

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.169-178>

EDN LDDOWE

УДК 622.387

Современные способы оценки качества цементирования

Каримова Р.М., Голубь С.И., Чухновская Н.А.

Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск, Россия

Modern estimation methods of cementation quality

R.M. Karimova, S.I. Golub, N.A. Chukhnovskaya

Almetyevsk State Oil Institute, Almetyevsk, Russia

E-mail: karroz24@yandex.ru

Аннотация. В связи с усложнением геолого-промысловых условий строительства скважин и снижением их добычных возможностей наряду с количественными критериями строительства (скорость, проходка) определяющую роль играют показатели, характеризующие качество проведенных работ. В работе рассматривается обзор качественных показателей строительства скважин, включая, промыслово-геофизическое исследование акустическим методом с применением прибора АКЦ8СМ. Аппаратура акустической цементометрии восьми-секторная сканирующая многочастотная АКЦ8СМ предназначена для выделения вертикальных каналов в скважинах между колонной и цементным камнем, между цементным камнем и горной породой раскрытостью не менее 15 градусов, в нефтяных и газовых скважинах. Анализ динамических параметров целевых волн позволяет оценивать характер контакта, так и выявлять интервалы плохого цементирования обсадной колонны. Аппаратура обеспечивает регистрацию акустических волновых полей, возбужденных монополярным излучателем.

Область применения аппаратуры – исследование методом волнового акустического каротажа обсаженных скважин диаметром от 125 до 300 мм при верхних значениях температуры окружающей среды 120°C и гидростатического давления 80 МПа с углом наклона скважины не более 35°, при скорости каротажа до 280 м/ч.

Ключевые слова: обсадная колонна, цементный камень, акустический цементометр, контакт, оценка качества

Для цитирования: Каримова Р.М., Голубь С.И., Чухновская Н.А. Современные способы оценки качества цементирования //Нефтяная провинция.-2023.-№1(33).-С.169-178. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.169-178>. - EDN LDDOWE

Abstract. Due to the complexity of geological and field conditions of well constructions and reduction of their mining opportunities (velocity, drifting) the defining role is played by indicators that characterize the quality of the work carried out. The article considers an overview of the quality of well construction indicators including field-geophysical researches by acoustic method with the use of the ACC8CM device.

Acoustic cement metering equipment is an eight-sectored scanning multi-frequency ACC8CM device which is used for selection of vertical channels in wells between the column and cement stone, cement stone and formation with disclosure of at least 15 degrees in oil and gas wells. The analysis of the dynamic parameters of the target waves makes it possible to reveal the character of the contact and to identify the intervals of poor cementing of the casing string. This device provides registration of acoustic wave fields excited by a monopole emitter.

The scope of the equipment is research by the method of wave acoustic logging of cased wells with a diameter from 125 to 300 mm at the upper values of the ambient temperature of 120°C and hydrostatic pressure of 80 MPa with a well inclination angle of no more than 35°C, at a logging speed of up to 280 m/h.

Keywords: *casing string, cement stone, acoustic cement metering, contact, estimation of quality*

For citation: R.M. Karimova, S.I. Golub, N.A. Chukhnovskaya *Sovremennyye sposoby otsenki kachestva tsementirovaniya* [Modern estimation methods of cementation quality]. *Neftyanaya Provintsiya*, No. 1(33), 2023. pp. 169-178. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.169-178>. EDN LDDOWE (in Russian)

Рыночные условия диктуют высокие требования к современному этапу строительства скважин, связанные с повышением эффективности эксплуатационного бурения, качества строительства скважин, обеспечения потенциального дебита, снижения стоимости буровых работ [4, 5].

В настоящее время для улучшения качества крепления скважин на объектах ПАО «Татнефть» применяются самые разные технологии. В их числе – водонабухающие пакеры отечественного производства, технологии расхаживания / вращения эксплуатационной колонны при цементировании, цементирование с применением двух пробок, устройство манжетного цементирования (УМЦ) и т.д.

В связи с усложнением геолого-промысловых условий строительства скважин и снижением их добывных возможностей наряду с количественными критериями строительства (скорость, проходка) определяющую роль

играют показатели, характеризующие качество проведенных работ, в частности, промыслово-геофизические исследования [1, 2, 3, 7].

Среди основных требований по достижению качественных показателей строительства скважин, установленных проектом и действующими регламентами, устанавливаются такие критерии как:

- соответствие промежуточных и конечных показателей крепления скважин (тип и свойства цементного раствора-камня, режим цементирования, высота подъема, сплошность, однородность цементного камня, герметичность заколонного пространства) проектным решениям;
- выполнение с должным качеством заложенного в проекте объема промыслово-геофизических исследований по информационному обеспечению корректной оценки качественных показателей строительства скважины.

Информационное обеспечение корректной оценки качественных показателей строительства скважины, в частности, качество цементирования колонны, в статье рассматривается акустическим методом с применением прибора АКЦ8СМ (Рис.1).

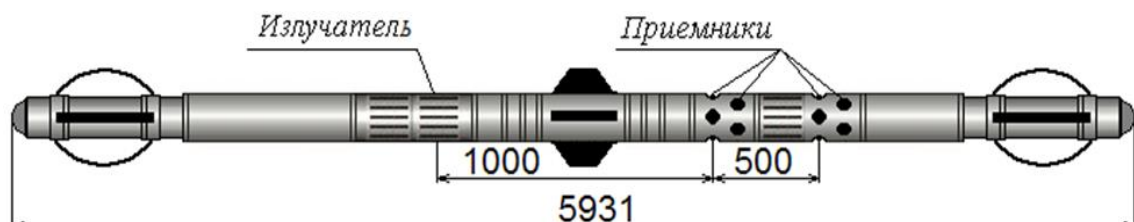


Рис. 1. Вид скважинного прибора АКЦ8СМ

Аппаратура регистрирует акустические волновые поля, возбужденных монопольным излучателем. Регистрация акустического сигнала осуществляется восьмью секторами исследования, равномерно распределёнными через 45 градусов по периметру скважины. Исследование методом волнового акустического каротажа проводится в обсаженных скважинах диаметром от 125 до 300 мм при верхних значениях температуры окружающей среды 120°C и гидростатического

давления 80 МПа с углом наклона скважины не более 35° , при скорости каротажа до 350 м/ч.

Многочастотный режим работы аппаратуры позволяет регистрировать, как нормальные волны по колонне (волна Лэмба), так и поверхностные волны Стоунли [9]. Анализ динамических параметров целевых волн позволяет оценивать характер контакта и выявлять интервалы плохого цементирования обсадной колонны. Пример трассирования целевых волновых пакетов в программном пакете «SystemAMIS» приведён на рис. 2.

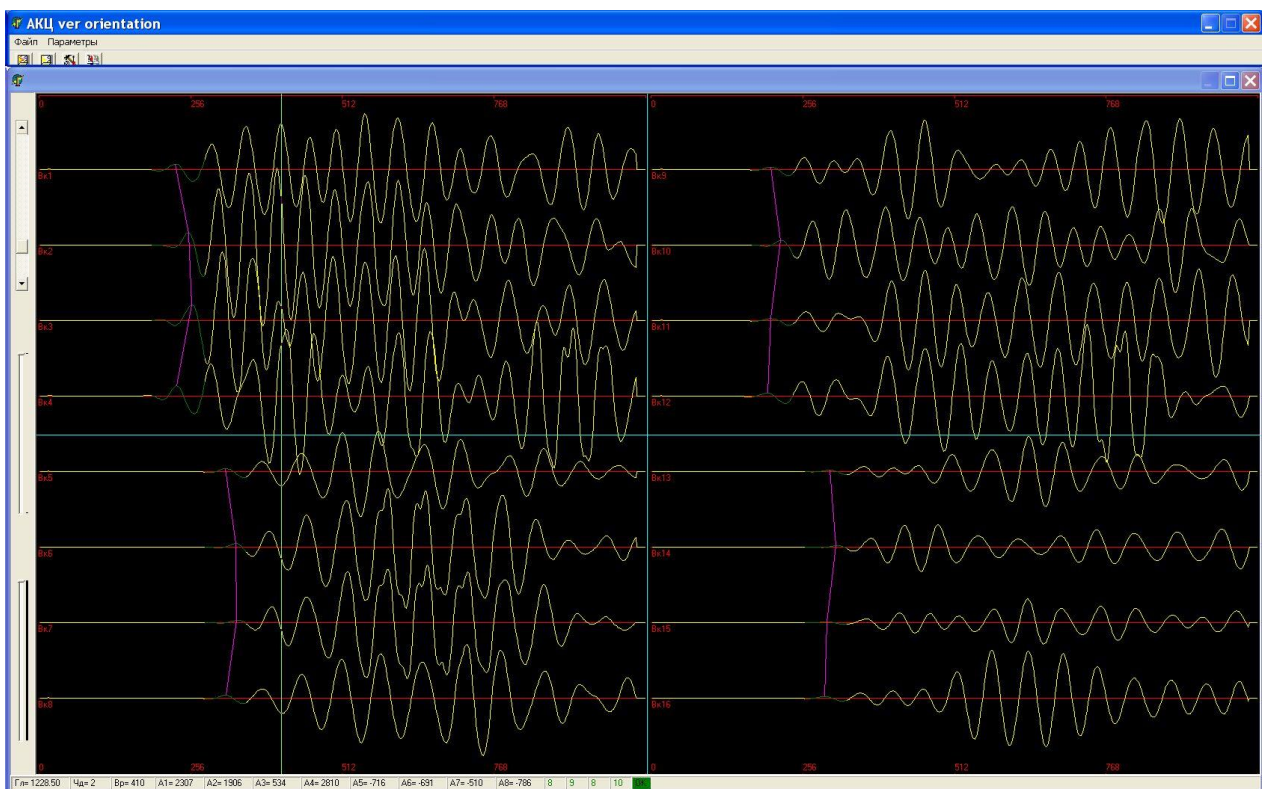


Рис. 2. Прослеживание кинематики и динамики целевой волны по колонне в программном пакете «SystemAMIS»

Принцип действие прибора основан на сцеплении контакта цементный камень - обсадная колонна, характеризующийся параметром коэффициента затухания (в развёртке это выражено градациями цвета от чёрного (сплошной контакт) до белого (отсутствие контакта)). С

привлечением данных модуля ориентации строится развёртка затуханий с ориентацией в пространстве [6, 8].

Рассмотрим данные исследования эксплуатационной скважины ..XX секторным акустическим цементомером АКЦ8СМ в интервалах глубин 952-1052 м.

Оценки энергетического фона, кинематика волнового пакета Стоунли, проведены с использованием данных восьми секторов, расположенных через 45 градусов по периметру скважины. Это обеспечивает возможность подсечь нарушение контакта цементный камень - порода в сегменте не менее 15 градусов. На планшете (Рис 3) параметр нормализованного энергетического уровня поверхностной волны Стоунли отражается в развёртке от выраженного зелёного (сплошной контакт) до красного (отсутствие контакта).

Исследования прибором АКЦ8СМ обеспечивают практически показатели поверхностной волны Стоунли, представленные на рис. 3.

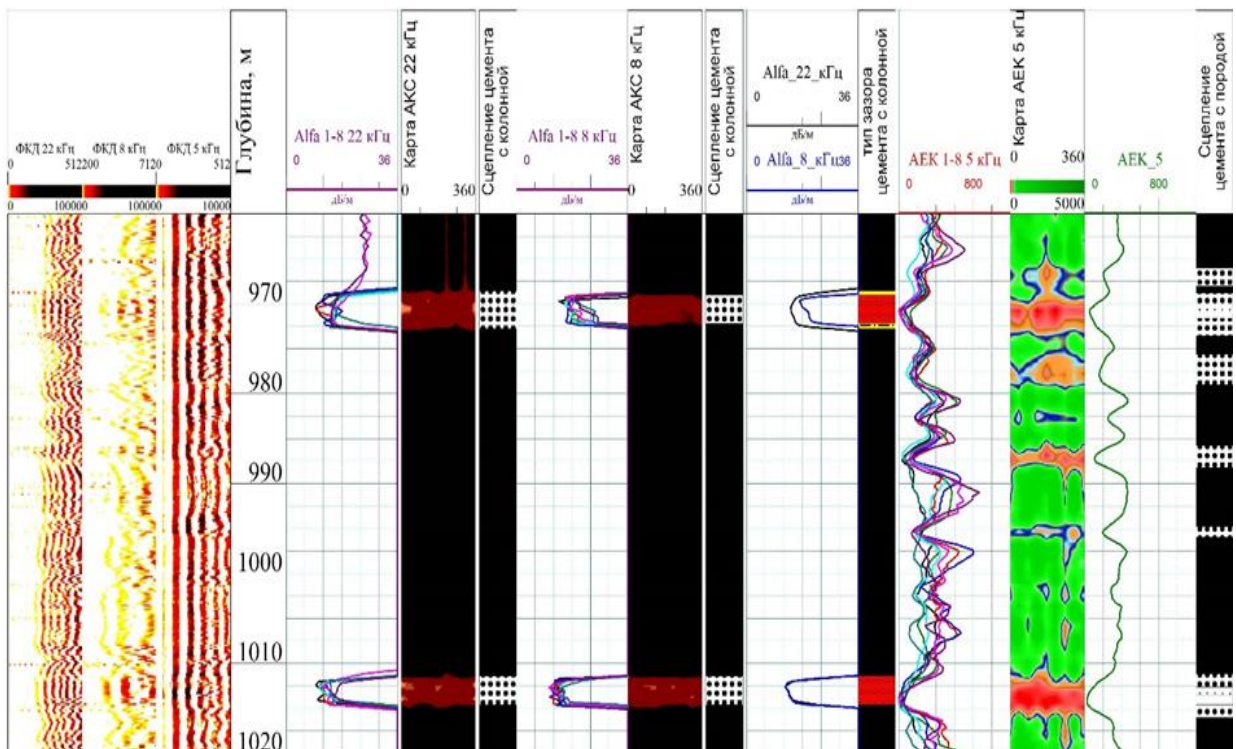


Рис. 3. Фрагмент итогового планшета АКЦ8СМ в программном пакете ПРАЙМ

Результат исследуемого участка скважины показал, что на протяжении всего интервала качество полевого материала оценивается, как хорошее.

Таким образом, анализируя данные интерпретации результатов акустического цементомера АКЦ8СМ, можно выделить следующие особенности:

1. Качество крепления контакта обсадной колонны и цементного камня:

1.1. области частичного характера сцепления колонны с цементным камнем по данным 1-го режима АКС на частоте 22 кГц выявлены в интервалах: 968,6 – 972,8, 1011,4 – 1014,6 м. В остальном интервале исследований характер контакта характеризуется, как хороший;

1.2. области частичного характера сцепления колонны с цементным камнем по данным 2-го режима АКС на частоте 8 кГц выявлены в интервалах: 969 – 972,2, 1011,4 – 1014,6 м.

В соответствии с технологией комплексной оценкой характера контакта колонна – цементный камень получена оценка наличия микрозазора в интервалах: 968,6 – 969, 972,2 – 972,8 м. Интервалы 969 – 972,2, 1011,4 – 1014,6 м. характеризуются наличием зазора.

В интервале исследований выделены вертикальные каналы крепи, которые могут быть возможными причинами перетоков: 957,3 – 968,6 м.

В остальном интервале исследований характер контакта характеризуется, как хороший.

2. Качество крепления контакта цементного камня и горной породы:

2.1. области отсутствия сцепления колонны с цементным камнем по данным режима АКС на частоте 5 кГц выявлены в интервале 1013,6 – 1014,6 м;

2.2. области плохого характера сцепления породы с цементным камнем по данным режима ST на частоте 5 кГц выявлены в интервалах: 970,2 – 971,6, 1012,6 – 1013,6, 1014,6 – 1015 м;

2.3. области частичного характера сцепления породы с цементным камнем по данным режима ST на частоте 5 кГц выявлены в интервалах: 966 – 968, 968,8 – 970,2, 971,6 – 973,6, 975,6 – 979, 985,8 – 988,2, 994,8 – 996, 1011,2 – 1012,6, 1015 – 1016 м.

В интервале исследований выделены вертикальные каналы крепи, которые могут быть возможными причинами перетоков: 952,8 – 956,7, 958,8 – 960,4, 962,2 – 966, 968 – 968,8, 973,6 – 975,6, 981,6 – 983,6, 988,2 – 993,2, 996 – 1011,2, 1016 – 1052 м.

В остальном интервале исследований характер контакта характеризуется, как хороший.

Таким образом, применение акустического цементомера АКЦ8СМ на рассматриваемом интервале, позволило многофункционально оценить качественные показатели крепления при заканчивании эксплуатационных скважин с учетом правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности [10].

При строительстве скважин акустическим цементомером АКЦ8СМ можно решить также и такие осложненные задачи как:

- проведение количественной оценки сцепления цемента с обсадной колонной с выделением вертикальных каналов;
- построение цветовой карты - развёртки АКЦ контакта колонна - цемент с выделением зон некачественного цементирования;
- построение цветовой карты - развёртки АКЦ контакта цемент - порода с выделением зон некачественного цементирования;
- оценка наличия микрозазоров;
- оценка эффективности ГРП (изменение упругих модулей, изменение проницаемости пластов в интервале ГРП и высота трещины ГРП).

В комплексе с акустическим цементомером АКЦ8СМ возможно применение модуля, сканирующего гамма-дефектомера-толщиномера СГДТ – 100М для решения дополнительных задач:

- измерение плотности вещества за обсадной колонной с привязкой результатов измерений к апсидальной плоскости;
- регистрации естественного гамма-излучения горных пород [6, 8, 9].

Список литературы

1. Квеско Б.Б. Основы геофизических методов исследования нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / Б.Б. Квеско, Н.Г. Квеско, В.П. Меркулов. — 2-е изд. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 228 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/98401.html>.
2. Н.Н. Богданович, А.С. Десяткин, В.М. Добрынин, Г.М. Золоева; под редакцией В.Г. Мартынов, Н.Е. Лазуткина, М.С. Хохлова. Геофизические исследования скважин: Справочник мастера по промышленной геофизике — Москва, Инфра-Инженерия, 2013. — 960 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13536.html>.
3. Karimova R., Golub S. Analysis of geophysical methods in the study of fixing production casing leaks in oil wells of Tatarstan. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2nd International Conference on Corrosion in the Oil and Gas Industry 2020, Corrosion 2021. Saint-Petersburg, 2021. С. 03007.
4. Хузина Л.Б., Хузин Р.Р., Голубь С.И. Об особенностях буровых растворов для вскрытия осложнённых скважин на месторождениях Татарстана. Нефть. Газ. Новации. 2022. №1 (254). С.40-43.
5. Голубь С.И., Каримова Р.М., Хузина Л.Б. Комплексные технологические решения при бурении осложнённых скважин на месторождениях ПАО «Татнефть». В сборнике: Современные технологии в нефтегазовом деле – 2019. Сборник трудов международной научно-практической конференции в 2-х т. Том 1. 2019. С.315-319.
6. Каталог скважинной геофизической аппаратуры и оборудования, используемого в ТНГ-ГРУПП. 2021.
7. Каримова Р.М., Чухновская Н.А. Определение нефтеводонасыщенности пластов импульсными нейтронными и радиоактивными методами. Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2018. Т. 17. С. 65-67.
8. Сулейманов М.А., Шакуров Д.Р. и др. RU 2 682 269 С2. Скважинный прибор акустического контроля качества цементирования скважин. Патент.
9. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах ГИС. М., 2002.
10. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 N 534 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2020 N 61888).

References

1. Kvesco B.B. Fundamentals of geophysical methods of oil and gas wells research: text-book / B.B. Kvesco, N.G. Kvesco, V.P. Merkulov. — 2nd ed. — Moscow, Vologda: Infra-Engineering, 2020. — 228 p. Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/98401.html>.
2. N.N. Bogdanovich, A.S. Desyatkin, V.M. Dobrynin, G.M. Zoloeva; edited by V.G. Martynov, N.E. Lazutkin, M.S. Khokhlov. Geophysical studies of wells: Handbook of the master of field geophysics — Moscow, Infra-Engineering, 2013. — 960 p. Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/13536.html>.
3. Karimova R., Golub S. Analysis of geophysical methods in the study of fixing production casing leaks in oil wells of Tatarstan. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2nd International Conference on Corrosion in the Oil and Gas Industry 2020, Corrosion 2021. Saint-Petersburg, 2021. С. 03007.
4. Khuzina L.B., Khuzin R.R., Golub S.I. On the features of drilling fluids for opening complicated wells in the fields of Tatarstan. Oil. Gas. Innovations. 2022. No. 1 (254). pp.40-43.
5. Golub S.I., Karimova R.M., Khuzina L.B. Complex technological solutions for drilling complicated wells at the fields of PJSC Tatneft. In the collection: Modern technologies in the oil and gas business – 2019. Proceedings of the International Scientific and practical conference in 2 volumes. Volume 1. 2019. pp.315-319.
6. Catalog of borehole geophysical equipment and equipment used in TNG-GROUP. 2021.
7. Karimova R.M., Chukhnovskaya N.A. Determination of oil saturation of reservoirs by pulsed neutron and radioactive methods. Scientific notes of the Almet'yevsk State Petroleum Institute. 2018. Vol. 17. pp. 65-67.
8. Suleymanov M.A., Shakurov D.R. et al. RU 2 682 269 C2. Borehole acoustic quality control device for cementing wells. Patent.
9. Technical instructions for conducting geophysical research and work with devices on a cable in oil and gas wells GIS. M., 2002.
10. Rostekhnadzor Order No. 534 dated 12/15/2020 "On Approval of Federal Norms and Rules in the field of industrial safety "Safety Rules in the Oil and Gas industry" (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 12/29/2020 No. 61888).

Сведения об авторах

Каримова Роза Мударисовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры геологии, Альметьевский государственный нефтяной институт
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 2
E-mail: karroz24@yandex.ru

Голубь Светлана Ивановна, старший преподаватель кафедры бурения нефтяных и газовых скважин, Альметьевский государственный нефтяной институт
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 2
E-mail: gsi@agni-rt.ru

Чухновская Наталья Анатольевна, старший преподаватель кафедры геологии, Альметьевский государственный нефтяной институт
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 2
E-mail: chuhnovskaya@agni-rt.ru

Authors

R.M. Karimova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Almeteyevsk Oil State Institute
2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation
E-mail: karroz24@yandex.ru

S.I. Golub, Senior Lecturer of the Department of Oil and Gas Drilling, Almeteyevsk Oil State Institute
2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation
E-mail: gsi@agni-rt.ru

N.A. Chukhnovskaya, Senior Lecturer of the Department of Geology, Almeteyevsk Oil State Institute
2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation
E-mail: chuhnovskaya@agni-rt.ru

Статья поступила в редакцию 09.03.2023

Принята к публикации 20.03.2023

Опубликована 30.03.2023