

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304466

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF HEMP OIL-BASED EMULSION SYSTEMS COMPOSITION ON THE OXIDATION PRODUCTS CONTENT DURING STORAGE (p. 6–13)**Ekaterina Kunitsia**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5577-7026>**Mykola Popov**Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
Kremenchuk, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0925-5224>**Tatiana Gontar**Ukrainian Engineering Pedagogics Academy,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0758-1752>**Serhii Stankevych**State Biotechnological University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8300-2591>**Inna Zabrodina**State Biotechnological University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8122-9250>**Galyna Stepankova**State Biotechnological University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7969-5671>**Olena Zolotukhina**A Separate Structural Unit «Kharkiv Trade and Economic
Vocational College State University of Trade and Economics»,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0732-7796>**Olesia Filenko**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0277-6633>**Tetiana Novozhylova**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2551-6954>**Dmytro Nechyporenko**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5570-1061>

The object of the study is the content of antioxidants and the induction period of accelerated oxidation under simulated conditions of the lipid component of the emulsion system. The way to solve the problem of developing compositions of oxidation-stable emulsion systems based on nutritionally valuable oils, in particular hemp oil, by adding natural physiologically active antioxidants is considered. The research is relevant in the context of finding effective storage methods and extending the shelf life of products using hemp oil. The

feature of the work lies in determining the influence of the composition of emulsion systems based on hemp oil on chemical oxidation during storage. The content of stabilizers in the hemp oil emulsion system (lecithin – 0.8...1.0 %; xanthan gum – 0.0...0.1 %) is proposed, which is effective in the inhibition of oxidative spoilage. The content range of β -carotene (0.012 %) in model emulsion systems is outlined, the addition of which increases the induction period of accelerated lipid oxidation by 1.58...2.08 times. The peroxide value of the lipid component of the emulsion system during storage at different temperature conditions (0...15 °C) and during different storage periods (15...60 days) was studied.

The results of the study confirm the significant influence of the composition of emulsion systems on the chemical oxidation of the lipid component, which is important for ensuring the quality and stability of food, pharmaceutical and cosmetic products. An applied aspect of the obtained scientific result is the possibility of modeling the composition of emulsion systems based on valuable hemp oil depending on the ratio of polyfunctional antioxidants of the oil component.

Keywords: hemp oil, emulsion system, lecithin, xanthan gum, β -carotene, oxidation products.

References

- Lakshmayya, N. S. V., Mishra, A. K., Mohanta, Y. K., Panda, J., Naik, B., Mishra, B., Varma, R. S. (2023). Essential oils-based nano-emulsion system for food safety and preservation: Current status and future prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 53, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102897>
- Belinska, A., Bliznjuk, O., Masalitina, N., Bielykh, I., Zviahintseva, O., Gontar, T. et al. (2023). Development of biotechnologically transesterified three-component fat systems stable to oxidation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (125)), 21–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287326>
- Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O. et al. (2020). Determination of the influence of natural antioxidant concentrations on the shelf life of sunflower oil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (106)), 55–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209000>
- Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Rudnieva, K. et al. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (101)), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908>
- Kovaliova, O., Tchoursinov, Y., Kalyna, V., Koshulko, V., Kunitsia, E., Chernukha, A. et al. (2020). Identification of patterns in the production of a biologically-active component for food products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (104)), 61–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200026>
- Kunitsia, E., Kalyna, V., Haliasnyi, I., Siedykh, K., Kotliar, O., Dikhtyar, A. et al. (2023). Development of a flavored oil composition based on hemp oil with increased resistance to oxidation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (125)), 26–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287436>

7. Petik, P., Stankevych, S., Zabrodina, I., Zhulinska, O., Mezentseva, I., Haliasnyi, I. et al. (2023). Determination of fat-soluble dyes influence on the oxidation induction period of their oil solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (123)), 13–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279619>
8. Tura, M., Mandrioli, M., Valli, E., Rubino, R. C., Parentela, D., Gallina Toschi, T. (2022). Changes in the composition of a cold-pressed hemp seed oil during three months of storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104270. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104270>
9. Bliznjuk, O., Masalitina, N., Mezentseva, I., Novozhylova, T., Korchak, M., Haliasnyi, I. et al. (2022). Development of safe technology of obtaining fatty acid monoglycerides using a new catalyst. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (116)), 13–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253655>
10. Pérez-Jiménez, J., Neveu, V., Vos, F., Scalbert, A. (2010). Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64 (S3), S112–S120. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221>
11. Serra, J. J., Mura, J., Fagoaga, C., Castellano, G. (2023). Oxidative Stability of Margarine is Improved by Adding Natural Antioxidants from Herbs and Spices. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.1445.v1>
12. Demydova, A., Aksonova, O., Yevlash, V., Tkachenko, O., Kameleva, N. (2022). Antioxidant activity of plants extracts of Ukrainian origin and their effect on the oxidative stability of sunflower oil. *Food Science and Technology*, 16 (3). <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2514>
13. Rashid, R., Masoodi, F. A., Wani, S. M., Manzoor, S., Gull, A. (2022). Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate peel, their nanoencapsulation and application for improvement in shelf life extension of edible oils. *Food Chemistry*, 385, 132608. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132608>
14. Felix-Sagaste, K. G., Garcia-Carrasco, M., Picos-Corrales, L. A., Gonzalez-Ruelas, T., Rodriguez-Mercado, J. A. (2023). Plant-animal extracts and biocompatible polymers forming oil-in-water emulsions: Formulations for food and pharmaceutical industries. *Hybrid Advances*, 3, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100072>
15. Ali, M. A., Chew, S. C. (2022). Efficacy of exogenous natural antioxidants in stability of polyunsaturated oils under frying temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17 (1), 408–429. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01601-0>
16. Eisenkraft, A., Falk, A. (2016). The possible role of intravenous lipid emulsion in the treatment of chemical warfare agent poisoning. *Toxicology Reports*, 3, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2015.12.007>
17. Mikołajczak, N., Tańska, M., Ogródowska, D. (2021). Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 110–138. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.046>
18. Kalinowska, M., Płońska, A., Trusiak, M., Gołębiewska, E., Górlowska-Pietluszenko, A. (2022). Comparing the extraction methods, chemical composition, phenolic contents and antioxidant activity of edible oils from *Cannabis sativa* and *Silybum marianu* seeds. *Scientific Reports*, 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25030-7>
19. Cui, L., Fan, J., Sun, Y., Zhu, Z., Yi, J. (2018). The prooxidant activity of salts on the lipid oxidation of lecithin-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*, 252, 28–32. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.094>
20. Tian, T., Liu, S., Li, L., Wang, S., Cheng, L., Feng, J. et al. (2023). Soy protein fibrils-β-carotene interaction mechanisms: Toward high nutrient plant-based mayonnaise. *LWT*, 184, 114870. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114870>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304930
DETERMINATION THE INFLUENCE OF THE SYNTHETIC ANTIOXIDANTS MIXTURE ON THE OXIDATIVE STABILITY OF SUNFLOWER OIL (p. 14–20)

Nataliia Staroselska

Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National academy of agrarian sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1513-1336>

Gabriella Birta

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6952-7554>

Anatolii Shostia

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1475-2364>

Nadiya Levoshko

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0464-0987>

Svetlana Sorokina

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2137-5077>

Viktoriiia Akmen

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5938-6161>

Viktoriiia Kolesnyk

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3178-9801>

Nataliia Penkina

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-4275>

Volodymyr Dyvak

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8014-815X>

Valentyn Stets

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7818-5474>

The object of the study is the process of sunflower oil oxidation under conditions of increased temperature.

Sunflower oil is one of the most common oils and is used in the chemical, food and other industries. The main type of oil spoilage is oxidation, which is accelerated under the influence of radiation, elevated temperatures, long-term storage with oxygen access. Oxidation products prevent the effective use of oil in chemical reactions and technological processes. An important task is to develop and improve methods for increasing the oxidative stability of sunflower oil using antioxidants.

The oxidation process of refined deodorized frozen sunflower oil according to DSTU 4492 (CAS Number 8001-21-6) was studied by the method of differential scanning calorimetry. The simultaneous effect of synthetic antioxidants (tert-butylhydroquinone, butylhy-

droxyanisole, butylhydroxytoluene) in different ratios on the oil induction period at a temperature of 110 °C was determined. The total concentration of the antioxidant mixture in each experiment was 0.02 %. The initial oil induction period is 270.61 min. Rational ratios of antioxidants were determined: tert-butylhydroquinone: butylhydroxyanisole: butylhydroxytoluene (16.67:66.67:16.67) %; tert-butylhydroquinone: butylhydroxyanisole: butylhydroxytoluene (33.33:33.33:33.33) %. The corresponding oil induction periods were 382.56 min. and 385.87 min.

The effect of citric acid (0.005 %) and defoamer (polydimethylsiloxane, 0.0002 %) on the induction period of oil with the addition of antioxidant mixtures was determined. The corresponding oil induction periods were 420.78 min. and 430.25 min.

The results of the study make it possible to increase the oxidative stability of sunflower oil, which will contribute to the effective use of oil in various areas.

Keywords: oxidative stability, synthetic antioxidants, sunflower oil, induction period, triglyceride hydroperoxides.

References

- Norazlina, M. R., Jahurul, M. H. A., Hasmadi, M., Mansoor, A. H., Norliza, J., Patricia, M. et al. (2021). Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.016>
- Lu, L., Luo, K., Luan, Y., Zhao, M., Wang, R., Zhao, X., Wu, S. (2022). Effect of caffeic acid esters on antioxidant activity and oxidative stability of sunflower oil: Molecular simulation and experiments. *Food Research International*, 160, 111760. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111760>
- van der Westhuizen, I., Focke, W. W. (2018). Stabilizing sunflower biodiesel with synthetic antioxidant blends. *Fuel*, 219, 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.01.086>
- Khabbaz, E. S., Jaldani, S., Farhoosh, R. (2023). Unusual multiphase peroxidation of sunflower oil: A kinetic study. *LWT*, 184, 114981. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114981>
- Rajamohan, S., Hari Gopal, A., Muralidharan, K. R., Huang, Z., Paramasivam, B., Ayyasamy, T. et al. (2022). Evaluation of oxidation stability and engine behaviors operated by *Prosopis juliflora* biodiesel/diesel fuel blends with presence of synthetic antioxidant. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102086. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102086>
- Varghese, S. M., Parisi, S., Singla, R. K., Begum, A. S. A. (2022). Food Safety and Quality Control in Food Industry. *SpringerBriefs in Molecular Science*, 31–44. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06304-6_5
- Bodaira, R. M., Penci, M. C., Ribotta, P. D., Martinez, M. L. (2017). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. *LWT*, 75, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.031>
- Farhoosh, R., Nyström, L. (2018). Antioxidant potency of gallic acid, methyl gallate and their combinations in sunflower oil triacylglycerols at high temperature. *Food Chemistry*, 244, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.025>
- Lu, T., Shen, Y., Wu, Z.-X., Xie, H.-K., Li, A., Wang, Y.-F. et al. (2021). Improving the oxidative stability of flaxseed oil with composite antioxidants comprising gallic acid alkyl ester with appropriate chain length. *LWT*, 138, 110763. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110763>
- Arabsorkhi, B., Pourabdollah, E., Mashadi, M. (2023). Investigating the effect of replacing the antioxidants Ascorbyl palmitate and tocopherol instead of TBHQ on the shelf life of sunflower oil using temperature accelerated method. *Food Chemistry Advances*, 2, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100246>
- Qi, Y. Y., Gong, T., Zhao, P. T., Niu, Y. J., Hu, Y. Y., Hu, C. Y. et al. (2023). Hydroxytyrosyl oleate is a promising safe additive to inhibit the oxidation of olive oil. *Food Control*, 153, 109895. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109895>
- Nogales-Delgado, S., Guiberteau, A., Encinar, J. M. (2022). Effect of tert-butylhydroquinone on biodiesel properties during extreme oxidation conditions. *Fuel*, 310, 122339. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122339>
- Li, J., Chen, J., Bi, Y., Yang, H. (2022). Insight into synergistic antioxidation mechanisms of butyl hydroxyanisole with common synthetic antioxidants. *Grain & Oil Science and Technology*, 5 (3), 114–130. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.06.004>
- Supriyono, Sulisty, H., Almeida, M. F., Dias, J. M. (2015). Influence of synthetic antioxidants on the oxidation stability of biodiesel produced from acid raw *Jatropha curcas* oil. *Fuel Processing Technology*, 132, 133–138. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.12.003>
- Ahmadi, N., Ghavami, M., Rashidi, L., Gharachorloo, M., Nateghi, L. (2024). Effects of adding green tea extract on the oxidative stability and shelf life of sunflower oil during storage. *Food Chemistry: X*, 21, 101168. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101168>
- Mezza, G. N., Borgarello, A. V., Grosso, N. R., Fernandez, H., Prampano, M. C., Gayol, M. F. (2018). Antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation and their effect on oxidative stability of sunflower oil. *Food Chemistry*, 242, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.042>
- Staroselska, N., Korchak, M., Ovsiannikova, T., Falalieieva, T., Ternovyi, O., Krainov, V. et al. (2024). Improving the technology of oxidative stabilization of rapeseed oil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (127)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298432>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306971

DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODEL FOR DETERMINATION OF PARAFFIN DEPOSITION IN KAZAKH CRUDE OIL(p. 21–35)

Adel Sarsenova

Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5960-5678>

Jamilyam Ismailova

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7680-7084>

Abdulakhat Ismailov

Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1957-5168>

Dinara Delikesheva

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5442-4763>

Aigerim Kaidar

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7273-536X>

Kazakhstan's crude oil contains significant amounts of heavy hydrocarbons that solidify as wax at lower temperatures, leading to reduced flow rates and potential blockages in pipelines. Paraffin, a substantial component of crude oil, crystallizes below its pour point, posing challenges for maintaining efficient crude oil transportation. Addressing wax deposition is essential for optimizing oil flow and meeting global energy demand. This article presents an innovative method for forecasting paraffin deposition in Kazakh crude oil, using its chemical composition and thermobaric conditions. The methodology encompassed data analysis, ASTM-standard laboratory tests, and computations employing modified equations for fusion properties calculation. Outcomes comprise computed temperatures, enthalpy, and heat capacity related to melting, along with revised correlations for melting and pour points specific to Kazakh crude oils. The melting point correlation was modified to fit the properties of Kazakh crude oils, resulting in standard deviation of 0.55 %. Computed pour points for hydrocarbons improved by 17 % respectively. As a result of the research a novel software tool was developed and evaluated, highlighting the project's contribution in providing an adjusted thermodynamic model for paraffin deposition forecasting. Comparisons between the developed software, PVTsim, and field data showed the wax appearance temperature (WAT) predictions closely aligned, with 0.74 % of error. This numerical tool shows potential in predicting wax deposition, thus aiding in the planning of oil production and refining processes in Kazakhstan. The importance of this work extends to its potential economic impact on companies and the nation, as well as its environmental benefits by facilitating eco-friendly planning of oil production facilities. Future research could expand on these findings to further enhance predictive models of paraffin precipitation across diverse conditions.

Keywords: forecasted model, paraffin deposition, pour point, melting point, PVT, multisolid model.

References

- Yang, S. (2016). Chemical Composition and Properties of Reservoir Fluids. Springer Mineralogy, 3–26. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53529-5_1
- Leontaritis, K. J. (2007). Wax Flow Assurance Issues in Gas Condensate Multiphase Flowlines. All Days. <https://doi.org/10.4043/18790-ms>
- El-Dalatony, M. M., Jeon, B.-H., Salama, E.-S., Eraky, M., Kim, W. B., Wang, J., Ahn, T. (2019). Occurrence and Characterization of Paraffin Wax Formed in Developing Wells and Pipelines. *Energies*, 12 (6), 967. <https://doi.org/10.3390/en12060967>
- Yang, F., Chen, J., Yao, B., Li, C., Sun, G. (2021). Effects of EVA additive dosage on rheological properties of asphaltenic waxy oils. *Acta Petrolei Sinica*, 37 (3), 572–583. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-8719.2021.03.012>
- Jafari Behbahani, T. (2016). Experimental study and a proposed new approach for thermodynamic modeling of wax precipitation in crude oil using a PC-SAFT model. *Petroleum Science*, 13 (1), 155–166. <https://doi.org/10.1007/s12182-015-0071-4>
- Dalirshafat, R., Feyzi, F. (2007). A thermodynamic model for wax deposition phenomena. *Fuel*, 86 (10–11), 1402–1408. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.11.034>
- Won, K. W. (1986). Thermodynamics for solid solution-liquid-vapor equilibria: wax phase formation from heavy hydrocarbon mixtures. *Fluid Phase Equilibria*, 30, 265–279. [https://doi.org/10.1016/0378-3812\(86\)80061-9](https://doi.org/10.1016/0378-3812(86)80061-9)
- Lira-Galeana, C., Firoozabadi, A., Prausnitz, J. M. (1996). Thermodynamics of wax precipitation in petroleum mixtures. *AIChE Journal*, 42 (1), 239–248. <https://doi.org/10.1002/aic.690420120>
- Pedersen, K. S. (1995). Prediction of Cloud Point Temperatures and Amount of Wax Precipitation. *SPE Production & Facilities*, 10 (01), 46–49. <https://doi.org/10.2118/27629-pa>
- Pan, H., Firoozabadi, A., Fotland, P. (1997). Pressure and Composition Effect on Wax Precipitation: Experimental Data and Model Results. *SPE Production & Facilities*, 12 (04), 250–258. <https://doi.org/10.2118/36740-pa>
- Hansen, J. H., Fredenslund, A., Pedersen, K. S., Rønningsen, H. P. (1988). A thermodynamic model for predicting wax formation in crude oils. *AIChE Journal*, 34 (12), 1937–1942. <https://doi.org/10.1002/aic.690341202>
- Asbaghi, E. V., Assareh, M. (2021). Application of a sequential multi-solid-liquid equilibrium approach using PC-SAFT for accurate estimation of wax formation. *Fuel*, 284, 119010. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119010>
- Asbaghi, E. V., Nazari, F., Assareh, M., Nezhad, M. M. (2022). Toward an efficient wax precipitation model: Application of multi-solid framework and PC-SAFT with focus on heavy end characterization for different crude types. *Fuel*, 310, 122205. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122205>
- Mashhadi Meighani, H., Ghotbi, C., Jafari Behbahani, T. (2016). A modified thermodynamic modeling of wax precipitation in crude oil based on PC-SAFT model. *Fluid Phase Equilibria*, 429, 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2016.09.010>
- Zhang, S., Fan, D., Gong, J., Wang, W. (2023). Simulation Studies of Wax Deposition in Oil-Gas Inclined Shafte. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 59 (5), 1097–1105. <https://doi.org/10.1007/s10553-023-01622-5>
- Sousa, A. M., Matos, H. A., Pereira, M. J. (2019). Modelling Paraffin Wax Deposition Using Aspen HYSYS and MATLAB. 29th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 973–978. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818634-3.50163-6>
- Shahdi, A., Panacharoensawad, E. (2019). SP-Wax: Solid-liquid equilibrium thermodynamic modeling software for paraffinic systems. *SoftwareX*, 9, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.015>
- Riazi, M. (Ed.) (2005). Characterization and Properties of Petroleum Fractions. ASTM. https://doi.org/10.1520/mnl50_1st-eb
- Nichita, D. V., Goual, L., Firoozabadi, A. (2001). Wax Precipitation in Gas Condensate Mixtures. *SPE Production & Facilities*, 16 (04), 250–259. <https://doi.org/10.2118/74686-pa>
- Ismailova, J., Abdurkarimov, A., Kابدushev, A., Taubayev, B. (2023). The implementation of fusion properties calculation to predict wax deposition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (124)), 18–27. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.281657>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305373

INCREASING THE EFFICIENCY OF STIMULATION OF COMPACTED CARBONATE RESERVOIRS WITH ACID SOLUTIONS BASED ON METHYL ACETATE (p. 36–43)

Ivan Zezekalo

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”,
Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-6905>

Oleh Zimin

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”,
Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9281-0462>

Yuliya Laziebna

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”,
Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3863-006X>

The development of oil and gas deposits in compacted rocks is a promising area of development in the oil and gas industry. The object of research in this paper is the filtration properties of compacted rocks. To develop such deposits, special extraction technologies are required. Compacted carbonate rocks are easily dissolved by most acids, but for effective use, it is necessary that working solutions have very low viscosity and surface tension coefficient. Special filtration equipment has been developed for the research, which allows pumping various liquids and gases through rock samples and measuring permeability at pressures up to 1,000 bar.

To determine the effectiveness of the acid solution, three groups of samples were studied: silty sandstone with clay-carbonate cement with a permeability of 0.2–0.95 mD, compacted organogenic-detrital light gray limestone with a permeability of 0.001–0.004 mD, and organogenic-detrital gray limestone with a permeability of 0.04–0.06 mD. In the course of the study, the stimulation fluid was pumped through the samples at a pressure of 200–300 bar and a temperature of 120 °C. The efficiency was determined by the change in nitrogen permeability of the samples before and after the experiments. In general, the studied stimulation fluid allowed increasing the permeability of rocks up to 3–7 times, depending on the rock and research conditions. The solution retains its reactivity for a long time and, due to its low viscosity and surface tension, penetrates deeply into the rock and significantly increases the well treatment radius compared to conventional acid treatments. The use of the developed acid solution for well stimulation will increase the efficiency of hydrocarbon production from compacted reservoirs without the use of hydraulic fracturing.

Keywords: carbonate reservoirs, compacted rocks, well stimulation, improved acid treatment of wells.

References

- Vakarchuk, S. H., Dovzhok, T. Ye., Filiushkin, K. K., Hladun, M. V., Maksymchuk, V. A., Kharchenko, M. V. et al. (2014). *Perspektyvy osvoinnia resursiv hazu ushchilnenykh porid u Skhidnomu naftohazonosnomu rehioni Ukrainy*. Kn. VI. Kyiv: TOV «VTS PRYNT», 208.
- Vakarchuk, S. H. (2015). *Resursnyi potentsial netradytsiynykh vuhlevodniv ushchilnenykh karbonatnykh porid turneiskoho yarusu DDZ*. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 5, 46–49. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/73902342.pdf>
- Zimin, O. L., Zezekalo, I. H., Bondar, H. M., Yevdoshchuk, M. I. (2019) *Perspektyvy rozrobky ushchilnenykh karbonatnykh kolektoriv u mezhakh Dniprovsko-Donetskoï zapadyny*. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 2, 14–18.
- Kalfayan, L. (2008). *Production enhancement with acid stimulation*. Tulsa: PennWell, 252.
- Ruspini, L. C., Øren, P. E., Berg, S., Masalmeh, S., Bultreys, T., Taberner, C. et al. (2021). *Multiscale Digital Rock Analysis for Complex Rocks*. *Transport in Porous Media*, 139 (2), 301–325. <https://doi.org/10.1007/s11242-021-01667-2>
- Mogensen, K., Masalmeh, S. (2020). *A review of EOR techniques for carbonate reservoirs in challenging geological settings*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 195, 107889. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107889>
- Palharini Schwalbert, M., Aljawad, M. S., Hill, A. D., Zhu, D. (2020). *Decision Criterion for Acid Stimulation Method in Carbonate Reservoirs: Matrix Acidizing or Acid Fracturing?* *SPE International Conference and Exhibition on Formation Damage Control*. <https://doi.org/10.2118/199236-ms>
- Yoo, H., Kim, Y., Lee, W., Lee, J. (2018). *An experimental study on acid-rock reaction kinetics using dolomite in carbonate acidizing*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 168, 478–494. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.05.041>
- Ali, M. T., Nasr-El-Din, H. A. (2020). *New Insights into Carbonate Matrix Acidizing Treatments: A Mathematical and Experimental Study*. *SPE Journal*, 25 (03), 1272–1284. <https://doi.org/10.2118/200472-pa>
- Rabie, A. I., Nasr-El-Din, H. A. (2015). *Effect of Acid Additives on the Reaction of Stimulating Fluids During Acidizing Treatments*. *SPE North Africa Technical Conference and Exhibition*. <https://doi.org/10.2118/175827-ms>
- Assem, A. I., Kumar, H. T., Nasr-El-Din, H. A., De Wolf, C. A. (2019). *Location and magnitude of formation damage due to iron precipitation during acidizing carbonate rocks*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 179, 337–354. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.04.073>
- Zimin, O. (2021). *Improvement of acid solutions for stimulation of compacted high-temperature carbonate collectors*. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (3 (62)), 11–14. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.246604>
- Zezekealo, I. H., Zimin, O. L. (2024). *Pat. No. 127806 UA. Sklad dlia obrobky nyzkopronyknoho vysokotemperaturnoho karbonatnoho kolektora pryvybiynoi zony plasta*. No. a202005427; declared: 21.08.2020; published: 10.01.2024, Bul. No. 2. Available at: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=287611>
- Zimin, O., Zezekalo, I. (2024). *Methodology and features of research of filtration properties of compacted deep-seated rocks*. *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology*, 1 (11), 17–24. <https://doi.org/10.20998/2079-0821.2024.01.03>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.307234

DETERMINING THE INFLUENCE OF RELATIVE HUMIDITY ON THE WORKING PARAMETERS OF A GAS SENSOR BASED ON ZINC OXIDE (p. 44–49)

Natalia Minska

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8438-0618>

Alexander Levterov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-7146>

Olga Shevchenko

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2106-5009>

Andrii Sihaiov

National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8121-3782>

Oleksii Shcherbak

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8843-0352>

Serhii Poliakov

Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in
 Luhansk Region, Sievierodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6807-1643>

Vasyl Rotar

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of the
 National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5801-0959>

Oleksandr Rebrov

Institute of Public Administration and Research in Civil
 Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6654-7863>

Volodymyr Kradozhon

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1934-2120>

Nataliia Zobenko

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of the
 National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3870-2046>

This paper investigates the dependence of operating parameters of a gas sensor based on zinc oxide obtained by the method of direct current magnetron sputtering. The production of gas sensor films was carried out using a VUP-5M vacuum unit with an original material-saving magnetron. The study of the dependence of the working parameters of the gas sensor was carried out under standard conditions. It was found that with increasing humidity, the electrical resistance of the gas sensor decreases and, accordingly, the sensitivity to the target gas decreases. A significant reaction of the gas sensor to an increase in humidity was observed in the range of 65–80 % relative humidity. The mechanism of influence of relative humidity on the sensitivity of a gas sensor based on ZnO was investigated. The change in resistance of the gas sensor is caused by trapped electrons on adsorbed oxygen molecules on the surface of the sensitive layer. The capture of electrons from the conduction zone leads to bending of the conduction zone and an increase in the space charge zone, respectively, to a change in the resistance of the sensitive layer of the gas sensor. In the atmosphere, when O₂ molecules are adsorbed on the ZnO surface, they remove an electron from the conduction band. The reaction of oxygen adsorbed on the ZnO surface with reducing gases and the replacement of adsorbed oxygen with other molecules changes the bending of the conduction band and reduces the area of space charge. Adsorption of water on the surface of zinc oxide occurs according to the dissociation mechanism, which consists in the adsorption of steam molecules or hydroxyl groups with the subsequent displacement of previously adsorbed oxygen and free electrons and, accordingly, leads to a decrease in the sensitivity of the gas sensor. In addition, the adsorption of water vapor (H₂O) molecules leads to less chemisorption of oxygen species on the ZnO surface due to the reduction of the surface area, which is responsible for the sensor response. Approaches to reduce the influence of relative humidity on the sensitivity of a gas sensor based on zinc oxide have been proposed.

Keywords: gas sensor, zinc oxide, magnetron sputtering, relative humidity, standard conditions.

References

- Deng, X., Sang, S., Li, P., Li, G., Gao, F., Sun, Y. et al. (2013). Preparation, Characterization, and Mechanistic Understanding of Pd-Decorated ZnO Nanowires for Ethanol Sensing. *Journal of Nanomaterials*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/297676>
- Buryy, O., Ubizskii, S. B. (2017). Nanostructured gas sensors: the state of the art and perspectives for research. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*. Seriya: Radioelektronika ta telekomunikatsiyi, 885, 113–131. Available at: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/jun/13517/17.pdf>
- Popov, O., Ivaschenko, T., Markina, L., Yatsyshyn, T., Iatsyshyn, A., Lytvynenko, O. (2023). Peculiarities of Specialized Software Tools Used for Consequences Assessment of Accidents at Chemically Hazardous Facilities. *Systems, Decision and Control in Energy V*, 779–798. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_45
- Parihar, V., Raja, M., Paulose, R. (2018). A Brief Review of Structural, Electrical and Electrochemical Properties of Zinc Oxide Nanoparticles. *Reviews On Advanced Materials Science*, 53 (2), 119–130. <https://doi.org/10.1515/rams-2018-0009>
- Ryzhikov, A., Jońca, J., Kahn, M., Fajerweg, K., Chaudret, B., Chappelle, A. et al. (2015). Organometallic synthesis of ZnO nanoparticles for gas sensing: towards selectivity through nanoparticles morphology. *Journal of Nanoparticle Research*, 17 (7). <https://doi.org/10.1007/s11051-015-3086-2>
- Kumar, R., Al-Dossary, O., Kumar, G., Umar, A. (2014). Zinc Oxide Nanostructures for NO₂ Gas-Sensor Applications: A Review. *Nano-Micro Letters*, 7 (2), 97–120. <https://doi.org/10.1007/s40820-014-0023-3>
- Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Harbuz, S., Bezuhla, Y. et al. (2020). Use of uncertainty function for identification of hazardous states of atmospheric pollution vector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>
- Harun, K., Mansor, N., Ahmad, Z. A., Mohamad, A. A. (2016). Electronic Properties of ZnO Nanoparticles Synthesized by Sol-gel Method: A LDA+U Calculation and Experimental Study. *Procedia Chemistry*, 19, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.125>
- Minska, N., Ponomarenko, R., Shevchenko, R., Antoshkin, O. (2023). Optimization of the Technology of Creating Sensitive Gas Sensors Based on Zinc Oxide. *Materials Science Forum*, 1096, 81–86. <https://doi.org/10.4028/p-lm4qpy>
- Minska, N., Hvozdz, V., Shevchenko, O., Slepuzhnikov, Y., Murasov, R., Khrystych, V. et al. (2023). Devising technological solutions for gas sensors based on zinc oxide for use at critical infrastructure facilities. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (5 (124)), 34–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286546>
- Agarwal, S., Rai, P., Gatell, E. N., Llobet, E., Güell, F., Kumar, M., Awasthi, K. (2019). Gas sensing properties of ZnO nanostructures (flowers/rods) synthesized by hydrothermal method. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 292, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.04.083>
- Dral, A. P., ten Elshof, J. E. (2018). 2D metal oxide nanoflakes for sensing applications: Review and perspective. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 272, 369–392. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.05.157>
- Danchenko, Y., Andronov, V., Barabash, E., Obigenko, T., Rybka, E., Meleshchenko, R., Romin, A. (2017). Research of the intramolecular interactions and structure in epoxyamine composites with dis-

- persed oxides. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(12(90)), 4–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118565>
14. Bian, H., Ma, S., Sun, A., Xu, X., Yang, G., Yan, S. et al. (2016). Improvement of acetone gas sensing performance of ZnO nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 658, 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.09.217>
 15. Yan, H., Song, P., Zhang, S., Yang, Z., Wang, Q. (2016). Facile synthesis, characterization and gas sensing performance of ZnO nanoparticles-coated MoS₂ nanosheets. *Journal of Alloys and Compounds*, 662, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.12.066>
 16. Umar, A., Khan, M. A., Kumar, R., Algarni, H. (2018). Ag-Doped ZnO Nanoparticles for Enhanced Ethanol Gas Sensing Application. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 18 (5), 3557–3562. <https://doi.org/10.1166/jnn.2018.14651>
 17. Zhang, D., Yang, Z., Li, P., Zhou, X. (2019). Ozone gas sensing properties of metal-organic frameworks-derived In₂O₃ hollow microtubes decorated with ZnO nanoparticles. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 301, 127081. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127081>
 18. Miasoiedova, A., Minska, N., Shevchenko, R., Azarenko, O., Lukashenko, V., Kyrychenko, O. et al. (2023). Improving the manufacturing technology of sensing gas sensors based on zinc oxide by using the method of magnetron sputtering on direct current. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (5 (122)), 31–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277428>
 19. Deyneko, N., Kovalev, P., Semkiv, O., Khmyrov, I., Shevchenko, R. (2019). Development of a technique for restoring the efficiency of film ITO/CdS/CdTe/Cu/Au SCs after degradation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (97)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156565>
 20. Khrypunov, G., Vambol, S., Deyneko, N., Sychikova, Y. (2016). Increasing the efficiency of film solar cells based on cadmium telluride. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (84)), 12–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85617>
 21. Deyneko, N., Kryvulkin, I., Matiushenko, M., Tarasenko, O., Khmyrov, I., Khmyrova, A., Shevchenko, R. (2019). Investigation of photoelectric converters with a base cadmium telluride layer with a decrease in its thickness for tandem and two-sided sensitive instrument structures. *EUREKA: Physics and Engineering*, 5, 73–80. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.001002>
 22. Hübner, M., Simion, C. E., Tomescu-Stănoiu, A., Pokhrel, S., Bărsan, N., Weimar, U. (2011). Influence of humidity on CO sensing with p-type CuO thick film gas sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 153 (2), 347–353. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2010.10.046>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304466**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ КОНОПЛЯНОЇ ОЛІЇ НА ВМІСТ ПРОДУКТІВ ОКИСНЕННЯ ПРИ ЗБЕРІГАННІ (с. 6–13)****К. В. Куниця, М. О. Попов, Т. Б. Гонтар, С. В. Станкевич, І. В. Забродіна, Г. В. Степанькова, О. О. Золотухіна, О. М. Філенко, Т. Б. Новожилова, Д. І. Нечипоренко**

Об'єктом дослідження є вміст антиоксидантів і період індукції прискороного окиснення за модельованих умов ліпідної складової емульсійної системи. Розглянуто шлях вирішення проблеми розробки композицій стабільних до окиснення емульсійних систем на основі цінних в харчовому сенсі олій, зокрема конопляної, за рахунок додавання природних фізіологічно активних антиоксидантів. Дослідження є актуальним у контексті пошуку ефективних методів зберігання та продовження терміну придатності продуктів з використанням конопляної олії. Особливість роботи полягає у визначенні впливу складу емульсійних систем на основі конопляної олії на хімічне окиснення при зберіганні. Запропоновано ефективний з точки зору гальмування окисного псування вміст стабілізаторів в емульсійній системі на основі конопляної олії (лецитин – 0,8...1,0 %; ксантанова камідь – 0,0...0,1 %). Окреслено діапазон вмісту в модельних емульсійних системах β -каротину (0,012 %), при додаванні якого період індукції прискороного окиснення ліпідів збільшується в 1,58...2,08 разів. Досліджено величину пероксидного числа ліпідної складової емульсійної системи при зберіганні за різних температурних умов (0...15 °C) і протягом різних термінів зберігання (15...60 діб).

Результати дослідження підтверджують значний вплив складу емульсійних систем на хімічне окиснення ліпідної складової, що є важливим для забезпечення якості та стабільності харчових, фармацевтичних та косметичних продуктів. Прикладним аспектом використання отриманого наукового результату є можливість моделювання складу емульсійних систем на основі цінної конопляної олії в залежності від співвідношень поліфункціональних антиоксидантів олійної складової.

Ключові слова: конопляна олія, емульсійна система, лецитин, ксантанова камідь, β -каротин, продукти окиснення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304930**ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ СУМІШІ СИНТЕТИЧНИХ АНТИОКСИДАНТІВ НА ОКИСЛЮВАЛЬНУ СТАБІЛЬНІСТЬ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ (с. 14–20)****Н. С. Старосельська, Г. О. Бірта, А. М. Шостя, Н. В. Левощко, С. В. Сорокіна, В. О. Акмен, В. В. Колесник, Н. М. Пенкіна, В. В. Дивак, В. М. Стець**

Об'єктом дослідження є процес окиснення соняшникової олії за умов підвищення температури.

Соняшникова олія є однією з найбільш розповсюджених олій та застосовується у хімічній, харчовій та інших галузях промисловості. Основним видом псування олії є окиснення, яке прискорюється під впливом випромінювання, підвищених температур, тривалого зберігання із доступом кисню. Продукти окиснення перешкоджають ефективному застосуванню олії в хімічних реакціях та технологічних процесах. Важливим завданням є розробка та удосконалення методів підвищення окислювальної стабільності соняшникової олії з використанням антиоксидантів.

Досліджено процес окиснення олії соняшникової рафінованої дезодорованої вимороженої за ДСТУ 4492 (CAS Number 8001-21-6) методом диференційної скануючої калориметрії. Визначено одночасний вплив синтетичних антиоксидантів (трет-бутилгідроксіон, бутилгідроксианізол, бутилгідрокситолуол) у різних співвідношеннях на період індукції олії за температури 110 °C. Сумарна концентрація суміші антиоксидантів у кожному досліді становила 0,02 %. Період індукції початкової олії складає 270,61 хв. Встановлено раціональні співвідношення антиоксидантів: трет-бутилгідроксіон: бутилгідроксианізол: бутилгідрокситолуол (16,67:66,67:16,67) %; трет-бутилгідроксіон: бутилгідроксианізол: бутилгідрокситолуол (33,33:33,33:33,33) %. Відповідні періоди індукції олії склали 382,56 хв. та 385,87 хв.

Встановлено вплив лимонної кислоти (0,005 %) та піногасника (полідиметилсилоксан, 0,0002 %) на період індукції олії з додаванням сумішей антиоксидантів. Відповідні періоди індукції олії склали 420,78 хв. та 430,25 хв.

Результати досліджень дозволяють збільшити стійкість соняшникової олії до окиснення, що сприятиме ефективному використанню олії за різними напрямками.

Ключові слова: окислювальна стабільність, синтетичні антиоксиданти, соняшникова олія, період індукції, гідроперокси тригліцеридів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306971**РОЗРОБКА ПРОГНОЗНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОСАДЖЕННЯ ПАРАФІНУ В КАЗАХСЬКІЙ СИРІЙ НАФТІ (с. 21–35)****Adel Sarsenova, Jamilyam Ismailova, Abdulakhat Ismailov, Dinara Delikesheva, Aigerim Kaidar**

Казахстанська сира нафта містить значну кількість важких вуглеводнів, які твердіють у вигляді парафіну при низьких температурах, що призводить до зниження швидкості потоку та потенційних закупорок у трубопроводах. Парафін, істотний компонент сирої нафти, кристалізується нижче температури застигання, що створює проблеми для підтримки ефективного транспортування сирої нафти. Вирішення проблеми відкладення парафіну має важливе значення для оптимізації потоку нафти та задоволення глобаль-

ного попиту на енергію. У цій статті представлено інноваційний метод прогнозування осадження парафіну в казахстанській сирій нафті з використанням її хімічного складу та термобаричних умов. Методологія включала аналіз даних, лабораторні випробування за стандартом ASTM та обчислення з використанням модифікованих рівнянь для розрахунку властивостей плавлення. Результати включають обчислені температури, ентальпію та теплоємність, пов'язані з плавленням, а також переглянуті кореляції для температур плавлення та застигання, характерних для казахстанської сирої нафти. Кореляцію точки плавлення було модифіковано відповідно до властивостей казахстанської сирої нафти, що призвело до стандартного відхилення 0,55 %. Обчислені точки застигання для вуглеводнів покращилися на 17 % відповідно. У результаті дослідження було розроблено та оцінено новий програмний інструмент, який підкреслює внесок проекту у створення скоригованої термодинамічної моделі для прогнозування осаджень парафіну. Порівняння між розробленим програмним забезпеченням, PVTsim, і польовими даними показало, що прогнози температури появи воску (WAT) тісно узгоджуються з 0,74% похибкою. Цей чисельний інструмент показує потенціал у прогнозуванні осаджень парафіну, таким чином допомагаючи в плануванні видобутку нафти та процесів переробки в Казахстані. Важливість цієї роботи поширюється на її потенційний економічний вплив на компанії та націю, а також її переваги для навколишнього середовища через сприяння екологічному плануванню нафтовидобувних потужностей. Майбутні дослідження можуть розширити ці висновки для подальшого вдосконалення прогнозних моделей випадіння парафіну в різних умовах.

Ключові слова: прогнозована модель, осадження парафіну, температура застигання, температура плавлення, PVT, мультитверда модель.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.305373

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ УЩІЛЬНЕНИХ КАРБОНАТНИХ КОЛЕКТОРІВ КИСЛОТНИМИ РОЗЧИНАМИ НА ОСНОВІ МЕТИЛАЦЕТАТУ (с. 36–43)

І. Г. Зезекало, О. Л. Зімін, Ю. В. Лазєбна

Розробка покладів нафти і газу в ущільнених гірських породах є перспективним напрямом розвитку нафтогазової галузі. Об'єктом досліджень у роботі є фільтраційні властивості ущільнених гірських порід. Для розробки покладів таких порід необхідне застосування спеціальних технологій видобування. Ущільнені карбонатні породи легко розчиняються більшістю кислот, але для ефективного застосування необхідно щоб робочі розчини мали дуже низьку в'язкість та коефіцієнт поверхневого натягу. Для досліджень розроблено спеціальне фільтраційне обладнання, яке дозволяє прокачувати різноманітні рідини та гази крізь зразки гірської породи та проводити заміри проникності при тисках до 1000 бар.

Для визначення ефективності кислотного розчину досліджувались три групи зразків: алевритистий пісковик з глинисто-карбонатним цементом проникністю 0,2–0,95 мД, ущільнений органогенно-детритовий світло-сірий вапняк проникністю 0,001–0,004 мД та органогенно-детритовий сірий вапняк проникністю 0,04–0,06 мД. У процесі досліджень крізь зразки прокачувалась рідина інтенсифікації при тисках 200–300 бар та температурі 120 °С. Ефективність визначалася за зміною проникності зразків по азоту до та після експериментів. В цілому досліджуваний розчин інтенсифікації дозволив збільшити проникність порід до 3–7 разів у залежності від породи та умов проведення досліджень. Розчин тривалий час зберігає реакційну здатність та завдяки низькій в'язкості та поверхневому натягу глибоко проникає в породу і значно збільшує радіус обробки свердловини в порівнянні зі звичайними кислотними обробками. Застосування розробленого кислотного розчину при інтенсифікації свердловин дозволить підвищувати ефективність видобування вуглеводнів із ущільнених колекторів без застосування гідравлічного розриву пласта.

Ключові слова: карбонатні колектори, ущільнені гірські породи, інтенсифікація свердловин, удосконалена кислотна обробка свердловин.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.307234

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ НА РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ ГАЗОВОГО СЕНСОРУ НА ОСНОВІ ОКСИДУ ЦИНКУ (с. 44–49)

Н. В. Мінська, О. А. Левтеров, О. С. Шевченко, А. О. Сігайов, О. С. Щербак, С. В. Поляков, В. Б. Ротар, О. В. Ребров, В. А. Крадожон, Н. В. Зобенко

В роботі досліджено залежність робочих параметрів газового сенсору на основі оксиду цинку, отриманого методом магнетронного розпилення на постійному струмі від впливу відносної вологості. Дослідження залежності робочих параметрів газового сенсору проводилось за стандартних умов. Було встановлено, що зі збільшенням вологості електричний опір газового датчика зменшується і, відповідно, зменшується чутливість до цільового газу. Значна реакція газового датчика на підвищення вологості спостерігається в діапазоні 65–80 % відносної вологості. Зміна опору газового датчика спричинена захопленнями електронами на адсорбованих молекулах кисню на поверхні чутливого шару. Захоплення електронів із зони провідності призводить до вигину зони провідності та збільшення зони просторового заряду, відповідно, до зміни опору чутливого шару газового сенсору. В атмосфері, коли молекули O₂ адсорбуються на поверхні ZnO, вони видаляють електрон із зони провідності. Реакція адсорбованого на поверхні ZnO кисню з відновними газами та заміна адсорбованого кисню іншими молекулами змінює вигин зони провідності та зменшує область просторового заряду. Адсорбція води на поверхні оксиду цинку відбувається за механізмом дисоціації, який полягає в адсорбції молекул пари або гідроксильних груп з подальшим витісненням попередньо адсорбованого кисню та вільних електронів. Таким чином, це призводить до зниження чутливості газового сенсору. Адсорбція молекул водяної пари (H₂O) також призводить до зменшення хемосорбції форм кисню на поверхні ZnO через зменшення площі поверхні, яка відповідає за відгук сенсора. Запропоновано підходи щодо зменшення впливу відносної вологості на чутливість газового сенсору на основі оксиду цинку.

Ключові слова: газовий сенсор, оксид цинку, магнетронне розпилення, відносна вологість, стандартні умови.