

Lithofacies-based paleoenvironmental analyses and geochemistry the of the Lumshiwal Formation, Surghar Range, Pakistan

Analizy paleośrodowiskowe i geochemia litofacji formacji Lumshiwal, pasmo Surghar, Pakistan

Iftikhar Alam¹, Nazir-ur-Rehman², Shuja Ullah^{3,*}, Afrasiab², Sarfraz Khan³, Nasim Javid², Khalid Khan⁴

¹ Pakistan Atomic Energy Commission, REO

² Khushal Khan Khattak University, Pakistan

³ National Centre of Excellence in Geology, University of Peshawar, Pakistan

⁴ Geological Survey of Pakistan

ABSTRACT: Rock samples from the Lumshiwal Formation exposed in Pannu Nala and Karandi Nala were collected near the Malla Khel area in the Surghar Range to analyze its depositional paleoenvironment, geochemistry, lithofacies, and reservoir potential. The lower contact of the Lumshiwal Formation with the Chichali Formation is transitional, and it is unconformably overlain by the Paleocene Hangu Formation. The thickness of the formation at the study area is 190 m. Field investigations suggest that the formation thins eastward along the EW transect of the Surghar Range. The formation is composed mostly of fine- to medium-grained sandstone, although a few sections exhibit medium- to coarse-grained textures, and it is almost devoid of fossils. Belemnite fossils were observed in the lowermost layers of the formation. Sandstones within the Lumshiwal Formation are categorized as subarkose to arkosic arenite based on their modal composition, with some samples classified as lithic arkose. Based on the lithofacies and geochemical (XRD) analyses, the depositional environment of the Lumshiwal Formation is interpreted as transitional, ranging from deltaic to shallow marine. Furthermore, the formation exhibits economically significant enrichment in carbonaceous material, with coal seams observed at multiple intervals.

Key words: Lumshiwal Formation, Surghar Range, depositional modeling, lithofacies analysis, geochemical analysis.

STRESZCZENIE: Próbkę skał z formacji Lumshiwal, odsłoniętej w rejonach Pannu Nala i Karandi Nala, zostały pobrane w rejonie Malla Khel w paśmie Surghar w celu przeprowadzenia analizy paleośrodowiska sedymentacji, geochemii, litofacji oraz potencjału zbiornikowego. Dolna granica formacji Lumshiwal z formacją Chichali ma charakter przejściowy, a od góry przykrywa ją paleoceńska formacja Hangu. Miąższość formacji w badanym rejonie wynosi 190 m. Badania terenowe wskazują na zmniejszanie się miąższości formacji w kierunku wschodnim wzdłuż osi wschód-zachód pasma Surghar. Formacja zbudowana jest głównie z drobno- do średnioziarnistych piaskowców, choć w niektórych profilach występują również piaskowce średnio- i gruboziarniste. Jest ona niemal całkowicie pozbawiona skamieniałości – jedynie w najniższych warstwach formacji występują skamieniałości belemnitów. Piaskowce formacji Lumshiwal, na podstawie ich składu modalnego, sklasyfikowano jako subarkozowe do arenitów arkozowych, przy czym niektóre próbki zaklasyfikowano jako arkozowolityczne. Na podstawie analiz litofacjalnych i geochemicznych (XRD) paleośrodowisko sedymentacji formacji Lumshiwal określa się jako przejściowe, od deltowego po płytkomorskie. Ponadto, formacja wykazuje istotne ekonomicznie wzbogacenie w materiał węglonośny, z warstwami węgla występującymi w wielu poziomach.

Słowa kluczowe: formacja Lumshiwal, pasmo Surghar, modelowanie depozycji, analiza litofacji, analiza geochemiczna.

References

- Ahmad S., Ali F., Sayab M., Ahmad I., Hamidullah S., 1999. Structural geometry of the Himalayan Frontal Thrust Zone: Surghar Range, Pakistan. *Geological Bulletin, University of Peshawar*, 32: 13–23.
- Alam I., 2008. Structural and stratigraphic framework of the Marwat-Khisor ranges, N.W.F.P, Pakistan. Unpublished doctoral dissertation. *National Centre of Excellence in Geology, University of Peshawar, Pakistan*.
- Alam I., Ahmad S., Ali F., Khan M.W., 2015. Architecture of fold-thrust assemblages in the Marwat-Khisor ranges of the outer Himalayan Orogenic Belt of Pakistan. *Journal of Himalayan Earth Sciences*, 48(2): 9.
- Alam I., Rehman N.U., Afrasiab, Ullah S., Azeem M.W., Iqbal S., Rehan M.S., Khan K., 2023. Petrographic investigations of the sandstone of the Dhok Pathan Formation, Southeastern Hazara, North Pakistan: Implications for the provenance. *Acta Musei Moraviae. Scientiae Geologicae*, 108(1): 127–140.
- Arif M., Ali B., Khan M.A., Ghafoor A., 2009. Petrography of sandstone of the Lumshiwal Formation from the Samana Range, Hangu, Northwestern Pakistan: Implications for provenance, diagenesis and environments of deposition. *Pakistan Journal of Hydrocarbon Research*, 19: 1–9.
- Blatt H., Middleton G., Murray R., 1980. Origin of sedimentary rocks. 2nd ed. *Prentice Hall*, 634.
- Crook K.A.W., 1974. Lithostratigraphy and Geotectonic: The Significance of Composition Variation in Flysch arenites (Graywackes). [In:] Dott R.H., Shaver R.H. (eds.), Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, 19: 304–310. DOI: 10.2110/pec.74.19.0304.
- Dickinson W.R., Suczek C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bulletin*, 63(12): 2164–2182. DOI: 10.1306/2F9188FB-16CE-11D7-8645000102C1865D.
- Fatmi A.N., 1968. The paleontology and stratigraphy of the Mesozoic rocks of Western Kohat, Kala Chitta, Hazara, Trans Indus Ranges, West Pakistan. Unpublished doctoral dissertation. *University of Wales*.

- Fatmi A.N., Cheema M.R., 1972. Early Jurassic cephalopods from Khisor-Marwat Range (Sheikh Budin Hills), Dera Ismail, N.W.F.P, Pakistan. *Geological Survey of Pakistan Records*, 21.
- Folk R.L., 1974. The Petrology of Sedimentary Rocks. *Hemphill Publishing Co., Austin*, 182.
- Gee E.R., 1945. The age of the Saline Series of the Punjab and of Kohat. *Proceedings of the Indian National Academy of Sciences*, 14: 269–310.
- Kadri I.B., 1995. Petroleum geology of Pakistan. *Pakistan Petroleum Limited*.
- Rahim Y., Khan M.S., Mughal S., 2018. Petrography of sandstone of the Lumshiwal formation from eastern Hazara, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan: Implications for provenance, diagenesis and environments of deposition. *Earth Sciences Pakistan (ESP)*, 2(2): 1–6. DOI: 10.26480/esp.02.2018.01.06.
- Rehman U.N., Ahmad I., Ahmad S., Waheedullah, 2016. Structural analysis of the Kharthop and Kalabagh Hills area, Mianwali District, Punjab, Pakistan. *Journal of Himalayan Earth Sciences*, 49(2): 63–74.
- Rehman U.N., Ahmad S., Ali F., Alam I., Shah A., 2017. Joints/fractures analyses of Shinawah area, District Karak, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Journal of Himalayan Earth Sciences*, 50(2): 93–113.
- Rehman U.N., Ahmad S., Faisal S., Asghar Ali A., Azeem W.M., Afrasiab, Ullah S., Javed S., 2022. Geological mapping and neotectonics studies of the Eocene limestone distributed over Mala Khel Anticline, Trans Indus Ranges, North West Himalayas, Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(14): 1281. DOI: 10.1007/s12517-022-10573-w.
- Rehman U.N., Ahmad S., Faisal S., Ullah S., Khan A.M., Islam F., 2024. Structural modeling of the southern Kohat Basin and Frontal Ranges: Implications for tectonic evolution and hydrocarbon play. *Journal of Solid Earth Sciences*, 9(2): 100165. DOI: 10.1016/j.sesci.2024.100165.
- Shah S.M.I., 2009. Stratigraphy of Pakistan (Memoirs of the Geological Survey of Pakistan No. 22). *Ministry of Petroleum and Natural Resources, Geological Survey of Pakistan*, 22.
- Ullah S., Ali N., Latif K., Iqbal S., Tahir M., Hussain H.S., Turab S.A., Mumtaz A., Mohibullah M., 2022. Paleoenvironments and sequence stratigraphy of the Early Jurassic Datta Formation, Chichali Nala, Surghar Range, Pakistan. *Himalayan Geology*, 43(1A): 111–121.
- Ullah S., Hanif M., Radwan A.E., Luo Ch., Rehman N.U., Ahmad S., Ahmad S., Latif K., Ali N., Thanh H.V., Asim M., Ashraf U., 2023. Depositional and diagenetic modeling of the Margala Hill Limestone, Hazara area (Pakistan): Implications for reservoir characterization using outcrop analogues. *Geoenergy Science and Engineering*, 224, 211584. DOI: 10.1016/j.geoen.2023.211584.
- Warwick P.D., 1995. Lithofacies and palynostratigraphy of some Cretaceous and Paleocene rocks, Surghar and Salt Range coal fields, northern Pakistan (No. 2096). *U.S. Government Printing Office*.

Nafta-Gaz 2025, nr 8, s. 509–513, DOI: 10.18668/NG.2025.08.02

Możliwości rozbudowy PMG z wykorzystaniem dodatkowych horyzontów

Possibilities of expanding the UGS using additional horizons

Agnieszka Moska, Mariusz Miziołek, Bogdan Filar, Tadeusz Kwilosz

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Podziemne magazyny gazu (PMG) należą do jednych z głównych elementów systemu gazowniczego. Do ich podstawowych zadań należą m.in. zaspokajanie skokowego zapotrzebowania na gaz w sezonie zimowym oraz pełnienie roli rezerw strategicznych. W Polsce działa obecnie siedem podziemnych magazynów gazu wysokometanowego. Dwa z nich zostały utworzone w kawernach solnych, a pozostałe w częściowo wyeksploatowanych złożach gazu. Sumaryczna pojemność czynna działających w Polsce magazynów wynosi aktualnie 3,326 mld m³ (stan na dzień 31.03.2025 r.), co jest wielkością niewystarczającą na tle średniej pojemności PMG w Unii Europejskiej. W artykule został przedstawiony projekt koncepcji rozbudowy pojemności czynnej teoretycznego podziemnego magazynu gazu z wykorzystaniem dodatkowego horyzontu. Wstępnego projektu rozbudowy dokonano z założeniem, że załaczanie i odbiór gazu z dodatkowego poziomu będą się odbywały z wykorzystaniem stacji sprężania gazu obsługującej przykładowy magazyn oraz że do eksploatacji nowej części magazynu włączone zostaną istniejące odwierty. Górne ciśnienie pracy projektowanego podziemnego magazynu gazu będzie równe ciśnieniu pracy przykładowego PMG. Pojemność całkowita dodatkowego horyzontu magazynowego, obliczona dla górnego ciśnienia magazynowania, będzie równa 280 mln m³*. Z tego pojemność czynna i buforowa PMG wyniosą po 140 mln m³. W pracy zawarto obliczenia wydajności absolutnej odwiertów, która będzie się zmieniać w przedziale 65–420 m³/min. Na tej podstawie sporządzono charakterystykę wydajności średniego odwiertu, która dla określonego zakresu ciśnień zmienia się w przedziale 110–160 m³/min. Te dane posłużyły z kolei do określenia liczby odwiertów koniecznych do eksploatacji magazynu wytworzonego w nowym horyzoncie. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że zakładaną pojemność czynną 140 mln m³ będzie można wyeksploatować w czasie 120 dni przy włączeniu do eksploatacji 6 odwiertów.

Słowa kluczowe: podziemne magazyny gazu, PMG, pojemność czynna.

ABSTRACT: Underground gas storage (UGS) facilities are one of the main elements of the gas supply system. Their primary functions are to meet sudden increases in gas demand during the winter season and to serve as strategic reserves. Currently, Poland operates seven high-methane UGS facilities. Two are located in salt caverns, while the other five are developed in depleted gas reservoirs. As of 31 March 2025, the total active storage capacity of these facilities in Poland is 3.326 billion m³, which remains insufficient compared to the average UGS capacity in the European Union. This article presents a conceptual design for increasing the active capacity of a theoretical UGS facility by incorporating an additional storage horizon. The proposed expansion assumes that gas injection and withdrawal from the new horizon will use the existing gas compression station at the reference facility, and that existing wells will be adapted for operation within the new storage section. The upper operating pressure of the planned facility is assumed to match that of the reference UGS. The total capacity of the additional storage horizon, calculated at the upper storage pressure, is estimated at 280 million m³*. Active and buffer capacities are each assumed to be 140 million m³. The study includes calculations of the absolute deliverability of the wells, ranging from 65 to 420 m³/min. Based on these values, an average well deliverability profile was developed, showing deliverability between 110 and 160 m³/min across the defined pressure range. These data were used to determine the number of wells required to operate the storage facility created in the additional hori-

zon. The calculations indicate that the planned active capacity of 140 million m³ could be depleted within 120 days with six wells in operation.

Key words: underground gas storage, UGS, active capacity.

Literatura

- Bruno M.S., Dewolf G., Foh S., 2000. Geomechanical analysis and decision analysis for delta pressure operations in gas storage reservoirs. *American Gas Association Operations Conference, Denver, CO, May 7–9, 2000*.
- Bruno M.S., Dusseault M.B., Balaa T.T., Barrera J.A., 1998. Geomechanical analysis of pressure limits for gas storage reservoirs. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 35(4): 569–571. DOI: 10.1016/S0148-9062(98)00085-0.
- Filar B., 2018. Analiza możliwości rozbudowy pojemności czynnej podziemnego magazynu gazu w wyniku podnoszenia górnego ciśnienia pracy PMG powyżej pierwotnego ciśnienia złoża gazu. *Nafta-Gaz*, 74(4): 279–283. DOI: 10.18668/NG.2018.04.03.
- Filar B., Kwilosz T., Miziołek M., Moska A., 2022a. Pojemność czynna podziemnych magazynów gazu w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej. *Materiały konferencyjne Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Geopetrol 2022, Kraków*, 185–195.
- Filar B., Kwilosz T., Miziołek M., Moska A., 2022b. Trzeba zwiększyć pojemność PMG. Rynek Polskiej Ropy i Gazu. *Raport INiG – PIB*, 17: 68–74.
- Filar B., Miziołek M., Kwilosz T., 2020. Dostosowanie parametrów pracy PMG do aktualnych potrzeb rynku gazu ziemnego w Polsce. *Nafta-Gaz*, 76(9): 601–609. DOI: 10.18668/NG.2020.09.06.
- Sharples J.D., 2016. The importance of gas storage facilities in the European gas and power markets. *International Journal of Environmental Studies*, 73(3): 369–378. DOI: 10.1080/00207233.2016.1165482.

Nafta-Gaz 2025, no. 8, pp. 514–523, DOI: 10.18668/NG.2025.08.03

Development of the optimal design option for reducing energy losses in sucker rod pumps

Opracowanie optymalnej opcji konstrukcyjnej w celu zmniejszenia strat energii w pompach żerdziowych

Tahir S. Suleymanov, Suleyman V. Efendi, Khalig S. Mammadov

Azerbaijan State Oil and Industry University

ABSTRACT: This article addresses efficiency challenges in sucker rod pumps (SRPs), particularly those arising from back leakage at the plunger–cylinder interface. Such leakage leads to pressure drops, reduced volumetric efficiency, and overall energy loss during oil production. To mitigate these issues, this research investigates various design modifications – including the integration of plungers with cuffs, grooved and checkerboard-patterned surfaces, and the application of visco-plastic fluids at the interface. These configurations aim to reduce fluid backflow and improve lubrication, thereby extending component life and improving pump efficiency. A comprehensive theoretical framework was developed, incorporating the resistance coefficients, Reynolds number, and surface roughness parameters to model leakage behavior. An empirical formula was derived to optimize flow velocity and pipe diameter, enhancing oil transportation efficiency within the system. Simulations based on the developed models were performed to evaluate the wear distribution along the plunger surface under different loading and friction conditions. The results revealed that the most significant wear occurs at the top and bottom extremities of the plunger, aligning with known failure zones in SRP operation. The novelty of this work lies in the integration of geometric surface features (grooves, screw holes, and textured patterns) with fluid-structure interaction modeling to strategically control leakage and minimize localized wear. Unlike existing studies that rely on isolated analytical or experimental approaches, this research introduces a holistic simulation-backed design optimization strategy. It is shown that such design improvements can increase oil recovery efficiency by 3–12%, with even a 1% gain translating into considerable economic benefits at field scale. Ultimately, the findings provide actionable insights for improving sucker rod pump design and operation, contributing to more energy-efficient and cost-effective oil extraction processes.

Key words: liquid and gas, resistance coefficient, piping, plunger, cylinder, sucker rod pump, metric thread.

STRESZCZENIE: Niniejszy artykuł porusza problemy, związane z efektywnością pracy pomp żerdziowych, w szczególności tych spowodowanych cofaniem się płynu między tłokiem a cylindrem. Prowadzą one do spadków ciśnienia i zmniejszenia sprawności objętościowych pompy oraz ogólnych strat energetycznych podczas wydobywania ropy. Aby ograniczyć te problemy, w badaniach przeanalizowano różne modyfikacje konstrukcyjne, takie jak: stosowanie tłoków z mankietem uszczelniającym, rowkowanych powierzchni, otworów gwintowanych oraz cieczy lepkoplastycznych na styku elementów. Celem tych konfiguracji jest zmniejszenie cofania się cieczy oraz poprawa smarowania, co prowadzi do wydłużenia trwałości komponentów i poprawy efektywności pompy. Opracowano modele matematyczne, uwzględniające współczynnik oporu, liczbę Reynoldsa oraz względną chropowatość powierzchni, w celu skutecznego kontrolowania natężenia wycieków. Dodatkowo, wyprowadzono wzór empiryczny służący do wyznaczania optymalnej średnicy rur i prędkości przepływu, co pozwala zwiększyć efektywność transportu ropy. Przeprowadzono symulacje oparte na opracowanych modelach, aby ocenić rozkład zużycia powierzchni tłoka, uwzględniając współczynniki tarcia oraz obciążenia. Wyniki wykazały, że największe zużycie występuje w górnych i dolnych partiach tłoka, co jest zgodne ze znanymi strefami zużycia pomp żerdziowych. Innowacyjność tej pracy polega na integracji cech geometrycznych (rowki, otwory gwintowane, wzory teksturowane) z modelowaniem oddziaływania płyn-struktura, aby móc kontrolować cofanie się płynu i minimalizować lokalne zużycie. W odróżnieniu do istniejących badań, które opierają się na indywidualnych podejściach analitycznych lub eksperymentalnych, to badanie przedstawia kompleksową strategię optymalizacji projektowania wspartą symulacjami. Wykazano, że takie modyfikacje mogą skutkować zwiększeniem wydobywania ropy o 3–12%. Nawet 1% wzrost odzysku ropy może przynieść znaczne korzyści finansowe. Uzyskane wyniki dostarczają użytecznych wskazówek do ulepszania konstrukcji i eksploatacji pomp żerdziowych, przyczyniając się do bardziej energooszczędnych i opłacalnych procesów wydobywania ropy.

Słowa kluczowe: ciecz i gaz, współczynnik oporu, rurociągi, tłok, cylinder, pompa żerdziowa, gwint metryczny.

References

- Ahmedov B., 2020. Assessment of dynamic efforts taking into account of inertial and vibrating loads in deaxial pumping units. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 10(4): 1401–1409. DOI: 10.1007/s13202-020-00836-1.
- Aliev T.A., Guluyev G.A., Rzaev A.G., Pashayev F.G., 2009. Correlation indicators of micro-changes in the technical states of control objects. *Cybernetics and Systems Analysis*, 4: 169–178.
- Berrada A., Loudiyi K., 2019. System performance and testing. [In:] Berrada A., Loudiyi K. (eds.) *Gravity Energy Storage*. Elsevier, 205–139. DOI: 10.1016/B978-0-12-816717-5.00005-0.
- Ceylan K., Kelbaliyev G., 2003. The roughness effects on friction and heat transfer in the fully developed turbulent flow in pipes. *Applied Thermal Engineering*, 23(5): 557–570. DOI: 10.1016/S1359-4311(02)00225-9.
- Fakher S., Khlaifat A., Hossain M.E., Nameer H., 2021. A comprehensive review of sucker rod pumps' components, diagnostics, mathematical models, and common failures and mitigations. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(10): 3815–3839. DOI: 10.1007/s13202-021-01270-7.
- Farshad F., Rieke H.H., 2005. Technology innovation for determining surface roughness in pipes. *Journal of Petroleum Technology*, 57(10): 82–85. DOI: 10.2118/79123-MS.
- Hansen J., Björling M., Larsson R., 2018. Mapping of the lubrication regimes in rough surface EHL contacts. *Tribology International*, 131: 637–651. DOI: 10.1016/j.triboint.2018.11.015.
- Ismailov O.D., Shabanova Z.A., Veliev F.G., 2018. Analysis of causes of complications in oil and gas production facilities. *Petrochemical Refining and Petrochemistry*, 7: 46–51.
- Ivanovskiy V.N., Dubinov Y.S., Pekin S.S., Bulat A.V., 2016. Optimization of hollow sucker rod selection using a mathematical model of rod behavior in a well. *Proceedings of Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)*, 1: 89–97.
- Jalikop S.V., Scheichl B., Eder S.J., Hönig S., 2020. Computational fluid dynamics model to improve sucker rod pump operating mode. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Virtual, October 2020*. DOI: 10.2118/201285-MS.
- Jamalbayov M., Valiyev N.A., Ibrahimov K.M., Babayev M., Novruzova S.H., 2024. Energy and Efficiency Optimization in Sucker-Rod Pumping Using Discrete-Imitation Modeling Concept: Application to Well Operations in the Bibi-Eibat Field of Azerbaijan. *SOCAR Proceedings*, 1 (Special Issue): 95–101. DOI: 10.5510/OGP2024SI101005.
- Kelbaliyev G.I., Rasulov S.R., 2019. Hydrodynamics and Mass Transfer in Dispersed Media. *Khimizdat, Moscow*.
- Langbauer C., Fruhwirth R.K., Volker L., 2021. Sucker rod antibuckling system: development and field application. *SPE Production & Operations*, 36(2): 327–342. DOI: 10.2118/205352-PA.
- Mustafayev S.D., 2010. Operation of wells using sucker rod pumps. *Elm, Baku*, 264–288.
- Reynolds M.M., 1988. Fiberglass sucker rod design considerations. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 27(5). DOI: 10.2118/88-05-06.
- Wang D., Liu H., 2018. Prediction and analysis of polished rod dynamometer card in sucker rod pumping system with wear. *Shock and Vibration*, 2018(1): 1–10. DOI: 10.1155/2018/4979405.
- Wang X.S., Rowlan L., Elsharafi M., Emila M.A., Grejtak T., Taylor C.A., 2019. On Leakage Issues of Sucker Rod Pumping Systems. *Journal of Fluids Engineering*, 141(11). DOI: 10.1115/1.4043500.
- Yao Y., Zhou Y., 2018. Effects of deep cryogenic treatment on wear resistance and structure of GB 35CRMOV steel. *Metals*, 8(7): 502. DOI: 10.3390/met8070502.
- Yin J., Sun D., Yang Y., 2020. A novel method for diagnosis of sucker-rod pumping systems based on the polished-rod load vibration in vertical wells. *SPE Journal*, 25(5): 2470–2481. DOI: 10.2118/201228-PA.

Nafta-Gaz 2025, no. 8, pp. 524–529, DOI: 10.18668/NG.2025.08.04

Modern tools for rock destruction used in oil and gas wells drilling

Nowoczesne narzędzia do przewiercania formacji skalnych stosowane przy wierceniu otworów ropnych i gazowych

Magomed M. Shirinov, Vadim O. Bogopolsky

Azerbaijan State Oil and Industry University

ABSTRACT: The main problem in the construction of wells for various purposes is the need to drill them with high mechanical speed and durability under various mining and geological conditions. The issue of increasing the durability and versatility of drilling tools is extremely relevant, especially when operating deep wells with long boreholes and horizontal intervals. Modern technologies in the production of very hard artificial and composite materials have made it possible to develop modern drilling tools with outstanding characteristics. The use of PDC rotary cutters increases bit life by means of constant renewal of the part of the cutting surface in contact with the rock. Reducing the force on the cutter to achieve the same drilling speed results in a more stable and lower torque and provides better control over axis orientation during directional drilling. This advantage allows an increase in the angle of curvature at a higher mechanical drilling speed. Drilling with the bits discussed in this article, compared to wells drilled with standard bits, provides a significant increase in rock-breaking tool life and average mechanical drilling speed. In addition, conventional drill bits in these conditions are susceptible to impact damage, which often results in lower mechanical drilling speeds and downhole tool failures, leading to additional costs. This article provides a brief overview of modern drilling bits used in oil and gas wells drilling.

Key words: rock-breaking tools, PDC type bit cutters, comb-shaped teeth for cutting, hybrid drill bits.

STRESZCZENIE: Głównym problemem przy realizacji odwiertów o różnym przeznaczeniu jest konieczność ich wiercenia z wysoką prędkością mechaniczną i przy zachowaniu wysokiej trwałości w różnych warunkach górniczo-geologicznych. Kwestia zwiększenia trwałości i wszechstronności narzędzi wiertniczych jest niezwykle istotna, szczególnie w przypadku wykonywania odwiertów na większych głębokościach, z długimi odcinkami pionowymi lub poziomymi. Nowoczesne technologie produkcji bardzo twardych materiałów sztucznych i kompozytowych umożliwiły opracowanie nowoczesnych narzędzi wiertniczych o wyjątkowych właściwościach. Zastosowanie frezów obrotowych PDC wydłuża żywotność świdra dzięki stałemu odnawianiu części powierzchni tnącej mającej kontakt ze skałą. Zmniejszenie siły działającej na frez przy zachowaniu tej samej prędkości wiercenia skutkuje bardziej stabilnym i niższym momentem obrotowym oraz zapewnia lepszą kontrolę orientacji osi podczas wiercenia kierunkowego. Pozwala to na zwiększenie kąta krzywizny przy wyższej mechanicznej prędkości wiercenia. Wiercenie za pomocą świdrow omawianych w artykule, w porównaniu do otworów wierconych za pomocą standardowych narzędzi, pozwala wydłużyć żywotność narzędzia do zwiercania skał oraz zwiększyć średnią mechaniczną prędkość wiercenia. Ponadto, konwencjonalne świdry są w takich warunkach podatne na uszkodzenia udarowe, co często prowadzi do obniżenia prędkości wiercenia mechanicznego i awarii narzędzi wiertniczych w otworze, powodując dodatkowe koszty. Niniejszy artykuł zawiera krótki przegląd nowoczesnych świdrow stosowanych do wiercenia odwiertów ropnych i gazowych.

Słowa kluczowe: narzędzia do przewiercania formacji skalnych, frezy PDC, zęby grzebieniowe do zwiercania, świdry hybrydowe.

References

- Borisov K.I., 2011. Scientific basis of a new method for evaluating the effectiveness of rock destruction processes with modern cutting and chipping tools. *Bulletin of the Central Committee of Rosnedra*, 4: 51–58.
- Borisov K.I., 2012. Scientific method for evaluating the effectiveness of dynamic processes of rock destruction during well drilling with modern cutting and chipping tools. *Abstract of the dissertation of the Doctor of Technical Sciences. National Research Tomsk Polytechnic University*, 1–181.
- Ishbaev G.G., Kovalevskii E.A., Baluta A.G., Spesivtsev A.V., Valyamov K.R. 2024. Efficiency evaluation of rock destruction by PDC cutters with different geometries of the diamond layer. *Drilling and Oil*, 11, 2024.
- Neskoromnykh V.V., Popova M.S., Parakhonko E.V., 2020. Development of a rock-breaking tool with PDC cutters. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource Engineering*, 331(2): 131–133.
- Neskoromnykh V.V., 2023. Destruction of rocks during well drilling. *INFRA-M, Krasnoyarsk, Siberian Federal University*, 336.
- Pak M., 2015. Sting Blade bits with diamond conical elements. *Drilling and Oil*, 6, 2015
- Rozhkov V.P., 1999. Development of theoretical foundations and improvement of drilling exploration well with diamond rock-crushing tools. *Abstract of the dissertation of the Doctor of Technical Sciences, Syberian Federal University*, 1–32.
- Salavatov T.Sh., Shirinov M.M., Samedov V.N., 2017. Technique and technology of drilling inclined and horizontal wells. *ASOIU, Baku*, 357. <<https://ru.scribd.com/document/474842353/salavatov-ts-sirinov-mm-sm-dov-vn-maili-v-ufuqi-quyularin-qaz-pdf>>.
- Tretyak A.Ya., Popov V.V., Grossu A.N., Borisov K.A., 2017. Innovative approaches to designing highly efficient rock breaking tool. *Mining Information and Analytical Bulletin*, 8: 225–230. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-225-230.

Legislative acts and normative documents

- Russian Federation Patent, No. 2421589, 2011. Drill bits with supporting elements that reduce the protrusion of cutting elements.
- Russian Federation Patent, No. 2638220, 2017. Cutting elements of a drilling tool with fixed incisors made of synthetic diamonds formed by chemical vapor deposition.
- US Patent, No. 20180291691A1, 2018. Drill bit body construction.
- US Patent, No. 20180320449A1, 2018. Placement of non-planar cutting element.

Nafta-Gaz 2025, no. 8, pp. 530–537, DOI: 10.18668/NG.2025.08.05

The formation regularities of aerosols resulting from arc welding of main gas pipelines

Reguły tworzenia się aerozoli podczas spawania łukowego głównych gazociągów

Yaroslav Semchuk, Nataliia Vasylyv, Galyna Kryvenko, Halyna Lialiuk-Viter, Halyna Hrytsuliak, Andriy Kotsyubynsky, Yurii Voloshyn

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ABSTRACT: The oil and gas industry is characterized by the presence and operation of various high-risk facilities, which contribute to occupational injuries and diseases, as well as environmental pollution. Among these, pipeline systems – particularly main gas pipelines – are prominent. The purpose of this research is to study the processes involved in the manual arc welding of main gas pipelines during construction and repair, which adversely affect human health and the environment. Gas pipeline welding during construction and repair is performed both in semi-enclosed spaces and in the open air. In both cases, manual arc welding is predominantly used due to its mobility and ease of implementation. The equipment required for arc welding is much cheaper and simpler than that used for laser, electron beam, or hybrid welding. These advantages have led to the widespread use of arc welding across various industries. However, manual arc welding has a considerable negative impact on human health and the environment due to the emissions of toxic substances in the form of welding aerosols. The regularities of aerosol formation during arc welding and the mechanisms of their distribution in the environment are examined, enabling the planning of welding operations in a way that reduces the risk of occupational diseases. Empirical correlations were obtained to determine the concentrations of harmful substances. It was shown that an aerosol cloud, dispersed by wind, spreads with particles diffusing in all directions, leading to a rapid decrease in concentration. It was found that during the welding of pipes under moderate wind conditions, aerosol

smoke from a point source spreads in the air in a conical torch shape, expanding both vertically and horizontally. It is substantiated that the main physical process involved is diffusion combined with heat transfer due to convective airflows. Based on Sutton's modified mathematical model, it was established that during the welding of above-ground pipelines under laminar wind conditions, aerosol smoke mixes with air solely through molecular diffusion, whereas during underground welding, aerosol dispersion is caused by the physical processes associated with the formation of a welding torch.

Key words: arc welding, gas pipelines, aerosol, diffusion, turbulence.

STRESZCZENIE: Przemysł naftowy i gazowniczy cechuje się obecnością i eksploatacją różnych obiektów wysokiego ryzyka, co wiąże się z występowaniem urazów zawodowych i chorób, a także z zanieczyszczeniem środowiska. Wśród tych obiektów szczególnie istotne są systemy rurociągowe, zwłaszcza główne gazociągi. Celem niniejszych badań jest analiza procesów zachodzących podczas ręcznego spawania łukowego głównych gazociągów w trakcie ich budowy i napraw, które mają istotny wpływ na zdrowie ludzi i stan środowiska naturalnego. Spawanie gazociągów podczas budowy i napraw odbywa się zarówno w przestrzeniach półzamkniętych, jak i na wolnym powietrzu. W obu przypadkach stosuje się głównie ręczne spawanie łukowe ze względu na jego mobilność i łatwość zastosowania. Sprzęt niezbędny do spawania łukowego jest znacznie tańszy i prostszy niż ten wykorzystywany do spawania laserowego, wiązką elektronów czy metodami hybrydowymi. Te zalety sprawiają, że spawanie łukowe jest szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu. Niemniej jednak, ręczne spawanie łukowe ma znaczący negatywny wpływ na zdrowie człowieka i środowisko ze względu na emisję substancji toksycznych w postaci aerozoli spawalniczych. W pracy omówiono prawidłowości tworzenia się aerozoli podczas spawania łukowego oraz mechanizmy ich rozprzestrzeniania się w środowisku, co pozwala na planowanie prac spawalniczych w sposób ograniczający ryzyko chorób zawodowych. Uzyskano empiryczne zależności umożliwiające określenie stężeń substancji szkodliwych. Wykazano, że chmura aerozolu rozpraszana przez wiatr rozprzestrzenia się z cząstkami dyfundującymi we wszystkich kierunkach, co prowadzi do szybkiego spadku stężeń. Stwierdzono, że podczas spawania rur w warunkach umiarkowanego wiatru, dym aerozolowy ze źródła punktowego rozprzestrzenia się w powietrzu w formie stożkowego strumienia, rozszerzającego się zarówno pionowo, jak i poziomo. Wykazano, że głównym procesem fizycznym jest dyfuzja połączona z przenoszeniem ciepła na skutek konwekcyjnych przepływów powietrza. Na podstawie zmodyfikowanego modelu matematycznego Suttona ustalono, że podczas spawania rurociągów naziemnych w warunkach wiatru laminarnego, dym aerozolowy miesza się z powietrzem wyłącznie poprzez dyfuzję cząsteczkową, natomiast w przypadku spawania podziemnego dyspersja aerozoli jest spowodowana procesami fizycznymi związanymi z formowaniem się łuku spawalniczego.

Słowa kluczowe: spawanie łukowe, gazociągi, aerozol, dyfuzja, turbulencja.

References

- Bakharev V., Sankov P., Marenich A., Hilov V., 2016. The key aspects of atmospheric air ecological monitoring concept formation at the urban systems level. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(7): 133–139. <https://ijiset.com/vol4/v4s7/IJISSET_V4_I07_18.pdf>.
- Beketov V.E., Evtukhova G.P., 2017. Methodology of forecasting atmospheric air pollution. *KhNUGH, Kharkiv*, 74. <<https://eprints.kname.edu.ua/46298/1/2016.pdf>>.
- Beketov V.E., Evtukhova G.P., Kovalenko Y.L., 2011. Dispersion of Pollutants in the Air and Methods for Calculating Surface Concentrations. *KhNUGH, Kharkiv*, 74. <<https://eprints.kname.edu.ua/21234/>>.
- Berlyand M.E., 1991. Prediction and Regulation of Air Pollution. *Springer Netherlands, Dordrecht*. DOI: 10.1007/978-94-011-3768-3.
- Bezushko O.M., Levchenko O.G., Maidanchuk T.B., Lukyanenko A.O., Goncharova O.M., 2021. Hygienic characteristics of working zone air in arc welding of copper and its alloys (Review). *The Paton Welding Journal*, 02: 41–45. DOI: 10.37434/tpwj2021.02.08.
- Gupta A., Chouksey V., Pandey A., 2024. Health assessment of welding by-products in a linear welding automation: Temperature and smoke concentration measurements. *Journal of Applied Research and Technology*, 15(1): 67–74. DOI: 10.22201/icat.24486736e.2024.22.1.2206.
- Karpuzcu M., Baykuş N., Yurtsever A., 2020. An Experimental Study on Treatment of Domestic Wastewater by Natural Soil. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 15(4): 196–208. DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.4.1A0462.
- Khan A.U., Madhukar Y.K., 2023. Repurposing welding waste stubs and wires as substrate in directed energy deposition processes. *Journal of Cleaner Production*, 427, 139317. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.139317.
- Kryvenko G., Semchuk Ya., Lialuk-Viter H., Steliga I., 2019. Ensuring the Environmental Safety of the Oil Pipelines Operation. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 6(3): 483–492. <https://www.procedia-esem.eu/pdf/issues/2019/no3/56_Krivenko_19.pdf>.
- Kryvenko G., 2021. Emissions of Pollutants into the Atmospheric Air by Stationary Sources. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 8(2): 301–310. <https://www.procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/1_33_Krivenko_21.pdf>.
- Levchenko O., Kruzhylo O., Polukarov Yu., 2021. Methodical approaches to complex sanitary and hygienic evaluation of welding technologies and materials based on mathematical modeling. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 37(1): 3–8. DOI: 10.36804/nndipbop.37-1.2021.3-8.
- Malovanyy M., Zhuk V., Sliusar V., Sereda A., 2018. Two stage treatment of solid waste leachates in aerated lagoons and at municipal wastewater treatment plants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10): 23–30. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.122425.
- Mandryk O.M., Mykhailiuk Y.D., 2016. Development of Mathematical Model of Gas-Turbine Unit Combustion for Chamber Functioning. *Geomatics and Environmental Engineering*, 10(1): 69–78. DOI: 10.7494/geom.2016.10.1.69.
- Mandryk O.M., Tyrylysh V.V., Mykhailiuk Y.D., 2014. Determination of Multifactor Dependencies of Change of Exhaust Gases Composition in Different Modes of Gas Pumping Unit Operation. *Scientific Bulletin Al Centrului Universitar Nord Din Baia Mare*, 28(2): 71–83.
- Norhidayah A., Nur M., Khairiah M., Zarifah S., 2024. Occurrence, characterization, and transport mechanism of welding fumes particles emitted during the welding process. *Journal of Physics: Conference Series*, 2688(1): 012010. DOI: 10.1088/1742-6596/2688/1/012010.
- Polukarov Y.O., 2005. Dosvidzhennya vplyvu vyrobnychych chynnykiv zvaruvalnogo vyrobnytstva na stan ohorony pratsi. *Problemy Ohorony Pratsi v Ukraini*, 9: 55–62.
- Popov O., Iatsyshyn A., Kovach V., Artemchuk V., Taraduda D., Sobyna V., Sokolov D., Dement M., Hurkovskiy V., Nikolaiev K., Yatsyshyn T., Dimitrieva D., 2019. Fizychni osoblyvosti rozpovsyudzhennya zabrudnyuyuchykh rehovyn v atmosferному povitri za umov nadzvychaynoyi sytuatsiyi na AES. *Yaderna ta Radiatsiyna Bezpeka*, 4(84): 88–98. DOI: 10.32918/nrs.2019.4(84).11.
- Popović O., Prokic-Cvetkovic R., Burzic M., Lukić U., Beljić B., 2014. Fume and gas emission during arc welding: Hazards and recommendation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37: 509–516. DOI: 10.1016/j.rser.2014.05.076.

- Popovych N., Malovanyy M., Telak O., Voloshchysyn A., Popovych V., 2018. Environmental hazard of uncontrolled accumulation of industrial and municipal solid waste of different origin in Ukraine. *Environmental Problems*, 3(1): 53–58. <<https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/9548/>>.
- Roberts P.H., 1961. Analytical theory of turbulent diffusion. *Journal Fluid of Mechanics*, 11(2): 257–283. DOI:10.1017/S0022112061000500
- Shmandiy V., Bezdeneznyh L., Kharlamova O., Svjatenko A., Malovanyy M., Petrushka K., Polyuzhyn I., 2017. Methods of salt content stabilization in circulating water supply systems. *Chemistry & Chemical Technology*, 11(2): 242–246. DOI: 10.23939/chcht11.02.242.
- Singh B.J., Chakraborty A., Sehgal R., 2023. A systematic review of industrial wastewater management: Evaluating challenges and enablers. *Journal of Environmental Management*, 348(3): 119230. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119230.
- Starchak V.H., Tcybulia S.D., Pushkariova I.D., Buialska N.P., 2010. Integral estimate on analysis and management by the regional ecological safety. *Ecological Safety*, 2(10): 7–11. <[https://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2010_2\(10\)/pdf/7.pdf](https://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2010_2(10)/pdf/7.pdf)>.
- Sutton O.G., 1953. Micrometeorology. *McGraw-Hill, New York*, 7–105. DOI: 10.1002/qj.49707934125.
- Tulaydan Y., Malovany M., Kochubei V., Sakalova H., 2017. Treatment of high-strength wastewater from ammonium and phosphate ions with the obtaining of struvite. *Chemistry & Chemical Technology*, 11(4): 463–468. DOI: 10.23939/chcht11.04.463.
- Vasylyv N., Semchuk Y., 2019. Influence of welding processes for underground pipeline repair on welder safety. *Technology Audit and Production Reserves*, 5(2(49)): 41–44. DOI: 10.15587/2312-8372.2019.184382.
- Yushchenko K.A., Bulat A.V., Levchenko O.H., Bezushko O.M., Samojlenko V.I., Dovgal D.I., Kakhovsky N.Y., 2009. Effect of composition of base metal and electrode covering on hygienic properties of welding fumes. *The Paton Welding Journal*, 07: 44–48. <<https://patonpublishinghouse.com/tpwj/pdf/2009/tpwj200907all.pdf>>.

Nafta-Gaz 2025, nr 8, s. 538–550, DOI: 10.18668/NG.2025.08.06

Badania wpływu procesu rozpuszczalnikowego na zmianę właściwości niskotemperaturowych estrów metylowych kwasów tłuszczowych

Research on the effect of the solvent process on the change in properties of low-temperature fatty acid methyl esters

Stefan Ptak

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Rozwój alternatywnych źródeł energii jest istotny ze względu na ograniczone zasoby ropy naftowej oraz ochronę klimatu. Biodiesel stanowi dobry przykład takiego alternatywnego paliwa znajdującego zastosowanie do zasilania silników o zapłonie samoczynnym. Zwiększający się udział estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) jako komponentu olejów napędowych spowodował coraz wyższe wymagania dotyczące jakości produkowanych biopaliw. FAME, podobnie jak klasyczne paliwa naftowe, ulegają krystalizacji w niskich temperaturach, co prowadzi do powstawania kryształów, które utrudniają przepływ paliwa do komory spalania w silniku. Proces ten powoduje utratę płynności i krzepnięcie paliwa, a więc ogranicza zastosowanie tego biopaliwa w okresie przejściowym, a w szczególności w okresie zimowym. W Unii Europejskiej wymagania jakościowe zebrane są w normie EN 14214. W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę stosowania FAME jako komponentu w klasycznym, pochodzenia naftowego oleju napędowym, wskazując na ich zalety i wady, wraz z metodami stosowanymi do poprawiania właściwości niskotemperaturowych tego biopaliwa. W części doświadczalnej przedstawiono wyniki badań dla uzyskanych zmodyfikowanych FAME, charakteryzujących się polepszonymi właściwościami niskotemperaturowymi. Badane estry metylowe kwasów tłuszczowych zostały poddane procesowi krystalizacji rozpuszczalnikowej chlorowcopochodnymi, 1,2-dichloropropanem (PDC) i mieszaniną 1,2-dichloropropanu i chlorku metylenu (PDC-ME), które nie są stosowane w rafineryjnych instalacjach przemysłowych, co pozwoliło na osiągnięcie pozytywnych efektów badań. Zastosowanie procesu odparafinowania FAME za pomocą mieszaniny PDC-ME i rozpuszczalnika PDC pozwoliło na poprawę jego właściwości niskotemperaturowych, głównie w zakresie obniżenia temperatur mętnienia (CP), płynięcia (PP) i zablokowania zimnego filtra (CFPP). Analiza profili kwasów tłuszczowych wykazała wyraźny wzrost zawartości glicerydów kwasów nasyconych w wydzielonych substancjach stałych w porównaniu z uzyskanymi zmodyfikowanymi FAME z procesu krystalizacji, co potwierdza selektywność procesu krystalizacji rozpuszczalnikowej dla nietypowego surowca, jakim są estry metylowe kwasów tłuszczowych.

Słowa kluczowe: biopaliwa, FAME, odparafinowanie rozpuszczalnikowe, właściwości niskotemperaturowe, 1,2-dichloropropan, chlorek metylenu.

ABSTRACT: The development of alternative energy sources is essential due to limited oil reserves and the need for climate protection. Biodiesel is a prominent example of an alternative fuel used in compression-ignition engines. The growing use of fatty acid methyl esters (FAME) as components in diesel fuels has led to increasingly stringent quality requirements for the resulting biofuels. Like conventional petroleum fuels, FAME crystallizes at low temperatures, leading to the formation of crystals that hinder fuel flow into the engine's combustion chamber. This process results in loss of fluidity and fuel solidification, thus limiting the usability of this biofuel during transitional periods, particularly in winter. Within the European Union, quality requirements are defined by the EN 14214 standard. This article provides an overview of the use of FAME as a component in conventional, petroleum-based diesel fuel, indicating their advantages and disadvantages, as well as methods used to improve the biofuel's low-temperature properties. The experimental section presents results from studies on modified FAME with improved low-temperature properties. The tested fatty acid methyl esters underwent solvent crystallization using chlorinated derivatives – 1,2-dichloropropane (PDC) and a mixture of 1,2-dichloropropane and methylene chloride (PDC-ME) – which are not used in industrial refinery installations, allowing for promising research results. Application of the FAME dewaxing process with the PDC-ME mixture and PDC solvent improved low-temperature properties, particularly the cloud point (CP), pour point (PP), and cold filter plugging point

(CFPP). Analysis of fatty acid profiles revealed a significant increase in the content of saturated fatty acid glycerides in the isolated solids compared to the modified FAMES obtained from the crystallization process. This finding confirms the selectivity of the solvent crystallization process applied to an unconventional feedstock – fatty acid methyl esters.

Key words: biofuels, FAME, solvent dewaxing, low-temperature properties, 1,2-dichloropropane, methylene chloride.

Literatura

- Abe M., Hirata S., Komatsu H., Yamagiwa K., Tajima H., 2016. Thermodynamic selection of effective additives to improve the cloud point of biodiesel fuels. *Fuel*, 171: 94–100.
- Baranik M., Łączek T., 2010. Właściwości niskotemperaturowe biopaliw zawierających estry metylowe kwasów tłuszczowych, pochodzących z przeróbki tłuszczów zwierzęcych. *Nafta-Gaz*, 66(11): 1047–1058.
- Burnus Z., 2017. Badania chromatograficzne nad obecnością barwników roślinnych w estrach metylowych kwasów tłuszczowych. *Dokumentacja INiG – PIB*, nr archiwalny: DK-4100-0093/2017.
- Burnus Z., Jakóbiec J., 2016. Badania nad wpływem wolnych glikozydów steroli na niskotemperaturowe właściwości biopaliw do silników o zapłonie samoczynnym. *Przemysł Chemiczny*, 95(9): 1822–1827.
- Christensen E., McCormick R.L., 2014. Long-term storage stability of biodiesel and biodiesel blends. *Fuel Processing Technology*, 128: 339–348. DOI: 10.1016/j.fuproc.2014.07.045.
- Gwardiak H., Różycki K., 2011. Ocena estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) uzyskanych z wybranych surowców. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 32(1): 137–147.
- Krasodomski M., Krasodomski W., 2009. Procesy degradacji estrów metylowych kwasów tłuszczowych w czasie magazynowania i eksploatacji. *Przemysł Chemiczny*, 7: 785–788.
- Krasodomski W., Żółty M., 2017. Porównanie standardowych metod oznaczania stabilności oksydacyjnej olejów napędowych zawierających FAME. *Nafta-Gaz*, 73(6): 422–429. DOI: 10.18668/NG.2017.06.07.
- Leggier P.L., Senra M., Soh L., 2018. Cloud point and crystallization in fatty acid ethyl ester biodiesel mixtures with and without additives. *Fuel*, 222: 243–249. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.02.100.
- Łączek T., 2010. Wdrożenie metody oceny przydatności estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) do komponowania biopaliw w oparciu o test filtracji po sezonowaniu w niskich temperaturach. *Dokumentacja INiG – PIB*.
- Ptak S., Burnus Z., 2014. Ocena możliwości wydzielania glikozydów steroli z estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME). Praca niepublikowana. *Dokumentacja INiG – PIB*, nr archiwalny DK-4100-0176/2014.
- Ptak S., Krasodomski W., Żółty M., 2022. Improvement in Low-Temperature Properties of Fatty Acid Methyl Esters. *Energies*, 15: 4536. DOI: 10.3390/en15134536.
- Sacha D., 2012. Nowe narzędzia badawcze do oceny właściwości użytkowych paliw do silników o zapłonie samoczynnym. *Nafta-Gaz*, 68(2): 133–137.
- Sacha D., 2018. Wpływ jakości estrów metylowych kwasów tłuszczowych na niskotemperaturowe właściwości użytkowe paliw silnikowych. *Nafta-Gaz*, 74(2): 148–155. DOI: 10.18668/NG.2018.02.09.
- Sierra-Cantor J.F., Guerrero-Fajardo C.A., 2017. Methods for improving the cold flow properties of biodiesel with high saturated fatty acids content: A review. *Renew Sustain Energy Reviews*, 72(C): 774–90.
- Singh D., Sharma D., Soni S.L., Sharma S.T., Sharma P.K., Jhalani A., 2020. A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, 262: 116553. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116553.
- Wolszczak J., Jakóbiec J., 2010. Właściwości fizykochemiczne i użytkowe biopaliw skomponowanych w wersji letniej i zimowej przeznaczonych do zasilania pojazdów rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 123(5): 299–309.
- Żak G., Wojtasik M., Żółty M., 2018. Impact of detergent-dispersant additives on B20 fuel oxidation stability. *Nafta-Gaz*, 74(3): 237–241. DOI: 10.18668/NG.2018.03.08.
- Żółty M., 2017. Opracowanie procedury kompleksowego badania efektywności dodatków przeciwutleniających stosowanych do FAME. *Dokumentacja INiG – PIB*, nr archiwalny DK-4100-0079/2017.

Akty prawne i dokumenty normatywne

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE, w skrócie nazywana dyrektywą RED.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/30/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 98/70/WE odnoszącą się do specyfikacji benzyny i olejów napędowych oraz wprowadzającą mechanizm monitorowania i ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz zmieniającą dyrektywę Rady 1999/32/WE odnoszącą się do specyfikacji paliw wykorzystywanych przez statki żeglugi śródlądowej oraz uchylającą dyrektywę 93/12/EWG, tzw. dyrektywa FQD.
- Norma ASTM D 6751. Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels.
- Norma EN 14214:2012+A2:2019. Liquid petroleum products. Fatty acid methyl esters (FAME) for use in diesel engines and heating applications. Requirements and test methods.
- Norma EN 590:2013+A1:2017. Automotive fuels. Diesel. Requirements and test methods.
- Patent DE 19847423, 1999. Additive for biodiesel and biofuel oils.
- Patent EP 1032620, 2000. Additive for biodiesel and biofuel oils.
- Patent PL 163001, 1994. Paliwo, zwłaszcza do wysokoprężnych silników spalinowych.
- Patent PL 196335, 2007. Biopaliwo do silników z zapłonem samoczynnym.
- Patent US 2004/0010072 A1, 2005. Cold flow improvers for fuel oils of vegetable or animal origin.
- Patent US 2014081037, 2014. Purdue Research Foundation; Method of lowering the cloud point of fatty acid esters.
- Patent US 2015166912, 2015. Process for preparing a branched ester and use thereof.

Research of the effect of a new composition against asphaltene-resin-paraffin deposits

Badanie wpływu nowej kompozycji na osady asfaltenowo-żywiczno-parafinowe

Guseyn R. Gurbanov, Aysel V. Gasimzade, Nigar A. Abdullayeva

Azerbaijan State Oil and Industry University

ABSTRACT: New multifunctional compositions were prepared from chemical reagents of various purposes under laboratory conditions, and their effect on the rheological parameters of a heavy oil sample – such as freezing temperature, yield shear stress, viscosity, and oil deposits – was investigated for the first time. For comparison, the impact of the depressant additives Difron-4201 and Difron-3970, applied individually and as compositions, on the rheological parameters of the heavy oil was also examined. During the experiments, compositions with provisional names: AH-1, AH-2, AH-3, AH-4, AH-5, were applied at concentrations of 200, 300, 400, 500, 600 g/t. Difron-4201 was tested at 200, 300, 400, 500, 600, and 700 g/t, while Difron-3970 was tested at 250, 350, 450, 550, 750 g/t. The freezing temperature of the oil sample was reduced from 22°C to 5, 1, –4, –3 and –7°C due to the influence of the specified concentrations of the individual reagents and compositions. The effect of the reagents against oil deposits was investigated using the “coldfinger test” method. During the process, the amount of asphaltene-resin-paraffin deposits accumulated on the surface after 30, 60, 90, 120, 180 and 240 minutes at tube temperatures of 0, 5, 10, 20, 30°C was determined. To evaluate the effect of the reagents, the amount of oil deposits formed during the specified time and at given temperature without reagents was also measured. Using a known mathematical dependence, the effect was calculated for each concentration of the individual reagents and compositions at 5°C in the “coldfinger test”. The highest effects were observed at concentrations of 700 g/t for Difron-4201, 750 g/t for Difron-3970, and 600 g/t for AH-1, AH-2, AH-3, AH-4, AH-5, with reduction rates of 75, 70, 78, 82, 87, 84 and 92%, respectively. The composition of oil deposits formed at each temperature over 240 minutes was also determined. The results showed that as the temperature increased, the amount of asphaltene and resin increased, while the paraffin content decreased. The values of rheological parameters K , n , τ_0 of the oil sample, both with and without reagents, were determined according to Herschel-Bulkley model. Thus, as a result of numerous laboratory tests, the optimal reagent concentrations were found to be 700 g/t for Difron-4201, 750 g/t for Difron-3970 and 600 g/t for AH-series compositions. It was revealed that, compared to individual additives, the compositions were more effective, with the AH-5 composition showing the highest efficiency.

Key words: composition, reagent, freezing temperature, yield stress, oil deposits, “cold finger”.

STRESZCZENIE: W warunkach laboratoryjnych opracowano nowe środki wielofunkcyjne z odczynników chemicznych o różnym przeznaczeniu, a następnie po raz pierwszy zbadano ich wpływ na parametry reologiczne próbki ciężkiej ropy naftowej, takie jak temperatura krzepnięcia, graniczne naprężenie ścinające, lepkość oraz powstawanie osadów ropy. Dla porównania przeanalizowano wpływ dodatków depresatorów Difron-4201 i Difron-3970, stosowanych samodzielnie, jak i w postaci kompozycji, na parametry reologiczne ciężkiej ropy. W eksperymentach zastosowano mieszaniny o nazwach umownych: AH-1, AH-2, AH-3, AH-4, AH-5 w stężeniach 200, 300, 400, 500, 600 g/t. Środek Difron-4201 testowano w stężeniach 200, 300, 400, 500, 600 i 700 g/t, a Difron-3970 w stężeniach 250, 350, 450, 550, 750 g/t. Pod wpływem określonych stężeń zarówno pojedynczych odczynników, jak i kompozycji, temperatura krzepnięcia próbki ropy została obniżona z 22°C do 5, 1, –4, –3 oraz –7°C. Wpływ odczynników na powstawanie osadów ropy oceniano metodą „zimnego palca” (ang. *coldfinger*). Określano masy osadów asfaltenowo-żywiczno-parafinowych wytrąconych na powierzchni po 30, 60, 90, 120, 180 i 240 minutach przy temperaturach chłodzonej rurki wynoszących 0, 5, 10, 20, 30°C. Celem dokonania oceny wpływu odczynników zmierzono także masy osadów powstałych w określonym czasie i w danej temperaturze bez użycia dodatków. W oparciu o znaną zależność matematyczną obliczono skuteczność działania odczynników i mieszanin w temperaturze 5°C. Największy efekt usuwania osadów odnotowano dla stężeń: 700 g/t dla Difron-4201, 750 g/t dla Difron-3970 oraz 600 g/t dla środków AH-1, AH-2, AH-3, AH-4, AH-5, a wartości te wynosiły odpowiednio 75, 70, 78, 82, 87, 84 i 92%. Określono także skład osadów powstałych w każdej temperaturze po 240 minutach. Wyniki wykazały, że wraz ze wzrostem temperatury zwiększała się zawartość asfaltenów i żywic, a zmalała zawartość parafin. Wartości parametrów reologicznych K , n i τ_0 próbki ropy, zarówno bez odczynników, jak i z dodatkiem odczynnika, zostały wyznaczone zgodnie z modelem Herschela–Bulkleya. W wyniku licznych testów laboratoryjnych ustalono, że optymalne dawki wynoszą: 700 g/t dla dodatku Difron-4201, 750 g/t dla dodatku Difron-3970 i 600 g/t dla kompozycji z serii AH. Wykazano, że mieszaniny są skuteczniejsze niż pojedyncze dodatki, przy czym najwyższą efektywność osiągnęła kompozycja AH-5.

Słowa kluczowe: kompozycja, odczynnik, temperatura krzepnięcia, granica plastyczności, osady olejowe, metoda „zimnego palca”.

References

- Akrarov T.F., Yarkeeva N.R. 2017. Control deposits of paraffin, asphalt-resin components of oil. *Petroleum Engineering*, 15(4): 67–72. DOI: 10.17122/ngdelo-2017-4-67-72.
- Gasimzade A.V., 2024. Study of a multifunctional composition in the preparation and transportation of heavy oils. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 4: 25–33. DOI: 10.32434/0321-4095-2024-155-4-25-33.
- Gurbanov G.R., Gasimzade A.V., 2024. The effect of oil-water interfacial tension on the stability of oil emulsions. *Nafta-Gaz*, 80(3): 179–185. DOI: 10.18668/NG.2024.03.07.
- Gurbanov G.R., Nurullayev V.K., Gasimzade A.V., 2024. The effect of formation temperature and constituent components on rheological parameters of water-oil emulsions. *Nafta-Gaz*, 80(5): 301–311. DOI: 10.18668/NG.2024.05.06.
- Gurbanov H.R., Gasimzade A.V., 2023a. Research of physico-chemical impact on the rheological parameters of high-paraffin oil. *ChemChemTech*, 66(5): 80–86. DOI: 10.6060/ivkkt.20236605.6703.
- Gurbanov H.R., Gasimzade A.V., 2023b. Study of the combined effect of magnetic field and the addition of new composition on asphaltene-resin-paraffin deposits in high-paraffin oil. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1: 11–17. DOI: 10.32434/0321-4095-2023-146-1-11-17.

- Ivanova V.L., Makarov I.A., Primerova O.V., Burov E.A., Sorokina A.S., Koshelev V.N., 2022. Comparative study of the effectiveness of dispersant additives in diesel fuel, news from higher educational institutions. *ChemChemTech*, 3: 60–66. DOI: 10.6060/ivkkt.20226503.6446.
- Jennings D.W., Weispenning K., 2005. Effect of shear and temperature on WOX Deposition Cold finger investigation with a Gulf of Mexico Crude Oil. *Energy & Fuels*, 19(4): 1376–1386. DOI: 10.1021/ef049784i.
- Khidr T.T., 2011. Pour point depressant additives for waxy gas oil. *Petroleum Science and Technology*, 29(1): 19–28. DOI: 10.1080/10916460903330155.
- Matiev K.I., Agazade A.G., Alsafarova M.E., 2018. Depressant additive for high-wax oils. *Socar Proceedings*, 3: 32–37. DOI: 10.5510/OGP20180300359.
- Miller K.V., Ivanova V.I., Mansur G., Budilova K.U.S., Vladimir N.K., Primerova V.O., 2021. Structural features of resins and asphaltenes of oil fields of Udmurtia, news of higher educational institutions establishments. *ChemChemTech*, 10: 113–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
- Mingalev P.G., Grishaev P.A., Erlikh G.V., Lisichkin G.V., 2022. Magnetic sorption deasphalting of oil fractions. *ChemChemTech*, 11: 76–82. DOI: 10.6060/ivkkt.20226511.6700.
- Nasibov S.M., Ramazanov E.E., Zeynalov A.N., Guliev F.A., 2011. New highly effective reagents for use in the transportation and production of high-viscosity paraffinic oils. *Azerbaijan Oil Industry*, 11: 55–61. <<https://ant.socar.az/article/443>>.
- Poletaeva O.Yu., Leontiev A.Yu., Kolchina G.Yu., Babaev E.R., Movsumzade E.M., Khasanov I.I., 2019. Geometric and electronic structure of heavy, highly viscous oil components. *ChemChemTech*, 9: 40–45. DOI: 10.6060/ivkkt.20196209.6022.

Legislative acts and normative documents

RD 39-3-812-82, 1982. Methodology for determining the pour point of paraffin oils. Rheological properties.