

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор АО «НИЦПВ»

Михайлюк Д.М.

«12» февраля 2020 г.



ЯМР-релаксометры GeoSpec+

Методика поверки

Москва  
2020 г.

Настоящая методика распространяется на ЯМР-релаксометры GeoSpec+, (далее – ЯМР-релаксометры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

## 1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей методике стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

1.1 **90° (180°) – импульс:** импульс радиочастотного электромагнитного поля, амплитуда и длительность которого, а также направление относительно вектора постоянного магнитного поля обеспечивают поворот вектора намагниченности вещества во вращающейся системе координат на 90° (180°).

1.2 **спиновое эхо:** явление повторного возникновения сигналов ядерной магнитной индукции, обусловленное фазировкой спиновых магнитных моментов под действием радиочастотных импульсов.

1.3 **импульсная последовательность КПМГ( КПМГ-последовательность, последовательность Карра-Парселла-Мейбума-Гилла, англ. CPMG):** последовательность коротких, по сравнению со временем спин-спиновой релаксации, прямоугольных радиочастотных импульсов электромагнитного поля, первый из которых является 90°-импульсом, за которым следуют через равные промежутки времени 180°-импульсы. В интервалах между последними возникает сигнал спинового эха, амплитуда которого уменьшается с постоянной времени спин-спиновой релаксации.

1.4 **условия повторяемости:** Условия, при которых независимые результаты измерений (или испытаний) получаются одним и тем же методом на идентичных объектах испытаний, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени.  
[ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002, пункт 3.14]

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Операции, выполняемые при проведении поверки.

№ п/п	Наименование операций	Раздел	Обязательность проведения операций при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр, проверка комплектности	6.1	да	да
2	Опробование прибора	6.2	да	да
3	Измерение отношения сигнал/шум на ядрах <sup>1</sup> H на образце воды/	6.3.1	да	да
4	Измерение времени спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды.	6.3.2, 6.3.3	да	да
5	Определение относительного среднего квадратичного отклонения результатов измерений времени спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды.	6.3.2, 6.3.3	да	да

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяются химические реактивы и вещества, указанные в таблице 2.

Таблица 2. Химические реактивы и вещества, используемые при поверке.

Номер пункта по методике поверки	Химические реактивы и вещества используемые при поверке	Химическая формула	Обозначение нормативного документа, регламентирующего состав, и (или) квалификация реактива, основные характеристики, производитель
6.2.3.5, 6.3.1.2, 6.3.2.1	Вода для лабораторного анализа	H <sub>2</sub> O	Степень чистоты 1 по ГОСТ Р 52501-2005.

3.2 Средства поверки могут быть заменены другими, обеспечивающими требуемую точность и пределы измерений.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования безопасности:

- 1) Правила безопасности, изложенные в Руководстве по эксплуатации анализатора.
- 2) Правила безопасности по РД-08.00-74.30.10-КТН-001-1-03 при работе в аналитической лаборатории.

#### 5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- диапазон температур окружающей среды, °С от 19 до 25
- скорость изменения температуры окружающей среды, °С/сутки, не более 3
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 80
- напряжение питания от однофазной сети переменного тока частотой (50±1) Гц, В от 220 до 240
- напряжение питания от трехфазной сети переменного тока частотой (50±1) Гц, В от 342 до 418

5.2 Подготовку прибора к работе провести в соответствии с руководством по эксплуатации.

5.3 Перед проведением поверки прибор должен быть полностью включен в соответствии с руководством по эксплуатации и выдержан во включенном состоянии не менее 24 часов.

#### 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

##### 6.1 Внешний осмотр, проверка комплектности

При внешнем осмотре установить:

- соответствие комплектности (без запасных частей и инструмента), указанной в руководстве по эксплуатации;
- надёжность крепления соединительных элементов;
- отсутствие повреждений и дефектов, влияющих на работоспособность и метрологические характеристики прибора;
- наличие на приборе заводского номера и товарного знака фирмы-изготовителя.

## 6.2 Опробование

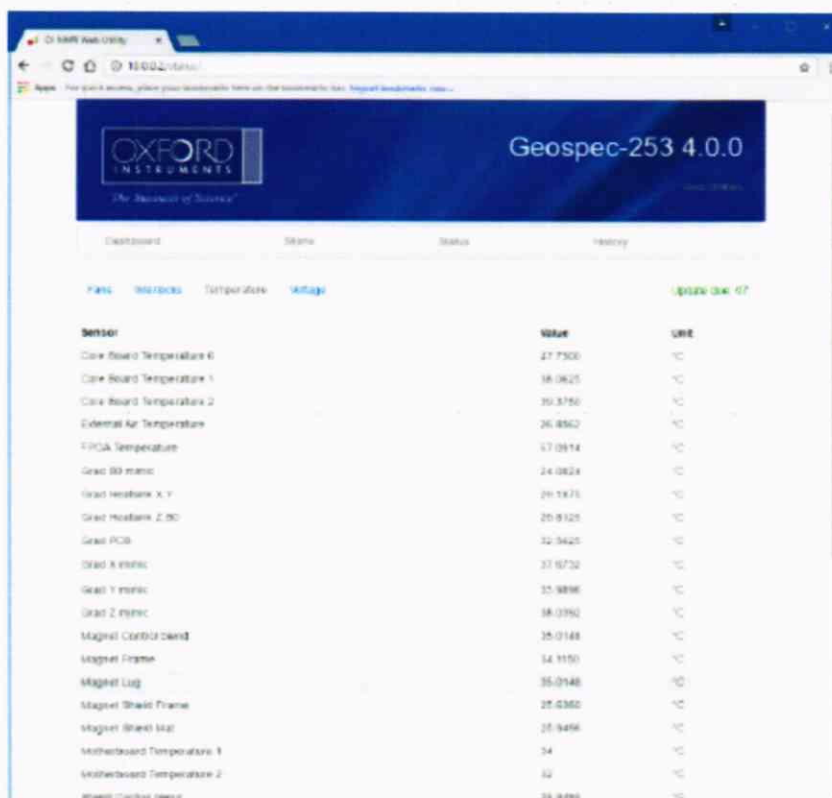
### 6.2.1 Проверка версии программного обеспечения

Запустить программу Oxford Instruments NMR Application Developer. В диалоговом окне выбрать вкладку About. В открывшемся окне будет отображаться версия программного обеспечения. Номер версии ПО должен быть не ниже v.0.8.3

### 6.2.2 Проверка температуры магнита

6.2.2.1. Запустить Интернет браузер Гугл Хром. В открывшемся окне выбрать вкладку Status (рис. 1)

6.2.2.2. Температура магнита показана строке Magnet Lug.



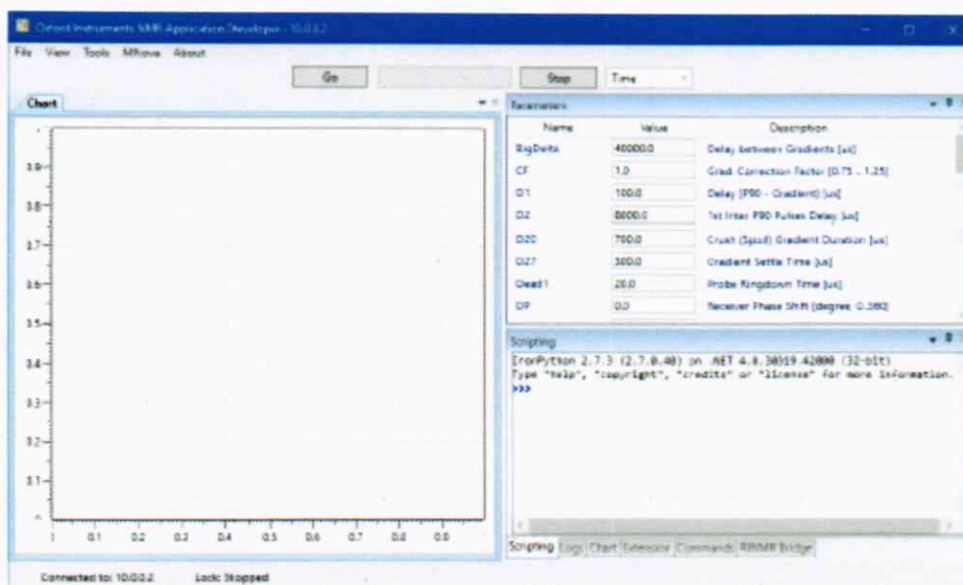
Sensor	Value	Unit
Core Board Temperature 0	27.7300	°C
Core Board Temperature 1	38.0625	°C
Core Board Temperature 2	30.3750	°C
External Air Temperature	26.8562	°C
FPGA Temperature	37.0914	°C
Grad 00 matic	24.0824	°C
Grad Heatsink X Y	29.1875	°C
Grad Heatsink Z 00	20.9320	°C
Grad PCB	32.3425	°C
Grad X matic	33.9750	°C
Grad Y matic	35.8896	°C
Grad Z matic	38.0390	°C
Magnet Control Board	35.0148	°C
Magnet Frame	34.1150	°C
Magnet Lug	35.0148	°C
Magnet Shield Frame	28.6360	°C
Magnet Shield Mat	35.3456	°C
Motherboard Temperature 1	34	°C
Motherboard Temperature 2	32	°C
Shield Control Board	29.9390	°C

Рисунок 1. Окно «Status»

Прибор считается годным к поверке, если средняя температура магнита составляет  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,15^{\circ}\text{C}$ .

### 6.2.3 Тест на наличие ЯМР-сигнала

6.2.3.1. Запустить программу Oxford Instruments NMR Application Developer. На экране появится диалоговое окно программы, показанное на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Диалоговое окно программы **Application Developer**, появляющееся после ее запуска.

6.2.3.2 Ввести в диалоговом окне программы команду **load('geoFID.py')**, затем нажать **Enter**.

6.2.3.3 В окне Parameters (см. рисунок 2) показаны стартовые параметры импульсной последовательности и условия регистрации ЯМР-сигнала. Необходимо убедиться, что установлены значения параметров в соответствии с таблицей 3.

**Таблица 3. Требуемые значения параметров импульсной последовательности и регистрации ЯМР-сигнала для контроля наличия ЯМР-сигнала.**

Обозначение параметра (Name)	Величина параметра (Value)	Наименование параметра (Description)
O1	0.0	Spectrometer Offset Frequency
NS	4	Number of scans
DP	0.0	RX Phase Offset
P90	10.0	90 Degree Pulse Length
DS	0	Number of Dummy Scans
RD	1000000	Relaxation Delay
Dead1	50.0	Probe Ringdown Time
RG	10.0	Receiver Gain
PH2	0,180,90,270	Acquire Phase
Filter	125000	Filter File
SF	2.3	Spectrometer Base Frequency
SI	256	Points To Acquire Per Scan
SWT	UltraShape/	Filter File Directory
PH1	0,180,90,270	P90 Pulse Phase
RFA0	1.0	Transmit Pulse Amplitude
TXEnable	2.0	Transmitter Enable Time

6.2.3.4 Если параметры отличаются от указанных в таблице 3, то необходимо в соответствии с инструкцией по эксплуатации установить требуемые значения. Остальные параметры могут иметь произвольные значения.

6.2.3.5 Заполнить кювету водой для химического анализа (см. таблицу 2) до уровня 50 мм.

6.2.3.6 Установить кювету с водой в прибор в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

6.2.3.7 Выполнить запись сигнала спада свободной индукции (ССИ) при однократном сканировании. Для этого ввести в диалоговом окне программы команду **go()**, затем нажать **Enter**. Результат выполнения команды показан на рисунках 3 и 4. На рисунке 3 показана ситуация, когда сигнал ССИ отсутствует. На рисунке 4 показан результат выполнения команды при наличии сигнала ССИ. На экране должны присутствовать синяя кривая (соответствует реальной части сигнала ССИ) и оранжевая кривая (соответствует мнимой части сигнала ССИ).

Прибор годен к поверке, если после выполнения команды **go()** на экране наблюдается картина, показанная на рисунке 4.



Рисунок 3. Результат выполнения команды **go()** при отсутствии сигнала ССИ

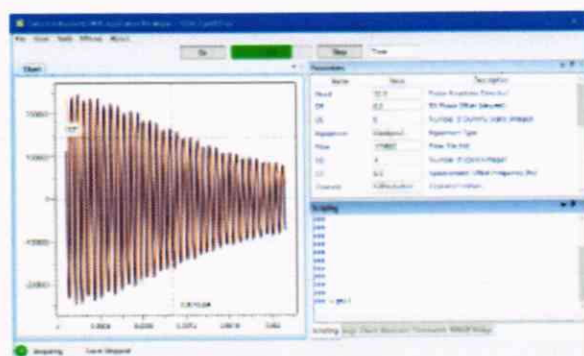


Рисунок 4. Результат выполнения команды **go()** при наличии сигнала ССИ

#### 6.2.4 Тест на отсутствие значимых загрязнений ЯМР-датчика

6.2.4.1 Если в приборе установлен образец – вынуть его.

6.2.4.2 В окне Parameters установить значения отдельных параметров в соответствии с таблицей 4. Параметр O1 не изменять. Значения остальных параметров – в соответствии с таблицей 3. Значения параметров, не указанных в таблицах 3 и 4 – произвольные.

**Таблица 4. Требуемые значения параметров импульсной последовательности и регистрации ЯМР-сигнала для контроля загрязнений ЯМР-датчика.**

Обозначение параметра (Name)	Величина параметра (Value)	Наименование параметра (Description)
SI	8192	Size of Acquisition Buffer [points]
NS	1	Number of Scans
RG	10.0	Receiver Gain [0.0...100%]
RD	100000.0	Relaxation Delay [ $\mu$ s]

6.2.4.3 Ввести команду **go()** и нажать **Enter**. При отсутствии загрязнений датчика будет наблюдаться картина, показанная на рисунке 5 – по всей развертке приблизительно однородный шумовой сигнал. Типичный сигнал при наличии загрязнений показан на рисунке 6. В этом случае в начале развертки появляются ложные сигналы.

6.2.4.4 Ввести команду **u.avg(0, 50)** и нажать **Enter**. Считать появившееся среднее арифметическое значение ЯМР сигнала на начальном участке развертки  $I_{AVG0}$  (между начальной точкой развертки (она имеет номер 0) и 50-ой точками развертки).

6.2.4.5 Ввести команду **u.avg(100, 200)** и нажать **Enter**. Считать появившееся среднее арифметическое значение ЯМР сигнала на начальном участке развертки, удаленном от начала  $I_{AVG}$  (между 100-ой и 200-ой точками развертки).

6.2.4.6 Вычислить безразмерную величину  $CT$  по формуле:

$$CT = \frac{I_{AVG0}}{I_{AVG}}, \quad (1)$$

Где

$I_{AVG0}$  - среднее значение ЯМР сигнала на начальном участке развертки, измеренное в 6.2.4.4, относительные единицы;

$I_{AVG}$  - среднее значение ЯМР сигнала на участке, удаленном от начала развертки, измеренное в 6.2.4.5, относительные единицы.

Прибор считается годным к поверке, если  $CT < 2$  для всех модификаций.

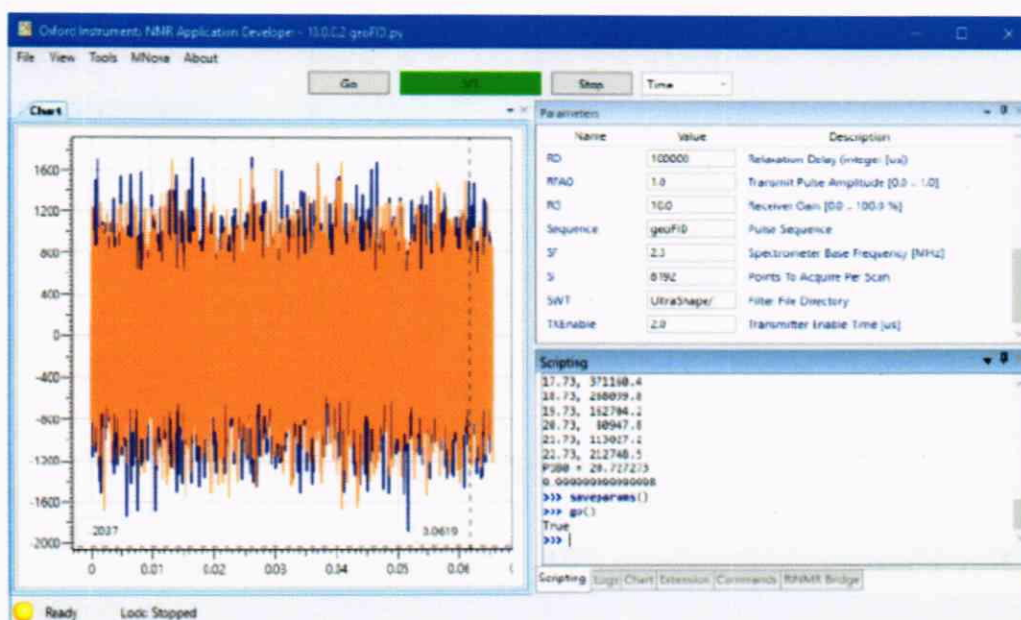


Рисунок 5. Сигнал пустого датчика при отсутствии значимых загрязнений

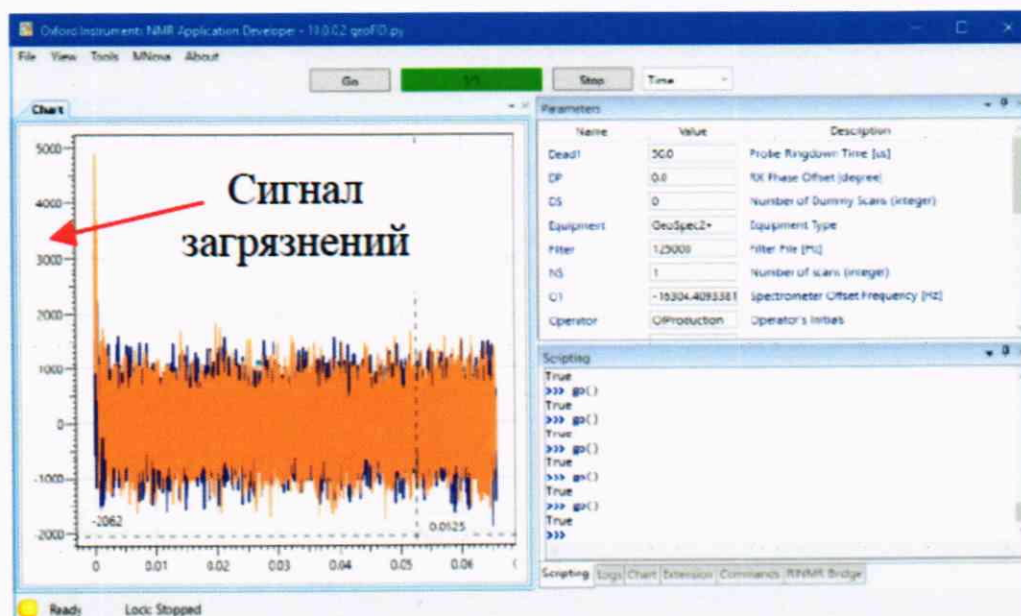


Рисунок 6. Сигнал пустого датчика при наличии загрязнений

### 6.3 Определение метрологических характеристик

#### 6.3.1 Измерение отношения сигнал/шум на ядрах $^1\text{H}$ на образце воды

6.3.1.1. Измерения производят на образце воды для лабораторного анализа (см. таблицу 2).

6.3.1.2. Установить образец в прибор и ввести команду **go()**, затем нажать **Enter**. После выполнения команды **go()** на экране наблюдается картина, показанная на рисунке 4.

6.3.1.3. Установить значения отдельных параметров в соответствии с таблицей 5. Остальные параметры – в соответствии с таблицами 3 и 4. Значения параметров, не указанных в таблицах 3 - 5 – произвольные.



**Таблица 5. Требуемые значения параметров импульсной последовательности и регистрации ЯМР-сигнала для измерения отношения сигнал/шум**

Обозначение параметра (Name)	Величина параметра (Value)	Наименование параметра (Description)
NS	16	Number of Scans
RD	15000000	Relaxation Delay

6.3.1.4 До начала измерений выдержать образец в приборе в течение 30 минут.

6.3.1.5 Произвести подстройку частоты прибора. Для этого ввести команду **setO1()** и нажать **Enter**.

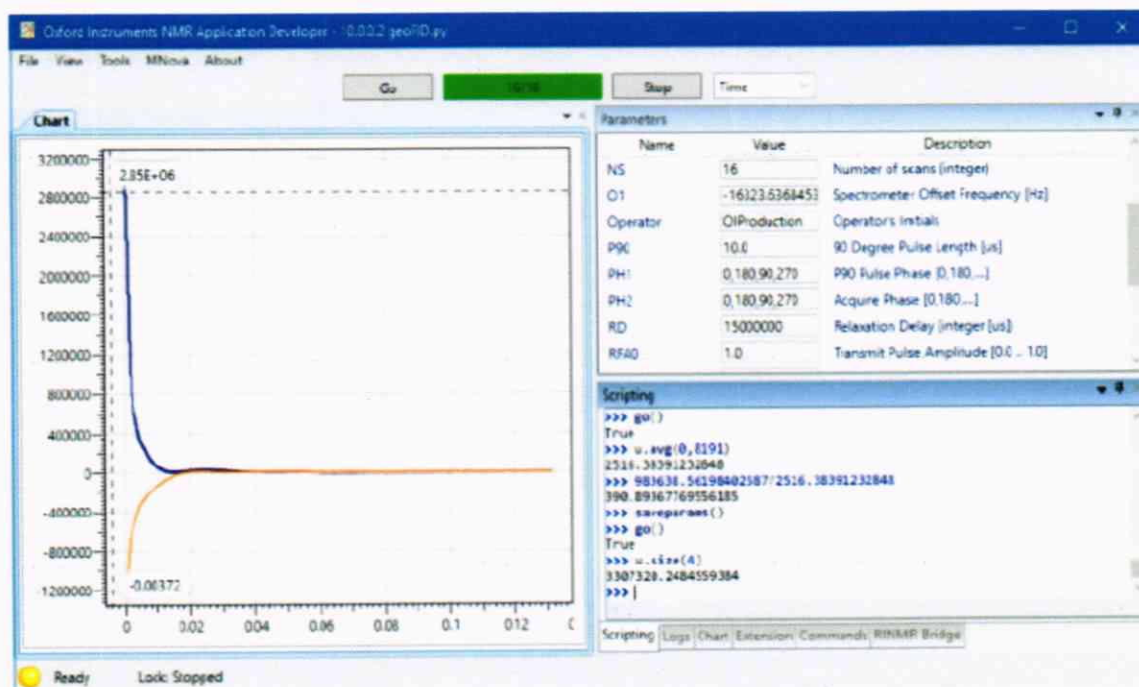
6.3.1.6 Произвести регистрацию ЯМР-сигнала. Для этого ввести команду **go()** и нажать **Enter**. Изображение зарегистрированного сигнала показано на рисунке 7.

6.3.1.7 Вычислить величину ЯМР-сигнала  $I_{NMR}$ , введя команду **u.size(4)** и нажав **Enter**.

6.3.1.8 Вынуть образец из прибора.

6.3.1.9 Произвести регистрацию шумового сигнала. Для этого ввести команду **go()** и нажать **Enter**. Изображение зарегистрированного шумового сигнала показано на рисунке 8.

6.3.1.10 Вычислить среднюю величину шумового сигнала  $I_{NOISE}$ , введя команду **u.avg(0, 8191)** и нажать **Enter**.



**Рисунок 7. ЯМР-сигнал на образце воды (см. п. 6.3.1.6).**

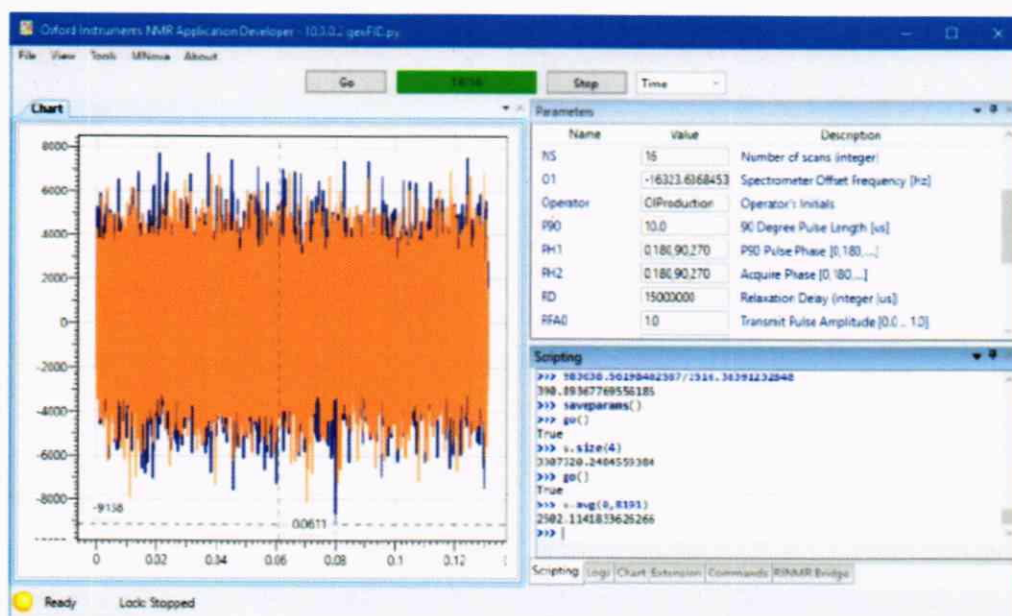


Рисунок 8. Шумовой сигнал (см. п. 6.3.1.9)

6.3.1.11 Вычислить отношение сигнал/шум  $SN_H$  по формуле:

$$SN_H = \frac{I_{NMR}}{I_{NOISE}} \quad (2)$$

где  $I_{NMR}$  - значение ЯМР сигнала, вычисленное в 6.3.1.7, относительные единицы;

$I_{NOISE}$  - среднее значение шумового сигнала, вычисленное в 6.3.1.10, относительные единицы.

Прибор считается годным, если вычисленное по формуле (2) отношение  $SN_H$  не менее значений, приведенных в таблице 6.

Таблица 6. Минимально допустимые отношения сигнал/шум на ядрах  $^1H$  на образце воды для лабораторного анализа для различных модификаций прибора

Модификация прибора	Минимально допустимое значение отношения сигнал/шум
GeoSpec+ 2/53	1200:1
GeoSpec+ 2/75	1500:1
GeoSpec+ 2/100	1500:1
GeoSpec+ 12/53	5000:1

### 6.3.2 Измерения времени спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды и определение относительного стандартного отклонения результатов измерений $T_2$ воды в условиях повторяемости

6.3.2.1 Заполнить кювету водой для лабораторного анализа (см. таблицу 2) до уровня 50 мм и установить ее в прибор. До начала измерений кювета должна быть выдержана в приборе в течение 30 минут.

6.3.2.2. Загрузить программу управления импульсной последовательностью Карра-Парселла-Мейбума-Гилла (КПМГ, английская аббревиатура CPMG, см. п. 3.3). Для этого ввести `load('geoCPMG.py')` и нажать **Enter**.

6.3.2.3 Установить значения отдельных параметров в соответствии с таблицей 7. Остальные параметры – произвольные.

**Таблица 7. Требуемые значения параметров импульсной последовательности КПМГ и регистрации ЯМР-сигнала для измерения времени спин-спиновой релаксации воды  $T_2$ .**

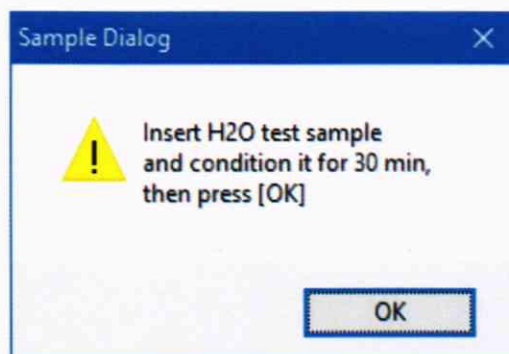
Обозначение параметра (Name)	Величина параметра (Value)	Наименование параметра (Description)
SWT	UltraShape/	Filter File Directory
Filter	125000	Filter File
SI	1	Points per Echo
NECH	32768	Number of Echoes
NS	16	Number of Scans
RG	10.00	Receiver Gain
RD	40000000	Recycle Delay
TAU	500.0	90-180 Degree Pulse Gap
TX90Phase	0,0,180,180,90,90,270,270	P90 Pulse Phase
RXPhase	0,0,180,180,90,90,270,270	Acquire Phase
TX180Phase	90,270,90,270,0,180,0,180	P180 Pulse Phase

6.3.2.4 Для сохранения параметров ввести команду `saveparams('geoCPMG.par')` и нажать **Enter**.

6.3.2.5 Импортировать метод командой `import poverka as t`

6.3.2.6 Произвести регистрацию ЯМР-сигнала (амплитуды спинового эха в различные моменты времени после  $90^\circ$ -импульса). Для этого ввести команду `t.run_CPMG500()` и нажать **Enter**.

6.3.2.7 Появится предложение установить кювету с водой, рис. 9.



**Рис. 9. Запрос образца**

6.3.2.8 Если указанное в п. 6.3.2.1 время прогрева образца истекло, можно начинать измерения - нажмите ОК.

6.3.2.8 ЯМР-релаксометр автоматически выполнит 10 измерений времени релаксации и выведет результаты на экран, рис. 10.

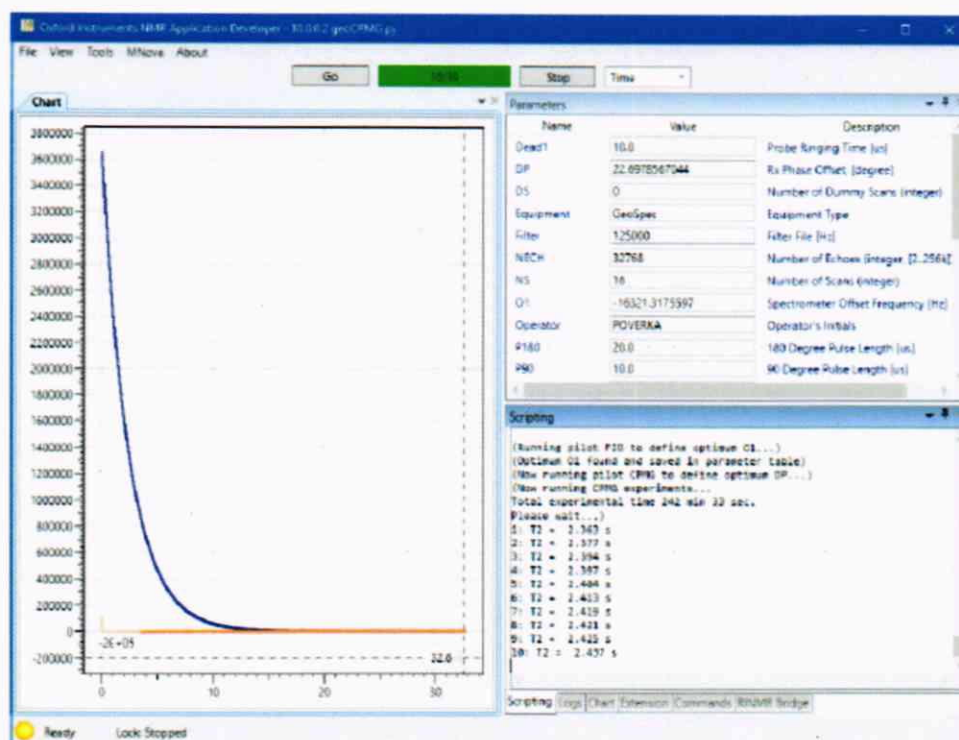


Рисунок 10. ЯМР-сигнал при измерении времени спин-спиновой релаксации воды и результаты измерений.

### 6.3.3 Обработка результатов измерений

6.3.3.1 Вычислить результат измерений времени спин-спиновой релаксации воды  $\bar{T}_2$  по формуле:

$$\bar{T}_2 = 0,1 \cdot \sum_{i=1}^{10} T_{2i} \quad (3)$$

где  $\bar{T}_2$  – результат измерений времени спин-спиновой релаксации воды, мс;  
 $T_{2i}$  – результаты отдельных измерений времени спин-спиновой релаксации воды по 6.3.2.8, мс.

6.3.3.2 Вычислить относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений времени спин-спиновой релаксации воды  $s_r$  по формуле:

$$s_r = \frac{33,3}{\bar{T}_2} \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (\bar{T}_2 - T_{2i})^2} \quad (4)$$

где  $s_r$  - относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений времени спин-спиновой релаксации воды, %;  
 $\bar{T}_2$  – результат измерений времени спин-спиновой релаксации воды, мс;  
 $T_{2i}$  – результаты отдельных измерений времени спин-спиновой релаксации воды по 6.3.2.8, мс.

6.3.3.3 Прибор считается годным, если время спин-спиновой релаксации воды  $\bar{T}_2$  при температуре 33°C, вычисленное по формуле (3) находится в диапазоне от 2600 мс до 3200 мс, а относительное стандартное отклонение результатов измерений в условиях повторяемости времени спин-спиновой релаксации воды  $sr$ , вычисленное по формуле (4), не более 3% для всех модификаций прибора.

## 7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки оформляются протоколом (формы протоколов для различных модификаций ЯМР-спектрометров приведены в Приложениях А, Б, В, Г), который хранится в организации, проводившей поверку.

7.2 ЯМР-спектрометр, удовлетворяющий требованиям настоящей методики, признают годным к применению и на него выдают свидетельство о поверке установленной формы.

7.3 При отрицательных результатах поверки процедуру поверки следует повторить. Если повторные результаты поверки окажутся неудовлетворительными, то прибор запрещают к применению и выдают извещение о непригодности с указанием причин.

Главный метролог АО «НИЦПВ»



Бондарчук С.В.

**Приложение А  
(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки прибора GeoSpec+, модификация 2/53**

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ №\_\_ (от\_\_\_\_\_)**

**1. Средство измерений:** ЯМР-релаксометр «GeoSpec+»

Модификация GeoSpec+ 2/53

Принадлежит \_\_\_\_\_

**2. Серийный номер** \_\_\_\_\_

**3. Предприятие изготовитель:** Oxford Instruments Magnetic Resonance (Великобритания).

**4. Условия поверки:**

- время начала поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- время окончания поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- температура окружающего воздуха в начале поверки \_\_\_\_\_ °С;
- температура окружающего воздуха по окончании поверки \_\_\_\_\_ °С;
- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %.

**5. Средства поверки:**

Вода для лабораторного анализа [H<sub>2</sub>O] Степень чистоты 1 по ГОСТ Р 52501-2005.

**5. Операции поверки**

**5.1 Внешний осмотр, проверка комплектности**

Вывод: \_\_\_\_\_

**5.2 Опробование**

Вывод \_\_\_\_\_

**5.3 Определение метрологических характеристик**

Наименование параметра	Пункт методики поверки	Единица измерений.	Допустимое значение	Измеренное значение	Вывод о соответствии
Отношение сигнал/шум на ядрах $^1\text{H}$ на образце воды	9.3.1	б/р	> 1200:1		
Время спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды	9.3.2, 9.3.3	мс	2600- 3200		
Относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений времени спин-спиновой релаксации воды в условиях повторяемости	9.3.2, 9.3.3	%	3		

**Заключение:** По результатам поверки ЯМР-релаксометр «GeoSpec+», модификация GeoSpec+ 2/53 зав. № \_\_\_\_\_, признан **годным негодным** (нужное подчеркнуть) к эксплуатации.

Поверитель: \_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_  
ФИО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки прибора GeoSpec+, модификация 2/75**

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ №\_\_ (от \_\_\_\_\_)**

**1. Средство измерений:** ЯМР-релаксометр «GeoSpec+»

Модификация GeoSpec+ 2/75

Принадлежит \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**2. Заводской номер** \_\_\_\_\_

**3. Предприятие изготовитель:** фирма Oxford Instruments Magnetic Resonance (Великобритания).

**4. Условия поверки:**

- время начала поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- время окончания поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- температура окружающего воздуха в начале поверки \_\_\_\_\_ °С;
- температура окружающего воздуха по окончании поверки \_\_\_\_\_ °С;
- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %.

**5. Средства поверки:**

Вода для лабораторного анализа [H<sub>2</sub>O] Степень чистоты 1 по ГОСТ Р 52501-2005.

**5. Операции поверки**

**5.1 Внешний осмотр, проверка комплектности**

Вывод: \_\_\_\_\_

**5.2 Опробование**

Вывод \_\_\_\_\_

**5.3 Определение метрологических характеристик**



Наименование параметра	Пункт методики поверки	Единица измерений.	Допустимое значение	Измеренное значение	Вывод о соответствии
Отношение сигнал/шум на ядрах $^1\text{H}$ на образце воды	9.3.1	б/р	> 1500:1		
Время спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды	9.3.2, 9.3.3	мс	2600- 3200		
Относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений времени спин-спиновой релаксации воды в условиях повторяемости	9.3.2, 9.3.3	%	3		

**Заключение:** По результатам поверки ЯМР-релаксометр «GeoSpec+», модификация GeoSpec+ 2/75 зав. № \_\_\_\_\_, признан **годным негодным** (нужное подчеркнуть) к эксплуатации.

Поверитель: \_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_  
ФИО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Приложение В  
(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки прибора GeoSpec+, модификация 2/100**

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ №\_\_ (от\_\_\_\_\_)**

**1. Средство измерений:** ЯМР-релаксометр «GeoSpec+»

Модификация GeoSpec+ 2/100

Принадлежит \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**2. Заводской номер** \_\_\_\_\_

**3. Предприятие изготовитель:** фирма Oxford Instruments Magnetic Resonance (Великобритания).

**4. Условия поверки:**

- время начала поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- время окончания поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- температура окружающего воздуха в начале поверки \_\_\_\_\_ °С;
- температура окружающего воздуха по окончании поверки \_\_\_\_\_ °С;
- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %.

**5. Средства поверки:**

Вода для лабораторного анализа [H<sub>2</sub>O] Степень чистоты 1 по ГОСТ Р 52501-2005.

**5. Операции поверки**

**5.1 Внешний осмотр, проверка комплектности**

Вывод: \_\_\_\_\_

**5.2 Опробование**

Вывод \_\_\_\_\_

**5.3 Определение метрологических характеристик**

Наименование параметра	Пункт методики поверки	Единица измерений.	Допустимое значение	Измеренное значение	Вывод о соответствии
Отношение сигнал/шум на ядрах $^1\text{H}$ на образце воды	9.3.1	б/р	> 1500:1		
Время спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды	9.3.2, 9.3.3	мс	2600- 3200		
Относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений времени спин-спиновой релаксации воды в условиях повторяемости	9.3.2, 9.3.3	%	3		

**Заключение:** По результатам поверки ЯМР-релаксометр «GeoSpec+», модификация GeoSpec+ 2/100 зав. № \_\_\_\_\_, признан **годным негодным** (нужное подчеркнуть) к эксплуатации.

Поверитель: \_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_  
ФИО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Приложение Г**  
**(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки прибора GeoSpec+, модификация 12/53**

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_ (от \_\_\_\_\_)**

**1. Средство измерений:** ЯМР-релаксометр «GeoSpec+»

**Модификация** GeoSpec+ 12/53

**Принадлежит** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**2. Заводской номер** \_\_\_\_\_

**3. Предприятие изготовитель:** фирма Oxford Instruments Magnetic Resonance (Великобритания).

**4. Условия поверки:**

- время начала поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- время окончания поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- температура окружающего воздуха в начале поверки \_\_\_\_\_ °С;
- температура окружающего воздуха по окончании поверки \_\_\_\_\_ °С;
- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %.

**5. Средства поверки:**

Вода для лабораторного анализа [H<sub>2</sub>O] Степень чистоты 1 по ГОСТ Р 52501-2005.

**5. Операции поверки**

**5.1 Внешний осмотр, проверка комплектности**

Вывод: \_\_\_\_\_

**5.2 Опробование**

Вывод \_\_\_\_\_

**5.3 Определение метрологических характеристик**

Наименование параметра	Пункт методики поверки	Единица измерений.	Допустимое значение	Измеренное значение	Вывод о соответствии
Отношение сигнал/шум на ядрах $^1\text{H}$ на образце воды	9.3.1	б/р	> 5000:1		
Время спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) воды	9.3.2, 9.3.3	мс	2600- 3200		
Относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений времени спин-спиновой релаксации воды в условиях повторяемости	9.3.2, 9.3.3	%	3		

**Заключение:** По результатам поверки ЯМР-релаксометр «GeoSpec+», модификация GeoSpec+ 12/53 зав. № \_\_\_\_\_, признан **годным** **негодным** (нужное подчеркнуть) к эксплуатации.

Поверитель: \_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_  
ФИО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.