

# ВЫЯВЛЕНИЕ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ МУФТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ, ОБСАДНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КОЛОНН ДЛЯ СКВАЖИН ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА В СОЛЯНЫХ КАВЕРНАХ МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОЙ ШУМОМЕТРИИ

А.М. Асланян<sup>1</sup>, М.В. Волков<sup>1</sup>, С.В. Сорока<sup>1</sup>, А.А. Арбузов<sup>1</sup>, Д.К. Нургалиев<sup>2</sup>, Д.В. Гришин<sup>3</sup>,  
Р.С. Никитин<sup>3</sup>, А.Н. Малев<sup>4</sup>, Р.Н. Минахметова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «ТГТ Сервис», Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>3</sup>ООО «Газпром ПХГ», Москва, Россия

<sup>4</sup>ООО «Газпром георесурс», Москва, Россия

В статье рассматривается скважина Подземного Хранилища Газа, в межколонных пространствах которой наблюдалось избыточное давление. Проведенный комплекс промыслово-геофизических исследований, включающий в себя спектральную шумометрию, высокоточную термометрию и магнитно-импульсную дефектоскопию позволил определить геометрию потока в цементированных межколонных пространствах и выявить негерметичные муфтовые соединения насосно-компрессорных труб, обсадных колонн и кондукторов. В статье приводится подробный анализ данных промыслово-геофизических исследований и рекомендации по проведению ремонтно-изоляционных работ. Характер потока и тип нарушений герметичности по данным промыслово-геофизических исследований позволили избежать перевода скважины в фонд консервации.

**Ключевые слова:** Подземное хранилище газа, избыточное давление, спектральная шумометрия, негерметичность муфтовых соединений, высокоточная термометрия, магнитно-импульсная дефектоскопия, соляная каверна.

**DOI:** 10.18599/grs.18.3.7

**Для цитирования:** Асланян А.М., Волков М.В., Сорока С.В., Арбузов А.А., Нургалиев Д.К., Гришин Д.В., Никитин Р.С., Малев А.Н., Минахметова Р.Н. Выявление негерметичности муфтовых соединений насосно-компрессорных труб, обсадных и технических колонн для скважин ПХГ в соляных кавернах методом спектральной шумометрии. *Георесурсы*. 2016. Т. 18. № 3. Ч. 1. С. 186-190. DOI: 10.18599/grs.18.3.7

## Введение

Подземное хранилище газа является современным и безопасным объектом хранения газа с целью обеспечения бесперебойной, включая пиковый период, работы систем газоснабжения. Из всех типов Подземных Хранилищ Газа (ПХГ) в непроницаемых горных породах наиболее распространены газовые хранилища в соляных кавернах.

В данной статье представляются технологии и результаты геофизического комплекса исследования высокоточной термометрии (НРТ), спектральной шумометрии (SNL-HD) и магнитно-импульсной дефектоскопии (EmPulse). Целью исследования комплекса НРТ-SNL-HD-EmPulse было выявление мест негерметичности в многоколонной конструкции скважины и определение траектории движения газа в скважине ПХГ в соляной каверне. Анализ технического состояния скважины с применением современных технологий позволяет выявить дефекты спущенных колонн, установить источник избыточного межколонного давления (МКД) в межколонном пространстве (МКП) и проследить траекторию движения газа за несколькими металлическими барьерами в скважине. Изучение и установление первопричины возникновения МКД делают возможным не только проведение ремонтно-изоляционных работ (РИР) в текущей скважине, но и предоставляют рекомендации к креплению колонны последующих скважин. Тем самым увеличивая время их эксплуатации и снижая время и расходы на проведение РИР.

## Технологии

Далее по тексту приведено краткое описание каждой из примененных технологий.

## Высокочувствительная спектральная шумометрия

Основой технологии пассивной шумометрии является регистрация во временной области акустических сигналов, создаваемых:

- фильтрацией флюида по пласту,
- течением жидкости и газа по трещинам в цементном камне за обсадной колонной,
- утечками жидкости сквозь дефекты в конструкции скважины,
- потоками жидкости и газа внутри скважины.

Последующий анализ данных спектральной шумометрии во временной и частотной областях обеспечивает комплексный подход в определении интервалов негерметичности обсадной колонны и насосно-компрессорной трубы (НКТ), выявление интервалов фильтрации флюида.

Исследования, представленные в настоящей статье, были выполнены прибором SNL-HD-9, обеспечивающего регистрацию акустических сигналов в широком диапазоне частот от 9 Гц до 58.6 кГц. Частотное разрешение составляет 9 Гц в диапазоне ниже 5 кГц и 114 Гц в диапазоне от 0.1 до 58.6 кГц, динамический диапазон изменения

уровня шума соответствует 90 дБ. Спектр шумов содержит 512 частотных каналов, что позволяет представлять спектры шумов в высоком разрешении. Наличие широкого динамического диапазона регистрируемых сигналов и большое количество каналов позволяет не только выявлять интервалы с повышенным уровнем акустических шумов, но и дифференцировать их по спектральному составу (например, шум от движения флюида вдоль скважины – преимущественно низкочастотный, шум от движения флюида по пласту – содержит высокочастотную компоненту).

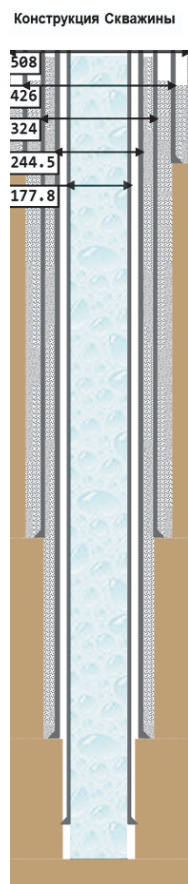
Подробное описание технологии высокочувствительной широкополосной спектральной шумометрии были опубликованы ранее (Maslennikova et al., 2012; Suarez et al, 2013; Aslanyan et al., 2015; Marzouqi et al, 2012; Ahmed et al., 2015).

### Высокоточная термометрия (High Precision Temperature – НРТ)

НРТ является одним из наиболее информативных геофизических методов исследования технического состояния скважин. Высокая точность измерений достигается проведением исследований на спуске, прибором высокого разрешения.

При длительном простое в скважинах достигается термодинамическое равновесие между скважиной и окружающими породами. Поэтому конструкция скважин, включая цемент за колонной, не оказывает существенного влияния на температуру в стволе скважины, замеренную в условиях, когда скважина закрыта в течение как минимум нескольких дней. В таких условиях замеренный температурный профиль называется статической температурой.

Отклонение температурной кривой, замеренной в динамических условиях, от статической температуры является следствием движения жидкости или газа по пласту, или через негерметичность колонны, а также коммуникациями между пластами. Поэтому при анализе данных термометрии в скважинах исследуются и анализируются тепловые аномалии, вызванные термодинамическими эффектами, например, движением флюида в пласте или в стволе скважины. Таким образом, по форме температурных аномалий делаются выводы об источниках и направлении потоков.



следствием движения жидкости или газа по пласту, или через негерметичность колонны, а также коммуникациями между пластами. Поэтому при анализе данных термометрии в скважинах исследуются и анализируются тепловые аномалии, вызванные термодинамическими эффектами, например, движением флюида в пласте или в стволе скважины. Таким образом, по форме температурных аномалий делаются выводы об источниках и направлении потоков.

### Магнитно-импульсная дефектоскопия (EmPulse)

Ввиду наличия агрессивного солевого раствора (рассола) в НКТ, и многоколонной конструкции скважины, определение толщин подвесной (177.8 мм), основной обсадной колонны (244.5 мм) и технической колонны (324 мм) значительно затруднены. Для контроля технического состояния: оценки мест коррозии скважинного оборудования и выявления муфт колонны, в данном исследовании использовалась технология магнитоимпульсной дефектоскопии с использованием прибора EmPulse-3. Прибор EmPulse-3 позволяет проводить исследования в колоннах большого диаметра (до 355 мм). Принцип действия прибора EmPulse-3 основан на анализе временного характера спадов намагниченности на каждой глубине после облучения сильными импульсами магнитного поля. Форма спада содержит информацию о диаметре, электрической проводимости, магнитной проницаемости, а также толщине всех исследуемых барьеров. Восстановление этой информации из спада намагниченности отдельно для каждого из изучаемых барьеров решается путем сравнения, модельного и замеренного спадов намагниченности для каждой конкретной компоновки прибора (Ansari, 2015).

### Краткая история скважины и цели исследования

Исследуемая скважина пробурена в апреле 2012 года и запущена в том же году для многофазного размыва соляных каверн и последующей эксплуатации ПХГ. В декабре 2013 года проявилось избыточное давление в цементированном межколонном пространстве 244.5/324 мм, которое достигало 64 кгс/см<sup>2</sup> (Рис. 1). В августе 2015 года в ходе опрессовки и стравливания МКП 244.5/324 мм и 324/426 мм подтвердилось наличие сообщения между ними. Последние проведенные замеры давления в МКП на поверхности показали наличие избыточного давления в Ø 244.5 мм колонне – 114 кгс/см<sup>2</sup>, в 324 мм – 58 кгс/см<sup>2</sup> и в Ø 426 мм – 16 кгс/см<sup>2</sup>.

### Результаты исследования комплексом НРТ-SNL-HD-EmPulse

По выполненному комплексу промыслово-геофизических исследований (ПГИ) источником избыточного давления является газ МКП 177.8 мм/244.5 мм, поступающий

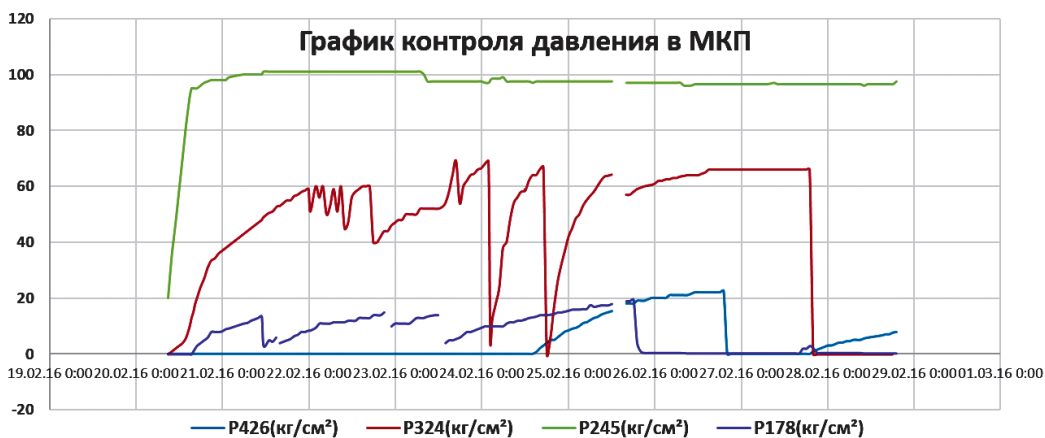


Рис. 1. Конструкция скважины и динамика давления в межколонном пространстве между 177.8 мм/244.5 мм, 244.5 мм/324 мм и 324 мм/426 мм.

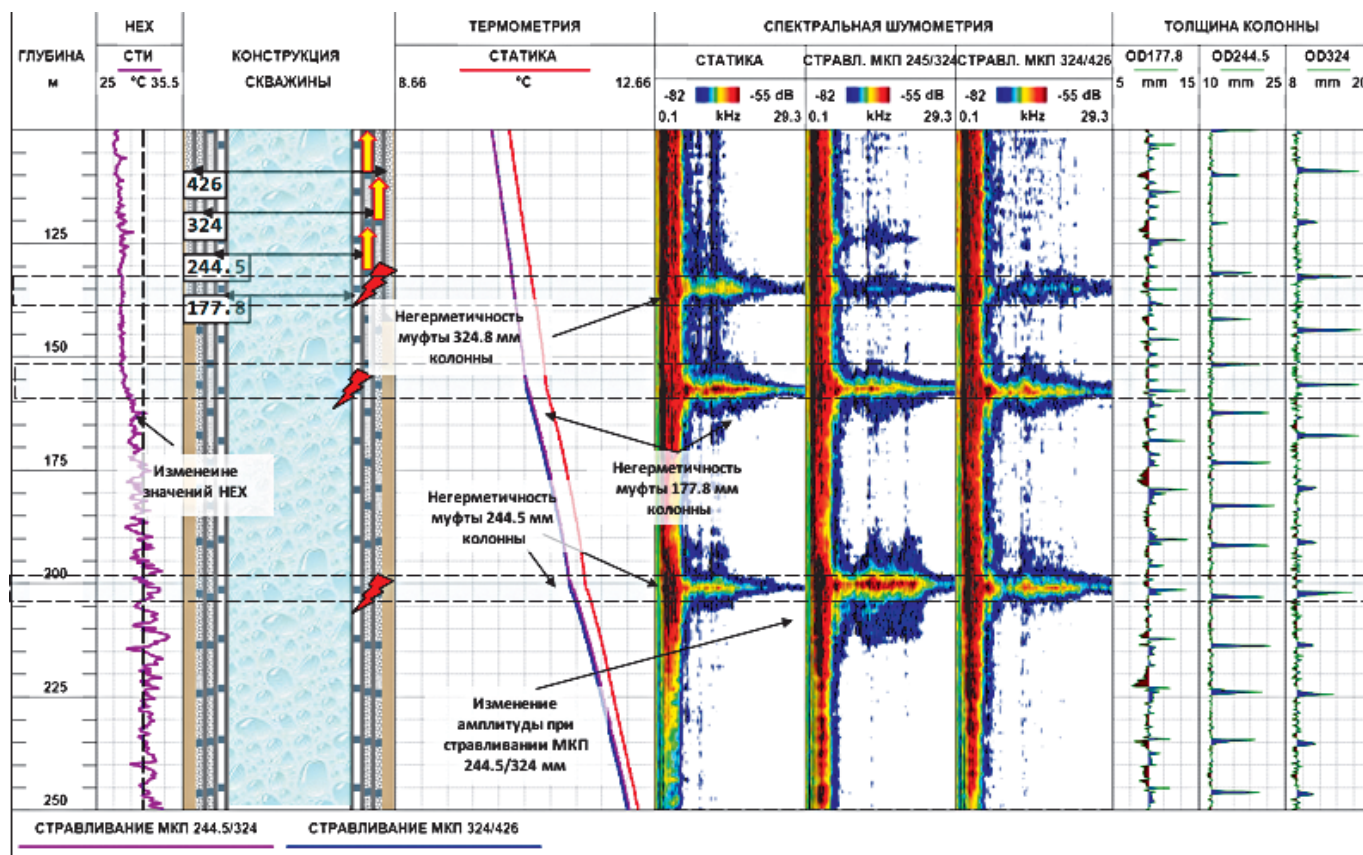


Рис. 2. Обнаруженные комплексом ПГИ заколонные перетоки и негерметичные муфтовые соединения: 1) По изменению градиента температурных кривых, изменению датчика СТИ и наличию высокоамплитудной аномалии спектральной шумометрии на глубине 157.3 м делается вывод о негерметичности муфтового соединения Т/К 177.8 мм. 2) По данным спектральной шумометрии в интервале глубин 199-211 м отмечается изменение амплитуды шума при стравливании МКП 244.5 мм/324 мм. В тоже время, по данным термометрии в интервале 202.0-203.0 м отмечается аномалия температуры, из этого следует вывод о негерметичности муфтового соединения колонны Ø244.5 мм на глубине 203 м. 3) В интервале 132-138 м наблюдается шум, связанный с негерметичностью муфтового соединения Т/К 324 мм.

через негерметичное муфтовое соединение колонны Ø 244.5 мм на глубине 203 м в межколонное пространство 244.5 мм/324 мм и через негерметичное муфтовое соединение технической колонны Ø 324 мм на глубине 133 м в межколонное пространство 324 мм/426 мм. (Рис. 1). Также было обнаружено негерметичное муфтовое соединение подвесной колонны Ø 177.8 мм на глубине 157.3 м.

Негерметичность муфтовых соединений колонны Ø 244.5 мм в интервале 203.0 м и колонны Ø 177.8 мм в интервале 157.3 м подтверждается изменением амплитуды шума при стравливании, наличием температурной аномалии, а также результатами интерпретации данных дефектоскопии проведенного комплекса ПГИ.

Негерметичность муфтового соединения технической колонны 324 мм на глубине 132.4 м характеризуется увеличением интенсивности шума при стравливании. Показательно, что датчиками высокоточной термометрии ее зарегистрировать не удалось, так как интенсивность потока была незначительной для формирования температурной аномалии. В тоже время создаваемый акустический шум оказался достаточным для регистрации спектральным автономным шумомером SNL-HD, что говорит об уникальности аппаратуры и метода.

Наряду с этим, исследования прибором EmPulse-3 показали способность магнитно-импульсной дефектоскопии определять толщины колонн диаметрами 177.8, 244.5 и 324 мм за одну спуско-подъемную операцию.

### Заключение

Программно-аппаратный комплекс спектральной шумометрии, высокоточной термометрии и магнитно-импульсной дефектоскопии оказался эффективным и позволил:

- 1) определить места негерметичности муфтовых соединений НКТ, обсадной и технических колонн,
- 2) локализовать источник межколонного избыточного давления,
- 3) проследить траекторию движения газа, в том числе за несколькими колоннами.

Анализ результатов комплексного исследования указал на первопричины возникновения МКД:

- 1) недостаточные изоляционные свойства цемента, и как следствие плохое сцепления с колонной и породой,
- 2) не оптимально подобранные антикоррозионные свойства металлических барьеров,
- 3) недостаточная герметизация муфтовых соединений.

Определенные места и характер негерметичности позволили избежать ликвидации скважины, а также спланировать РИР. Геометрия потока при стравливании обеих МКП предполагает эффективное его устранение путем цементирования колонны 177.8 мм и спуска дополнительной колонны.

## Литература

Ahmed S. Eldaoushy, Moudi Al-Ajmi, Maali Al-Shammari, Aslanyan A., Aslanyan I., Prosvirkin S., Farakhova R. Quantification of Reservoir Pressure in Multi- Zone Well under Flowing Conditions Using Spectral Noise Logging Technique, Zubair Reservoir, Raudhatain Field, North Kuwait. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. Abu Dhabi, UAE. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-177620-MS>

Al Marzouqi Ayesha Rahman, Al-saiidKeshka Ashraf, Bahamaish Jamal Nasir, Aslanyan A., Aslanyan I., Filenev M., Andreev A., Sudakov V., Farakhova R., Barghouti J., Al Junaibi Tariq Abdulla. Integrating Reservoir Modelling, High-Precision Temperature Logging and Spectral Noise Logging for Waterflood Analysis. *Abu Dhabi International Petroleum Conference and Exhibition*. Abu Dhabi, UAE. 2012. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-157149-MS>

Ansari A., Libdi Z., Khan N., Aslanyan A., Aslanyan I., Volkov M., Arbuzov A., Achkeev A., Shnaib F., Makhyanov R. Triple-Barrier Thickness Scanning Using Through-Tubing Pulse-Magnetic Logging Tool. *SPE Russian Petroleum Technology Conference*. Moscow, Russia. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-176655-MS>

Aslanyan A., Aslanyan I., Karantharath R., Minakhmetova R., Kohzadi H., Ghanavati M. Spectral Noise Logging Integrated with High-Precision Temperature Logging for a Multi-Well Leak Detection Survey in South Alberta. *SPE Offshore Europe Conference and Exhibition*. Aberdeen, Scotland, UK. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-175450-MS>

Aslanyan A., Aslanyan I., Minakhmetova R., Maslennikova Y., Karantharath R., Hadhrami B., Zaaime Al Gafri. Integrated Formation MicroImager (FMI) and Spectral Noise Logging (SNL) for the Study of Fracturing in Carbonate Reservoirs. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. Abu Dhabi, UAE. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-177616-MS>

Maslennikova Y.S., Bochkarev V.V., Savinkov A.V., Davydov D.A. Spectral Noise Logging Data Processing Technology. Proc. *SPE Russian Oil and Gas Exploration and Production Technical Conference and Exhibition*. Moscow, Russia. 2012. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-162081-RU>

Suarez N., Otubaga A., Mehrotra N., Aslanyan A., Aslanyan I., Khabibullin M., Wilson M., Barghouti J., Maslennikova Y. Complementing Production Logging with Spectral Noise Analysis to Improve Reservoir Characterisation and Surveillance. *SPWLA 54th Annual Logging Symposium*. New Orleans, Louisiana. 2013. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2013-TTT>

## Сведения об авторах

*Артур Михайлович Асланиян* – кандидат физ.-мат. наук, главный технический советник, ООО «ТГТ Сервис»  
Россия, 420108, Казань, ул. Магистральная, 59/1  
Тел: +7 843 210-17-74, e-mail: ama@tgtoil.com

*Максим Вячеславович Волков* – эксперт по оценке технического состояния скважин, ООО «ТГТ Сервис»  
Россия, 420108, Казань, ул. Магистральная, 59/1  
Тел: +7 843 210-17-74, e-mail: volkov@tgtoil.com

*Станислав Владиславович Сорока* – директор приборостроительного завода, ООО «ТГТ Сервис»  
Россия, 420108, Казань, ул. Магистральная, 59/1  
Тел: +7 843 210-17-74, e-mail: stanislav.soroka@tgtoil.com

*Андрей Александрович Арбузов* – кандидат физико-математических наук, заместитель Генерального директора по научной работе, ООО «ТГТ Сервис»  
Россия, 420108, Казань, ул. Магистральная, 59/1  
Тел: +7 843 210-17-74, e-mail: andrey.arbuzov@tgtoil.com

*Данис Карлович Нурғалиев* – доктор геол.-мин. наук, профессор, проректор по научной деятельности, Казанский федеральный университет  
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18  
Тел: +7 843 233-74-07, e-mail: danis.nourgaliev@kpfu.ru

*Дмитрий Валерьевич Гришин* – заместитель генерального директора – главный инженер ООО «Газпром ПХГ»  
Россия, 117420, Москва, ул. Наметкина, 12А  
Тел: +7 495 428-45-09, e-mail: D.Grishin@phg.gazprom.ru

*Роман Сергеевич Никитин* – заместитель генерального директора – главный геолог ООО «Газпром ПХГ»  
Россия, 117420, Москва, ул. Наметкина, 12А  
Тел: +7 495 428-45-01, e-mail: R.Nikitin@phg.gazprom.ru

*Алексей Николаевич Малев* – начальник геолого-геофизического Управления ООО «Газпром георесурс»  
Россия, 117149, Москва, ул. Болотниковская, 18/2  
Тел: +7 495 921-05-46  
E-mail: a.maljov@gazpromgeofizika.ru

*Роза Насиховна Минахметова* – ведущий специалист отдела экспертов ООО «ТГТ Сервис»  
Россия, 420108, Казань, ул. Магистральная, 59/1  
Тел: +7 843 210-17-74  
E-mail: roza.minakhmetova@tgtoil.com

*Статья поступила в редакцию 25.07.2016*

## Identification of Leakage in Couplings of Tubing, Casing and Intermediate Casing for Wells of Underground Gas Storage in Salt Caverns by means of Spectral Noise Logging

*A.M. Aslanyan<sup>1</sup>, M.V. Volkov<sup>1</sup>, S.V. Soroka<sup>1</sup>, A.A. Arbuzov<sup>1</sup>, D.K. Nurgaliev<sup>2</sup>, D.V. Grishin<sup>3</sup>, R.S. Nikitin<sup>3</sup>, A.N. Malev<sup>4</sup>, R.N. Minakhmetova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>TGT Oilfield Services, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Kazan Federal University, Kazan, Russia

<sup>3</sup>Gazprom UGS, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Gazprom Georesource, Moscow, Russia

**Abstract.** The article considers a well of the underground gas storage, in the annular space of which excess pressure was observed. Conducted complex of geophysical studies, including a spectral noise logging, precise temperature logging, magnetic pulse fault detection allowed us to determine the geometry of the flow in the cemented annular space and identify leaking couplings in tubing, casing and conductors. The article provides a detailed analysis of geophysical studies and recommendations for repair and insulation works. The nature of the flow and type of tightness failure according to geophysical research allowed avoiding the transition of well in the preservation fund.

**Keywords:** Underground gas storage, excess pressure, spectral sound meter, leaking couplings, precise temperature logging, magnetic pulse fault detection, salt cavern.

### References

- Ahmed S. Eldaoushy, Moudi Al-Ajmi, Maali Al-Shammari, Aslanyan A., Aslanyan I., Prosvirkin S., Farakhova R. Quantification of Reservoir Pressure in Multi- Zone Well under Flowing Conditions Using Spectral Noise Logging Technique, Zubair Reservoir, Raudhatain Field, North Kuwait. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. Abu Dhabi, UAE. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-177620-MS>
- Al Marzouqi Ayesha Rahman, Al-saidi Keshka Ashraf, Bahamaish Jamal Nasir, Aslanyan A., Aslanyan I., Filenev M., Andreev A., Sudakov V., Farakhova R., Barghouti J., Al Junaibi Tariq Abdulla. Integrating Reservoir Modelling, High-Precision Temperature Logging and Spectral Noise Logging for Waterflood Analysis. *Abu Dhabi International Petroleum Conference and Exhibition*. Abu Dhabi, UAE. 2012. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-157149-MS>
- Ansari A., Libdi Z., Khan N., Aslanyan A., Aslanyan I., Volkov M., Arbuzov A., Achkeev A., Shnaib F., Makhyanov R. Triple-Barrier Thickness Scanning Using Through-Tubing Pulse-Magnetic Logging Tool. *SPE Russian Petroleum Technology Conference*. Moscow, Russia. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-176655-MS>
- Aslanyan A., Aslanyan I., Karantharath R., Minakhmetova R., Kohzadi H., Ghanavati M. Spectral Noise Logging Integrated with High-Precision Temperature Logging for a Multi-Well Leak Detection Survey in South Alberta. *SPE Offshore Europe Conference and Exhibition*. Aberdeen, Scotland, UK. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-175450-MS>
- Aslanyan A., Aslanyan I., Minakhmetova R., Maslennikova Y., Karantharath R., Hadrhami B., Zaaima Al Gafri. Integrated Formation MicroImager (FMI) and Spectral Noise Logging (SNL) for the Study of Fracturing in Carbonate Reservoirs. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*. Abu Dhabi, UAE. 2015. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-177616-MS>
- Maslennikova Y.S., Bochkarev V.V., Savinkov A.V., Davydov D.A. Spectral Noise Logging Data Processing Technology. Proc. *SPE Russian Oil and Gas Exploration and Production Technical Conference and Exhibition*. Moscow, Russia. 2012. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-162081-RU>
- Suarez N., Otubaga A., Mehrotra N., Aslanyan A., Aslanyan I., Khabibullin M., Wilson M., Barghouti J., Maslennikova Y. Complementing Production Logging with Spectral Noise Analysis to Improve Reservoir Characterisation and Surveillance. *SPWLA 54th Annual Logging Symposium*. New Orleans, Louisiana, 2013. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2013-TTT>
- For citation:** Aslanyan A.M., Volkov M.V., Soroka S.V., Arbuzov A.A., Nurgaliev D.K., Grishin D.V., Nikitin R.S., Malev A.N., Minakhmetova R.N. Identification of Leakage in Couplings of Tubing, Casing and Intermediate Casing for Wells of Underground Gas Storage in Salt Caverns by means of Spectral Noise Logging. *Georesursy = Georesources*. 2016. V. 18. No. 3. Part 1. Pp. 186-190. DOI: 10.18599/grs.18.3.7

### Information about authors

*Artur M. Aslanyan* – PhD (Phys. and Math.), Chief Technology Advisor, TGT Oilfield Services  
Russia, 420108, Kazan, Magistral'naya str., 59/1  
Phone: +7 843 210-17-74, e-mail: [ama@tgtoil.com](mailto:ama@tgtoil.com)

*Maksim V. Volkov* – Expert on well integrity study, TGT Oilfield Services  
Russia, 420108, Kazan, Magistral'naya str., 59/1  
Phone: +7 843 210-17-74, e-mail: [volkov@tgtoil.com](mailto:volkov@tgtoil.com)

*Stanislav V. Soroka* – Head of Tool Factory, TGT Oilfield Services  
Russia, 420108, Kazan, Magistral'naya str., 59/1  
Phone: +7 843 210-17-74  
E-mail: [stanislav.soroka@tgtoil.com](mailto:stanislav.soroka@tgtoil.com)

*Andrey A. Arbuzov* – PhD (Phys. and Math.), Deputy Managing Director, TGT Oilfield Services  
Russia, 420108, Kazan, Magistral'naya str., 59/1  
Phone: +7 843 210-17-74  
E-mail: [andrey.arbuzov@tgtoil.com](mailto:andrey.arbuzov@tgtoil.com)

*Danis K. Nurgaliev* – Doctor of Science (Geol. and Min.), Professor, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Vice-Rector for Research  
Kazan Federal University  
Russia, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18  
Phone: +7 843 233-74-07  
E-mail: [danis.nourgaliev@kpfu.ru](mailto:danis.nourgaliev@kpfu.ru)

*Dmitriy V. Grishin* – Deputy Managing Director – Chief Engineer, Gazprom UGS  
Russia, 117420, Moscow, Nametkina str., 12A  
Phone: +7 495 428-45-09  
E-mail: [D.Grishin@phg.gazprom.ru](mailto:D.Grishin@phg.gazprom.ru)

*Roman S. Nikitin* – Deputy Managing Director – Chief Geologist, Gazprom UGS  
Russia, 117420, Moscow, Nametkina str., 12A  
Phone: +7 495 428-45-01  
E-mail: [R.Nikitin@phg.gazprom.ru](mailto:R.Nikitin@phg.gazprom.ru)

*Aleksey N. Malev* – Head of the Geological-geophysical Department, Gazprom Georesource  
Russia, 117149, Moscow, Bolotnikovskaya str., 18/2  
Phone: +7 495 921-05-46  
E-mail: [a.maljev@gazpromgeofizika.ru](mailto:a.maljev@gazpromgeofizika.ru)

*Roza N. Minakhmetova* – Leading Expert, TGT Oilfield Services  
Russia, 420108, Kazan, Magistral'naya str., 59/1  
Phone: +7 843 210-17-74  
E-mail: [roza.minakhmetova@tgtoil.com](mailto:roza.minakhmetova@tgtoil.com)

*Manuscript received July 25, 2016*