смесей нефтей Ярегского и Варандейского месторождений. В результате имеем, что смешение двух разнородных нефтей нафтен-ароматической и парафинистой выявляет эффект синергизма, суть которого состоит в том, что суммарное действие двух и более факторов превышает воздействие каждого из них по отдельности или средне-арифметическое аддитивное воздействие [1, 2]. При различных концентрациях Ярегской нефти в смеси без использования ультразвукового воздействия экспериментальный выход светлых фракций имеет положительное отклонение от расчетных данных на 2 – 9 %. Ультразвуковое воздействие имеет незначительное влияние на кинематическую вязкость, в то время как значительно увеличивает динамическую вязкость, выход светлых фракций и температуру застывания. В процессе кавитационной обработки нефти и нефтепродуктов энергия, выделяющаяся при схлопывании кавитационных пузырьков, используется для разрыва химических связей между атомами больших молекул углеводородных соединений. Таким образом происходит деструкция молекул, вызванная микрокрекингом молекул и процессами ионизации: в результате разрыва С-С связей увеличивается выход светлых фракций, а в результате разрыва С - Н связей молекулы водорода освобождаются, упрочняя тем самым структуру нефти [3, 4].

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук Кондрашева Н.К.

Список литературы

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для ВУЗов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
2. Капустин В. М., Глаголева О.Ф. Технология переработки нефти. Часть 1. Первичная переработка нефти – М.: Химия, Колос, 2007. – 400 с.: ил.
3. Немчин А.Ф. Влияние кавитационного воздействия на углеводородное топливо / Пром. теплотехника. – 2002. – Т. 24, № 6. – С. 60–63.
4. Нестеренко А.И. Возможность крекинга углеводородов под действием кавитации. Количественная энергетическая оценка / А.И. Нестеренко, Ю.С. Берлизов // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – № 6. – С. 43–44.

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ СМАЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Одной из наиболее распространенных проблем дизельных двигателей является быстрый износ деталей топливной аппаратуры. Главной характеристикой, отражающей противоизносные свойства механизма, является смазывающая способность. Ранее хорошая смазывающая способность достигалась высоким содержанием серы в топливе. С ужесточением требований к качеству дизельных топлив по содержанию серы и переходом на выработку экологически чистых топлив из них удаляются соединения, содержащие серу, кислород и азот, что негативно влияет на их смазывающую способность.

Считается, что при достижении концентрации серы в дизельном топливе от 0,05 % и менее требуется применение противоизносных присадок [1]. Согласно стандарту ГОСТ Р 52368 «Топливо дизельное ЕВРО» количество общей серы не должно превышать 10 ppm для III вида.

Установлено, что наилучшими смазочными свойствами обладают кислородсодержащие соединения [2]. В связи с этим в данной работе было исследовано влияние противоизносной добавки, состоящей из эфиров жирных кислот растительного происхождения, на смазывающую способность дизельных топлив с содержанием общей серы не более 10 ppm.

Эфирная добавка на основе растительного сырья улучшает не только смазывающие свойства топлива, но и является экологически чистой добавкой и уменьшает содержание общей серы.

Развитие в нашей стране производства экологически чистого дизельного топлива неизбежно, так как территория для выращивания сельскохозяйственных структур значительно превышает зарубежную, а, как известно, стоимость готового продукта намного выше стоимости сырья.

Природные (растительные) масла, являющиеся важным компонентом пищевых продуктов, олиф, лаков, красок, мыла, глицерина и др., также могут быть использованы в качестве основы для производства экологически чистых противоизносных присадок и биодобавок к нефтяным топливам. Взаимодействуя со спиртами, сложные эфиры, содержащиеся в маслах, по реакции переэтерификации образуют новые эфирные соединения, которые могут использоваться в качестве базовой основы противоизносных присадок и биодизельных топлив [3]. В качестве сырья процесса может использоваться рапсовое, хлопковое и другие виды природных масел.

Используемая в данной работе методика создания экологически чистой противоизносной добавки или компонента биодизельного топлива заключается в прямом компаундировании растительного масла (9/10 частей) и спирта (1/10 части) в кавитационных реакторах, в присутствии щелочного или кислотного катализатора при температуре 60 °С. Полученная смесь после охлаждения разделяется в делительных воронках на глицерин и эфир [4].

Полученные результаты показывают принципиальную технологическую и экологическую возможность получения продуктов переэтерификации растительных масел и их применения в качестве экологически чистой противоизносной присадки в нефтяном топливе или биодизеля вместо обычного дизельного топлива или в смеси с ним. При этом не только существенно расширяются ресурсы дизельных топлив, но и улучшаются их экологические и смазывающие свойства.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Кондрашева Н.К.

Список литературы

1. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей: справ. изд. / А.М. Данилов. – Москва: Химия, 2000. - 232с.
2. Сидрачева И.И. Синтез противоизносной присадки к дизельным топливам на основе рапсового масла и н-бутилового спирта: дис. ... канд. техн. наук : 02.00.13 / И. И. Сидрачева. – Уфа, 2009. – 117 с.
3. Нагорнов С.А. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. – Тамбов: Изд. ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.
4. Принцип получения биодизеля [электронный ресурс] / В.Н. Витер, А.В. Зубко // Химия и химики: электронный журнал. – 2008. - №3.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НИОГРИН И УНИВЕРСИН НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

В 1970-х и 1980-х годах в СССР коллективами учёных Уфимского нефтяного института, НИИОГР и Ново-Уфимского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) были разработаны профилактические средства нефтяного происхождения Ниогрин и Универсин для решения важнейших задач народного хозяйства. Ниогрин - средство борьбы со смерзаемостью вскрышных горных пород при их транспортировке в вагонах, думпкарах и автосамосвалах в осенне-весенний и особенно зимний период времени. Универсин - общее название группы нефтяных вяжущих для борьбы с пылеобразованием на временных карьерных автодорогах и отвалах открытых горных разработок [1, 5].

За годы эксплуатации на многочисленных рудниках, карьерах и горно-обогатительных комбинатах страны эти средства стали основными в борьбе с пылеобразованием и смерзаемостью, заменив менее эффективные аналоги минерального и нефтехимического происхождения.

Потребность в профилактических средствах сохраняется и в настоящее время, однако их производство значительно сократилось после прекращения существования СССР, а на предприятиях нефтяной отрасли произошли различные преобразования, связанные с увеличением доли углубляющих процессов и изменением качества получаемых продуктов. Поэтому существует необходимость в разработке технологии получения этих средств из продуктов переработки современных НПЗ.

Данная работа посвящена поиску оптимальных компонентов и их соотношения для получения профилактических средств на основе нефтепродуктов Омского НПЗ. Для этого были отобраны необходимые фракции с установок термических и каталитических процессов, проведен их физико-химический анализ и приготовлены образцы профилактических средств для определения наиболее пригодного состава и проверке эксплуатационных характеристик.

Для защиты от смерзания рабочие поверхности транспортного оборудования и масса насыпного материала покрываются тонким равномерным слоем профилактической смазки, которая не допускает прямого контакта кусков влажного груза с металлической поверхностью и между собой. Для образования прочной углеводородной плёнки на поверхности металла, средство должно обладать хорошими смазывающими и антикоррозионными свойствами. Для нанесения смазки в мелкодиспергированном состоянии с помощью форсунок, необходимо чтобы она обладала высокими вязкостно-температурными свойствами и имела невысокую вязкость в области отрицательных температур. Обработка транспортного оборудования осуществляется как на открытых площадках, так и в полузакрытых помещениях, поэтому необходимо обеспечить соответствие качества средства пожароопасным и санитарно-гигиеническим нормам [5].

Пылесвязывающие вещества должны обладать хорошими смачивающими, вяжущими и вязкостно-температурными свойствами, чтобы обеспечивать проникновение вещества в грунт временной автодороги в короткий промежуток времени на требуемую глубину, эффективно бороться с пылеобразованием и оставаться высокоподвижным при температуре нанесения. Из-за огромной площади соприкосновения поверхности автодороги с атмосферой важной характеристикой становится испаряемость [1].

Фракционный и химический состав углеводородного сырья, который наиболее полно удовлетворяет требуемым эксплуатационным характеристикам, соответствует легким газойлям замедленного коксования (ЛГЗК) и каталитического крекинга (ЛГКК) [1, 2, 5]. При этом для обеспечения низкотемпературных свойств предусматривается введение в состав специальных депрессорных присадок, снижающих температуру застывания. Наиболее подходящими присадками для газойлевых фракций являются депрессоры природного происхождения - смолисто-асфальтеновые вещества, в большом количестве содержащиеся в тяжелых нефтяных остатках: гудроне, крекинг-остатке (КО) и др. [1-5].

В ходе исследования был проведен физико-химический анализ крекинг-остатка процесса висбрекинга и газойлевых фракций по таким показателям как вязкость, температура застывания, температура вспышки, плотность, содержание механических примесей и воды. Результаты анализа подтверждают пригодность использования газойлевых фракций в качестве базового компонента для получения профилактических средств и крекинг-остатка в качестве депрессора.

Для определения наиболее оптимального соотношения компонентов были приготовлены 12 образцов с различным содержанием КО в газойлевых фракциях. По результатам их физико-химического анализа 2 образца на основе ЛГЗК и 4 на основе ЛГКК полностью удовлетворяют требованиям настоящих технических условий на Ниогрин. И только один образец удовлетворяет требованиям на Универсин марки «С» (Северный) с температурой застывания не выше минус 40 °С.

Лёгкий газойль замедленного коксования выкипает в пределах 140-360 °С, имеет температуру застывания минус 23 °С, температуру вспышки 48 °С, вязкость условную при 50 °С 1,03 ВУ и содержит 0,03 % масс. механических примесей. Предварительная отгонка фракции 140-160 °С повышает значение

температуры вспышки до требуемой величины. При оптимальном содержании крекинг-остатка в образцах с ЛГЗК обеспечивается соответствие требованиям значений вязкости и температуры застывания. Причем изменение температуры застывания от увеличения содержания КО в образцах носит экстремальный характер, что не противоречит наиболее распространенным теориям, объясняющим механизм депрессорного действия смолисто-асфальтеновых веществ по отношению к средним дистиллятным фракциям [1-5]. Легкий газойль каталитического крекинга выкипает в пределах 200-310 °С, имеет температуру застывания ниже минус 60 °С, температуру вспышки 88 °С и содержит незначительное количество механических примесей. Соответствие требованиям значения вязкости также достигается при определенном содержании в составе крекинг-остатка.

Окончательный вывод о возможности использования предложенных составов в качестве профилактических средств можно будет сделать после проведения испытания профилактического действия отобранных образцов.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Кондрашева Н.К.

Соруководитель: кандидат технических наук, доцент Зырянова О.В.

Список литературы

1. Зиновьев, А.П. Борьба с пылеобразованием на карьерных автодорогах нефтяными вяжущими / А.П. Зиновьев, А.Н. Купин, П.Л. Ольков, Г.Г. Максимов. - Уфа: Башкирское кн. изд-во, 1990. - 96 с.
2. Кондрашева, Н.К. Исследования и разработка профилактической смазки ниогрин для горнотранспортного оборудования / Н.К. Кондрашева, К.Е. Станкевич, С.В. Попова // Перспективы развития химической обработки горных ископаемых: материалы конференции. - СПб, 2006. - С. 49.
3. Рогачева, О.И. Приемистость дистиллятов коксования к депрессорным присадкам / О.И. Рогачева, З.И. Сюняев, П.Л. Ольков, Р.Н. Гимаев // Нефтепереработка и нефтехимия, 1975. - №9, С. 12.
4. Сдобнов, Е.И. Исследование состава и свойств смолисто-асфальтеновых веществ крекинг-остатка и окислительного экстракта нефтепереработки / Е.И. Сдобнов Автореферат, Алма-Ата, 1969.
5. Сюняев, З.И. Ниогрин - новый нефтепродукт против примерзания и смерзания / З.И. Сюняев, П.Л. Ольков, О.И. Рогачева, Т.З. Хурамшин, В.Я. Медведева. - Уфа: Башкирское кн. изд-во, 1977. - 88 с.

А.С. ИГНАТОВИЧ, Д.С. ЛУЦКИЙ, О.В. ЧЕРЕМИСИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ НЕФТЯНЫХ СИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Целью исследования является изучение влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ) на свойства нефтяных систем для определения закономерностей подбора реагентов под такие задачи, как повышение нефтеотдачи пласта, эмульгирование или деэмульгирование в системах нефть-вода-ПАВ. На фоне общемировой тенденции усложнения условий добычи и дальнейшей переработки нефти, что в свою очередь повышает значимость вторичных и третичных методов увеличения нефтеотдачи (МУН), эта цель является крайне актуальной. Вторичные методы представляют собой МУН, осуществляемые за счет поддержания внутрипластовой энергии путем закачивания воды или газа в пласт. В третичных методах повышение нефтеотдачи осуществляется за счет негидродинамических способов. Третичные МУН подразделяются на физико-химические, газовые, тепловые и микробиологические. В нашем случае особый интерес представляют физико-химические методы, сущность которых заключается в подаче активных компонентов в пласт. Физико-химические методы в свою очередь подразделяются на вытеснительные и деструктивные [1-3].

При использовании вытеснительных методов в качестве активного агента в пласт закачивают растворы ПАВ, полимеров или щелочей. Для деструктивных методов характерно использование реагентов разрушающих структуру нефтеносной породы (например, кислотная обработка пласта). Заводнение растворами ПАВ снижает поверхностное натяжение на границе системы «нефть – вода», а так же снижает вязкость нефти, что способствует улучшению ее вытеснения водой. Вода лучше впитывается в поры, занятые нефтью и отмывает ее с твердой поверхности за счет повышенной смачиваемости нефтеносной породы [1-9].

Основными изучаемыми параметрами на данном этапе работы были поверхностное натяжение (натяжение на границе раздела жидкость-воздух), межфазное натяжение (натяжение на границе жидкость-жидкость) и краевой угол образуемый нефтяной системой с образцом нефтеносной породы. Данные величины характеризуют способность нефтяной дисперсной системы (НДС) к образованию эмульсий и смачиванию нефтеносной породы. По величине поверхностного натяжения на границе раздела фаз возможно рассчитать термодинамические параметры адсорбции ПАВ, что позволит сделать вывод о применимости тех или иных реагентов для повышения нефтеотдачи различных месторождений [4-9].

На данном этапе работы для постановки эксперимента была выбрана нефть Баженовской свиты, а так же пробы керна соответствующей скважины. Выбор этого месторождения обусловлен тем, что Баженов-

ская свита представляет собой крупное перспективное месторождение сланцевой нефти, расположенное в Западной Сибири. При достаточно высоких товарных качествах нефти (нефть Баженовской свиты представляет собой легкую нефть, не содержащую большого количества серы). Однако, при добыче данного типа нефти возникает ряд проблем связанных с ее высокой твердостью и малой проницаемостью породы. Для извлечения нефти планируют применять различные методики гидроразрыва пласта с применением растворов ПАВ, что позволит увеличить нефтеотдачу.

Научные руководители: профессор, доктор технических наук, профессор Черемисина О.В.
доцент, кандидат технических наук Луцкий Д.С.

Список литературы

1. Крянев Д. Ю., Жданов С. А. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов в России и за рубежом. Опыт и перспективы - Бурение и нефть. 2011 - № 2. – с. 22-26.
2. Токарев М.А., Ахмерова Э.Р., Газизов А.А., Денисламов И.З. Анализ эффективности применения методов повышения нефтеотдачи на крупных объектах разработки: Учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. – 115 с.
3. Алтунина Л.К. Физико-химические аспекты технологий увеличения нефтеотдачи (обзор)/ Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. - №9. - С. 331-334.
4. Гуреев А.А., Абызгильдин А.Ю., Капустин В.М., Зацепин В.В. Разделение водонефтяных эмульсий. - М.: ГУЛ Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. - 95 с.
5. Левченко Д.Н., Бергштейн Н.В., Худякова А.Д., Николаева Н.М. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения. - М.: Химия, 1967. - 200 с.
6. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий. - М.: Недра, 1982. - 221 с.
7. Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов Увеличение нефтеотдачи пластов композициями ПАВ Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1995. - 198 с.
8. А. Адамсон Физическая химия поверхностей - М.: Мир, 1979. - 568 с.
9. А.А. Абрамзон, Г.М. Гаевой Поверхностно-активные вещества - Л.: Химия, 1979. - 376 с..

В.А. РУДКО, А.А. ШАЙДУЛИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЕМИСТОСТИ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК К СУДОВЫМ МАЛОВЯЗКИМ ТОПЛИВАМ

Целью нефтехимии и химической технологии является переработка нефтяного сырья с получением комплекса товарной продукции высокого качества, отвечающей требованиям, предъявляемым современными технико-экономическими и экологическими стандартами [1].

В современной российской нефтеперерабатывающей промышленности основными получаемыми видами продукции являются топлива различных видов – автомобильные и авиационные бензины, реактивные, дизельные и судовые топлива [1, 3 - 5]. Улучшение качества получаемой продукции с использованием энергосберегающих технологий, а следовательно, и с уменьшением себестоимости – основная задача нефтепереработки.

В данной работе представлены исследования, направленные на улучшение качества судового маловязкого топлива – дистиллятного вида топлива, применяемого в высокооборотных и среднеоборотных дизелях в холодное время года на судах морского и речного флотов. При снижении температуры окружающей среды до определённого значения (температура застывания), топливо теряет свою подвижность, тем самым становится невозможным его бесперебойная подача в топливной системе и сгорание в камере двигателя [1 - 3]. Это происходит из-за выделения из нефтяного топлива кристаллов нормальных парафиновых углеводородов, имеющих наиболее высокие температуры застывания из всех классов углеводородов, содержащихся в таких видах топлива как дизельное или судовое маловязкое [4 - 6].

Существует несколько методов борьбы с этим явлением [5]. Наиболее распространённым несколько десятилетий назад было удаление парафиновых углеводородов нормального строения в процессе цеолитной депарафинизации. При таком способе снижение температуры застывания происходит с потерей в выходе получаемого топлива, что противоречит современным представлениям об эффективном использовании нефтяного сырья. Другой способ – это использование современных гидрокаталитических процессов, таких как селективный гидрокрекинг или гидродепарафинизация, являющихся достаточно эффективными, но при этом очень энергос затратными [4, 5].

Наиболее экономичным и эффективным способом снижения температуры застывания в судовых маловязких топливах является введение в их состав в малых количествах высокоэффективных депрессорных присадок [5, 6]. Механизм действия депрессоров полностью не изучен, однако существует несколько теорий, объясняющих происходящие метаморфозы при введении присадок такого вида в нефтяные виды топлива, в частности – судовые маловязкие. Согласно одной из них, молекулы депрессорной присадки адсорбируются на углах, ребрах и сколах парафиновых углеводородов, и при снижении температуры в системе де-

прессоры препятствуют сокращению последних в единую пространственную решётку, что в конечном итоге и приводит к потере подвижности судового маловязкого топлива [5, 6, 7].

Приёмистость депрессорной присадки и её необходимое количество для введения в судовые маловязкие топлива являются индивидуальными характеристиками, зависящими от состава и строения молекул самой присадки, а также от углеводородного и фракционного состава топлива [2, 7].

В ходе исследования были получены образцы судовых маловязких топлив из продуктов, отобранных с установок одного из отечественных нефтеперерабатывающих заводов, а также изучены их эксплуатационные свойства.

В качестве компонентов для приготовления топлив использовались: прямогонная дизельная фракция (ПДФ), лёгкие газойли каталитического крекинга (ЛГКК) и замедленного коксования (ЛГЗК). Отобранные компоненты смешивались в различных соотношениях с целью поиска оптимального состава, обладающего по сравнению с другими лучшими эксплуатационными свойствами.

Полученные образцы судового маловязкого топлива исследовались на соответствие их физико-химических характеристик требованиям российских и международных стандартов по таким показателям, как: плотность при 20 °С (15 °С), кинематическая (условная) вязкость, фракционный состав, коксуемость, содержание механических примесей, содержание серы, цетановое число и температура застывания.

К заключительной части исследования допускались образцы, прошедшие по всем требованиям на судовое маловязкое топливо, кроме температуры застывания.

Низкотемпературные свойства полученных образцов судового маловязкого топлива улучшались путём введения в их состав небольшого количества депрессора. В качестве депрессорной присадки применялся сополимер этилена с винилацетатом (ВЭС) с массовой долей активного вещества (звеньев винилацетата) от 33 до 40 %. При добавлении присадки во всех образцах исследуемых топлив наблюдается экстремальный характер зависимости температуры застывания от массовой доли ВЭС с минимумом в интервале от 0,10 до 0,25 %. Температура застывания всех полученных образцов снижалась до минус 35 – минус 40 °С, при этом максимальная депрессия температуры застывания составляла 20 – 22 °С. Снижение эффективности действия депрессора после достижения экстремума можно объяснить образованием ассоциатов (агломератов) из молекул самой присадки, при достижении критической концентрации её в топливе.

Полученные образцы судового маловязкого топлива, низкотемпературные свойства которого были улучшены депрессорной присадкой ВЭС, отвечают по всем показателям качества требованиям, выдвигаемым к данному виду топлива и могут применяться на судах морского и речного флотов с высокооборотными и среднеоборотными дизелями.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Кондрашева Н.К.

Список литературы

1. Ахметов, А.Ф. Основы нефтепереработки / А.Ф. Ахметов, Н.К. Кондрашева, Е.В. Герасимова ; под ред. А.М. Шаммазова. - СПб.: Недра, 2012. - 280 с.
2. Данилов, М.А. Разработка и применение присадок к топливам в 2006-2010 гг. / М.А. Данилов // Химия и химическая технология топлив и масел, 2011. - №6. – С. 41-50.
3. Капустин, В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками / В.М. Капустин. – М.: КолосС, 2008. – 232 с.
4. Кондрашев, Д.О. Эффективность действия депрессорных присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив / Д.О. Кондрашев, А.Г. Фоломеева, Н.К. Кондрашева // Тезисы докладов IV Конгресса нефтегазопромышленников России. - Уфа, 2003. - С. 120-121.
5. Кондрашева, Н.К. Влияние депрессорных присадок на основе сополимеров этилена с винилацетатом на низкотемпературные свойства компонентов легких и тяжелых марок судовых топлив / Н.К. Кондрашева // Нефтехимия, 2013. - №5, т.53. - С. 384-392.
6. Митусова, Т.Н. Современные дизельные топлива и присадки к ним / Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина. - М.: Техника, 2002. - 64 с.
7. Тертерян, Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам / Р.А. Тертерян. - М.: Химия, 1990. - 140 с.

А.В. САБЛИН

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТРУЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ НЕФТИ

Сегодня разведано и разрабатывается множество нефтяных месторождений. Среди них преобладают тяжелые и битуминозные нефти, их запасы оцениваются в количестве 750 млрд. тонн. Запасы Российской Федерации насчитывают по разным оценкам от 30 до 75 млрд. тонн. Вовлечение в переработку тяжелой нефти с высокими концентрациями металлов обусловлено постепенным истощением запасов более качественных ресурсов.

В первую очередь тяжелая нефть может быть сырьем для получения ценных металлов. Одними из первых в нефти обнаружили ванадий и никель, так как их содержание гораздо выше в сравнении с другими металлами. Концентрации в отдельных месторождениях нефти настолько значительны, что сопоставимыми с содержаниями в рудах, извлечение из которых абсолютно рентабельно.

К сожалению, в РФ добыча V, Ni и других металлов из нефти не производится, однако их извлечение могло бы повысить прибыль нефтедобывающих компаний. На данный момент V, Ni и другие ценные элементы теряются при сжигании нефтепродуктов, что губительно сказывается на состоянии окружающей среды.

В России нет эффективных технологий и предприятий по извлечению металлов и их соединений из нефтей.

Добыча нефти в России составляет более 500 млн. тонн в год, при среднем содержании металлов в нефти 100 грамм на тонну, производство составит 50000 тонн в год, что положительно скажется на экономике. Собственной сырьевой базы по некоторым ценным и редким металлам в России нет, и их приходится импортировать. Эффективная переработка тяжелых нефтей могла бы решить эту проблему.

Данный доклад посвящен минимизации вредного влияния металлов и примесей, находящихся в нефти, решению задачи по их концентрированию и направлению в хозяйственный оборот.

Металлы являются каталитическими ядами, для различных процессов нефтепереработки, одновременно они повышают общую зольность нефти и нефтепродуктов. Кроме этого, они способны образовывать химические связи с углеводородами нефти, и не могут быть эффективно выделены на ЭЛОУ (электрообесщивающих установках).

Все выше перечисленное делает поиск инновационных схем подготовки и переработки нефти с извлечением попутно-добываемых металлов актуальной научной проблемой современной нефтегазовой отрасли.

Элементный анализ и изучение физико-химических свойств токсичных компонентов необходимы для исследования возможности извлечения металлов из нефтей и прогнозирования экологического воздействия. По литературным данным существует более 4400 описаний образцов тяжелой нефти из более 20000 описаний проб нефтей мировой базы данных.

Патентное исследование показало, что ряд научных коллективов России работает в направлении изучения окисления серы в нефти, однако скорости окисления серы неудовлетворительны. Положительные испытания выполнены учеными Томского политехнического университета по деметаллизации и обессериванию сырой нефти электрохимическим способом с использованием асимметричного тока. Существуют данные о проведенных лабораторных испытаниях по извлечению ванадия на НПЗ в Ульяновской области.

В 1983 году в Горном университете (Шалыгин Л.М. и Теляков Н.М.) совместно с Всероссийским нефтяным научно-исследовательским геологоразведочным институтом - ВНИГРИ (Грибков В.В.) впервые выполнили расчеты кондиционных значений ванадия в нефтях.

Принципы избирательного извлечения цветных и благородных металлов в виде металлокомплексов с использованием нафтенов и струйных технологий в реакторах с регулируемым давлением на ранних стадиях переработки нефти имеют научную новизну и носят инновационный характер, как с научной, так и с технической точки зрения.

Возрастание дефицита нефтяного сырья делает насущной проблему содержания хлора в нефти. В условиях первичной переработки хлорорганические соединения не остаются термически стабильными, в каталитических процессах из-за высоких температур они активно разлагаются. Хлор, вступая в соединения с водородом, образует соляную кислоту, что существенно увеличивает скорость коррозии оборудования.

На установках каталитического риформинга одного из крупных отечественных нефтеперерабатывающих предприятий обнаружили сильную хлоридную коррозию аппаратуры, были проведены исследования. Анализ образцов элементов оборудования показал, что основной причиной прогара является наличие хлор-иона, который накапливается на внутренней поверхности труб и служит причиной вывода железа и кремния в сторону нефтяного потока. Установлен состав металлического сплава, являющегося причиной развития очагов неконтролируемых высоких температур и способствующего ускоренной коррозии внутренней поверхности труб трубчатых нефтяных печей.

Исследование отработанных и разрушенных платино-палладиевых катализаторов установки каталитического риформинга микроскопом «Tescan» показало, — наружная поверхность катализаторов блокирована пленкой металлического сплава, основу которой составляет алюминий и титан.

Предлагаемая технология извлечения полезных компонентов впервые может обеспечить получение широкой номенклатуры металлов из тяжелых нефтей различных российских месторождений с возможностью последующего обогащения концентрата. Положительный эффект концентрирования отдельных металлов и их соединений достигается за счет реализации ранее полученных способов извлечения полезных компонентов из бедных руд и вязких металлосодержащих концентратов при эффективной адаптации металлургических технологий по отношению к нефтепереработке. Интеграция предлагаемой технологии в существующее производство не требует больших капитальных затрат и развития дополнительной инфраструктуры при минимальных сроках окупаемости.

Научный руководитель: доцент, кандидат технических наук Теляков А.Н.

Соруководитель: ассистент, кандидат технических наук Дарьин А.А.

Список литературы

1. Нефтегазовая геология. Теория и практика [Электронный ресурс], - http://ngtp.ru/rub/2008/23_2008.html - статья в интернете.
2. К.Я. Иванец, А.Н. Лейбо. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация. – М.: Химия, 1966. - 344с.
3. Требин Г.Ф., Чарыгин Н.В., Обухова Т.М. Нефти месторождений Советского Союза. – М.: Недра.– 1980.
4. Гольдберг И.С., Каплан З.Г., Пономарев В.С. Закономерности накопления ванадия в нефтях и природных битумах // Советская геология. – 1986.– № 6.– С. 100–111.

А.А. ШАЙДУЛИНА, В.А. РУДКО

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОВЯЗКИХ СУДОВЫХ ТОПЛИВ И УЛУЧШЕНИЕ ИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ

В мировой практике в последние десятилетия актуальной является решение проблемы углубления переработки нефтяного сырья и рационального ресурсосбережения [1, 2]. В связи с этим мазут, получаемый на установках первичной перегонки нефти на российских НПЗ и использовавшийся ранее в качестве компонента судового топлива для мало- и среднеоборотных дизелей, утерял свое первоначальное значение, т.к. получил перспективу дальнейшей переработки с получением светлых фракций [3]. В современном мире стали использовать технологию получения судового высоковязкого топлива на основе дистиллятных фракций вторичных процессов и остаточных продуктов глубокой переработки нефти. Однако вовлечение в состав топлив высококипящих нефтепродуктов приводит к ухудшению их низкотемпературных свойств [3, 4].

В данной работе приведены результаты исследования по снижению температуры застывания путем подбора оптимального компонентного состава судовых высоковязких топлив и применения сополимерной депрессорной присадки, представляющей собой раствор сополимера этилена с винилацетатом (ВЭС) в легком газойле каталитического крекинга (ЛГКК). Объектами исследования были выбраны тяжелые нефтяные остатки и средние дистиллятные фракции вторичных процессов переработки нефти, а именно: гудрон и легкий газойль каталитического крекинга Омского НПЗ.

Как показали результаты исследования с увеличением массовой доли дистиллятного разбавителя в смеси с гудроном приемистость топлива к депрессорной присадке резко возрастает. Однако при этом происходит не только снижение уровня вязкости топлива, но и снижение исходной температуры застывания опытного образца за счет его разбавления газойлем с более низкой температурой застывания, уменьшение концентрации твердых (высокоплавких) парафиновых углеводородов в смеси и их частичное растворение в газойлевой фракции. Величина максимальной депрессии исходной температуры застывания опытных образцов топлива во всех случаях практически одинакова и находится в пределах от 32 до 34 °С

Наибольшего снижения температуры застывания топлива (от минус 20 °С до минус 30 °С) удается достигнуть с увеличением массовой доли ЛГКК в смеси от 30 до 55 %; причем наиболее эффективное снижение температуры застывания топлива происходит при массовой доле присадки в смеси от 0,05 до 0,1 %. Оптимальной же массовой долей депрессорной присадки ВЭС-408 в судовом высоковязком топливе на базе гудрона и ЛГКК следует считать диапазон от 0,10 до 0,25 %.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Кондрашева Н.К.

Список литературы

1. *Кондрашев, Д.О.* Эффективность действия депрессорных присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив / *Д.О. Кондрашев, А.Г. Фоломеева, Н.К. Кондрашева* // Тезисы докладов IV Конгресса нефтепромышленников России. – Уфа, 2003. – с. 120-121.
2. *Кондрашева, Н.К.* Влияние депрессорных присадок на основе сополимеров этилена с винилацетатом на низкотемпературные свойства компонентов легких и тяжелых марок судовых топлив / *Н.К. Кондрашева* // Нефтехимия, 2013. - №5, т.53. - С. 384-392.
3. *Митусова, Т.Н.* Современные дизельные топлива и присадки к ним / *Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина.* - М.: Техника, 2002. - 64 с.
4. *Тертерян, Р.А.* Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам / *Р.А. Тертерян.* - М.: Химия, 1990. - 140 с.

3. Теоретические основы химических технологий

А.А. ГАФИУЛЛИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО СТЕКЛА C52-1 И КИНЕТИКА ПОГЛОЩЕНИЯ ИМИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Настоящая работа отражает первые результаты нового направления в комплексном исследовании физико-химических закономерностей получения стеклообразных нефтесорбентов неорганической и органической природы и протекания процессов поглощения ими нефти и нефтепродуктов, выполняемом на кафедре общей и физической химии Национального минерально-сырьевого университета «Горный» под руководством проф. В.Е. Когана.

В проведенных ранее исследованиях, нашедших отражение в работах [1, 2], в качестве нефтесорбентов были опробованы промышленные пеностекла и пенополиуретаны и впервые был установлен специфический характер нефтепоглощения (наличие максимума в начальный период времени) для сорбентов, имеющих стеклообразную поверхность, который нашел подтверждение в работе [3], в которой было исследовано нефтепоглощение сорбентами из пеностекол в системе $K_2O - (Mg, Ca)O - P_2O_5$, полученными авторами.

Важно отметить, что все исследованные в работах [1 – 3] составы стекол являются однофазными, что ограничивает возможность регулирования структуры получаемых на их основе нефтесорбентов, а следовательно, и их физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик только варьированием рецептурно-технологических параметров получения пеностекол. В то же время известно, что превосходными адсорбционными свойствами, обусловленными большим объемом пор с разветвленной поверхностью, характеризуются пористые стекла.

Пористое стекло представляет собой стеклообразный пористый материал, который получают в результате сквозного химического травления (выщелачивания) двухфазного стекла с взаимопроницающими фазами, состав и структура которых обусловлены процессами жидкостного фазового разделения (ликвации) в оксидных стеклообразующих системах. Традиционно для получения пористых стекол используются щелочноборосиликатные стекла, среди которых наиболее изученными являются натриевоборосиликатные стекла.

Целью настоящего исследования было установление возможности получения пеностекол на основе щелочноалюмоборосиликатных стекол с низким суммарным содержанием оксидов щелочных металлов (натрия и калия).

В качестве объекта исследования выбрано электровакуумное стекло C52-1 (гранулят производства ООО «Светлана. Маловишерский стекольный завод»), имеющее следующий состав (мол. %) по данным химического анализа: $Na_2O - 4,14$; $K_2O - 2,99$; $Al_2O_3 - 1,97$; $B_2O_3 - 17,9$; $SiO_2 - 73,00$. Данные по наличию ликвации в стекле этого состава в литературе отсутствуют. Однако если в первом приближении провести оценку на основании изотерм метастабильной ликвации в системе $Na_2O - B_2O_3 - SiO_2$, приводящихся в работе [4], заменяя в ней Na_2O на $Me_2O = Na_2O + K_2O$, а B_2O_3 на $R_2O_3 = B_2O_3 + Al_2O_3$, то состав стекла C52-1 будет находиться на изотерме при температуре $750\text{ }^\circ\text{C}$.

Структурно-химический состав стекла C52-1 в молярных долях, рассчитанный по методике Р.Л. Мюллера [5, 6], имеет следующий вид:

$$0,035 Me^+[AlO_{4/2}]^- \cdot 0,091 Me^+[BO_{4/2}]^- \cdot 0,224 BO_{3/2} \cdot 0,650 SiO_{4/2},$$

$$\text{где } Me^+ = Na^+, K^+.$$

Обосновывая химическую природу неоднородности стекол, Р.Л. Мюллер показал [5, 6], что во время синтеза в соответствии с законами термодинамики происходит преимущественное взаимодействие различных составляющих стекло компонентов. В рассматриваемом случае оксиды щелочных металлов в первую очередь связываются с Al_2O_3 , а не с B_2O_3 . Образующиеся структурные единицы (с.е.) $Me^+[AlO_{4/2}]^-$ входят в общую кремнеалюмоокислородную сетку богатой кремнеземом фазы. При этом боратные с.е. не блокированы в кремнекислородном каркасе, как в случае малощелочных натриевоборосиликатных стекол, а, наиболее вероятно, образуют доступную для кислоты щелочноборатную фазу. Наличие в составе стекла Al_2O_3 приводит к повышению гомогенизации структуры стекла, уменьшая склонность к разделению на фазы, на что указывает, в частности, отсутствие опалесценции в исходном стекле.

Проведение политермической обработки исходных стекол по режиму, тождественному режиму вспенивания, способствует завершению процесса фазового разделения с образованием химически нестойкой щелочноборатной фазы, что подтверждают электронно-микроскопические исследования.

Все рассмотренное выше говорит в пользу того, что достижение позитивного результата по вспениванию стекла С52-1 открывает возможности дальнейшей модификации пористой структуры сорбентов (ее наноструктурирования) по методике получения пористых стекол.

При отработке рецептурно-технологических параметров получения пеностекла в качестве функций отклика были выбраны практическая непотопляемость образцов и отсутствие на поверхности стекла локализованного остаточного углерода. Наличие последнего практически исключало бы возможность дальнейших исследований по выщелачиванию щелочноборатных фрагментов структуры.

В качестве основного вспенивателя использовали мел и диатомит фракций ≤ 100 мкм, которые смешивались со стеклом той же фракции. Гомогенизованную шихту смачивали водой и из нее получали заготовки в форме параллелепипедов. Однако получить пеностекла с требуемыми показателями таким путем не удалось. Позитивные результаты – практически непотопляемые молочные пеностекла, что говорит о наличии фазового разделения, были получены лишь при дополнительном использовании разработанных нами рецептур на основе органических веществ растительного происхождения в специально подобранном растворителе, в которых суммарное содержание углерода не менее 1 моль на 100 г стекла.

Для полученных сорбентов характер кинетических кривых нефтепоглощения коррелирует с таковым для сорбентов со стеклообразной поверхностью (имеется максимум при нахождении сорбента в нефти 7,5 мин и в дизельном топливе – 5 мин). Высота максимума и абсолютные значения поглощения меньше в случае дизельного топлива, что обусловлено его более низкими плотностью и кинематической вязкостью ($837,8 \text{ кг/м}^3$ и $4,1 \text{ сСт}$), чем у нефти ($863,3 \text{ кг/м}^3$ и $25,0 \text{ сСт}$) при 20°C .

Полученные сорбенты характеризуются закрытоячеистой структурой, и процесс поглощения ими обусловлен наличием открытых пор на поверхности образцов, на что указывает электронно-микроскопическое исследование, и капиллярными силами, действующими, в частности, в пространстве порности между образцами сорбента.

Научный руководитель: профессор, доктор химических наук, профессор Коган В.Е.

Соруководитель: доцент, кандидат химических наук Згонник П.В.

Список литературы

1. Коган В.Е. Нефлесорбенты из пеностекла и кинетика нефтепоглощения / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Д.О. Ковина // Теория и практика современной науки. Т. II / Научно инф. издат. центр: «Институт стратегических исследований». – М.: Изд-во Спецкнига, 2013. – С. 36 – 41.

2. Коган В.Е. Использование пеностекла и полимерных материалов в качестве эффективных нефлесорбентов / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Д.О. Ковина, В.А. Черняев // Стекло и керамика. – 2013. – № 12. — С. 3 – 7.

Kogan V.E. Glass and polymer materials: effective oil sorbents // V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, D.O. Kovina, V.A. Chernyaev / Glass and Ceramics. – 2014. – V. 70, N 11 – 12. – P. 425 – 428.

3. Коган В.Е. Физико-химические аспекты получения нефлесорбентов из фосфатных пеностекол и кинетика нефтепоглощения / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Т.С. Шахпаронова, Д.О.Ковина / Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – №04 (63). Ч. I. – С. 33 – 36.

4. Явления ликвации в стеклах / Под ред. М.М. Шульца. – Л.: Наука, 1974. – 219 с.

5. Мюллер Р.Л. Химия твердого тела и стеклообразное состояние // Химия твердого тела. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. – С. 9 – 63.

6. Мюллер Р.Л. Электропроводность стеклообразных веществ: Сб. трудов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1968. – 251 с.

Р.Е. ЛУКОНИН, О.Л. ЛОБАЧЕВА, И.В. БЕРЛИНСКИЙ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИОННАЯ ФЛОТАЦИЯ ЛАНТАНА (3+) ИЗ НИТРАТНО-ХЛОРИДНЫХ СРЕД

Редкоземельные элементы (РЗЭ) играют немаловажную роль в металлургической, стекольной, керамической и многих других отраслях промышленности. Из индивидуальных РЗЭ наиболее широко используются цериевые лантаноиды (лантан, церий, неодим) и часть иттриевых (гольмий, иттербий, эрбий). Оксид лантана является важным компонентом оптических стекол, кроме того, он используется при изготовлении лабораторной посуды, придавая ей большую термостойкость и кислотоупорность.

В России основным источником редкометального сырья являются лопаритовые руды Ловозерского месторождения [1, 2]. Следовательно, необходимо создание технологии по получению широкого ассортимента индивидуальных редкоземельных элементов. Перспективной считается технология ионной флотации, позволяющая производить концентрат с массовой долей оксидов РЗЭ от 60 до 70 %.

В работе [3] отмечено, что при экстракции лантаноидов нефтенной кислотой добавление хлорид-ионов в систему до концентрации $0,1-0,15 \text{ М}$ снижает коэффициент распределения из-за образования хлорокомплексов РЗЭ, которые не экстрагируются. Ввиду различной прочности хлорокомплексов это понижение

различно для разных лантаноидов. Поэтому представляет интерес изучение влияния хлорид-ионов на процесс ионной флотации РЗЭ.

Процесс ионной флотации проводили в лабораторной флотационной машине марки 137 ВФЛ с объемом ячейки 1 дм³ в течение 5 минут [4]. В качестве модельных использовали 0,001 М растворы нитрата лантана марки «х.ч.». В качестве поверхностно-активного вещества использовали сухой додецилсульфат натрия, концентрация которого соответствовала стехиометрии реакции:



т.е. равнялась 0,003 М (DS⁻ - додецилсульфат-ион). В исходный раствор добавляли хлорид натрия в количестве, соответствующем концентрации 0,01 М и 0,05 М. При концентрации NaCl 0,1 М флотация лантана практически полностью подавляется. Полученные пенный и камерный продукты разделяли и анализировали. Концентрацию РЗЭ определяли фотометрическим методом с арсеназо III [5], концентрацию Cl⁻ – методом меркуриметрического титрования [6], концентрацию DS⁻ – методом потенциометрического титрования 0,002 М раствором хлорида цетилтриметиламмония с ионоселективным электродом [7]. Величину pH растворов варьировали от 5,0 до 9,7. Коэффициенты распределения катионов металлов между пенным и камерным продуктами рассчитывали по отношению [Me³⁺] (La³⁺) в пенном продукте к концентрации [Me³⁺] в камерном остатке соответственно [8].

Результаты представлены в табл. 1. Из полученных данных видно, что при небольшой концентрации хлорид-ионов у лантана значение pH извлечения иона РЗЭ смещается в область больших значений. Коэффициент распределения в отсутствие добавок хлорида равен 125,5 при pH = 7,9, при концентрации NaCl = 0,01 М его значение возрастает до 513,3 при pH = 8,6. Флотация значительно подавляется при значении концентрации хлоридов 0,05 М.

Для того, чтобы понять причины подавления флотации при увеличении концентрации хлоридов и смещения pH извлечения в область более высоких значений важно знать форму флотируемых комплексов [9]. Сопоставив значения pH комплексообразования, т. е. pH, при которых начинается образование комплекса MeOH²⁺, и pH гидратообразования [10] со значением pH максимального извлечения, выяснили: при флотации La³⁺ в пену извлекаются: Me(DS)₃, Me(DS)₂, Me(OH)₃.

Таблица 1

Коэффициенты распределения лантана (3+) в процессе ионной флотации в водных растворах					
C _{NaCl} = 0,00 М		C _{NaCl} = 0,01 М		C _{NaCl} = 0,05 М	
pH	K _{расп.}	pH	K _{расп.}	pH	K _{расп.}
5,3	4,6	5,1	4,7	6,0	5,0
6,2	11,4	6,3	7,8	6,7	8,3
6,6	24,1	6,8	12,4	7,4	11,4
7,0	37,4	7,1	17,1	7,8	12,2
7,4	54,2	7,9	55,2	8,2	13,6
7,9	125,5	8,6	513,3	8,7	20,5
8,5	87,2	9,1	164,0	9,2	9,8
9,2	69,9	9,6	119,4	9,7	1,3

Из полученных данных можно сделать следующие заключения. При небольшой концентрации Cl⁻ ионов у La³⁺ значение pH извлечения иона смещается в область больших значений. Коэффициент распределения в отсутствие добавок Cl⁻ равен 125,5 при pH=7,9, при концентрации NaCl = 0,01 М его значение возрастает до 513,3 при pH = 8,6. Флотация значительно подавляется при концентрации хлоридов 0,05 М.

Таким образом, в процессе ионной флотации La³⁺ с помощью DS⁻-аниона при добавлении Cl⁻-ионов наблюдается тенденция к снижению коэффициентов распределения и к смещению максимального извлечения в область более высоких значений pH.

Статья подготовлена в рамках государственного задания Минобрнауки России по проекту № 982 «Развитие термодинамической и кинетической теории межфазного ионного обмена применительно к природным и промышленным объектам» от 11.06.2014г.

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук, доцент Лобачева О.Л.

Соруководитель: доцент, кандидат химических наук Берлинский И.В.

Список литературы

1. Наумов А.В., Обзор мирового рынка редкоземельных металлов // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2008. - № 1. - С. 22-31.
2. Самонов А.Е., Перспективы развития производства и потребления редкоземельной продукции в России. / Материалы Всероссийской научной конференции. М.: ГГМ РАН. - 2008. - С. 134-138.
3. Чиркст Д.Э., Литвинова Т.Е., Старшинова В.С., Луцкий Д.С. Экстракция церия (III) и иттрия (III) нафтеновой кислотой из хлоридных сред. // Записки Горного института. -2006. - Т. 169. - С. 204-208.
4. Чиркст Д.Э., Лобачева О.Л., Берлинский И.В. Извлечение и разделение ионов Ce⁺³ и Y⁺³ методом ионной флотации// ЖПХ- 2009. - Т.82.- № 8. - С.1273-1276.
5. Савин С.Б. / Арсеназо III. М.: Атомиздат.- 1966.- 265 с.

6. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Количественный анализ. М.: Химия. - 1976. - 480 с.
7. Тимофеев С.В., Матерова В.А., Архангельский Л.К. // Вестник ЛГУ. Серия физика, химия. -1978. -№ 16.- Вып. 3.- С. 139-141.
8. Основы аналитической химии в 2-х книгах. / Под ред. акад. Ю.А. Золотова. Книга 1. Общие вопросы. Методы разделения. М.: Высшая школа. - 2004.- 360 с.
9. Чиркст Д.Э., Лобачева О.Л., Берлинский И.В., Джевага Н.В. Влияние хлоридов на ионную флотацию церия и самария // ЖПХ. - 2011. - Т. 84. - №. 2. - С. 345-348.
10. Чиркст Д.Э., Лобачева О.Л., Берлинский И.В. Энергии Гиббса образования гидроксидов лантаноидов и иттрия// ЖФХ. - 2010. - Т. 84. - № 12. - С. 2241-2244.

И.В. СЕРГЕЕВ, М.А. СУЛИМОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ (НП) И ФЕНОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ (ЖМК)

Концентрация нефтепродуктов и фенолов значительна в стоках обогатительных фабрик, золотодобывающих, коксохимических, нефтехимических производств и гальванических предприятий. В последнее время становятся все более актуальными сорбционные методы очистки природными материалами окислительной функцией, например пиролюзитсодержащими сорбентами [1, 2].

Параметры образца ЖМК полученные в ходе томографического анализа представлены в таблице 1

Таблица 1

Данные анализа образца ЖМК, полученные в результате томографии.

Наименование параметра	Количество
Объем поверхности	2094 мм ³
Объем сростков породы	502 мм ³
Процентное соотношения объем сростков породы	24 %
Поверхность сростков породы	14012 мм ²
Соотношение поверхность/ объем сростков породы	27,9 мм ²
Усредненное значение показатель объема поверхности	172 мм ²
Усредненная общая площадь среза сечения	52 мм
Средняя площадь объекта в срезе	0,09 мм ²

Термический анализ образца ЖМК приведен на рисунке 1.

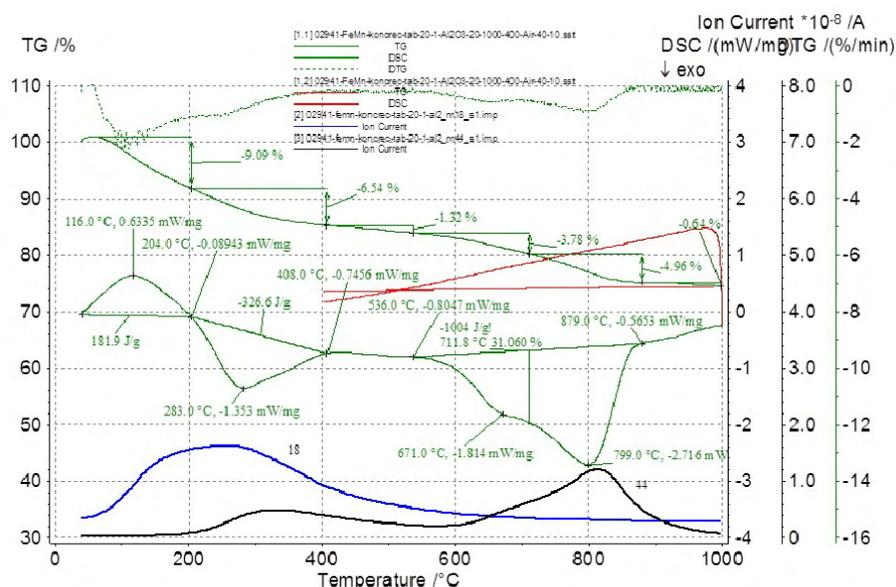


Рис. 1. Кривые TG, DTG, DSC и IC (ионного тока, за счет частиц с массой 18 и 44), полученные при нагревании образца железо-марганцевых конкреций от 40 до 1100°C со скоростью 20°C в минуту и при охлаждении до 400°C

Представлены кривые полученные при нагревании образца железомарганцевых конкреций от 40 до 1000 °С.

На кривой TG имеются две ступени потерь массы. Первая из них в интервале температур от 70 до 408 °С. На второй ступени разложения в интервале температур от 536 до 879 °С присутствуют два максимума (кривая DTG) при 671 и 799 °С. При нагревании конкреций до температуры 500 °С и выше происходит фазовый переход состава ЖМК, который приводит к тому, что конкреции становятся хрупкими.

Были взяты навески ЖМК массой 5 г и растворы с концентрацией 0,5 г/л для нефтепродуктов и 1 мг/л для фенолов в воде. В соответствии с данными термического анализа аналогичный эксперимент был проведен с навесками конкреций, которые прокаливали при двух температурах (200 и 400 °С) в течении 6 часов.

Параллельно было проведено два контрольных эксперимента. Для проверки сорбирующих свойств ЖМК. Были взяты не прокаленные навески ЖМК. Далее эти растворы были проанализированы. Результат анализа представлен в таблице 2.

Таблица 2

Экспериментальные данные, полученные в ходе анализа растворов нефтепродуктов и фенолов

№	система	Степень извлечения, %	С (НП) мг/л	С (Фенолы) мг/л	Степень извлечения, %
1	ЖМК+H ₂ O	-	0,507	-	-
2	ЖМК+NaOH	-	0,767	0,13	-
4	ЖМК ₂₀₀ + HOI _{aq}	68	1.56	0.173	96
5	ЖМК ₄₀₀ + HOI _{aq}	72	1.4	0.001	99
6	ЖМК ₄₀₀ +фенол	98	0.02	0.017	98

Без дополнительной обработки ЖМК невозможно использовать как сорбент от НП и фенолов. В ходе экспериментов было установлено, что после термической обработки ЖМК можно использовать для сорбции нефтепродуктов и фенолов, таким образом очищая сточные воды. Использование ЖМК в качестве природного сорбента для НП и фенолов целесообразно. ЖМК обладают уникальными свойствами, которые необходимы для природных сорбентов, и для дальнейшего их использования в целях очистки сточных вод. Они имеют высокоразвитую удельную поверхность. Наличие большого количества пор и неровностей в структуре ЖМК, которые могут выступать в роли активных центров.

Работа выполнена согласно государственному заданию Минобрнауки России по проекту № 982 «Развитие термодинамической и кинетической теории межфазного ионного обмена применительно к природным и промышленным объектам» 11.06.2014 г.

Научный руководитель: доцент, кандидат технических наук, доцент Литвинова Т.Е.
Соруководитель: инженер Сулимова М.А.

Список литературы

1. Аксенов В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1/ Под ред. В.И. Аксенова / Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И.,
2. Никулин В. А., Кляйн С. Э., Аксенов Е. В. — Москва: Теплотехник, 2005. — 640 с.
Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды», 2013 г.

Е.Ю. ТРОШИНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

СОСТАВ УЛЫБКИ МОНЫ ЛИЗЫ ИЛИ ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАСЛЯНОЙ ЖИВОПИСИ

Широкое применение в Европе масляная живопись получила в начале XV века. Именно этот век подарил нам великого ученого и живописца Леонардо да Винчи. Одно из его великих произведений – портрет Лизы Джоконды, выполненный масляными красками. Масляная живопись - одна из техник, использующая краски с растительным маслом в качестве основного связующего вещества. Масляные краски - ряд лакокрасочных материалов, представляющих из себя суспензии неорганических пигментов и наполнителей в олифах (чаще всего комбинированной или синтетической либо на основе алкидных смол), иногда с добавкой вспомогательных веществ. Масляные краски состоят из сухих пигментов и высыхающего масла. Например, может применяться масло семян льна, мака или масло грецких орехов. Лучшим маслом для красок считается масло холодной выжимки (способ прессования при температуре не выше 90 °С). Качественное льняное масло имеет золотистый цвет и не имеет запаха.

Льняное масло относится к быстровысыхающим маслам, так как легко полимеризуется в присутствии кислорода воздуха («высыхает»). Эта способность обусловлена высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот:

- 15 %—30 % - линолевая кислота - $C_{17}H_{31}COOH$;
 44 %—61 % - линоленовая кислота - $C_{18}H_{31}O_2$;
 13 %—29 % - олеиновая кислота - $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ (рис. 1).

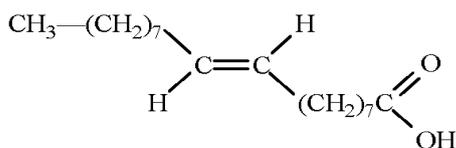


Рис. 1. Олеиновая кислота

Содержание насыщенных кислот колеблется от 9 % до 11 %.

Рафинированное льняное масло получают двумя способами: прессованием и фильтрацией; нерафинированное льняное масло получают одним способом – только прессованием. Для белой и холодной красок часто используется макое масло, так как оно почти бесцветно, но основанные на нём краски дольше сохнут и могут потрескаться. На свету и в присутствии воздуха масло «окисляется» и затвердевает, образуя прозрачную водостойчивую пленку, удерживающую пигменты.

Этот процесс не прекращается в течение 2-3 лет, но «подсохнуть» масло успевает за 4-12 дней. Полностью сухое масло очень хрупко и легко трескается при малейшем изгибе. Льняное масло желтеет без света. Поэтому картина, долго пролежавшая в шкафу, обязательно пожелтеет. Если выставить пожелтевшую картину на пару недель на солнце, она вернет свой изначальный цвет. Рафинированное льняное масло устойчивее к пожелтению, но более хрупко. Некоторые пигменты в красках боятся солнца, поэтому картину не следует держать на ярком свету слишком долго.

Чтобы разбавить краску или сполоснуть кисточку, используют скипидар или любой другой растворитель — достаточно чистый, чтобы полностью испариться. Скипидар - смесь разных терпенов с общей формулой $C_{10}H_{16}$. Органическое вещество. Токсичен и легко воспламеняется. Также он может вызывать дерматиты, именно скипидар был основной причиной контактных раздражающих и аллергических дерматитов у художников. Скипидар может вызвать химический ожог, его пары могут раздражать и повреждать кожу, глаза, при вдыхании повредить лёгкие и нервную систему.

Для придания масляным краскам блеска к ним подмешивают специальные лаки и смолы, например даммарную смолу, растворённую во французском терпентине с добавлением сгущенного на солнце льняного масла. Краски могут потрескаться от избытка лака, поэтому лаков и смол не рекомендуется добавлять более 10 % от объема краски.

Законченную полностью высохшую картину часто покрывают лаком, чтобы выровнять тон и защитить картину от разрушения. Один из наиболее популярных лаков - кетоновый (рис. 2). Он легко смывается спиртом в случае повреждения его поверхности.

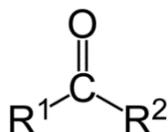


Рис. 2. Общая формула кетонов

Современные пигменты ярче, устойчивее и разнообразнее пигментов, использовавшихся старыми мастерами. Пигменты могут влиять на свойства полученных с их использованием красок —

например ускорять или замедлять отверждение, уменьшать коррозию, изменять срок службы покрытия и т.п. Пигменты делятся на ахроматические (черно-белой гаммы) и хроматические (цветные), и могут быть как органическими, так и неорганическими веществами. Органические пигменты в масляных красках практически не применяются, а используются преимущественно неорганические.

Таблица 1

Основные неорганические пигменты

Вид	Тип	Пигменты
Ахроматические	Белые	Цинковые, титановые, свинцовые белила
	Чёрные	Технический углерод (сажа), графитовая пудра
	Серые или металлические	Цинковая, бронзовая, латунная, алюминиевая пудра
Хроматические	Железооксидные (красно-желтые и коричневые)	Метагидроксид железа (желтый), оксид железа(III) (красный), коричневые смеси ($FeO + Fe_2O_3$)
	Свинцовые	Глёт (PbO), свинцовый сурик, хромовый желтый (желтый свинцовый крон, $PbCrO_4$)
	Прочие	Оксид хрома (Cr_2O_3), железная лазурь, ультрамарин. Кобальт фиолетовый светлый ($CoNH_4PO_4$) и темный ($Co_3(PO_4)_2$), свинцовая зелень, комбинированные и другие

Научный руководитель: профессор, художник, член Союза Художников России Петров В.Н.;

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Джевага Н.В.

Список литературы

1. Корсунский Л. Устойчивость современных художественных масляных красок. Художник. 1962.
2. Корсунский Л. Разбавители художественных масляных красок. Художник. 1963.
3. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона в 82 тт. и 4 доп. тт. — М.: Терра, 2001.
4. Школа изобразительного искусства. В 9 выпусках. Издательство академии художеств СССР. М.: Искусство. 1961.
5. Моррисон Р., Бойд Р.. Органическая химия. М.: Мир, 1974. – 1132 с.
6. Зайцев А.С. Наука о цвете и живопись. М.: Искусство, 1986. – 147 с.

4. Технология получения неорганических материалов

Д.И. БУДЕЛОВСКИЙ

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербург

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РОСТА НАНОДИСПЕРСНЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ДВУХ- И БОЛЕЕ КОМПОНЕНТНЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В БЫСТРООХЛАЖДЕННЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Al-Mg-Zr-X

Алюминиевые сплавы, имеющие хорошие прочностные свойства востребованы и успешно применяются при изготовлении деталей в тех областях техники, где требуется прочность и относительная легкость изделий [1]. Сплавы, полученные переохлаждением расплава, могут в отдельных случаях затвердевать без кристаллизации, в этом случае атомы остаются «замороженными» вблизи тех положений, которые они занимали в жидком состоянии. В структуре обнаруживается ближний порядок расстановки атомов, но полностью отсутствует дальний [1]. Изменяя скорость охлаждения расплавов можно управлять кристаллической структурой твердого состояния и получать одно и то же вещество в виде крупнокристаллических, мелкокристаллических или нанокристаллических агрегатов, а также в виде композитной аморфно-кристаллической структуры или в аморфном состоянии [2]. Дисперсные частицы размером менее 1 мкм тормозят пластическую деформацию и разрушение материала [3]. При сверхбыстром охлаждении алюминий-магниевого сплава образуются мелкие кристаллические выделения с размерами около 3-4 нм [4]. Сверхбыстроохлажденные алюминиевые сплавы должны обладать еще более высокими механическими характеристиками [5].

В рамках настоящей работы проведены исследования по созданию и изучению структуры нового наноконпозиционного материала на основе системы Al-Mg-Zr-X методом сверхбыстрого охлаждения. Для этой цели была создана лабораторная установка для гранулирования расплавов на металлической вращающийся диск (рис. 1). В зависимости от высоты падения капль геометрические размеры и, соответственно, скорость охлаждения, состав и однородность микроструктуры меняются в широких пределах [6, 7].

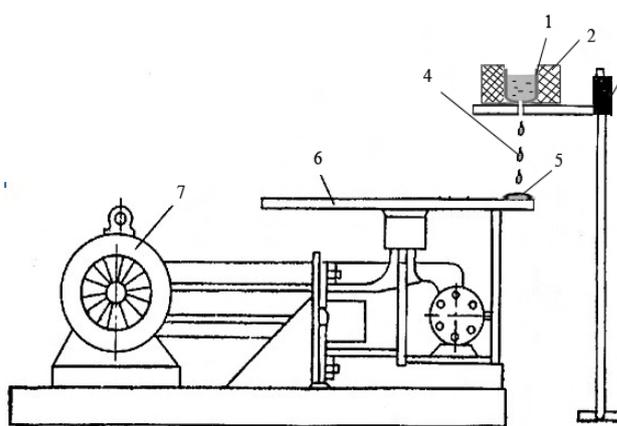


Рис. 1. Лабораторная установка для гранулирования расплава на металлической поверхности [1]

1-тигель с расплавом, 2 - теплоизолятор, 3 – штатив, 4 – капли расплава, 5 – закристаллизованные гранулы, 6 – медный диск, 7– электродвигатель

В сплавах Al-Mg-Zr в изученном интервале происходит заметное и контролируемое измельчение кристаллического зерна, приводящее к повышению порога рекристаллизации [8]. Полученные зависимости важны в изучении закономерностей формирования нанодисперсных упрочняющих включений в быстроохлажденных сплавах. Однако добавки циркония незначительно повышают механические свойства алюминий-магниевого сплава [8]. Для улучшения механических характеристик материала осуществили подбор четвертого легирующего элемента. Гранулированием на медный диск были получены опытные образцы пяти различных сплавов (таблица 1).

Таблица 1

№	Химический состав, температура расплава, ожидаемая эффективность легирования				Возможные интерметаллидные фазы [8]	Ожидаемое влияние введения X*	
	Состав, мас. %						
	Al	Mg	Zr	X			
1	92,8	5,0	1,2	1,0 Ti	Mg ₅ Al ₈ + ZrAl ₃ +	+ TiAl ₃	1, 2, 3
2	93,3	5,0	1,2	0,5 Hf		+HfAl ₃	1, 3
3	93,3	5,0	1,2	0,5 W		+WAl ₆ ,WAl ₄	1, 2, 3, 4
4	93,3	5,0	1,2	0,5 Nb		+NbAl ₃ NbZrAl ₃ ; NbZrAl ₆	1, 2, 3
5	91,3	5,0	1,2	2,5 Ga		+ метастабильные структуры Al-Ga	1

* 1 – повышение температуры рекристаллизации; 2 – измельчение кристаллического зерна; 3 – повышение механических свойств; 4 – повышение коррозионной стойкости.

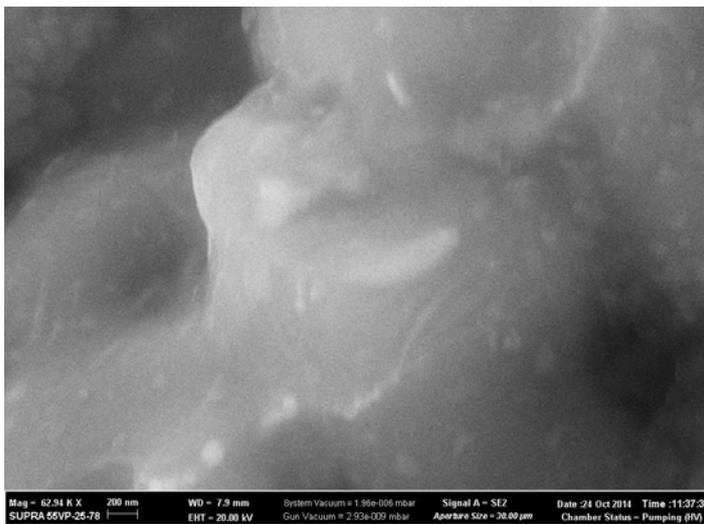


Рис. 2. РЭМ изображение микроструктуры быстрозакаленной гранулы (5,4x3,8 мкм)

Посредством РЭМ были изучены структуры полученных гранул материалов (рис. 2). В структуре всех образцов обнаружены равномерно распределенные интерметаллидные включения размером порядка нескольких нм. Опираясь на литературные данные, можно предположить, что данные дисперсные частицы могут являться упрочняющими для рассмотренных материалов.

Работа будет продолжена с целью определения качественного и количественного фазового состава дисперсных включений и изучения механических свойств образцов.

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук Липин В.А.;
Соруководитель: заведующий лабораторией порошков алюминия Петрович С.Ю.

Список литературы

1. Металлические порошки алюминия, магния, титана и кремния. Потребительские свойства и области применения / В. Г. Гоппенко [и др.]; под ред. чл.-кор. РАН, проф. А. И. Рудского. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 356 с.
2. Кинетика кристаллизации и отвердевания [Электронный ресурс]. URL: <http://nanoarea.ru/index.php/razlichnye-nauchnye-stati/177-kinetika-kristallizatsii-i-otverdevaniya> (дата обращения: 25.10.2014)
3. Казакевич Г. С. Металлические композиционные материалы : Учебное пособие / Г. С. Казакевич . – Л. : ЛПИ, 1989 . – 64с.
4. Полмеар Я. Легкие сплавы: от традиционных до нанокристаллов : пер. с англ. / Я. Полмеар . – М. : Техносфера, 2008 . – 463с.
5. Tensile and fatigue properties of two high-strength aluminum alloys prepared by rapid solidification technology / Jha S.C., Ray R. // Mater. Sci. and Eng. – 1988. – 98. – С. 475-478. – Англ. (Marko Materials, Incorporated, N. Billerica, MA, США)
6. Large scale manufacturing of rapidly solidified aluminum alloys / Das S.K., Bya R.L., Gilman P.S. // Mater. Sci. and Eng. A. — 1991. — 134. — С. 1103-1106. — Англ. (Allied-Signal Inc., США)
7. Добаткин В. И. Гранулируемые алюминиевые сплавы. / В. И. Добаткин, В. И. Елагин – М. : Металлургия, 1981. — 176 с.
8. Структура и свойства алюминиевых сплавов /Л. Ф. Мондольфо; под ред. Ф. И. Квасова, Г. Б. Строганова, И. Н. Фридляндера – М. : Металлургия, 1979. - 640 с.

С.В. КАРАКЧИЕВ

*Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого,
Санкт-Петербург*

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРЫ БЫСТРООХЛАЖДЕННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Zn-Mg-Cu ПРИ ЕЕ МОДИФИЦИРОВАНИИ ЦИРКОНИЕМ

Алюминиевые сплавы имеют широкое применение, в частности в авиации: в конструкции планера, шасси, колес, лопастей воздушных винтов, в отделке салонов, в приборах [1]. Современное самолетостроение предъявляет повышенные требования к прочности и пластичности используемых алюминиевых сплавов, в том числе сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu. Увеличить их прочность предполагается за счет дополнительного легирования цирконием [2].

Целью данной работы является исследование наноструктуры быстроохлажденных сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu при ее модифицировании цирконием. Были представлены смеси исходных компонентов из расчета получения сплавов с различным содержанием циркония представлен в табл. 1.

Расчетный состав алюминиевых сплавов

№	Al, мас. %	Zn, мас. %	Mg, мас. %	Cu, мас. %	Zr, мас. %
1	86,7	8,5	2,5	2,3	0
2	86,5				0,2
3	86,2				0,5
4	85,7				1
5	85,2				1,5

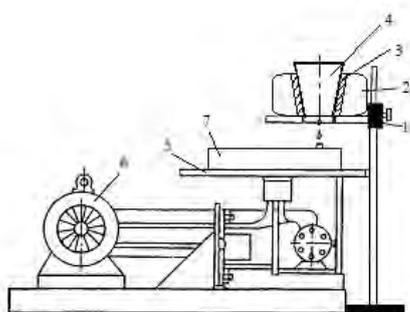


Рис. 1. Схема грануляционной установки свободного литья с охлаждением каплей расплава на диске: 1 – штатив-держатель; 2 – теплоизолятор; 3 – медная обечайка для тигля; 4 – тигель с отверстием; 5 – опорный приводной диск; 6 – двигатель; 7 – медный диск

Для получения быстроохлажденных сплавов использовали специально созданную грануляционную установку с охлаждением каплей расплава на медном диске (рис. 1). Электродвигатель (6) через шкивы и ремень приводит во вращение опорный диск (5) и находящийся на нем массивный медный диск (7). Поверхность медного диска предварительно была обезжирена и отполирована. Расплав подавали через дозирующий тигель (4) с отверстием на дне диаметром 2 мм. Тигель помещался в специальную медную обечайку (3), перед началом эксперимента разогретую до 950 °С для уменьшения теплопотерь расплава. Медная обечайка с тиглем имела теплоизолятор (2), выполненный из асбеста.

Полученные образцы сплавов имели диаметр 20-40 мм. В центре гранула была толщиной порядка 100 мкм, а по краям образца образовалось кольцо толщиной значительно больше, чем центральная область. Образцы сплавов были исследованы на изломе с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ). В каждом образце на расстоянии 1, 3, 5, 10, 15 мкм от основания был определен элементный состав. Распределение циркония в образце представлено в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что концентрация циркония имеет наиболее высокие значения у основания образца и уменьшается ближе к поверхности. Такая тенденция сохраняется до 15 мкм от основания образца, после чего доля циркония в образце увеличивается. Полученные данные свидетельствуют о неравновесных условиях кристаллизации расплава. В этом случае изменение толщины образца на единицы микрометров резко меняет скорость кристаллизации, что приводит к образованию ненасыщенных по цирконию твердых растворов. Можно предположить, что цирконий преимущественно концентрируется в той части образца, где скорость охлаждения минимальна.

Таблица 2

Распределение циркония в алюминиевых сплавах

№ образца	Содержание циркония, % мас.					
	В исходном сплаве	В зависимости от удаления от основания образца, мкм				
		1	3	5	10	15
1	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0	0,1	0,05	0,05	0,07
3	0,5	0,23	0,14	0,14	0,10	0,11
4	1,0	0,41	0,36	0,40	0,22	0,41
5	1,5	0,62	0,59	0,60	0,54	0,67

На снимке образца на изломе (рис. 2) хорошо просматриваются интерметаллидные частицы, средний размер которых составляет 200 нм. Именно эти частицы должны придавать дополнительную прочность сплаву.

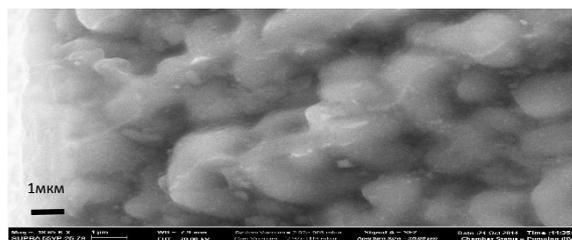
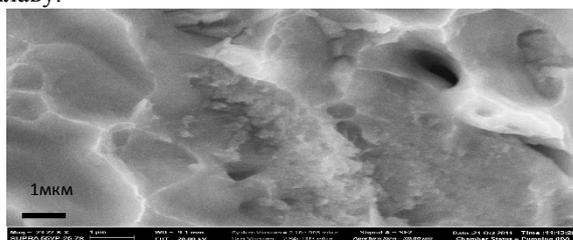


Рис. 2. Снимки образца № 3 на изломе, полученные с помощью РЭМ, на 10 мкм от основания на разных участках образца

Полученные интерметаллиды имеют в своем составе цирконий и концентрируются на границах зерен. Причем они образуются не во всем объеме, а распределяются неравномерно в зависимости от скорости охлаждения. Наличие циркония как в твердом растворе, так и в интерметаллидах увеличивает прочность

материала. Причем, чем больше циркония находится в твердом растворе, тем более прочным становится материал. Благодаря сверхбыстрому охлаждению можно увеличить растворимость циркония в расплаве по сравнению с обычным литьем в слитки.

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук Липин В.А.;
Соруководитель: заведующий лабораторией порошков алюминия Петрович С.Ю.

Список литературы

1. И.В. Горынин, В.П. Григорьев, В.И. Лайнер и др. Аллюминиевые сплавы. Применение аллюминиевых сплавов: справочное руководство. – М.: Издательство «Металлургия», 1973. — 407с.
2. А.Р. Луц. Аллюминий и его сплавы: Учебное пособие / Сост. А.Р.Луц, А.А. Суслина. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с.

А.М. КАРИМОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ФОТОХИМИЯ МОНОХЛОРОКОМПЛЕКСОВ МЕДИ (II) В МЕТАНОЛЕ И АЦЕТОНИТРИЛЕ МЕТОДОМ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ РАЗНОСТИ СПЕКТРОСКОПИИ ПОГЛОЩЕНИЯ

В данной работе были изучены фотохимические свойства монохлорокомплексов меди (II) в растворе метанола методом фемтосекундной разностной спектроскопии поглощения. Объект исследования раствор $[\text{Cu}(\text{MeOH})_5\text{Cl}]^+$. Исследуемый комплекс возбуждался в полосу переноса заряда с лиганда на металл (с хлора на медь).

Было показано, что в течении первых 200 фемтосекунд состояние с переносом заряда с лиганда на металл (ПЗЛМ) релаксирует безызлучательно в колебательно возбужденное основное электронное состояние, либо в возбужденное d-d состояние. Также небольшое количество комплекса диссоциирует с образованием иона меди (I) и атомарного хлора. Колебательная релаксация основного состояния составляет менее 10 пс.

Одним из методов фемтосекундной разностной спектроскопии поглощения является возбуждение – зондирование. Возбуждение – зондирование метод, в котором используется два световых импульса. Первый импульс (возбуждающий, называемый также импульсом накачки) запускает реакцию, а второй импульс (зондирующий) считывает информацию о произошедших изменениях, проходя через тот же образец. Зондирующий импульс и детектор позволяют получить «фотографию» движения, а возбуждающий импульс аналогичен сигналу к бегу для лошади в экспериментах Майбриджа. С помощью линии задержки изменяется оптический путь, который проходит зондирующий импульс, а, следовательно, и время прихода его в образец. Изменение расстояния на 1 мкм приводит к задержке по времени в 3,3 фс. Таким образом, можно регистрировать отклик молекулярной системы на возбуждение с шагом 3,3 фс, получая подробную «покадровую» информацию о протекании реакции. Нулевым моментом времени считается время, когда возбуждающий и зондирующий импульсы приходят в образец одновременно. В качестве отклика регистрируют фотоиндуцированное поглощение, флуоресценцию, поворот плоскости поляризации и т.д.

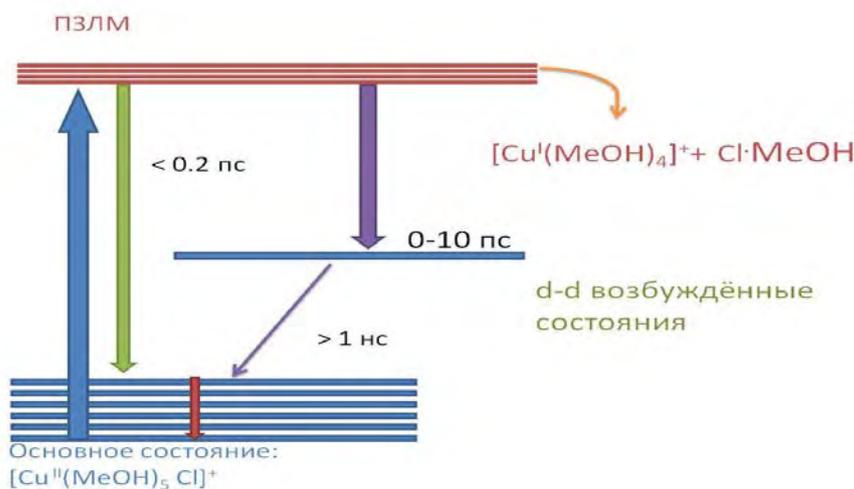


Рис. 1. Схематические фотохимические процессы в исследуемой системе

Зондирующими импульсами могут быть даже ультракороткие импульсы электронов и рентгеновского излучения.

После выполнения работы были получены следующие выводы:

- Изучена фотохимия монохлорокомплекса меди (II) методом фемтосекундной разностной спектроскопии поглощения.
- Показано: комплекс в ПЗЛМ возбужденном электронном состоянии диссоциирует на медь (I) и атом хлора, релаксирует в колебательно возбужденное основное электронное состояние и долгоживущее d-d возбужденное электронное состояние.
- Впервые обнаружено долгоживущее d-d возбужденное состояние одинаковой мультиплетности в основном электронном состоянии.

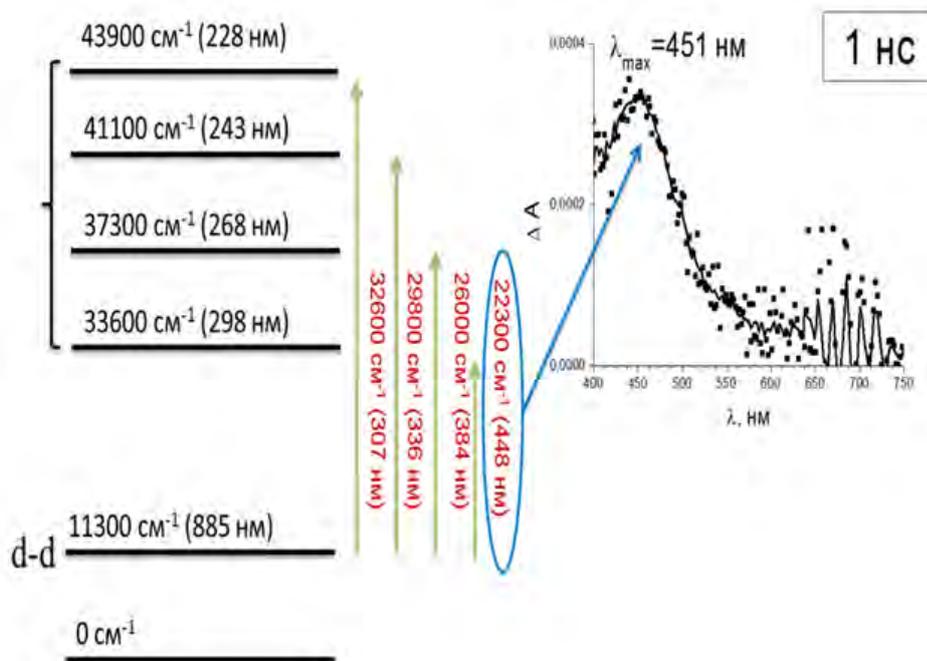


Рис. 2. Исследование и обработка полученных экспериментальных данных

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук Карапетян К.Г.
 Соруководитель: стажер-исследователь, Ph.D. Санкт-Петербургский государственный университет,
 Институт Химии Мерещенко А.С.

Список литературы

1. Турро Н. - Молекулярная фотохимия / Издательство: Мир
2. Mereshchenko A. Photochemistry of Copper (II) Chlorocomplexes in Acetonitrile: Trapping the Ligand-to-Metal Charge Transfer Excited State Relaxations Pathways. Chemical Physics Letters 2014. -14-1032R1

П.К. ОЛЬШИН

Санкт-Петербургский государственный университет

В.А. МАРКОВ, И.А. СОКОЛОВ

ООО "АтомТяжМаш", Санкт-Петербург

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

А.А. МАНЬШИНА

Санкт-Петербургский государственный университет

М.В. Курушкин

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ НИОБОФОСФАТНЫХ СТЕКЛ ДЛЯ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЗАПИСИ

Создание функциональных оптических материалов посредством индуцированного лазерным излучением локального изменения свойств (коэффициенты преломления и поглощения, в ряде случаев происходит изменение положения края оптического поглощения) является актуальной научно-технической задачей. Такие структуры представляют повышенный интерес в микрооптике и оптоэлектронике для создания таких

элементов, как объемные фазовые микролинзы, волоконные усилители, объемные и брэгговские решетки, фотонные кристаллы и т.д.

В последнее время для создания таких структур все чаще используется фемтосекундный лазер, с помощью которого возможно создание 3-х мерных оптических фазовых объектов в объеме материала путем сканирования фокусом излучения перемещающегося образца [1-3]. Изменения химического состава можно достичь за счет лазерно-индуцированной термической диффузии ионов (или атомов) металлов I группы Периодической системы, обладающих максимальной подвижностью в стеклах различных систем.

В настоящей работе в качестве объектов исследования, использованных для создания оптических элементов, с градиентом показателя преломления использованы щелочные ниобофосфатные стекла. Эти стекла обладают достаточной химической устойчивостью, синтез проводится при относительно низких температурах (от 1100 до 1300 °С), при которых время для осветления состава не превышает 3 часов. Оксид ниобия введен в фосфатную матрицу с целью увеличения показателя преломления и повышения химической устойчивости; для обеспечения нужных миграционных свойств введено достаточно большое количество (до 25 мол. %) ионов щелочных металлов (Li^+ , Na^+ и K^+).

В ходе настоящей работы были синтезированы простые фосфатные стекла (составов $0,5 (\text{Li}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}) - 0,5 \text{P}_2\text{O}_5$, $0,5 (\text{Li}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}) - 0,5 \text{P}_2\text{O}_5$), а также ниобийсодержащие стекла составов $0,5 (\text{Li}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}) - 0,4 \text{P}_2\text{O}_5 - 0,1 \text{Nb}_2\text{O}_5$ и $0,5 (\text{Li}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}) - 0,4 \text{P}_2\text{O}_5 - 0,1 \text{Nb}_2\text{O}_5$.

Синтез проводился с использованием карбонатов соответствующих щелочных металлов (квалификации «ЧДА»), оксида ниобия (V) («ОСЧ») и либо кислых фосфатов аммония ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ или $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, «ХЧ»), либо ортофосфорной кислоты H_3PO_4 (87,1 %, плотность $d = 1,713 \text{ г/см}^3$, «ОСЧ»). Компоненты шихты (из расчета 50-80 г готового стекла) взвешивались на электронных весах марки ВЛ-120 (точность $\pm 0,1 \text{ г}$). Твердые вещества перемалывались в агатовой ступке (применение в данном случае шаровой мельницы малоэффективно, т.к. компоненты шихты достаточно быстро образуют сплошную твердую корку на стенках барабана и дальнейшее их измельчение и перемешивание фактически прекращается.)

В случае использования H_3PO_4 компоненты смешивались малыми порциями, затем, после окончания интенсивного газовойделения шихта упаривалась в выпарительных чашках при температуре 90 – 110 °С до твердого состояния, затем перекладывалась в кварцевый (в некоторых случаях алундовый) тигель.

Температурный режим синтеза:

- 500 °С 2 часа для удаления аммиака (при синтезе из солей аммония), CO_2 , H_2O ;
- 800 °С 2 часа для удаления оставшихся газов;
- 1100 °С до полного осветления расплава (1,5 - 2 часа).

Режим закалки стекол:

- закалка от температуры расплава ($\approx 1100 \text{ °С}$) на металлическую пластину, нагретую до 280-300 °С в зависимости от состава;
- отжиг в муфельной печи при температуре 300 - 350 °С 2 часа;
- охлаждение в выключенной печи.

При таком режиме синтеза получались бесцветные фосфатные стекла и желтовато-коричневые ниобофосфатные стекла, содержащие литий.

В результате лазерной обработки были получены высококонтрастные структуры. Микрофотография образца изображена на рис. 1.

Таким образом показано, что ниобофосфатные стекла с высоким содержанием щелочных металлов пригодны для создания трехмерных фазовых оптических структур.

Работа проведена на средства государственной субсидии № 14.576.21.0003.

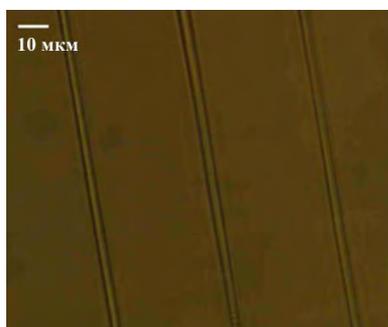


Рис. 1. Изображение периодических фазовых структур, полученных в стекле состава $0,5 \text{Li}_2\text{O} - 0,4 \text{P}_2\text{O}_5 - 0,1 \text{Nb}_2\text{O}_5$

Список литературы

1. L. Tong, R. R. Gattas, I. Maxwell, J. B. Ashcom, E. Mazur. Optical loss measurements in femtosecond laser written waveguides in glass // Opt. Comm. 2006. V. 259. P. 626-630.
2. Ya Cheng, K. Sugioka, K. Midorikawa. Microfabrication of 3D hollow structures embedded in glass by femtosecond laser for Lab-on-a-chip applications // Appl. Surf. Sci. 2005. V. 248. P. 172-176.
3. H. Hosono, K. Kawamura, S. Matsuishi, M. Hirano. Holographic writing of micro-gratings and nanostructures on amorphous SiO_2 by near infrared femtosecond pulses // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. 2002. V. 191. P.89-97.

М.В. ТРОЦКИЙ

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ФАЗ В МЕХАНОЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКАХ СИСТЕМЫ Al-Mg-Mn-Ti

Методом механолегирования можно получить сплав с нужными свойствами из порошкообразных металлов, при воздействии механической энергии. При механохимической обработке происходят изменения структуры, которые влияют на структурно-чувствительные свойства, химическую активность, явления переноса, диффузию, теплопроводность [3]. Также механолегирование облегчает процесс включения в состав тугоплавких и трудно растворимых металлов [4], например наноразмерных частиц титана [1].

Цель данной работы заключалась в создании сплава Al – Mg – Mn – Ti. Исходными материалами были выбраны алюминиевый порошок и бинарные соединения (50Al - 50Mg, 73Al - 27Mn и 47Al – 53Ti), исходя из тех соображений, что каждая частица бинаров имеет микро - или нано-кристаллическую структуру. В смеси содержание чистого алюминия – 85 %; (50Al - 50Mg) – 10 %; (73Al – 27Mn) – 3 % и (47Al – 53Ti) – 2 %.

Сами элементы были выбраны на основе литературных данных: магний и марганец увеличивают прочность и твердость материала, титан способствует созданию центров кристаллизации в алюминии и повышает температуру рекристаллизации [5]. В алюминиевых сплавах – Mg, Mn и Ti являются упрочнителями, их добавка может быть осуществлена без особых технологических осложнений. В сплавах Al - Mg упрочнителем является интерметаллид Mg_3Al_8 , для системы Al-Mn таким упрочнителем является соединение Al_6Mn , для системы Al - Ti – $TiAl_3$. Легирование титаном, вследствие измельчения зерна, вызывает прирост механических свойств на 10 – 20 % [5].

При проведении эксперимента, синтез фаз выполнен следующим образом: смесь порошков Al, Al - Mg, Al - Mn и Al - Ti подвергали поэтапной механической активации в атриторе. После механолегирования продукт исследовали с помощью рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker (Германия). Для фазового анализа использовалась порошковая база данных ICDD (PDF-2). Было проведено уточнение структур получаемых фаз по методу Ритвельда в программном обеспечении DIFFRACplus Topas с применением данных структурной базы ICSD. Было определены количественное содержание фаз и размеры кристаллитов (табл. 1).

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа в зависимости от продолжительности механолегирования

Время, кс	Фазы, мас. %							
	$Al_{12}Mg_{17}$	Al_6Mn	$AlTi$	Al_2Ti	Al_3Ti	$\alpha-Ti$	$Al_{18}Mg_3Mn_2$	Al
0	10,0	1,0	2,5	2,7	-	0,2	-	84,0
4	8,0	1,0	2,0	2,5	-	-	0,5	85,0
6	7,5	0,5	1,5	1,0	2,0	-	1,0	85,0
8	7,0	-	1,5	0,5	3,0	-	1,0	85,0

Дифракционные исследования показали, что с увеличением продолжительности диспергирования наблюдается увеличение ширины пиков Al, что связано с ростом величины микродеформаций кристаллической решетки и существенным измельчением кристаллитов. Изменение параметра решетки Al, проявляющееся в смещении его пиков, говорит о протекающих процессах растворения легирующих элементов в Al вследствие распада исходных интерметаллидных фаз.

Наблюдается незначительное снижение содержания $\gamma-Al_{12}Mg_{17}$ при механолегировании (рис. 1 и 2). Практически полностью исчезает Al_6Mn . Появляется $Al_{18}Mg_3Mn_2$, и, в дальнейшем, ее количество увеличивается. Идет превращение метастабильных модификаций Al_2Ti в стабильную фазу Al_3Ti , имеющую размеры около 2-3 нм. Одновременно наблюдается измельчение $AlTi$ до наноразмерных величин. С увеличением продолжительности наблюдалось также появление Al_2O_3 .

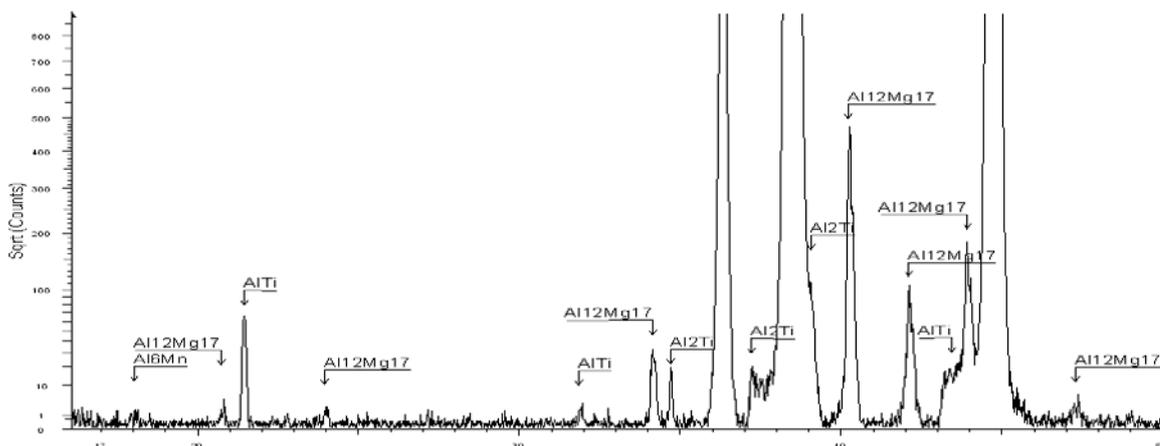


Рис. 1. Дифрактограмма образца до обработки

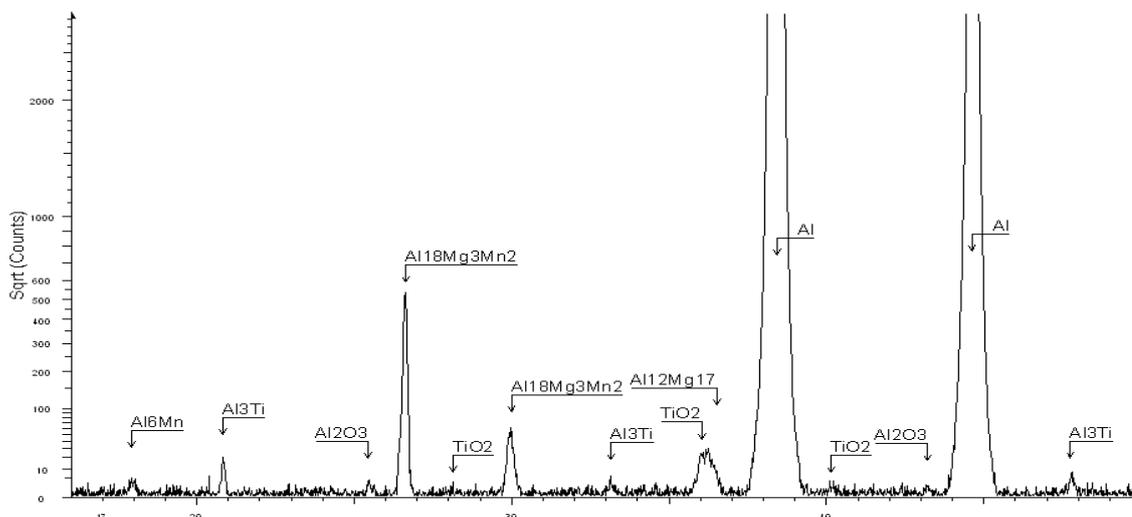


Рис. 2. Дифрактограмма после 8 кс обработки

Научный руководитель: профессор, доктор технических наук Липин В.А.
Соруководитель: заведующий лабораторией порошков алюминия Петрович С.Ю.

Список литературы

1. В.Г. Гопиенко Металлические порошки алюминия, магния, титана и кремния. Потребительские свойства и области применения / под ред. А. И. Рудского. – СПб: СПбГПУ, 2012. - 356 с.
2. В.В. Болдырев Использование механохимии в создании «сухих» технологических процессов. // Соросовский образовательный журнал, 1997, №12, С. 48-52.
3. Кузнецов А.Р., Бутягин П.Ю. и Павлычев И.К. Лабораторная микромельница для механохимических исследований // Приборы и техника эксперимента.- 1986.- Т. 6.- С. 201-204.
4. Т.Ф. Григорьева, Е.Ю. Иванов, В.В. Болдырев Механохимический синтез аморфных сплавов и пересыщенных твердых растворов в системе Cu-Sn // Изв. СО.АН СССР С.Х.Н. 1989.вып.5, С. 98-101.
5. Л.Ф. Мондольфо Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 639 с.

М.К. ЧЕРНЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Институт химии, Санкт-Петербург*

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ГЕКСАЦИАНОФЕРАТОВ

Получение наночастиц, обладающих магнитными свойствами, необходимо для развития таких областей, как устройства хранения информации высокой плотности или системы доставки лекарств *in vivo*. Магнитные наночастицы могут быть получены термическими методами, путем высокотемпературного восстановления солей металлов синтезом в обратных мицеллах.

Гексацианоферраты металлов – класс неорганических полимерных соединений, обладающих уникальными химическими и физическими свойствами, а именно ионная и электронная проводимость, ионообменная способность, электрохимическая активность, фотомagnetизм и др. Для дальнейшего применения наночастицы гексацианоферратов металлов должны быть организованы в упорядоченные структуры. Наиболее распространенными методами организации являются методы самосборки и метод Лэнгмюра-Блоджетт. Следовательно, наночастицы необходимо не только синтезировать, но и подготовить их поверхность для последующей организации.

Наночастицы нерастворимых гексацианоферратов металлов могут быть получены путем синтеза в обратных мицеллах, однако более простым методом является синтез с использованием стабилизатора. Кроме того, добавление поверхностно-активных веществ приводит к взаимодействию его со стабилизатором. Это делает частицы гидрофобными, что позволяет экстрагировать их в неполярную фазу.

В работе представлен метод получения наночастиц гексацианоферратов железа, никеля, меди и кобальта, стабилизированных гексаметафосфатом натрия в водной фазе. Нерастворимые гексацианоферраты получают смешением растворов гексацианоферрата калия и солей металлов (железа, никеля, меди, кобальта) в стехиометрических соотношениях. В результате смешения образуется хорошо окрашенный осадок. Чтобы остановить рост частиц и избежать образования крупных агрегатов был использован гексаметафосфат натрия. При этом в ходе синтеза выпадения осадка не наблюдалось – изменялась только окраска раствора.

Для оценки размеров частиц был использован метод лазерной дифракции. Для наночастиц гексацианоферрата железа половину объема пробы занимают частицы размерами менее 24 нм, гексацианоферрата никеля – менее 45 нм (рис. 1). Более крупные частицы были получены для гексацианоферратов меди и кобальта. Половину объема пробы занимают частицы размерами менее 176 нм и 163 нм соответственно. Анализ показал, что полученные дисперсии частиц имеют одну фракцию с размерами, указанными выше и устойчивы к агрегации длительное время (более недели).

Наличие наночастиц подтверждено с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM). Для гексацианоферратов кобальта и никеля (рис. 2) наблюдаются как отдельные частицы, так и их агрегаты. В случае гексацианоферратов железа и меди отдельные наночастицы не столь явно выражены. Наблюдается система агрегатов с развитой поверхностью.

Исследования проведены с использованием оборудования ресурсных центров СПбГУ «Инновационные технологии композитных наноматериалов» и «Геомодель».

Научный руководитель: младший научный сотрудник, кандидат химических наук Иванов Н.С.

А.А. ШВЕЦ

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

САМОСБОРКА НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОЛИЯДЕРНЫХ СТРУКТУР

Одним из интересных и наиболее развивающихся разделов супрамолекулярной химии является самоорганизация оксоионов в полиоксометаллаты. В конце прошлого века благодаря работам немецкого профессора А. Мюллера были получены различные полиоксометаллаты, содержащие несколько десятков структурных единиц. Такие комплексы обычно имеют структуру икосаэдра, центральными атомами являются, как правило, молибден или медь, также в состав могут входить и другие металлы, такие как железо, вольфрам или ванадий.

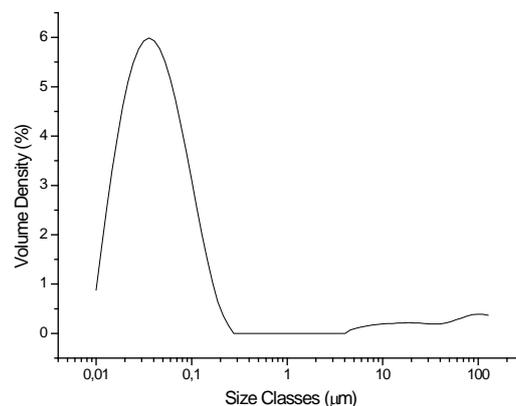


Рис. 1. Объемное распределение наночастиц гексацианоферрата никеля

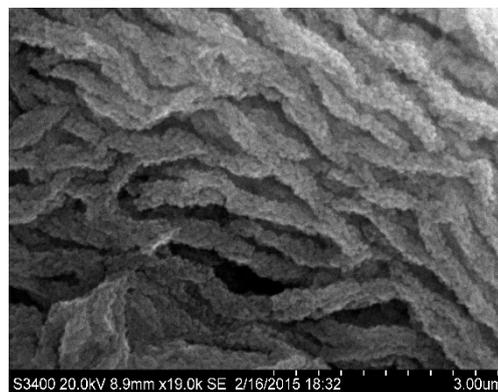


Рис. 2. SEM-изображение наночастиц гексацианоферрата никеля

Нами выполнен синтез нанокластерного полиядерного гетеровалентного комплекса на основе молибдена (V) и (VI) и ванадия (IV) в оксоформах - $\text{H}_{412}\text{K}_{22}\text{Mo}_{80}\text{Na}_6\text{O}_{536}\text{S}_{12}\text{V}_{22}$ (букибол-Мо80, рис. 1). Данное соединение содержит 12 $(\text{Mo}_6\text{V}_1\text{O}_{21})^{15-}$, 8 $(\text{MoVO})^{3+}$ и 22 $(\text{VIVO})^{2+}$ группировки. Букибол-Мо80 был охарактеризован методами видимой и инфракрасной спектроскопии, а также потенциометрическим титрованием.

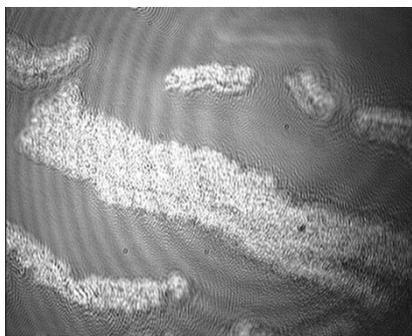


Рис. 2. Снимок монослоя ОДА/букибол

Нами были получены пленки Ленгмюра-Блоджетт (ПЛБ), содержащие букибол-Мо80. Поскольку в водном растворе букибол-Мо80 существует в виде аниона, то для его успешного встраивания в структуру монослоя необходим катионный ПАВ. Таким образом, для получения монослоя на водной субфазе нами был использован октадециламин. Были сняты изотермы сжатия - зависимости поверхностного давления в монослое (измеряемого с помощью весов Ленгмюра) от площади приходящейся на молекулу в монослое. Исследования проводились в различных значениях pH для монослоев ОДА и ОДА/букибол. Результаты показали, что они имеют сильно различающийся наклон изотерм, а также разные значения давления

коллапса - разрушения монослоя, что свидетельствует о вхождении букибола из раствора в монослой ОДА. Аналогичные выводы были сделаны после получения снимков монослоев с помощью Брюстеровской угловой микроскопии (рис. 2). Полученные монослои были перенесены на твердую подложку по методу Ленгмюра-Блоджетт. Наличие в составе ПЛБ букибола было подтверждено с помощью метода атомно-силовой микроскопии.

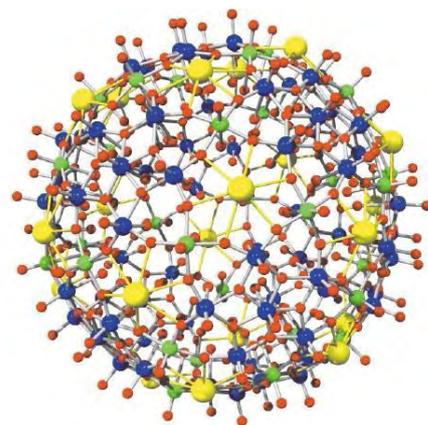


Рис.1. Структура букибола

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук Хрипун В.Д.

5. Полимеры и композиты на их основе – химические и технологические принципы и методы синтеза

М.В. ГОРБАНЕВА

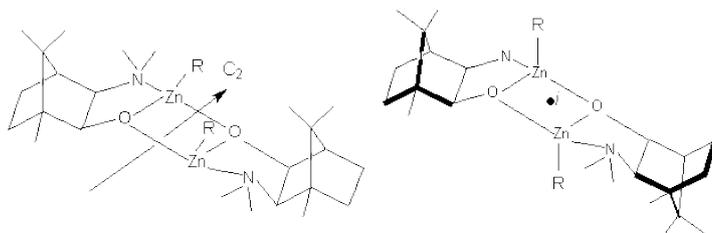
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

РЕАКЦИЯ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ МЕТИЛМЕТААКРИЛАТА И α -ТЕРПИНЕНА

В настоящее время одним из приоритетных направлений современной технической химии высокомолекулярных соединений, является создание тепло-, термо- и химически устойчивых полимеров на основе каркасных структур. Наличие цикла в их составе позволяет придать молекулам полимеров конформационную ограниченность, а присутствие объёмных заместителей даёт возможность вести стереонаправленный синтез.

Известно, что производные бицикло[2.2.2]окт-5-ена [1, 2], полученные диеновой конденсацией α -терпинена с различными диенофилами находят широкое практическое применение. Так, на основе указанных производных бициклооктена получают полимеры, обладающие перспективными свойствами (устойчивы к УФ и микроволновому излучению) [1, 2] и биологически активные вещества [3, 4]. Сами бициклооктены используются в качестве ароматизаторов [5] и хладоагентов [6] в пищевой, табачной и парфюмерной промышленности.

В литературе описаны способы получения фоторезистентных полимеров (или сополимеров) и пленок на основе бициклических структур ряда бициклооктена и норборнена [7, 8], а также комплексные соединения, когда в качестве лигандов выступают бициклические структуры [9].



Полимер на основе бициклооктена, содержащий полярные группы с неподеленными электронными парами, является потенциальным лигандом и может участвовать в сорбции многозарядных катионов.

Нами впервые исследовано взаимодействие α -терпинена с метилметакрилатом. Реакцию осуществляли при кипячении в бензоле в течение 20 ч. Процесс завершился образованием сложной смеси продуктов реакции, из которой методом колоночной хроматографии выделены диастереомерные метил 3,4-диметил-1-изопропилбицикло[2.2.2]октен-5-ил-3-карбоксилаты **1 a, b**, олигомер **2** (схема 1).

Олигомер **2**, согласно гель-хроматографии, имеет молекулярную массу ~ 500; роль мономера в котором выполняет образующийся в результате реакции *экзо*-бициклооктен **1 b**. Строение полученных продуктов **1 a, b** и **2** установлено с использованием ИК, ЯМР¹H спектроскопии в сопоставлении со структурно однотипными соединениями, описанными в литературе [10 - 12].

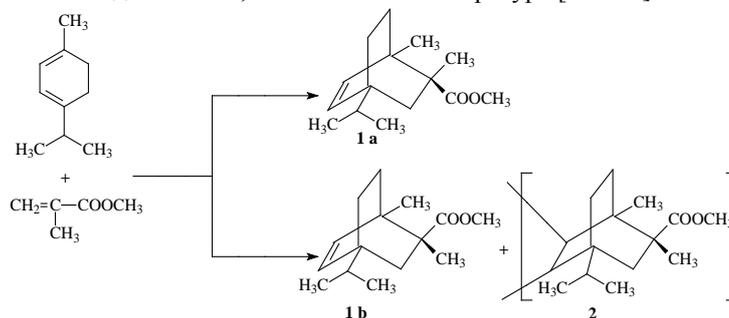


Схема 1. Взаимодействие α -терпинена с метилметакрилатом

Спектр ЯМР¹H бициклооктенов (**1 a, b**) содержат все структурные фрагменты молекул протоны метильных групп у C⁽³⁾, C⁽⁴⁾, метиновый и метильный протоны изопропильного заместителя у C⁽¹⁾, протоны сложнойэфирной группы у C⁽³⁾, протоны циклической C=C связи (C⁽⁵⁾, C⁽⁶⁾) и мостиковые протоны (C⁽⁷⁾, C⁽⁸⁾).

Соединения **1a, б**. R_f 0,34, 0,42. ИК спектр (CHCl₃), ν см⁻¹: 1150, 1198 (CH iPr), 1720 (C=O), 2850-3010 (CH₃). Спектр ЯМР¹H (CDCl₃), δ , м.д.: 0,88д и 0,87д (6H, 2CH₃, iPr), 1,20м и 1,31м (4H, 2H⁷, 2H⁸), 1,87м (2H, C²H₂), 1,31с (3H, C⁴-CH₃), 1,48м (3H, CH₃) 1,67м (1H, CH, iPr), 3,59с и 3,63с (3H, COOCH₃), 5,49 и 5,60 (2H, H⁵, H⁶).

Соединение 2. R_f 0,42. ИК спектр (CHCl_3), ν cm^{-1} : 1155, 1195 (CH iPr), 1730 (C=O), 2850-3020 (CH_3). Спектр ЯМР¹H (CDCl_3), δ , м.д.: 0,84 и 1,02 (6H, 2 CH_3 , iPr), 1,13м и 1,25м (4H, 2H⁷, 2H⁸), 1,61м (2H, C²H₂), 1,81с (3H, C⁴CH₃), 1,87д и 1,95д (2H, C⁵H, C⁶H), 2,17с (3H, C³CH₃), 1,90м (1H, CH iPr), 3,59 (3H, COOCH₃).

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук, доцент Кужаева А.А.

Список литературы

1. Патент. US 2005/0032887 / Nakamura J., Numasawa S., Kenmochi H., Hori Y. A1.Feb. 10, 2005.
2. Werner S., Curran D.P. // Organic Letters. 2003. V. 5. № 18. P. 3293.
3. Gitseler V.A., Steckhah E., Wiest O. // Journal of Organic Chemistry. 1991. V.56. № 4. P.1405.
4. Whitney J.G., Gregory W.A., Rauer J.C., Roland J.R., Snyder J.A., Benson R.E., Hermann F.C. // Journal of Medicinal Chemistry. 1970. V. 13. P. 254.
5. Alonso D., Font J., Ortuiio R.O. // Journal of Organic Chemistry. 1991. V. 56. P. 5567.
6. Патент. WO 2007/022651 / Galopin C., Furrer S.M., Slak J.P., Krawec P.V., Bell K.A. A1. March 2007 (01.03.2007).
7. Ро Хен Хи, Ли Сын Хуик, Чо Чан Себ. Пат. Изд. США 2002 15 912 (кл. 430-270.1; GO3F7/038), 7 февраля 2002, КР Appl. 32983, 15 Июнь 2000; 15 с.
8. Юнг Чанг Ким, Мьенг Су, Ким Хен Джи, Ро Хен Хи, Ли Гын Су, Юнг Мин Хо, Бок Хеол Кю, Бак Ги Но. Патент Англ. Пэт. Appl. 2 Гб, 336, 846 (кл. CO8F222/06), 3 ноября 1999 года, КР Appl. 9,816,221,30 апреля 1998, 39 с.
9. Реутов, О.А. Органическая химия. Ч.1: Учебник / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин.- М.: МГУ, 1999.- 560 с
10. Патент US 2005/0059830 / Sawaki T., Kenmochi H., Hori Y. A1. Mar. 17, 2005.
11. Ribeiro S.M., Serra A.C., Gonsalves A.M. // Tetrahedron. 2007. V. 63. P. 7885.
12. Sunkawa T., Kuroda C. // Molecules. 2005. V. 10. P. 244.

Е.К. СЛОБОДЧИКОВА

*Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена,
Санкт-Петербург*

А.А. ЕГОРОВА

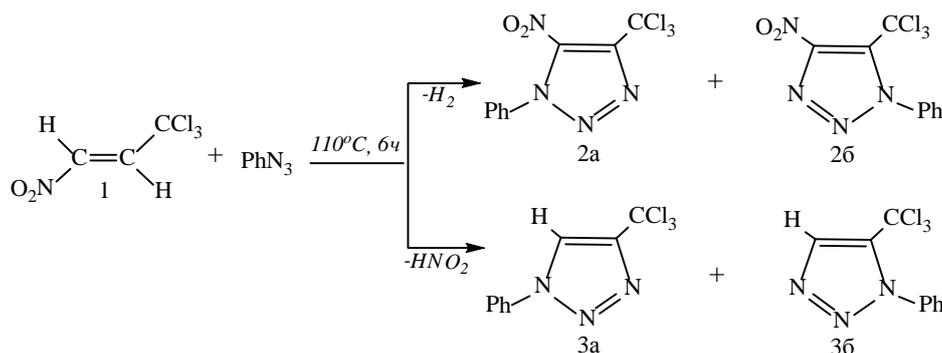
*Санкт-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров, Санкт-Петербург*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 1-НИТРО-3,3,3-ТРИХЛОРПРОПЕНА С ФЕНИЛАЗИДОМ

Согласно литературным данным нитроалкены, функционализированные тригалогенметильными группами, являются перспективными синтонами современного органического синтеза и представляют интерес для получения различных классов органических соединений, в том числе карбо- и гетероциклических систем [1], которые являются потенциальными биологически активными веществами [2].

Одним из методов получения функционализированных гетероциклов является реакция 1,3-диполярного циклоприсоединения с участием в качестве дипольофилов нитроалкенов, содержащих в своем составе в β -положении тригалогенметильную функцию. В литературе известны примеры взаимодействия 1-нитро-3,3,3-трифтор(хлор)пропенов с представителями нитронов [3, 4]. Отметим, что до настоящего времени указанные дипольофилы в реакции с диазосоединениями и азидами не вовлекались.

В настоящей работе исследовано взаимодействие 1-нитро-3,3,3-трихлорпропена (1) с фенилазидом. Показано, что реакция протекает при кипячении в толуоле (6 ч) и завершается образованием изомерных нитротриазолов (2 а, б), отличающихся между собой взаимным расположением фенильного заместителя относительно тригалогенметильной группы.



Кроме указанных аддуктов (2 а, б) из реакционной смеси выделены (хроматографированием на силикагеле) триазолы (3 а, б), не содержащие нитрогруппу. Полученные триазолы (2 а, б и 3 а, б) свидетельствуют о внутримолекулярных процессах денитрации и дегидрирования первоначально образующихся триазиолонов.

Строение полученных соединений (2а,б, 3а,б) доказано с использованием современных физико-химических методов исследования, а их образование не противоречит литературным данным о получении таких аддуктов в реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения со структурно однотипными нитроалкенами, содержащими в своем составе вместо $C(H)g_3$ функции CO_2R и $P(O)(OR)_2$ группы [5, 6].

Научный руководитель: профессор, доктор химических наук Анисимова Н.А.

Список литературы

1. Sahu B., Gururaja G.N., Mobin S.M., Namboothiri I.N.N. Facile Synthesis of β -Tribromomethyl and Dibromomethylenated Nitroalkanes via Conjugate Addition of Bromoform to Nitroalkenes. // J. Org. Chem. 2009. Vol. 74. P. 2601-2604.
2. Menezes F.G., Zucco H.G. Recentes Aplicações Sintéticas de Compostos Orgânicos Tricloro(bromo)metila Substituídos // Quim. Nova. **2010**. Vol. 33. N 10. P. 2233-2244.
3. Szczepanek A., Mroz K., Goliasz G., Jasinski R. Trihalonitropropenes in [4+2]- π -electron cycloaddition reactions. // Chemik. **2011**. Vol. 65. N. 10. P. 1049-1054.
4. Tanaka K., Mori T., Mitsuhashi K. Trifluoropropenes as Dipolarophiles // Bull. Chem. Soc. Japan. **1993**. Vol. 66. P. 263-268.
5. Берестовицкая В.М., Анисимова Н.А., Катаева О.Н., Макарова Н.Г., Беркова Г.А. 3-Нитро- и 3-бром-3-нитроакрилаты в реакции с фенилазидом // ЖОХ. 2007. Т. 77. Вып. 9. С. 1493-1502.
6. Макарова Н.Г., Анисимова Н.А., Беркова Г.А., Беркова Г.А., Дейко Л.И., Берестовицкая В.М. Бис(2-хлорэтил)-2-нитроэтилфосфонат в реакции с фенилазидом // ЖОХ. 2005, Т. 75. Вып. 9. С. 1570-1572.

Е.А. НАГОВИЦЫНА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

МЕТОД ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Все возрастающий объем производства пластических масс требует дальнейшего совершенствования существующих и разработки новых высокопроизводительных технологических процессов переработки полимеров. Решение поставленных задач невозможно без применения новых прогрессивных методов переработки, связанных с ориентированным пластическим деформированием полимеров в твердом состоянии, т.е. при температурах ниже T_c или $T_{пл}$, а именно твердофазная плунжерная экструзия, гидростатическая экструзия, равноканальная угловая и многоугловая экструзия, винтовая экструзия, прокатка, объемная и листовая твердофазная штамповка, в сравнении с традиционными технологическими методами переработки через стадию размягчения или плавления материала как раз и направлены на решение указанной проблемы. Предлагаемые направления совершенствования и интенсификации методов твердофазной технологии дают возможность перерабатывать термически нестабильные полимеры, полимеры сверхвысокомолекулярной массы и высоконаполненные композиционные полимеры, которые чрезвычайно трудно или практически невозможно перерабатывать традиционными методами.

Основные задачи в этой области:

- 1) исследование структуры и релаксационных свойств полимерных сплавов с целью направленного регулирования свойств материалов и определения оптимальных температурных режимов переработки в твердой фазе;
- 2) изучение структурно-механических свойств полимерных сплавов в условиях реализации пластической деформации при различных схемах нагружения для выяснения механизма воздействия легирующих веществ на деформационные свойства материала и основных закономерностей протекания пластической деформации в легированных полимерных материалах;
- 3) исследования процессов деформации полимерных сплавов в сложноподвиженном состоянии при воздействии высоких давлений в сочетании с деформациями сдвига (ВД+СД);
- 4) рассмотрение вопросов сжимаемости полимерных сплавов в условиях одностороннего осесимметричного сжатия, моделирующих поведение материалов при объемной штамповке после заполнения материалом полости прессформы;
- 5) выяснение роли легирующих компонентов сплава в смене механизмов пластической деформации при (ВД+СД);
- 6) создание экспериментальных условий, разработка экспериментального и расчетного методов определения P - V - T - зависимостей и получение уравнения состояния полимеров в твердой фазе;
- 7) рассмотрение предельного состояния, анализ и выбор критериев текучести (феноменологический подход) при осесимметричном сжатии полимеров в твердой фазе;

8) исследование закономерностей переработки полимерных сплавов при твердофазной экструзии (ТФЭ).

9) необходимость корреляций «технология - структура - свойства» применительно к процессу твердофазной экструзии полимеров;

10) оценка теплостойкости и усадочных явлений в полимерных сплавах после твердофазной экструзии, выявление взаимосвязи процессов пластической деформации и механизмов структурной релаксации полимерных сплавов после ТФЭ;

11) исследование закономерностей твердофазной объемной и листовой штамповки полимерных материалов;

12) оценка влияния легирующих добавок на технологические параметры, технологическую усадку и эксплуатационные свойства штампованных изделий; разработка технологического процесса переработки полимерных материалов в твердой фазе [1-4].

Все вышесказанное, позволяет сделать вывод о том, что совершенствование и определение оптимальных режимов, моделирование и изучение структурно-механических свойств полимерных сплавов с использованием метода пластического деформирования полимеров в твердом состоянии задача актуальная и требующая постоянного изучения.

Научный руководитель: ассистент, кандидат химических наук Жадовский И.Т.

Список литературы

1. Баронин Г.С. Переработка полимеров в твердой фазе / Баронин Г.С., Кербер М.И., Минкин Е.В., Радько Ю.М. // Физико-химические основы / М.: Машиностроение-1, 2002. -320 с.

2. Баронин Г. С. Разработка физико-химических и технологических основ переработки полимерных сплавов в твердой фазе / Баронин Г. С. // Материалы VI науч. конф. ТГТУ. Тамбов, 2001. -С. 15-22.

3. Аржаков М.С.. Особенности физико-механического поведения полиметилметакрилата при компрессионном сжатии / Аржаков М.С., Луковкин Ф.М., Аржаков С.А. // Доклады АН РФ. 2002. -Т.382. №1. -С.62-65.

4. Аграфонов Ю.В. Физика классических неупорядоченных систем / Аграфонов Ю.В., Сандитров Д.С., Цыдыпов Ш.Б. // Улан-Удэ: Бурят, гос. ун-т, 2000. -Гл.3. -233 с.

Е.И. ХРИСТОФОРОВА, М.В. ДУЙКОВА

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров, Санкт-Петербург*

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ 14-18-ЧЛЕННЫХ АЗАМАКРОЦИКЛОВ

Интерес к тетразамакроциклическим соединениям обусловлен наличием таких уникальных свойств, как высокая электропроводность, растворимость во многих неводных растворителях (липофильность), образование координационных соединений с ионами металлов, а также возможностью их использования в качестве мембраноактивных веществ, для удаления токсичных и радиоактивных металлов при извлечении и концентрировании ионов благородных и тяжёлых металлов [1, 2].

Ранее взаимодействием этилендиамина-1,2 с ацетоном (C_2H_5OH , Δ , 10 ч) нами получен С-алкилзамещенный 14-членный азамacroцикл (**1**) [3]. В аналогичных и более мягких условиях (18-20°C, 24 ч) при взаимодействии пропан-1,3- и бутан-1,4-диаминов с ацетоном синтезированы 16- и 18-членные азамacroциклы (**2**, **3**).

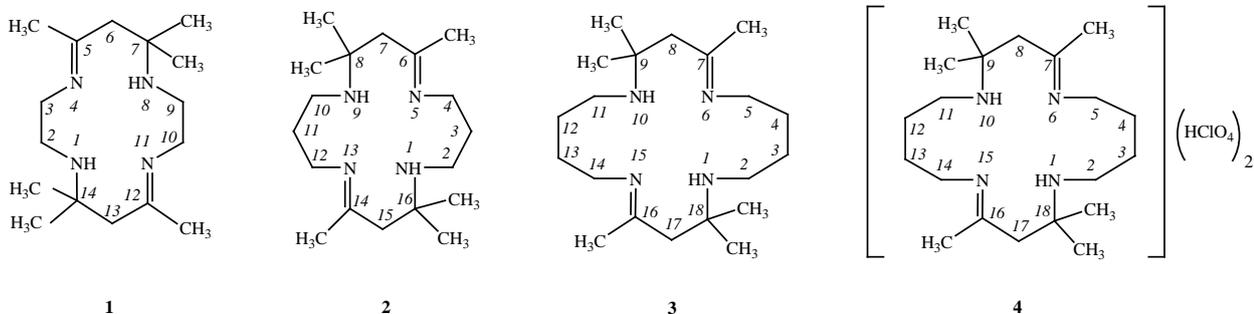


Рис. 1. 14-18-членные азамacroциклы и перхлоратная соль 18-членного цикла

В отличие от литературных данных [4] нами показано, что 14-членный азамacroцикл (**1**) является весьма устойчивым соединением; он хранится при комнатной температуре в течение года. По сравнению с 14-членным азамacroциклом (**1**) 16- и 18-членные циклы (**2**, **3**) оказались менее устойчивыми; они гидролизуются в течение 24 ч и зафиксированы нами лишь спектрально (ЯМР¹H). Отметим, что 18-членный азамacroцикл

роцикл (3) является нестабильным даже в виде перхлоратной соли (4), которая хранится только в эксикаторе над CaCl_2 и подвергается деструкции в течение нескольких часов (при снятии спектров ИК и ЯМР¹H).

Строение полученных нами С-алкиламещенных тетраазамакроциклов (1-4) доказано с использованием ИК, ЯМР¹H, ¹³C спектроскопии и гетероядерных экспериментов ¹H-¹³C НМРС, ¹H-¹³C НМВС.

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор Анисимова Н.А.

Соруководитель: доктор химических наук, профессор Тришин Ю.Г.

Список литературы

1. Сид Дж. В., Этвуд Дж. А. Супрамолекулярная химия. Пер. с англ.: в 2 т. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. Т.1. 480 с.; Т.2. 416 с.
2. Яцимирский К.Б., Кольчинский А. Г. Синтез макроциклических соединений. – Киев: «Наукова думка», 1987. – 280 с.
3. Анисимова Н.А., Гомзякова Е.Н., Кондратьева Р.Р., Тришин Ю.Г. Бестемплатное получение 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазаацетилтетрадека-4,11-диена и его аналогов // Бутлеровские сообщения, 2013. - 12, N 36, С. 22-26.
4. Борисова Н.Е., Решетова М.Д., Устынюк Ю.А. Синтез азометиновых макроциклов конденсацией дикарбонильных соединений с диаминами без использования ионов металлов в качестве темплатных агентов // Успехи химии. – 2007. – 76, N 9. С. 843–884.

А.М. ЯКУБОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА

Органопластики – это полимерные материалы, армированные наполнителями на основе химических волокон, с использованием термопластичных и терморезактивных связующих (матриц). Состав органопластиков может быть весьма различным в зависимости от назначения и комплекса желаемых свойств. В качестве армирующих наполнителей чаще всего применяются следующие соединения: полиэфирные (для органопластиков электротехнического назначения); термостойкие, например, из метаарамидных волокон (для органопластиков, эксплуатируемых при высокой температуре, в том числе электротехнического и антифрикционного назначения); параарамидные (для высокопрочных и высокомодульных органопластиков). В качестве связующих используются фенолформальдегидные, полиэфирные, а также эпоксидные, эпоксифенольные, полиимидные и другие реактопласты. Содержание связующего в зависимости от схемы армирования составляет 30-50 %. В качестве термопластичных матриц используются полиолефины, фторопласты, поливинилхлорид, полиуретаны. Содержание наполнителя составляет от 5 до 70 %, реже - более высокое. Введение в реактопласты армирующих волокнистых наполнителей повышает их механические свойства и эксплуатационные характеристики.

Свойства органопластиков существенно зависят от вида наполнителя и матрицы, соотношения компонентов, схемы армирования (расположения волокон), особенностей взаимодействия компонентов матрицы с волокнами, технологии изготовления. Для этих материалов характерны низкая плотность, высокие механические показатели, особенно удельные, сравнительно низкая теплопроводность, хорошие диэлектрические свойства, устойчивость к действию активных сред. Применение органопластиков достаточно широкое [1]. Они являются важными конструкционными электро- и радиотехническими материалами, используются в изделиях машиностроения, в том числе транспортного и химического, в летательных аппаратах, в качестве радиопрозрачных материалов, для изготовления спортивного снаряжения, в медицинской технике. Достижение наиболее высоких механических характеристик требует использования высокомодульных армирующих наполнителей: нитей, жгутов, лент, тканей, материалов на основе резаных волокон, а также высокопрочных терморезактивных связующих с высокой адгезией к арамидным волокнам. В качестве матриц часто используются эпоксидные, эпоксифенольные, полиимидные и другие модифицированные связующие на основе эпоксидов и полиимидов.

Среди различных видов органокомпозиов свойства арамидопластиков наиболее высокие. По удельному модулю упругости арамидопластики превосходят стеклопластики почти в 2 раза, а по прочности - в 1,3-1,8 раза. Они имеют высокие усталостные характеристики, устойчивы к вибрации и обладают высоким коэффициентом поглощения звука и вибрации. Термостойкость арамидопластиков достаточно высокая, применение термостойких связующих позволяет длительно эксплуатировать их при температуре до 200-250 °С. Это трудногорючие материалы. При использовании фенольных и полиимидных связующих в процессе высокотемпературного пиролиза они способны к коксованию с высоким выходом кокса. Арамидопластики устойчивы к действию активных сред, многих органических растворителей, нефтепродуктов, воды. Применение арамидопластиков определяется их высокими механическими и термическими свойствами. Они эффективны в тех областях [2], где требуются высокие удельные механические характеристики - в летательных аппаратах, транспортных средствах, защитном (бронежилеты, каски), спасательном и спортивном снаряжении, медицинской технике.

Стеклопластики - это композиционные материалы на основе стекловолокон и полимерных связующих. Для армирования используются различные виды стекловолокон, нитей и волокнистых материалов. Для стеклопластиков конструкционного назначения применяются стекловолокнистые наполнители из бесщелочного алюмоборосиликатного стекла; для материалов и изделий, работающих в условиях высоких механических нагрузок, применяют наполнители [3], из высокопрочных и высокомодульных стеклонитей на основе магнезиально-алюмосиликатного стекла, имеющие прочность на 25 - 50 %, а модуль упругости на 25 - 30 % выше, чем обычные стеклонити. Устойчивые в кислых средах стеклопластики изготавливают из хемостойкого боросиликатного стекла. Для этой цели используют также базальтовые наполнители. Крупногабаритные изделия, не несущие очень высоких механических нагрузок, изготавливают из тканей на основе дешевого щелочно-алюмоборосиликатного стекла; термостойкие изделия, работающие при температуре 300 °С и выше, изготавливают из кремнеземных и кварцевых нитей; для композитов электротехнического назначения используют наполнители из боросиликатного стекла, имеющие диэлектрическую проницаемость на 30 - 40 % ниже, чем у других видов стекол.

Углепластики - это композиционные материалы на основе углеродных волокон и полимерных связующих, где для армирования используются различные виды углеродных волокон и волокнистых материалов. К углепластикам на основе карбонизованных или графитированных волокон относятся: пресс-материалы на основе углеродных нетканых материалов и резаных волокон; углетекстолиты на основе углеродных и графитированных тканей; высокопрочные и высокомодульные углепластики на основе углеродных нитей, лент, жгутов в виде профилей, намотанных изделий, листов. Углеродные пресс-материалы и текстолиты служат для изготовления различных деталей, в качестве антифрикционных, хемостойких, из них изготавливают, в частности, вкладыши подшипников. На основе пресс-волокнитов и листовых углеродных препрегов с фенольными и другими хемостойкими матрицами изготавливают детали насосов, арматуру, теплообменники, композиционные хемостойкие покрытия на металлических изделиях. Углепластики используются также взамен ранее применявшихся материалов на основе асбеста (фаолит). Углепластики на основе фенольных и полиимидных связующих используются в качестве высокотермостойких конструкционных изделий и покрытий. Высокопрочные и высокомодульные углепластики, а также углетекстолиты применяются для изготовления наиболее ответственных деталей и изделий в летательных аппаратах, в судах, других транспортных средствах, медицинской технике, в спортивных изделиях, протезах.

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук, доцент Григорьева Л.В.

Список литературы

1. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. М: Научные основы и технологии, 2013, 223 с.
2. Перепелкин К.Е. Полимерные волокнистые композиты, их основные виды, принципы получения и свойства // Химические волокна, 2006, №1 – С.18-20.
3. Полимерные композиционные материалы / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др. СПб.: Профессия, 2009, 560 с.

6. Эколого-экономические проблемы химических технологий и пути их решения

О.Ю. ВЕЧЕРКОВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ПОДКУМОК

Река Подкумок вместе с Кумой и Малкой относятся к главным рекам особо охраняемого эколого-курортного региона Российской Федерации - Кавказские Минеральные Воды. Подкумок пересекает с юго-запада на северо-восток большую часть региона. На его берегах расположены города Кисловодск, Ессентуки, Пятигорск, Георгиевск, а также много других населённых пунктов. Общая длина реки 155 км.

В последние годы активизировалась застройка берегов реки жилыми домами, коттеджами и дачными посёлками, сточные воды которых попадают в реку. Берега засоряются стихийными свалками, не оберегаются, а в большей части разрушаются и уничтожаются родники и ручьи, которые питают Подкумок. Состояние реки Подкумок вызывает большую тревогу учёных и общественности, поскольку эта река выполняет важные экологические функции, формируя значительную часть ландшафтной структуры курортного региона, а также являясь одним из источников питания подземных минеральных вод. Поэтому проблема экологического состояния реки Подкумок очень актуальна и нами было проведено ее комплексное исследование.

Одной из характеристик качества воды являются органолептические показатели: запах, цвет, прозрачность. При сравнении их с общими требованиями к составу и свойствам воды по ГОСТ эти показатели колеблются в пределах нормы. Однако без специальной очистки вода для питья использована быть не может.

Данные, полученные в результате электрометрического определения рН, показали слабощелочную среду, что соответствует норме (рН не должен выходить за пределы 6,5-8,5). Водородный показатель практически не зависит от времени года и от места забора воды. Водные обитатели чувствительны к изменению значения рН. Наличие в реке Подкумок бактерий, низших водорослей, личинок ручейников, подёнок, некоторых насекомых подтверждает слабощелочную реакцию речной воды.

В результате эксперимента и произведённых расчётов мы определили количество кислорода, растворённого в воде. По общим требованиям к составу и свойствам воды и водных объектов растворённый кислород не должен быть менее 4 мг/дм³ в любой период года в пробе. Сравнивая их с полученными данными, можно сделать вывод: содержание кислорода в пробах воды, взятых в контрольные дни, соответствует норме, даже превышает его, почти в 2 раза. В результате исследований и произведённых расчётов определена щёлочность воды реки Подкумок. По общим требованиям к составу и свойствам воды водных объектов она не должна превышать 4-4,5 мг-экв/дм³. Значение щёлочности практически соответствует норме. Лишь незначительно превышает её в пробах взятых в реке Подкумок в мае, августе и октябре 2011 года. Жёсткость воды в реке Подкумок незначительно превышает норму (данные ГОСТ 2874-73 (7 мг-экв/л)). Жёсткость воды зависит от содержания в ней катионов кальция и магния, которые присутствуют в воде в составе сульфатов, гидрокарбонатов, хлоридов. Суммарное количество ионов кальция и магния составляет общую жёсткость воды. По количеству сухого остатка судят о степени минерализации воды. По общим требованиям к свойствам воды водных объектов Сан Пин 2.1.5.980-00 минеральный состав воды по сухому остатку не должен превышать 1000 мг/дм³. Данные, полученные в результате исследований, соответствуют норме и не зависят от времени года.

Большое количество хлоридов попадает в водоёмы со сбросами хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. В соответствии с санитарно-гигиеническими нормами содержание хлоридов не должно превышать 350 мг/дм³. Результаты наших исследований показывают, что содержание хлоридов в воде реки значительно ниже нормы. Содержание хлоридов в пробах, взятых ниже города (по данным лаборатории городского центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора Пятигорска), незначительно превышает их содержание в пробах, взятых выше города. Содержание сульфатов в воде реки Подкумок значительно ниже нормы (500 мг/л), что свидетельствует о снижении количества неочищенных сточных вод в реку в последние годы.

Данные по содержанию аммиака, нитритов и нитратов были представлены лабораторией городского центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора Пятигорска. Время и место забора воды идентичны. Концентрация аммиака в воде реки Подкумок соответствует норме. Предельно допустимая концентрация аммиака в воде водоёмов 2 мг/л (по азоту). Содержание нитритов в исследуемой воде также практически соответствует норме (нормальным считается содержание нитрит - ионов - 0,1 мг/л, а в воде реки Подкумок в среднем оно составляет 0,13 мг/л) причём, содержание нитритов в воде реки Подкумок ниже города меньше, чем в образцах воды, взятой выше города. Что свидетельствует о том, что загрязнение река получает не в черте города, а выше по течению.

По результатам мониторинга, можно утверждать, что состояние вод реки Подкумок улучшается, всё меньше и меньше загрязняющих веществ обнаруживается в составе воды при лабораторных исследованиях, что благоприятно влияет на флору и фауну прибрежной зоны. Благодаря действующим государственным программам экологическая ситуация региона имеет тенденцию к улучшению.

Но экологические проблемы Подкумка на этом не закончились. Вдоль берегов реки идёт строительство жилых домов, промышленных предприятий, животноводческих комплексов, сбросы и сточные воды от которых попадают прямо в реку. Не оберегаются, а в большей части разрушаются и уничтожаются родники и ручьи, которые питают Подкумок. Вдоль берегов реки и пересекая ее, проходят многочисленные коммуникации.

Визуальный осмотр поймы реки показал удручающую картину: скопление строительного и бытового мусора, коммуникации, сухие деревья, котловины, образованные незаконным изъятием грунта, застройка зон отчуждения. Так же в последнее время увеличились случаи несанкционированного изъятия из прибрежной зоны твердых материалов: гравий, камень, песок.

Чтобы поправить ситуацию, необходимо:

- поддерживать новые очистные сооружения на должном техническом уровне;
- содержать на должном техническом уровне и увеличить количество «ливневок»;
- создать единую городскую систему мониторинга состояния водных объектов, программу по очистке русел и берегов малых рек;
- разработать экономический механизм регулирования водопользования и стимулирования организаций к проведению природоохранных мероприятий;
- запретить вырубку леса на берегах водоема;
- ограничить использование удобрений и ядохимикатов на полях;
- создать социальную рекламу на телевидение, радио и на улицах города;
- уменьшить долю неканализационного частного сектора;
- регулярно очищать русло и пойму реки от скопившегося мусора.

Научный руководитель: председатель МО учителей биологии г. Пятигорска, Извекова Е.Ю.

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Джевага Н.В.

Список литературы

1. Ихер Т.П. Комплексный анализ пресноводных систем / Т.П. Ихер, Н.Е. Шиширина. 2003. – 49 с.
2. Гершкович Б.Я. и др. Устойчивое развитие всероссийского курорта Кавказские Минеральные Воды: вопросы экономики и экологии. Пятигорск. 2005. – 202 с.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Ставропольского края в 2006 году». Государственный комитет по охране окружающей среды Ставропольского края. – 2006.
4. Студенческая мысль. Материалы первой ежегодной научно-практической конференции студентов Кавминводского Института Сервиса. – Пятигорск, 2007.

К.С. ГОРДЕЕВА

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ГОРОДЕ ДЗЕРЖИНСК НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Город Дзержинск был основан в 1930 году на правом берегу Оки. Население города составляет 235840 (2014 г.) человек. Это второй по численности и промышленному значению город Нижегородской области. В Дзержинске более 30 промышленных предприятий. Среди них выделяются крупнейшие химические производственные объединения - «Сибур-Нефтехим», «Корунд», ФГУП завод имени Я.М. Свердлова, «Дзержинское оргстекло», «Пластик», «Заря». Дзержинские химики производят серную кислоту, жирные кислоты, каустическую соду, поливинилхлоридные смолы и сополимеры, пластмассы, минеральные удобрения, высокоэффективные средства защиты растений, разнообразные катализаторы, консерванты, моющие средства, искусственные драгоценные камни и многое другое.

В Дзержинске 34 крупных промышленных предприятия являются источниками выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. В основном это предприятия химической, машиностроительной, энергетической отраслей. Большая часть промпредприятий расположена в восточной промышленной зоне. Общее количество вредных веществ, попадающих в атмосферу от стационарных источников выбросов и автотранспорта, ежегодно составляет более 42 тысяч тонн в год. Доля выбросов от промышленных предприятий в общем объеме загрязнения атмосферного воздуха города составляет 88 %, автотранспорта – 12 %. При этом, в связи с увеличением количества автотранспорта его доля в объеме загрязнения атмосферы в городе, особенно в районе крупных магистралей, неуклонно растёт.

На атмосферный воздух города оказывают влияние выбросы вредных веществ от 2859 стационарных источников, 859 из которых оборудованы газоочистительными установками. В 2014 году среднемесяч-

ные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Дзержинска превышали среднесуточную ПДК по пыли в 2,1 раза, оксиду углерода в 1,1 раза, фенолу в 1,3 раза, формальдегиду в 2,3 раза. Максимальные концентрации превышали максимально-разовую ПДК по пыли в 1,2 раза. Повторяемость случаев превышения максимально-разовой ПДК составила по пыли 2 %.

Сброс сточных вод промышленных предприятий и жилого фонда города осуществляется в р. Ока и Пыра. Сброс в Оку через канал Дзержинской ТЭЦ производит само предприятие и ОАО «Корунд», а через канал Волосяниха и систему прудов отстойников сбрасывает сточные воды ОАО филиал «Дзержинской ТЭЦ». В р. Пыра сбрасываются продувочные воды ТЭЦ, принадлежащей ФГУП «Завод им. Я.М. Свердлова», и осветленная вода со шлакоотстойника Тепловского водозабора. Основными загрязняющими веществами, присутствующими в воде рек в концентрациях, превышающих предельно допустимую норму, были марганец, железо общее, нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества, азот аммонийный, медь - среднегодовые концентрации которых находились в пределах 1,4-8,9 ПДК.

По данным обследования, вся территория города по суммарному показателю относится к категории допустимого загрязнения почв. При этом восточная группа предприятий вносит значительно больший вклад в загрязнение почвенного покрова территории, что наиболее выражено в южном направлении от промзоны. Причем, наиболее загрязнена зона в радиусе 5 км, таким образом, наиболее загрязненными территориями города являются поселки, расположенные в зоне влияния восточной группы предприятий. Почва поселков, расположенных к югу от восточной промзоны характеризуется повышенными концентрациями тяжёлых металлов. Выявленное превышение средних значений концентрации меди, цинка, свинца, молибдена на 20-60 % над фоновым уровнем не являются значительным, поэтому следует говорить лишь о локальном фрагментарном загрязнении отдельными тяжелыми металлами, которое обнаруживается в основном в зоне влияния восточной группы предприятий и особенно в поселках, расположенных к югу от нее.

Следует отметить, что увеличения уровня загрязнения атмосферного воздуха города не наблюдалось, снижение - по пыли, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота, сероводороду и фенолу, остался лишь формальдегид. Также, не наблюдалось увеличения загрязнения воды или почвы города, но стоит отметить и тот факт, что с каждым годом число жителей уменьшается. Мы можем сделать вывод, что мероприятия по очищению города Дзержинск принесли пользу экологическому состоянию города, пусть и столь малую, стоит и обратить внимание на тесную взаимосвязь экологии и экономики данного города, так как одним из решающих факторов снижения загрязнений является закрытия десятков предприятий города. В будущем необходимо проводить очистительные работы, которые приведут Дзержинск в надлежащий вид в экологическом плане.

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук, доцент Кужаева А.А.

Список литературы

1. Гидрогеологические и геоэкологические исследования Поволжья. ФГУП «Волга геология». Сборник научных трудов. Выпуск 2. Н. Новгород, 2007, с. 83.
2. Дзержинск экологическая обстановка. Верхне-Волжское УГМС. Выпуск 2000-2010 . Бюллетень. Экологический фонд Дзержинска. Н. Новгород, 2000-2010, с. 25.
3. Состояние окружающей среды и природных ресурсов г. Дзержинска в 2000 году. Государственный комитет по охране окружающей среды Нижегородской области. Н. Новгород, 2000, с. 47 .

Е.С. ЕВДОКИМОВА

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С ИХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ МИКРОЭКСТРАКЦИОННЫМ ВЫДЕЛЕНИЕМ С ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ЭКСТРАГЕНТА

Важной стадией химического анализа, которая в значительной степени обеспечивает адекватность и правильность полученных результатов является стадия пробоподготовки. Зачастую она включает в себя не только разбавление, гомогенизацию пробы, но и концентрирование аналита, а также его выделение из сложной матрицы, благодаря чему удается повысить селективность и чувствительность анализа.

Традиционным методом разделения и концентрирования является жидкостно-жидкостная экстракция. Однако этот метод довольно трудоемкий и требует большого расхода токсичных органических растворителей. Современным направлением аналитической химии является тенденция достижения высокой чувствительности анализа, которая обеспечивается за счет повышения эффективности концентрирования, с одновременной миниатюризацией химического анализа и значительным снижением объемов органических растворителей.

В данной работе рассматриваются возможности применения микроэкстракции с диспергированием экстрагента для спектрофотометрического определения поверхностно-активных веществ (ПАВ). Такой метод позволяет значительно повысить поверхность массообмена, благодаря чему удается достичь увеличения

скорости установления равновесия в системе, а также сократить расход экстрагента, обеспечивая тем самым экологичность и безопасность анализа. В качестве экстрагента применяется хлороформ, который позволяет эффективно извлекать ион-парные ассоциаты ПАВ с соответствующими красителями. Диспергирование экстрагента возможно осуществить двумя предложенными путями: с применением вспомогательного вещества (DLLME¹) либо с помощью пузырей углекислого газа (EaDLLME²). Основные аналитические характеристики разработанных методик представлены в таблице 1.

Таблица 1

Аналитические характеристики разработанных методик определения ПАВ в воде

Параметр	EADLLME		DLLME	
	Катионные ПАВ	Анионные ПАВ	Катионные ПАВ	Анионные ПАВ
Объем пробы, мл	5		5	
Предел обнаружения, мг/л	0,03	0,03	0,03	0,03
Линейный диапазон определяемых концентраций, мг/л	0,1-5,0	0,1-5,0	0,1-1,5	0,1-2,5
Диспергатор	Углекислый газ		Этанол	Ацетон

¹ dispersive liquid-liquid microextraction

² effervescence assisted dispersive liquid-liquid microextraction

Научный руководитель: ассистент, кандидат химических наук Вах К.С.

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Замятин И.В.

А.С. ПОЧИВАЛОВ

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Институт химии, Санкт-Петербург*

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ С ПЕРЕКЛЮЧАЕМОЙ ГИДРОФИЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ АНТИБИОТИКОВ ФТОРХИНОЛОНОВОГО РЯДА

Фторхинолоны — лекарственные вещества, обладающие выраженной противомикробной активностью и достаточно широко распространенные в медицинской практике в качестве антибиотиков. Однако такие вещества способны оказывать значительное токсическое действие на организм человека. Таким образом, определение их содержания в биологических жидкостях является важной аналитической задачей.

В виду низких концентраций фторхинолонов в биологических жидкостях важным этапом является проведения стадии пробоподготовки, обеспечивающей эффективное концентрирование аналитов. В аналитической практике широкое распространение нашел такой метод концентрирования и разделения как жидкостно-жидкостная экстракция. Однако этот метод требует применения больших объемов токсичных органических экстрагентов, что противоречит основной концепции Зеленой аналитической химии. Более привлекательным решением проблемы является применение микроэкстракции. В качестве альтернативы токсичным органическим экстрагентам можно предложить так называемые растворители с переключаемой гидрофильностью. Они представляют собой растворители, которые плохо растворимы в воде в одной форме и хорошо растворимы в другой, причем переход между двумя формами осуществляется при помощи простого изменения в системе.

В настоящей работе рассмотрены возможности применения экологически безопасных растворителей с переключаемой гидрофильностью для микроэкстракционного выделения антибиотиков фторхинолонового ряда из мочи с последующим определением концентрации аналитов с помощью ВЭЖХ с люминесцентным детектированием.

Научный руководитель: ассистент, кандидат химических наук Вах К.С.

Соруководитель: ассистент, кандидат химических наук Замятин И.В.

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНОГО ПИРИТНО-АРСЕНОПИРИТНОГО ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

По мере развития золотодобывающей промышленности появились серьезные проблемы, вызванные ухудшением качества перерабатываемого сырья. Поскольку богатые руды постепенно вырабатываются и в эксплуатацию вводятся более бедные и сложные руды, проблема извлечения золота из технологически упорного золотосодержащего сырья может быть отнесена к числу наиболее важных. Возрастает потребность переработки таких руд, эффективная обработка которых требует значительно более сложных и развитых схем, включающих операции гравитационного обогащения, флотации, обжига, плавки, выщелачивания и т. д. Упорные руды составляют более 30 % от общих запасов в мире. Тонкая вкрапленность золота в породообразующие минералы - наиболее распространенная причина упорности золотых руд.

Существует две основные категории таких руд:

- руды, в которых золото ассоциировано с кварцем;
- руды, в которых золото ассоциировано с сульфидами.

Тонкодисперсное золото, ассоциированное в большинстве случаев с сульфидами, при измельчении руды вскрывается лишь незначительно, основная масса, чаще всего, остается в пирите и арсенопирите. «Упорность» ассоциированного с сульфидами золота обусловлена присутствием его в сульфидах не только в виде тонко диспергированных частиц самородного металла, но также в форме твердого раствора и коллоидных частиц.

Традиционный метод извлечения золота из упорных золотосодержащих руд заключается во флотационном обогащении, окислительном обжиге полученного концентрата и последующем цианировании огарка. Этот метод достаточно прост, но вместе с тем он имеет серьезные недостатки:

- неизбежное загрязнение окружающей среды выбросами мышьяка и серы;
- невысокое извлечение золота, обусловленное образованием на вскрываемых золотилах пленок легкоплавких соединений, и уносом частиц золота в мышьяковистые возгоны;
- необходимость дорогостоящего захоронения высокотоксичного оксида мышьяка.

В настоящее время на смену традиционному методу извлечения золота из упорных золотосодержащих руд приходят гидрометаллургические технологии, которые в наибольшей степени отвечают требованиям охраны окружающей среды (отсутствие газовых выбросов соединений мышьяка и серы; вывод мышьяка в виде малотоксичного арсената железа, сброс которого возможен в хвостохранилище) и обеспечивают высокое извлечение золота.

В переработке упорного золотосодержащего сырья, где тонковкрапленное золото находится в сульфидных минералах – в пирите и арсенопирите, в настоящее время доминируют методы бактериального и автоклавного вскрытия с последующим цианированием твердых остатков. При использовании этих методов обеспечивается комплексная переработка сырья с высоким извлечением всех ценных составляющих.

Для технологически упорных руд, содержащих золото, разработана технология, включающая процесс бактериального разложения сульфидных и мышьяксодержащих минералов кислотолюбивыми бактериями, очистку бактериальных растворов после выщелачивания с использованием их в обороте и цианирование кеков выщелачивания.

Эффективность бактериально-химического вскрытия сопоставима с автоклавными процессами, и превосходит окислительный обжиг. Однако, при близких капитальных и эксплуатационных затратах автоклавная технология характеризуется более высоким и устойчивым извлечением золота. Автоклавный метод применим как к рудам, так и к концентратам. Помимо этого, применение автоклавно-гидрометаллургической технологии исключает потери золота с пылью и устраняет необходимость сооружения сложных пылеулавливающих систем.

Автоклавное выщелачивание упорных золотосодержащих концентратов заключается в их гидрометаллургической обработке при повышенных температуре и давлении кислорода. Гетерогенный процесс выщелачивания сульфида с участием кислорода включает следующие стадии:

- растворение (абсорбцию) кислорода в водной фазе;
- диффузию растворенного кислорода к реагирующей поверхности;
- химическое взаимодействие сульфида с кислородом на поверхности твердого тела;
- обратную диффузию продуктов реакции в объем раствора.

Во избежание образования элементарной серы процесс ведут при достаточно высокой температуре (180 – 300 °С), гарантирующих полное окисление сульфидной серы до сульфат-иона. Такой режим обеспечивает не только количественное окисление сульфидов и вскрытие ассоциированного с ними золота, но и перевод большей части мышьяка в нерастворимый арсенат железа, являющейся наиболее приемлемой в экологическом отношении формой мышьяка. Общая схема переработки пиритных и арсенопиритных кон-

центратов включает следующие основные переделы: измельчение флотационного золотосодержащего концентрата в шаровой мельнице, кислотная обработка (предварительное удаление из его состава карбонатных соединений - процесс декарбонизации), автоклавное окислительное выщелачивание, сгущение и фильтрация окисленной пульпы, нейтрализация раствора известняком и известью (с целью понижения содержания солей в растворе и вывода мышьяка в виде малотоксичного арсената железа, сброс которого возможен в обычное хвостохранилище), сорбционное цианирование кека.

Основными составляющими автоклавного раствора после выщелачивания пиритно-арсенопиритных концентратов являются серная кислота, железо и мышьяк. Как железо, так и мышьяк в растворах после автоклавного окисления сульфидных материалов находятся в виде ионов с различной степенью окисления: основная масса железа имеет степень окисления +3, однако в растворах автоклавного окисления пиритных концентратов до 20 % его может находиться в двухвалентной форме. Так же мышьяк в растворе на выходе из автоклава на 80 – 90 % находится в 5-валентном состоянии, остальная часть имеет валентность +3.

По существу, решение сложных задач повышения эффективности переработки рудного сырья переходит в сферу более тесной интеграции процессов обогащения и металлургии, способных не только повысить комплексность использования сырья, но и решить проблемы охраны окружающей среды и сохранения природных ресурсов.

Научный руководитель: ассистент, кандидат технических наук Иваник С.А.

Список литературы

1. Набойченко, С.С. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнеерсон, Л.В. Чугаев. - Екатеринбург: ГОУ УГТУ – УПИ. - 2002. - С.570-575.
2. Набойченко, С.С. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнеерсон, М.И. Калашникова, Л.В. Чугаев. - Екатеринбург: ГОУ УГТУ – УПИ. - 2009. - Т.2. - С. 351-396.
3. Зеликман, А.Н. Теория гидрометаллургических процессов / А.Н. Зеликман. - М.: Металлургия. - 1983. - 424 с.
4. Лодейщиков, В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд. В 2-х томах. /В.В. Лодейщиков. - Иркутск: ОАО «Иргиредмет». - 1999.

Е.С. ТООМПУУ

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров, Санкт-Петербург*

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТАЛЛОВЫХ ПРОДУКТОВ

Одной из первичных потребностей человека является необходимость питаться. С ростом населения и развитием цивилизации пищу начали производить в промышленных масштабах. Для облегчения технологических операций стали добавлять различные вещества – пищевые добавки. Для увеличения прибыли нужно уменьшить себестоимость получаемой продукции. Один из способов экономии: уменьшить расходы на пищевые добавки. Для этого можно получать некоторые добавки на основе побочных продуктов разных производств, в том числе целлюлозно-бумажного.

Была изучена возможность получения загустителя на основе талловой канифоли, а именно глицеринового эфира. Существенным недостатком такой канифоли, ограничивающим применение в качестве заменителя живичной канифоли в пищевой промышленности, является повышенное содержание серы (0,09 %). Для устранения этого недостатка была проведена очистка путём перекристаллизации из ацетон-спиртового раствора в присутствии перекиси водорода. В качестве осадителя использовали требуемое количество воды. Низкое содержание серы доказано нагреванием образца с формиатом натрия и индикацией выделяющегося сероводорода бумагой, пропитанной ацетатом свинца (предел обнаружения 50 м.д. S).

Очищенную канифоль нагревали с соответствующим количеством глицерина при температуре 260 – 280 °С в атмосфере азота. Для снижения вероятности загрязнения процесс вели без использования катализаторов. (Реакционную массу очищали пропуская пар (260 °С, 2 ч). Отфильтровали через стекловолоконный фильтр (10 мкм), растворили в минимальном количестве ацетона и профильтровали последовательно через силикагель и активированный уголь. Ацетон отогнали в вакууме.

Полученный продукт представляет собой твердое вещество желтоватого оттенка нерастворимое в воде и растворимое в ацетоне. Сравнение данных ИК- и ЯМР-спектроскопии (¹H и ¹³C) для полученного образца и литературных данных по спектрам промышленно-используемых эфиров живичной канифоли (E 445) показало их почти полное совпадение. Отличие может быть связано с отличием в групповом составе присутствующих примесей нейтральных веществ, содержание которых не превышает 3 %, что доказано методом газо-жидкостной хроматографии.

Полученный продукт по своим физико-химическим характеристикам может быть использован в пищевой промышленности в качестве пищевой добавки как эмульгатор и стабилизатор, а также как основа для

смолки при производстве жевательной резинки. Для рекомендации по использованию необходимо проведение всесторонней токсикологической экспертизы.

В настоящее время возросли экологические требования к моторному, в частности, дизельному топливу. Проблемы частично решены путём глубокой очистки от серосодержащих веществ. Это в свою очередь, снизило смазывающие способности дизельного топлива. В связи с этим, широко используются различные присадки, в том числе, на основе высших жирных кислот. Нами предлагается использовать для модификации топливных характеристик добавки на основе производных жирных кислот таллового масла и диолов, а также диаминов. Проведенные предварительные испытания показали эффективность предлагаемых присадок на уровне коммерчески-доступных продуктов.

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук Курзин А.В.

Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть II / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2015. 198 с. (Международный форум-конкурс молодых ученых. 22-24 апреля 2015 г.)
ИП 493

ISBN 978-5-94211-725-2 (Часть II)
ISBN 978-5-94211-723-8

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

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ-КОНКУРС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

22-24 апреля 2015 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 15.04.2015. Формат 60×84/8. Усл.печ.л. 23. Усл.кр.-отт. 25. Уч.-изд.л. 25.
Тираж 150 экз. Заказ 292. С 90.

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный»
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2