

Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21, № 1. С. 32–38. ISSN 2073-0128 (print)

Petroleum Engineering. 2023. Vol. 21. No. 1. P. 32–38. ISSN 2073-0128 (print)

Научная статья

УДК 550.822

doi: 10.17122/ngdelo-2023-1-32-38

ДЕТАЛЬНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЛАМОВОГО МАТЕРИАЛА НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ И БУРОВЫХ РАБОТ

Иван Сергеевич Ухов¹

¹ООО «ГЕОМ», Москва, Россия, uhov_ivan@list.ru

Аннотация. В настоящее время наблюдается практически полное истощение наиболее крупных и простых по геологическому строению месторождений углеводородов, поэтому сейчас геологоразведочные работы направлены на поиски мелких залежей и нетрадиционных коллекторов.

Для поиска и разработки подобных месторождений необходимы высокотехнологичные методы геолого-геофизических исследований, ранее предоставляемые преимущественно зарубежными компаниями. В связи с этим существует острая необходимость в появлении новых экономически выгодных подходов к проведению геологоразведочных работ. В подобных условиях исследование шламового материала современными методами аналитики может стать одним из главных драйверов нового направления геологоразведочных работ, так как это позволяет обрабатывать результаты непосредственно при бурении и получать информацию в реальном времени. Основными преимуществами шлама являются: возможность равномерно изучить весь разрез скважины; минимальные сроки пробоподготовки и проведение части аналитических исследований непосредственно во время бурения, отбор шлама не влияет на технологию строительства и не требует проведения дополнительных спуско-подъемных операций, детальное изучение шлама способно заменить дорогостоящие методы ГИС и позволяет провести корректную межскважинную литолого-стратиграфическую корреляцию при кустовом бурении в онлайн-режиме. Вместе с тем комплексное и углубленное изучение шламового материала позволяет: охарактеризовать и оценить качество коллекторов и покрышек; изучить нефтегазоматеринские свойства пород; построить детальные литолого-фациальную и минералогическую модели; обнаружить и локализовать зоны скрытых разломов и тектонических напряжений; получить достоверные стратиграфические датировки; обеспечить наиболее эффективную проводку горизонтального ствола эксплуатационной скважины.

Исследование шлама актуально как для старых нефтегазоносных регионов, так и для новых месторождений со сложным строением, так как позволяет получить качественную геологическую информацию по всему вскрытому разрезу.

В условиях санкционного давления (в том числе на импорт оборудования для разведки и добычи углеводородов) со стороны западных стран комплексное исследование шламового материала, как пробуренных, так и бурящихся скважин, может не только восполнить недостаток, но и обеспечить прирост геологической информации.

Для цитирования

Ухов И.С. Детальные аналитические исследования шламового материала нефтегазовых скважин как средство повышения качества геолого-разведочных и буровых работ // Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21, № 1. С. 32-38. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2023-1-32-38>.

Ключевые слова

бурение, буровой шлам, аналитические исследования, межскважинная корреляция, геонавигация, трещиноватость, стратиграфия

Original article

DETAILED ANALYTICAL STUDIES OF CUTTINGS FROM OIL AND GAS WELLS AS A MEANS OF IMPROVING THE QUALITY OF GEOLOGICAL EXPLORATION AND DRILLING OPERATIONS

Ivan S. Ukhov¹¹GEOM LLC, Moscow, Russia, uhov_ivan@list.ru

Abstract. For date we can observe nearly full exhaustion of the largest deposits of hydrocarbons that are easy constructed in geological way, that's why today's exploration work is oriented on searching of small deposits and non-traditional reservoirs.

For searching and development of such deposits it is necessary to apply the high-technological methods of geologic and geophysical research, previously provided mainly by foreign companies.

In this regard, there is an acute need for the emergence of new cost-effective approaches for the providing of geological exploration works. In such conditions the exploration of cuttings material by the modern analytical methods may become one of the main drivers of new direction of geological works because it lets to process the results directly while drilling and receive the information in real time.

The main advantages of cuttings are: the possibility to study the section of well with equal discretization distance; minimal terms of sample preparation and partial conduction of analytical studies directly during the drilling process, sampling of cuttings does not affect on the technology of well construction and does not require the conduction of supplementary tripping operations, detail study of cuttings may replace high-cost methods of geophysical logging and allows to conduct the correct interwell lithological and stratigraphic correlation while cluster drilling online.

However, the complex and profound study of cuttings material allows to characterize and estimate the quality of reservoirs and caprocks; study the rock sources of oil and gas and their properties; built the detailed lithological, facial and mineralogical models; detect and localize zones of latent faults and tectonic tensions, achieve the reliable stratigraphic dating; to provide the most effective tracing of horizontal production wellbore.

The exploration of cuttings is actual as for old oil and gas regions, as for new oilfields with difficult construction, because it allows to achieve the qualitative geological information all over the section.

Within the conditions of sanction pressure (including the import of equipment for searching and production of hydrocarbon) from the west countries, the complex exploration of cuttings material may not only complete the leakage of geological information, but also provide its growth.

For citation

Ukhov I.S. Detal'nye analiticheskie issledovaniya shlamovogo materiala neftegazovykh skvazhin kak sredstvo povysheniya kachestva geologo-razvedochnykh i burovnykh rabot [Detailed analytical studies of cuttings from oil and gas wells as a means of improving the quality of geological exploration and drilling operations]// *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2023, Vol. 21, No. 1, pp. 32-38. [in Russian]. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2023-1-32-38>.

Введение

На сегодняшний день простые по геологическому строению и наиболее крупные месторождения истощены, поэтому ведущиеся геологоразведочные работы направлены на поиск мелких залежей, неантиклинальных ловушек, залежей в низкопроницаемых и «сланцевых» коллекторах, что обуславливает поиск новых подходов к геологическому изучению недр.

Keywords

drilling, drilling cuttings, analytical explorations, interwell correlation, geosteering, fracturing, stratigraphy

На сегодняшний день российская геофизика отстает от мирового уровня развития ГТИ (геолого-технологические исследования) и ГИС (геофизические исследования), и высокотехнологичный сегмент ГИС занимают зарубежные компании (Schlumberger, Halliburton, Weatherford) с высокой стоимостью услуг.

Определяющими факторами высокой цены на услуги зарубежных компаний являются мобилизационные расходы, так как в нынешних социально-политических реалиях достаточно трудно приобрести оборудование в рамках новых договоров — режим международных санкций накладывает ограничения на применение современных зарубежных технологий (в том числе современных методов геофизических исследований скважин). Вторым наиболее важным критерием ценообразования является модель принятия решений, при которой изучение конкретного объекта проводится по стандартной методике с неизменяемым комплексом работ.

В связи с вышеизложенным существует острая необходимость в появлении новых экономически выгодных подходов ведения геологоразведочных работ. В сложившихся условиях исследование шламового материала современными методами аналитических исследований может стать одним из главных драйверов нового направления геологоразведочных работ.

Новаторами в области детального исследования шламового материала стали Великобритания и Соединённые штаты Америки, хотя подобные исследования велись и ведутся во всем мире с разной степенью успешности. За последнее десятилетие объем информации, получаемой при геофизических исследованиях и геолого-технологических исследованиях скважин в процессе бурения существенно расширился. Появление портативных и быстродействующих анализаторов позволило обрабатывать результаты непосредственно на скважинах и получать информацию в реальном времени [1].

Основные преимущества шлама по сравнению с керном:

- возможность равномерно изучить весь разрез, особенно в многопластовых залежах с высоким этажом нефтеносности, а также в сдвоенных разрезах в районах с разломно-надвиговой тектоникой, где охарактеризованность керном всегда является недостаточной;

- пробоподготовка и исследования чаще всего осуществляется непосредственно во время бурения, дополнительные лабораторные исследования проводятся в сжатые сроки;

- отбор шлама не влияет на технологию строительства и не требует проведения дополнительных спуско-подъемных операций. Детальное изучение шлама способно заме-

нить дорогостоящие методы ГИС, в том числе попавших под санкции: спектральный гамма-каротаж, спектрометрический нейтронный гамма-каротаж, «LithoScanner»;

- возможность осуществления межскважинной литолого-стратиграфической корреляции при кустовом бурении в онлайн-режиме.

Комплексное и углубленное изучение шламового материала современными методами в отечественной геологии применяются крайне редко, в отличие от зарубежного опыта, где большое количество сервисных компаний предлагают детальное исследование шлама (Hemostrat, Schlumberger и др.).

Детальное изучение шлама позволяет:

- охарактеризовать и оценить качество возможных коллекторов (оценка типов и объема пустотного пространства) и покрышек [6, 14]. В последние годы наиболее перспективными в качестве коллекторов выступают низкопоровые породы [2], главной проблемой которых является определение пограничных значений фильтрационно-емкостных параметров объекта, отвечающих границе «коллектор — не коллектор»;

- изучить нефтегазоматеринские свойства пород всего вскрытого разреза посредством пиролитических исследований рассеянного органического вещества [10, 12];

- осуществить корректную межскважинную корреляцию, в том числе и в сложных разрезах с учетом перерывов и несогласий [15]. Традиционные методы стратиграфии, основанные на изучении литологического состава, дополняются методами геохимических, минералогических, петрофизических исследований каменного материала и рассеянного органического вещества;

- построить детальную литолого-фациальную и минералогическую модель по всему стволу скважины [9, 15]. Даже при проведении расширенного комплекса ГИС, не всегда удается построить правильную минералогическую модель, что приводит к погрешностям при интерпретации. Особенно актуальным этот вопрос является для разрезов со сложной литологией, с преобладанием пород смешанного минералогического состава;

- обнаружить и локализовать зоны скрытых разломов и тектонических напряжений. Большей проблемой является обнаружение зон трещиноватости, представляющих отдельный интерес как возможный канал для диф-

фузии флюидов. Интервалы пород с пониженными показателями физико-механических параметров могут представлять определенную опасность при бурении скважин [3, 11];

— получить достоверные стратиграфические датировки по всему разрезу. Зачастую при работе со скважинами отмечается отсутствие достоверных стратиграфических датировок, что связано с дефицитом кернового материала в интервалах отложений (преимущественно глин) пригодных для проведения палеонтологического анализа. Используя комплексный подход к анализу шлама при работе в нефтегазоносных бассейнах можно получить:

а) надежную корреляцию разнофациальных отложений;

б) обоснование возраста продуктивных пластов;

в) уточнённый стратиграфический каркаса для геологического моделирования [13];

— обеспечить наиболее эффективную проводку горизонтального ствола эксплуатационной скважины [7] (рисунок 1).

Исследование шлама актуально как для старых нефтегазоносных регионов, так и для новых месторождений со сложным строением. Например, Волго-Уральская нефтегазовая провинция является одной из самых старых и изученных на территории Российской Федерации. Однако в прошлом наиболее активно изучались только наиболее продуктивные терригенные отложения нижнего карбона и девона. При этом нефтепроявления и залежи отмечаются в огромном диапазоне от отложений архейского фундамента до перми. Таким образом, большая часть разреза, наиболее сложная по геологическому строению, изучена слабо. Исследование шлама как разведочных, так и эксплуатационных скважин поможет восполнить нехватку геологической информации.

Для месторождений со сложным строением эффективно использование массового изучения шлама эксплуатационных скважин для выбора правильной схемы разработки, а также для прогнозирования новых объектов.

Основными сдерживающими факторами широкого развития исследований бурового шлама в Российской Федерации являются следующие объективные причины:

— отсутствие официального признания данного вида работ Государственной Комиссией по запасам полезных ископаемых.

— пренебрежительное отношение к шламу, как предмету и объекту исследования, что подтверждается практически полным отсутствием нормативной документации обязательного и добровольного применения, детально регламентирующей исследования данного вида каменного материала, за исключением [4, 8] согласно которым шлам анализируется крайне малым набором аналитических методов. При подобном подходе недропользователь получает весьма малый объем геологической информации, которая практически не применим для решения сложных геолого-геофизических задач. При этом вызывает сомнение и качество подобной информации, т.к. зачастую отбор проб ведется с грубыми технологическими нарушениями:

а) дробление одной пробы на несколько, которые описываются изучаются как отдельные;

— отсутствие точной глубинной привязки отбираемой пробы без учета всего комплекса данных станции ГТИ;

б) отбор проб малого объема, что делает практически невозможным их детальное изучение;

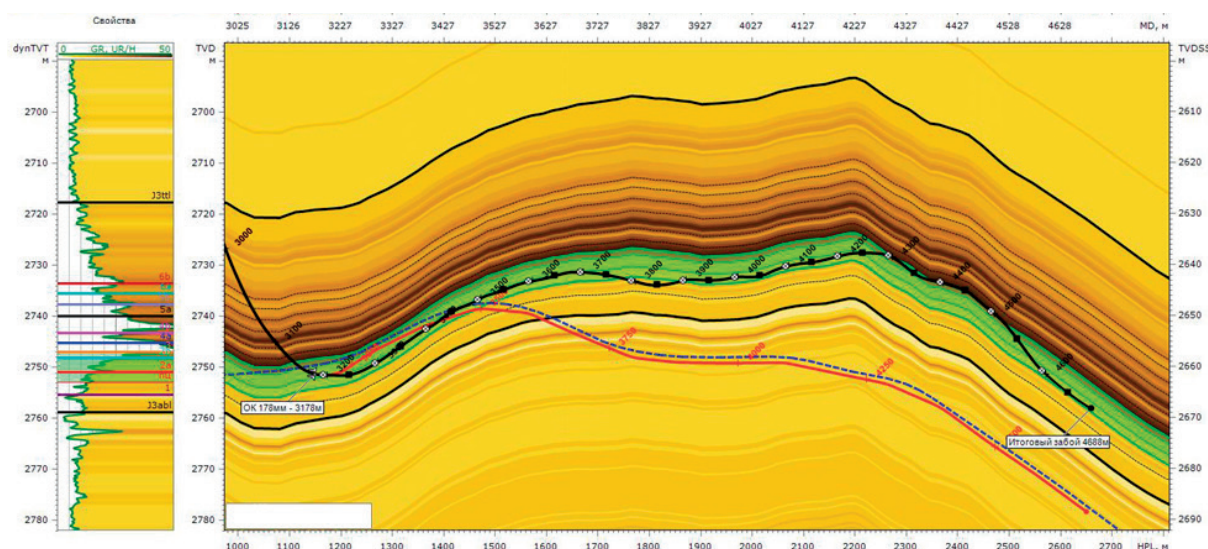
в) отмывка проб от бурового раствора на неудовлетворительном уровне;

г) невыполнение отбора шлама из интервалов бурения с керном, что значительно затрудняет или делает невозможной корреляцию «шлам — керн»;

— недостаток на буровых объектах квалифицированного персонала, способного производить не только отбор проб и их первичную обработку, но и проводить интерпретацию данных;

— детальные исследования по шламу требуют адаптирование методик технической подготовки проб и изучения в зависимости от параметров бурения, компоновки бурового инструмента, применяемого бурового раствора и пр. Эти сложности не позволяют применять одни и те же подходы изучения массово и унифицировано [5].

Шлам не является быть априорным каменным материалом, как керн. Но его объемы, доступность могут значительно увеличить объем получаемой геологической информации. При интерпретации данных, полученных при исследовании шлама, необходимо учитывать следующие специфические ограничения присущие этому виду каменного материала:



Зеленая заливка — целевой горизонт; красная линия — траектория ствола скважины, заложенная по результатам геолого-геофизического моделирования; синяя пунктирная линия — траектория ствола скважины, заложенная по результатам геолого-геофизического моделирования и скорректированная при бурении вертикального ствола, черная линия с квадратными пунсонами — траектория ствола скважины, скорректированная в процессе бурения по результатам изучения шлама

Green fill — target horizon; red line — wellbore trajectory based on the results of geological and geophysical modeling; blue dotted line — borehole trajectory based on geological and geophysical modeling results and corrected during vertical borehole drilling, black line with square punches — borehole trajectory corrected during drilling based on cuttings study results

Рисунок 1. Проводка ствола горизонтальной скважины по данным исследования шламового материала на примере одного из месторождений Западной Сибири

Figure 1. Drilling of a horizontal well according to the data of the study of cuttings material on the example of one of the fields in Western Siberia

— различная размерность частиц, полученных при разбуривании одного интервала, что приводит к гидравлическому фракционированию в восходящем токе промывочной жидкости;

— контаминация отбираемой пробы буровым раствором и механическими примесями, это ограничение сводится к минимуму при качественной отмывке и отмагничиванию проб;

— многие виды аналитических исследований, проводимые на шламе, работают с определёнными ограничениями. Уровень интерпретации данных, полученных по шламу, зависит от качества предшествующих исследований керна. В общем случае результаты изучения шлама более информативны при использовании корреляции «шлам — керн» и «шлам — ГИС».

В настоящее время в Российской Федерации нефтяная промышленность в целом оказалась одним из наиболее стабильных секторов экономики, несмотря на санкционное давление

со стороны западных стран, включающим в себя ограничения на импорт высокотехнологичного оборудования, в том числе для разведки и добычи углеводородов. В сложившихся условиях комплексное исследование шламового материала, как пробуренных, так и бурящихся скважин, может как восполнить недостаток, так и обеспечить прирост геологической информации. Некоторые из отечественных компаний уже осознали целесообразность изучения шламового материала и используют подобный подход для решения геологических задач, поставленных недропользователями. Ряд из них, включая ООО «ГЕОМ», являющегося резидентом фонда «Сколково», разработали собственные методики анализа и интерпретации данных, полученных в результате изучения шламового материала, позволяющие решать, в том числе и в оперативном режиме работ, ряд ключевых задач:

— обеспечение наиболее эффективной проводки горизонтального ствола скважины по целевому интервалу;

— построение уточненной объемной минералогической модели по данным исследования шлама и ГИС;

— седиментологические и фациальные реконструкции по всему разрезу скважины или целевому интервалу без отбора керна;

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксельрод С.М. Современные тенденции в геолого-технологических исследованиях, проводимых в процессе бурения скважин (по материалам зарубежной литературы) // Каротажник. 2015. № 6 (252). С.77-110.

2. Булач М.Х., Белоновская Л.Г., Гмид Л.П. Низкопоровые коллекторы нефтегазоносных провинций России и СНГ // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. Т. 2. С. 33.

3. Габитов С.И., Гоцуляк А.С., Чебышев И.С., Ахметшин Т.Р. Анализ обвальной породы в процессе бурения как инструмент для безопасного строительства скважины // Нефтяная провинция. 2021. № 1 (25). С. 124-140. DOI: 10.25689/NP.2021.1.124-140.

4. ГОСТ 53375-2016. Скважины нефтяные и газовые. Геолого-технологические исследования. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.

5. Куликов П.Ю., Гарипов. Р.А., Гусев И.М., Талдыкин, Я.Б., Панченко И.В. Специализированные подходы в использовании бурового шлама для повышения информативности геологических данных по результатам бурения скважин // Геомодель 2020: матер. 22 науч.-практ. конф. по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа. Геленджик: EAGE, 2020.

6. Мезин А.А., Шумскайте М.Й., Глинских В.Н., Голиков Н.А., Чернова Е.С. Фильтрационно-емкостные свойства бурового шлама по данным ядерно-магнитной резонансной релаксометрии и диэлектрической спектроскопии // Науки о Земле и недропользование. 2020. Т. 43, № 3. С. 364-374. DOI: 10.21285/2686-9993-2020-43-3-364-374.

7. Пат. 2702491 РФ, МПК Е 21 В 47/00. Способ геонавигации горизонтального ствола скважины в черносланцевых нефтеносных формациях / И.В. Панченко, П.Ю. Куликов, И.М. Гусев, С.С. Гаврилов. 2018145559, Заявлено 21.12.2018; Оpubл. 08.10.2019. Бюл. 28.

8. РД-39-0147716-102-87. Геолого-технологические исследования в процессе бурения. Уфа: ВНИИнефтепромпгеофизика, 1987. 275 с.

9. Староверов В.Н., Белобородов В.П., Кожевников С.В. Фациальный анализ шлама и керна в процессе геолого-технологических исследований скважин // Нефть Поволжья и Прикаспия. 2011. № 67 (4). С. 27-33.

10. Sanei H., Ardakani O.H., Akai T., Akihisa K., Jiang Ch., Wood J.M. Core Versus Cuttings Samples for Geochemical and Petrophysical Analysis of Unconventional Reservoir Rocks // Scientific Report. 2020. Vol. 10. Article No. 7920. DOI: 10.1038/s41598-020-64936-y.

11. Pat. 10775360 USA. Nano-Indentation Test to Determine Mechanical Properties of Reservoir Rock / Y. Han, Y.N. Abousleiman, K.L. Hull, G. Muntasheri. 2019.

12. Zeb Sh.F., Zafar M., Jehandad S., Khan T., Siyar S.M., Qadir A. Integrated Geochemical Study of Chichali

— достоверные стратиграфические датировки для определения относительного возраста пород;

— дополнительные данные для построения корректной геологической модели.

Formation from Kohat sub-basin, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2020. Vol. 10. P. 2737-2752. DOI: 10.1007/s13202-020-00939-9.

13. Strasser M., Dugan B., Kanagawa K., Moore G.F., Toczko S., Maeda L., Kido Y., Moe K.T., Sanada Y., Esteban L., Fabbri O., Geersen J., Hammerschmidt S., Hayashi H., Heirman K., Hupers A., Jurado Rodriguez M.J., Kameo K., Kanamatsu T., Kitajima H., Masuda H., Milliken K., Mishra R., Motoyama I., Olcott K., Oohashi K., Pickering K.T., Ramirez S.G., Rashid H., Sawyer D., Schleicher A., Shan Y., Skarbek R., Song I., Takeshita T., Toki T., Tudge J., Webb S., Wilson D.J., Wu H.-Y. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program. 2014. Vol. 338. 92 p. DOI: 10.2204/iodp.proc.338.102.2014.

14. Tiainen S., King H., Cubitt C., Karalaus E., Prater T., Willis B. Drill Cuttings Analysis – a New Approach to Reservoir Description and Characterization; Examples from the Cooper Basin, Australia // The APPEA Journal. 2002. Vol. 42 (1). P. 495-509. DOI: 10.1071/AJ01027.

15. Wynn T., Read J.F. Sequence-Stratigraphic Analysis Using Well Cuttings, Mississippian Greenbrier Group, West Virginia // AAPG Bulletin. 2006. Vol. 90 (12). P. 1869-1882. DOI: 10.1306/06140605099.

REFERENCES

1. Akselrod S.M. Sovremennyye tendentsii v geologo-tekhnologicheskikh issledovaniyakh, provodimykh v protsesse bureniya skvazhin (po materialam zarubezhnoi literatury) [Modern Trends in Geological and Technological Studies Carried out in the Process of Drilling Wells (Based on Foreign Literature)]. *Karotazhnik – Karotazhnik*, 2015, No. 6 (252), pp.77-110. [in Russian].

2. Bulach M.Kh., Belonovskaya L.G., Gmid L.P. Nizkoporovye kollektory neftegazonosnykh provintsii Rossii i SNG [Low-Porosity Reservoirs in the Oil and Gas Provinces of Russia and the CIS]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika – Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*, 2007, Vol. 2, pp. 33. [in Russian].

3. Gabitov S.I., Gotsulyak A.S., Chebyshev I.S., Akhmetshin T.R. Analiz obval'noi porody v protsesse bureniya kak instrument dlya bezopasnogo stroitel'stva skvazhiny [Rock Cavings Analysis During Drilling as Tool for Safe Well Construction]. *Neftyanaya provintsia – Neftyanaya Provintsia*, 2021, No. 1 (25), pp. 124-140. DOI: 10.25689/NP.2021.1.124-140. [in Russian].

4. GOST 53375-2016. Skvazhiny neftyanye i gazovye. Geologo-tekhnologicheskie issledovaniya. Obshchie trebovaniya [State Standard 53375-2016. Oil and Gas Wells. Geological-Technological Logging. General Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 28 p. [in Russian].

5. Kulikov P.Yu., Garipov. R.A., Gusev I.M., Taldykin, Ya.B., Panchenko I.V. Spetsializirovannye podkhody v ispol'zovanii burovogo shlama dlya povysheniya

informativnosti geologicheskikh dannykh po rezul'tatam bureniya skvazhin [Specialized Approaches to the Use of Drill Cuttings to Increase the Information Content of Geological Data Based on the Results of Drilling Wells]. *Materialy 22 nauchno-prakticheskoi konferentsii po voprosam geologorazvedki i razrabotki mestorozhdenii nefi i gaza «Geomodel' 2020»* [Materials of the 22nd Scientific and Practical Conference on Exploration and Development of Oil and Gas Fields «Geomodel 2020»]. Gelendzhik, EAGE Publ., 2020. [in Russian].

6. Mezin A.A., Shumskaitė M.I., Glinskikh V.N., Golikov N.A., Chernova E.S. Fil'tratsionno-emkostnye svoystva burovogo shlama po dannym yadernomagnitnoi rezonansnoi relaksometrii i dielektricheskoi spektroskopii [Reservoir Properties of Drill Cutting by the Nuclear Magnetic Resonance Relaxometry and Dielectric Spectroscopy Data]. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie – Earth Sciences and Subsoil Use*, 2020, Vol. 43, No. 3, pp. 364-374. DOI: 10.21285/2686-9993-2020-43-3-364-374. [in Russian].

7. Panchenko I.V., Kulikov P.Yu., Gusev I.M., Gavrilov S.S. *Sposob geonavigatsii gorizontal'nogo stvola skvazhiny v chernoslantsevykh neftenosnykh formatsiyakh* [Method for Geosteering of a Horizontal Wellbore in Black Shale Oil-Bearing Formations]. Patent RF, No. 2702491, 2019. [in Russian].

8. RD-39-0147716-102-87. *Geologo-tekhnologicheskie issledovaniya v protsesse bureniya* [RD-39-0147716-102-87.]. Ufa, VNIIneftepromgeofizika Publ., 1987. 275 p. [in Russian].

9. Staroverov V.N., Beloborodov V.P., Kozhevnikov S.V. Fatsial'nyi analiz shlama i kerna v protsesse geologo-tekhnologicheskikh issledovaniy skvazhin [Facies Analysis of Cuttings and Core in the Process of Geological and Technological Studies of Wells]. *Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya – Volga and Pricaspian Region Resources*, 2011, No. 67 (4), pp. 27-33. [in Russian].

10. Sanei H., Ardakani O.H., Akai T., Akihisa K., Jiang Ch., Wood J.M. Core Versus Cuttings Samples for Geochemical and Petrophysical Analysis of Unconventional Reservoir Rocks. *Scientific Report*, 2020, Vol. 10, Article No. 7920. DOI: 10.1038/s41598-020-64936-y.

11. Han Y., Abousleiman Y.N., Hull K.L., Muntasheri G. *Nano-Indentation Test to Determine Mechanical Properties of Reservoir Rock*. Patent USA, No. 10775360, 2019.

12. Zeb Sh.F., Zafar M., Jehandad S., Khan T., Siyar S.M., Qadir A. Integrated Geochemical Study of Chichali Formation from Kohat sub-basin, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 2020, Vol. 10, pp. 2737-2752. DOI: 10.1007/s13202-020-00939-9.

13. Strasser M., Dugan B., Kanagawa K., Moore G.F., Toczko S., Maeda L., Kido Y., Moe K.T., Sanada Y., Esteban L., Fabbri O., Geersen J., Hammerschmidt S., Hayashi H., Heirman K., Hupers A., Jurado Rodriguez M.J., Kameo K., Kanamatsu T., Kitajima H., Masuda H., Milliken K., Mishra R., Motoyama I., Olcott K., Oohashi K., Pickering K.T., Ramirez S.G., Rashid H., Sawyer D., Schleicher A., Shan Y., Skarbek R., Song I., Takeshita T., Toki T., Tudge J., Webb S., Wilson D.J., Wu H.-Y. *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program*. 2014. Vol. 338. 92 p. DOI: 10.2204/iodp.proc.338.102.2014.

14. Tiainen S., King H., Cubitt C., Karalaus E., Prater T., Willis B. Drill Cuttings Analysis – a New Approach to Reservoir Description and Characterization; Examples from the Cooper Basin, Australia. *The APPEA Journal*, 2002, Vol. 42 (1), pp. 495-509. DOI: 10.1071/AJ01027.

15. Wynn T., Read J.F. Sequence-Stratigraphic Analysis Using Well Cuttings, Mississippian Greenbrier Group, West Virginia. *AAPG Bulletin*, 2006, Vol. 90 (12), pp. 1869-1882. DOI: 10.1306/06140605099.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ухов Иван Сергеевич, научный сотрудник сектора сопровождения бурения, ООО «ГЕОМ», Москва, Россия
Ivan S. Ukhov, researcher, Drilling support sector, GEOM LLC, Moscow, Russia
uhov_ivan@list.ru

Статья поступила в редакцию 28.12.2022; одобрена после рецензирования 20.01.2023; принята к публикации 25.01.2023.

The article was submitted 28.12.2022; approved after reviewing 20.01.2023; accepted for publication 25.01.2023. .