



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 56–61

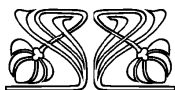
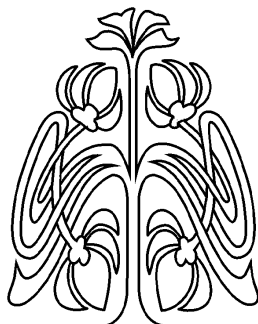
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 56–61

<https://geo.sgu.ru>

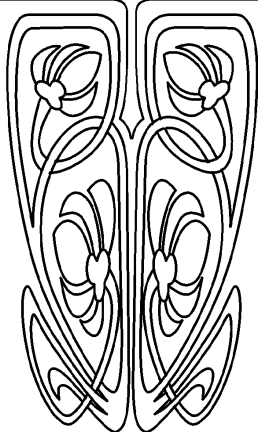
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-56-61>, EDN: SXHJWL

Научная статья

УДК 550.832



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**



Инновационные технологии геолого-технологических исследований в процессе строительства нефтегазовых скважин

Б. А. Головин¹, И. В. Кузнецов², М. В. Калинин¹, Е. Н. Волкова¹✉, К. Б. Головин¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

²ООО «Геопромальянс», Россия, 410005, г. Саратов, ул. им. Пугачева Е. И., д. 159

Головин Борис Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, bagolovin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>

Кузнецов Иван Владимирович, генеральный директор, kuznec2808@mail.ru

Калиникова Марина Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, kalinnikova1@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>

Волкова Елена Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геофизики, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Головин Константин Борисович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, kosgol@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3716-5592>

Аннотация. Актуальность работы определяется тем, что перед Российскими нефтегазовыми компаниями встала задача создания отечественных информационно-измерительных систем, применяемых в процессе бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. В представленной статье рассмотрен опыт реализации высокотехнологичного комплекса приборов и устройств, позволяющий решать задачи определения расширенного состава углеводородов в промысловой жидкости, шлама и керне, обеспечивать оптимальный режим бурения и вскрытия продуктивных пластов, осуществлять контроль очистки забоя ствола скважины и выявление интервалов обваловобразования. Показана перспективность применения системы подготовки к газовому анализу (дегазатор постоянного объема) и блока газоанализаторов. Описана уникальная интеллектуальная система видеомониторинга объема выбуренной породы, позволяющая заменить дорогостоящие импортные шламоввешивающие машины.

Ключевые слова: геолого-технологические исследования, бурение, горизонтальные скважины, хроматографический анализ, видеомониторинг

Для цитирования: Головин Б. А., Кузнецов И. В., Калинин М. В., Волкова Е. Н., Головин К. Б. Инновационные технологии геолого-технологических исследований в процессе строительства нефтегазовых скважин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 56–61. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-56-61>, EDN: SXHJWL

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Innovative geological and technological research technologies in the process of construction of oil and gas wells

B. A. Golovin¹, I. V. Kuznetsov², M. V. Kalinnikova¹, E. N. Volkova¹✉, K. B. Golovin¹

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

²Geopromalyans, 159 St. Pugacheva E. I., Saratov 410005, Russia

© Головин Б. А., Кузнецов И. В., Калинин М. В., Волкова Е. Н., Головин К. Б., 2025



Boris A. Golovin, bagolovin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>

Ivan V. Kuznetsov, kuznec2808@mail.ru

Marina V. Kalinnikova, kalinnikova1@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>

Elena N. Volkova, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Konstantin B. Golovin, kosgol@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3716-5592>

Abstract. The relevance of the work is determined by the fact that Russian oil and gas companies are faced with the task of creating domestic information and measurement systems used in the process of drilling directional and horizontal wells. The presented article discusses the experience of implementing a high-tech complex of instruments and devices, which allows solving the problems of determining the expanded composition of hydrocarbons in the drilling fluid, sludge and core, ensuring the optimal mode of drilling and opening productive formations, monitoring the cleaning of the bottom of the wellbore and identifying rockfall intervals. The prospects for using a preparation system for gas analysis (constant volume degasser) and a gas analyzer unit are shown. A unique intelligent video monitoring system for drilled rock volume is described, which allows replacing expensive imported slurry weighing machines.

Keywords: geological and technological research, drilling, horizontal wells, chromatographic analysis, video monitoring

For citation: Golovin B. A., Kuznetsov I. V., Kalinnikova M. V., Volkova E. N., Golovin K. B. Innovative geological and technological research technologies in the process of construction of oil and gas wells. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 56–61 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-56-61>, EDN: SXHJWL

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

В мировой практике проведения геологоразведочных работ на нефть и газ наблюдается постоянный рост бурения наклонно-направленных скважин и скважин с горизонтальным продолжением ствола. Так, в 2010 г. количество этих скважин составляло 11% от общего объема бурения, в 2018 г. – 48%, а в 2022 г. – уже 60%. Массовый переход на бурение горизонтальных скважин обусловил разработку и внедрение инновационных технологий геофизических исследований в практику проведения всего комплекса ГИРС, и ГТИ в частности.

Постановка проблемы

Первыми с проблемами, возникающими при геофизическом обеспечении бурения наклонно-направленных и горизонтальных нефтегазовых скважин, встретились зарубежные фирмы (США, Канады, Франции и др.), поэтому информационно-измерительные системы этих стран достигли высокого уровня развития [1]. В настоящее время в связи с санкционной политикой, проводимой западными странами, доступ к инновационным технологиям для российских нефтегазовых компаний практически закрыт. Поэтому актуальной задачей является создание отечественных информационно-измерительных систем в процессе бурения. Данное обстоятельство требует разработки и внедрения в практику промысловых геофизических работ расширенного комплекса ГТИ, обеспечивающего оптимальный режим бурения и вскрытия продуктивных пластов.

В соответствии с ГОСТом на проведение геолого-технологических работ [2] расширенный комплекс ГТИ в сложных геологических условиях должен обеспечить, во-первых, определение насыщения расширенного состава углеводородов в промывочной жидкости и шламе, а во-вторых – осуществлять контроль очистки

забоя ствола скважины и выявление интервалов обвалообразования, в том числе выявления несоответствия проектных и текущих режимно-технологических параметров бурения (объема бурового раствора, плотности бурового раствора).

Теоретическое обоснование

Теоретическими предпосылками для расширения комплекса ГТИ являются характерные признаки определения вероятной насыщенности объекта по данным анализа газовой фазы раствора и шлама.

Повышенное содержание метана (более 70–80%), незначительное количество тяжелых компонентов и пониженное количество изобутана (меньше 0.3%) и изопентана (меньше 0.5%) с высокой степенью вероятности свидетельствует об отсутствии нефтенасыщенных пластов в исследуемом интервале.

Признаками остаточного нефтенасыщения являются высокое содержание в газе изобутана (более 5%) и изопентана (более 4%), отклонение содержания изопентана к нормальному пентану должно быть меньше 1.

Вся гамма углеводородов от метана до гексана включительно характеризует нефтенасыщенный пласт. При этом соотношение между различными углеводородными компонентами варьируется в зависимости от геолого-геофизических особенностей региона. Так, для нефтяных месторождений Саратовского Поволжья типичен следующий состав газа, %: CH_4 85.11, C_2H_6 5.79, C_3H_8 4.75, C_4H_{10} 2.78, C_5H_{12} 0.93, C_6H_{14} 0.25, C_7H_{16} 0.035 [3].

Исходные материалы и источники

На отечественном рынке разработан высокотехнологичный комплекс приборов и устройств, позволяющий решать задачи определения расширенного состава углеводородов в промывочной жидкости и в шламе, успешно применяющийся



в практике геолого-технологических исследований нефтегазовых скважин в Нижнем и Среднем Поволжье, центральной части России, Западной и Восточной Сибири, на шельфе Каспийского моря, Печорского моря, Охотского моря (о. Сахалин). Данный комплекс включает в себя информационно-измерительную систему подготовки к газовому анализу и блок газоанализаторов.

Блок подготовки к анализам

Для количественной оценки объема газа, извлекаемого из промывочной жидкости, разработан дегазатор, который обеспечивает непрерывное извлечение компонентов газа из небольших объемов бурового раствора, поступающего порциями и с постоянной скоростью внутрь газотрансформатора с целью передачи извлеченного объема газо-воздушной смеси для дальнейшего анализа её состава.

Дегазатор постоянного объема используется при проведении геолого-технологических исследований нефтяных и газовых скважин на всех этапах их строительства, капитального ремонта, ввода в эксплуатацию и эксплуатации. Он обеспечивает постоянные условия дегазации бурового раствора; непрерывный контроль расхода, плотности и температуры дегазируемого бурового раствора датчиком Кориолиса; передачу всех параметров в систему сбора данных; возможность расчета объемного газосодержания и совместим со всеми типами хроматографов.

Блок газоанализаторов

Блок газоанализаторов предназначен для измерения объемной доли метана, этана, пропана, изобутана, бутана, изопентана, пентана и водорода, гексана, гептана, октана, бензола, толуола в дегазируемой из бурового раствора газо-воздушной смеси (ГВС).

Высокоскоростной хроматограф с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (C_1 - C_5 с изомерами) применяется для решения задач по выделению продуктивных на УВ пластов, при геонавигации, предупреждениях газонефтеводопроявлений (ГНВП), поглощений, аномально-высокого пластового давления (АВПД).

Хроматограф с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (C_1 - C_8) применяется для решения задач по выделению продуктивных коллекторов с тяжелыми нефтями, по выделению газонефтяного контакта (ГНК) и водонефтяного контакта (ВНК), при корреляции геохимических фаций. Пример определения расширенного состава УВ в продуктивном терригенном пласте приведен на рис. 1.

Суммарный газоанализатор с ПИД (анализатор горючих газов) применяется в качестве устройства с измерительными функциями для определения концентрации суммы углеводородов в газо-воздушных смесях (ГВС) и может быть

использован при определении возможных аварийных ситуаций, связанных с превышением безопасных концентраций углеводородов в воздухе рабочей зоны и с возможностью возникновения взрывоопасных смесей газов.

Хроматограф для определения неуглеводородных газов применяется для поиска промышленных концентраций гелия и водорода, а также для получения дополнительной информации, необходимой для оценки модели месторождения, дополнительной информации о происхождении флюида. Также применяется для своевременного выявления в растворе двуокиси углерода, которая может привести к понижению pH раствора и вызвать его флокуляцию (образование хлопьев).

Теоретическим обоснованием к использованию относительного содержания гелия в качестве одного из параметров по отличию нефтегазовых пластов от водоносных может послужить то обстоятельство, что растворимость его в нефтях и углеводородных газах неизмеримо выше, чем в пластовых водах [4]. По данным В. П. Якуцени, величины концентрации гелия в пластовых флюидах составляют: вода 0.6 мл/л; нефть 7.0 мл/л; газ 35–200 мл/л, следовательно, в системе пластовая вода-нефть-природный газ наблюдается следующее соотношение концентраций: 1 : 10 : 100.

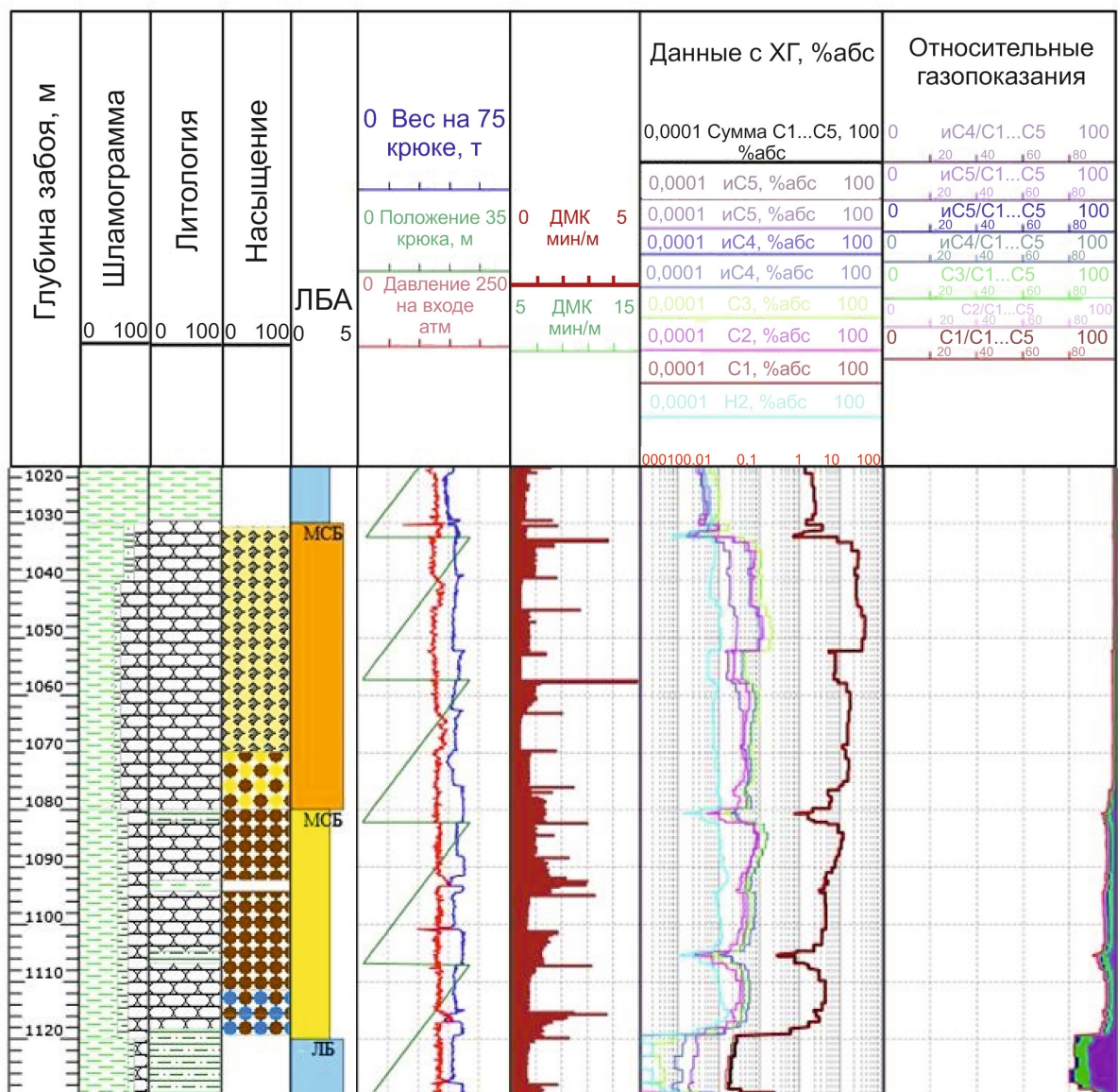
Газоанализатор для расширенного анализа содержания тяжелых УВ-компонентов предназначен для проведения термохроматографии проб бурового шлама и керна от C_9 до C_{27} , полного анализа пика S_1 пиролиза (до 300°C) и S_2 (до 600°C). С его помощью решаются задачи по оценке нефтегенерационного потенциала, биodeградации, определению нефтематеринских пород и идентификации органических биомаркеров (пристан, фитан), а также может быть использован при корреляции геохимических фаций.

Интеллектуальная система видеомониторинга

Другая задача, поставленная перед расширенным комплексом ГТИ, рассматриваемая в данной работе, состоит в контроле очистки забоя ствола скважины, выявлении интервалов обвалобразования и оценке их возможных причин.

Осыпи и обвалы, обусловленные геологическими и технологическими факторами, могут быть зафиксированы путем измерения количества выбуренного шлама на устье скважины. В настоящее время достигнут значительный прогресс в контроле очистки ствола скважины и раннего выявления обвалобразования путем использования интеллектуальной системы видеомониторинга объема выбуренной породы в режиме реального времени.

Разработанная интеллектуальная система видеомониторинга объема выбуренной породы является уникальной технологией, позволяющей



Графический планшет в функции глубины по данным ГТИ

масштаб 1:1000
Условные обозначения:



Рис. 1. Расширенный состав углеводородов по данным газоанализатора с пламенно-ионизационным детектором в продуктивном терригенном пласте (цвет онлайн)



заменить дорогостоящие шламовзвешивающие машины, применяемые иностранными сервисными компаниями. Взрывозащищенные видеокamеры монтируются над виброситами, при недостаточной освещенности устанавливаются дополнительные осветительные элементы. Камеры над виброситами не мешают сотрудникам буровой выполнять обслуживание вибросит и не требуют демонтажа на время выполнения технических работ. На примере геологического разреза, представленного чередованием глинистого доломита и аргиллита (рис. 2), показано, что наблюдается прямая зависимость между результатами интерпретации кавернометрии и увеличением объема выбуренной породы

на виброситах, зафиксированное в процессе видеонаблюдения.

Применение данной системы позволяет кардинально изменить подход к отбору шлама в процессе выполнения работ – производить целенаправленный отбор в момент начала обвалообразования, в том числе во время промывок, спуско-подъемных и других операциях, при которых отбор шлама обычно не производится.

Выводы

Рассмотренный информационно-измерительный комплекс позволяет в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах

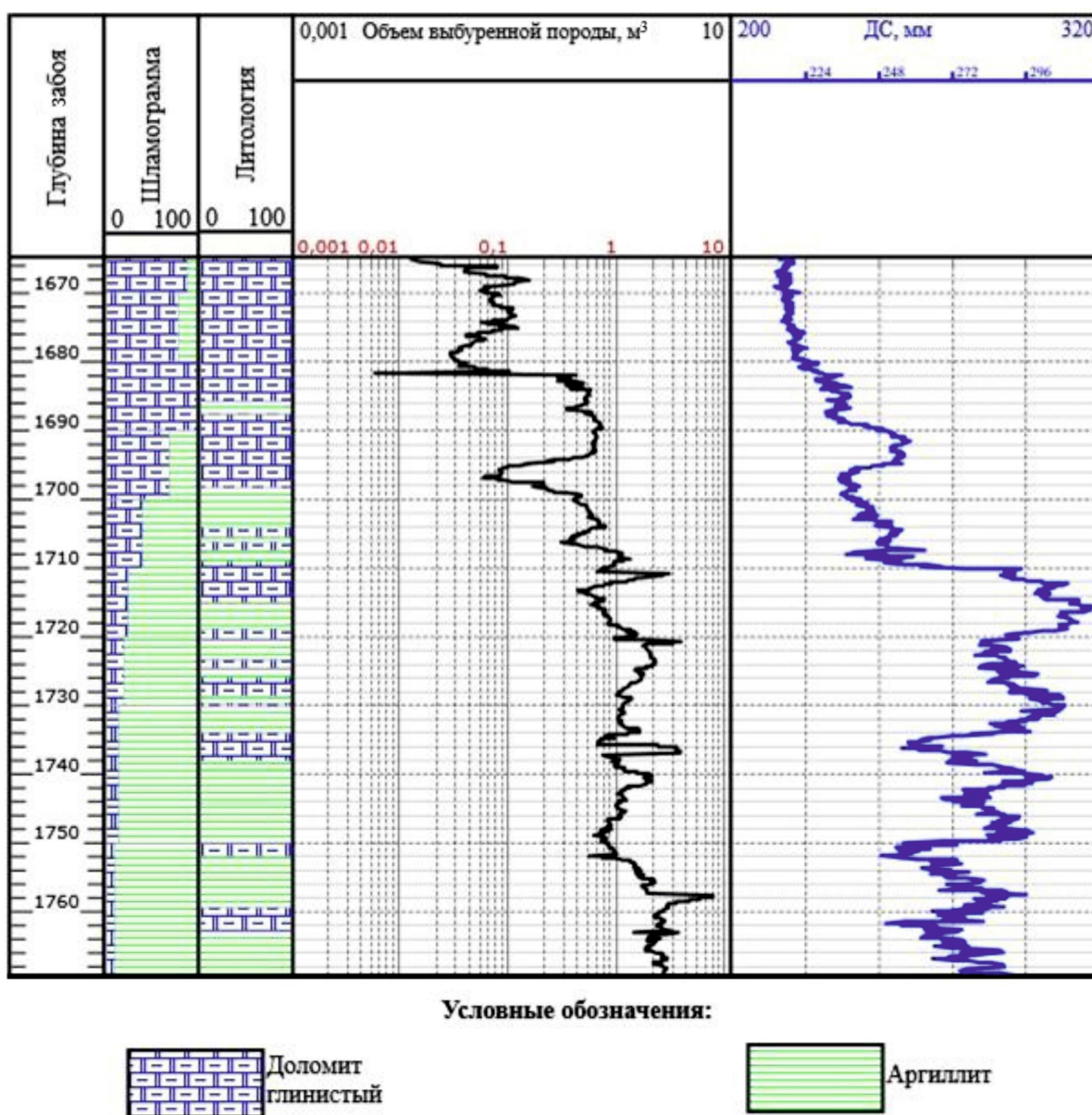


Рис. 2. Фрагмент сравнения данных кавернометрии и объема выбуренной породы с интеллектуальной системой видеомониторинга в карбонатном слое (цвет онлайн)



решать целый ряд прогнозных нефте-геологических задач в масштабе реального времени:

- выделять продуктивные пласты;
- осуществлять непрерывный контроль расхода, плотности и температуры дегазируемого бурового раствора;
- производить расчет объемного газосодержания;
- определять расширенный состав углеводородов C_1 – C_{27} в промывочной жидкости, шламе и керне;
- определять неуглеводородные газы (объемную долю гелия, водорода, кислорода, азота, оксида углерода);
- давать оценку нефтегенерационного потенциала, биodeградации и идентификации органических биомаркеров (пристан, фитан), коррелировать геохимические фации;
- постоянно контролировать качество очистки забоя ствола скважины;
- производить раннее выявление обвалообразования;

– осуществлять передачу всех параметров в систему сбора данных.

Данный высоко-технологичный комплекс приборов и устройств успешно применяется в отечественной практике проведения ГТИ.

Библиографический список

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. EDN: TTZNFN
2. ГОСТ 53375-2016. Скважины нефтяные и газовые. Геолого-технологические исследования. Общие требования. М. : Стандартинформ, 2016. 28 с.
3. Головин Б. А., Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование пластовых резервуаров в процессе бурения. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2022. 104 с. <https://doi.org/10.18500/978-5-292-04772-8>
4. Якуцени В. П. Геология гелия. Л. : Недра, 1968. 232 с.

Поступила в редакцию 09.11.2024; одобрена после рецензирования 17.11.2024;
принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 09.11.2024; approved after reviewing 17.11.2024;
accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025