

**В. В. Туманов, Г. П. Мартынов, Н. Б. Молошникова,
И. В. Деговцов, И. Э. Горбунов, А. А. Сафин**

РЕГИСТРАТОР МИКРОСЕЙСМ

Указана актуальность в геофизике сейсмических сигналов малых амплитуд (микросейсм) в низкочастотном диапазоне. Дано краткое описание разработанного экспериментального образца регистратора микросейсмического.

Ключевые слова: шахтная геофизика, сейсмические станции, микросейсм, микропроцессорная техника.

Введение. В современной геофизике приобретает актуальность использования прогрессивных методов, к которым, в частности, относится пассивное низкочастотное сейсмическое зондирование, а также техническое обеспечение таких исследований. В последнее время данный метод все чаще используется при геофизических исследованиях залежей углеводородов (УВ), как наиболее дешёвый и позволяющий достаточно надёжно осуществлять прогноз горно-геологических и газодинамических условий месторождений УВ [1] – [3].

В РАНМИ метод пассивного низкочастотного сейсмического зондирования нашел свое развитие в рамках научных исследований по изучению особенностей локализации скоплений УВ трещинного типа с учетом современных представлений о строении и формировании разломных зон с применением аппаратуры приёма и регистрации сейсмических сигналов малых амплитуд (микросейсм) в низкочастотном (длиннопериодном) диапазоне. Очевидно, что использование таких геофизических методов необходимо и для своевременного обнаружения и последующей дегазации аномальных скоплений метана с целью минимизации рисков аварийных ситуаций, связанных с выбросами угля и газа в горные выработки.

Особенностью регистрации и обработки данных наблюдений пассивного низкочастотного сейсмического зондирования для такого геофизического анализа являются исследования микросейсм,

по сути, на уровне шумов, когда влияние “белого” шума должно быть минимизировано при регистрации пассивного низкочастотного сигнала. Но, в то же время, кроме анализа малоамплитудных (“слабых”) сигналов, информативной характеристикой для исследователя является и спектр шума [4], [5].

Основной раздел. Развитие электроники и появление современной электронной элементной базы, в частности высокопроизводительных микропроцессоров и многоразрядных аналого-цифровых преобразователей (АЦП), даёт возможность разрабатывать регистраторы, как известным изготовителям геофизического оборудования, так и менее известным. Подробный анализ существующих регистраторов, которые можно использовать при исследованиях микросейсм, и подключаемых к ним датчикам приведен в статье [6]. И хотя конфигурация структуры регистратора уже имеет какое-то общепринятое решение, каждый разработчик старается внести свою оригинальность, тем более что при выпуске не единичного экземпляра аппаратуры организациями, занимающимися геофизическими исследованиями, - это ещё и выгодно экономически.

Для проведения экспериментальных работ в рамках научной тематики РАНМИ на базе многолетнего опыта разработок геофизической аппаратуры [7], [8], [9] в 2022 г. был изготовлен экспериментальный образец микросейсмического регистратора, предназначенный для использования с низкочастотными трёхкомпонентными датчиками (сейсмометрами) микросейсмических сигналов. Применяемые сейсмометры в нём – это датчики с аналоговым выходом с частотами принимаемых сигнала от 0,2 Гц до 20 Гц и выше.

Регистратор микросейсмический (далее по тексту РМ) (рис. 1) является переносной аппаратурой общего применения с электропитанием от внутренней аккумуляторной батареи. При необходимости регистрации микросейсмических сигналов на протяжении нескольких часов или суток к разъёму “12В” регистратора подключают внешний аккумулятор. Подключение и замена отработанного внешнего аккумулятора на новый не нарушает работу регистратора. Возможность переподключения аккумулятора на “горячую” позволяет не прерывать процесс регистрации при многосуточных наблюдениях.



Рис. 1 – Регистратор РМ

Управление всеми режимами и параметрами регистратора выполняется оператором, посредством клавиатуры и дисплея, расположенными на корпусе. Запись зарегистрированных данных производится в энергонезависимую память (microSD карту). Визуализация сигналов на цветном дисплее позволяет делать предварительный анализ принимаемых данных.

РМ имеет два входа для датчиков “Д1” и “Д2”. Один ориентирован на геофоны типа GS-20DX. Другой – на датчики, требующие напряжение питания типа молекулярно-электронных датчиков или пьезоэлектрических сейсмоприемников.

К разъёму “GPS” подключается антенна GPS900-1 для приёма сигналов со спутниковых группировок глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС. Определение координат места и синхронизация по времени выполняется по сигналам GPS. При отсутствии возможности приема сигналов от спутников, например, в зонах расположения регистраторов РМ закрытых для приема GPS сигналов, можно обеспечить синхронную работу нескольких регистраторов во времени с помощью синхросигнала подаваемого на разъёмы «СИНХР» от внешнего блока синхронизации.

Разъём “USB1” типа USB-B используется для подключения компьютера (регистратор находится в режиме Slave), а разъем “USB2” типа USB-A для подключения внешнего накопителя, например, USB-флеш-накопителя (регистратор находится в режиме Master). Данные регистрируемых сигналов можно снимать в поле USB-флешкой или по окончании измерений в месте обработки данных непосредственным подключением регистратора к компьютеру.

Корпус РМ изготовлен из сверхпрочного АБС-пластика и обеспечивает защиту от пыли и влаги по стандарту IP65. Имеется крышка, которой в поле закрывается передняя панель. Внутри корпуса расположены: аккумуляторный блок с платой защиты от недопустимого низкого разряда и перезаряда аккумуляторов; плата питания, интерфейсов, модуля GPS; плата аналого-цифрового преобразования с усилителями, фильтрами, аттенюаторами, преобразователями напряжения питания, микросхемами АЦП разрядностью в 31 бит; процессорная плата на основе STM32 с microSD; плата-переходник для подключения клавиатуры и плата-переходник для подключения цветного дисплея.

В настоящее время в РАНМИ ведется подготовка к проведению натурных экспериментов с применением РМ.

Выводы. Таким образом, накопленный в РАНМИ опыт приборостроения в сочетании с известными достижениями в области разработок микросейсмического оборудования позволяет достичь необходимые показатели технического обеспечения экспериментальных исследований аномальных скоплений метана. Это касается и применения современных схемотехнических решений, которые легли в основу разработки микросейсмического регистратора с учетом необходимого для исследований частотного и амплитудного диапазона, а также долговременного характера сейсмических наблюдений на шахтном поле.

Исследования проводились в ФГБНУ «РАНМИ» в рамках государственного задания (№ госрегистрации 1023020700022-3-2.7.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов, О. Л. Сейсмические исследования неравномерности открытой трещиноватости и неоднородности флюидонасыщения геологической среды для оптимального освоения месторождений нефти и газа / О. Л. Кузнецов, И. А. Чиркин, С. И. Арутюнов, Е. Г. Ризанов, В. П. Дыбленко, В. В. Дрягин // Георесурсы. – 2018. – Т. 20. – № 3. – Ч. 2. – С. 206-216.
2. Кузнецов, О. Л. Сейсмические исследования на разрабатываемых месторождениях нефти и газа (промысловая сейсмометрия) / О. Л. Кузнецов, И. А. Чиркин, А. А. Радван, Е. Г. Ризанов, С. О.

Колигаев // Каротажник. – 2016. – № 12 (270). – С. 39-66.

3. René Graf, Stefan M. Schmalholz, Yuri Podladchikov, Erik H. Saenger Passive low frequency spectral analysis: Exploring a new field in geophysics // World Oil. – 2007. – V. 228, № 1. – P. 47-52.

4. Мещерякова, В. А. Исследования спектральных характеристик шума и оценки его влияния на возможность регистрации сейсмических событий карельской сейсмологической сетью [Текст] / В. А. Мищерякова, А. А. Герасимова // Вестник ВГУ. Серия: геология. – 2019. – № 2. – С. 100-106.

5. Орлов, Р. А. Использование микросейсмического шума для решения геологических задач в условиях платформы (на примере Воронежского кристаллического массива) [Текст]: автореф. канд. геол.-минерал. наук : 25.00.10 / Радомир Аполлонович Орлов [Геофизическая служба РАН]. – Екатеринбург, 2011. – 23 с.

6. Анциферов, А. В. Сейсмометры и регистраторы низкочастотных малоамплитудных сейсмических сигналов / А. В. Анциферов, В. В. Туманов, Г. П. Мартынов, И. Э. Горбунов, Н. Б. Молошникова, И. В. Деговцов, А. А. Сафин // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2022. – № 16-17 (31-32). – С. 18-32.

7. Туманов, В. В. Развитие автономного аппаратно-аналитического комплекса ААК12 для шахтной сейсморазведки / Туманов В. В., Мартынов Г. П. // 50 лет Российской научной школе комплексного освоения недр земли: Международная научно-практическая конференция. – М.: ИПКОН РАН, 2017. – С. 251 - 254.

8. Туманов, В. В. Геодинамические, горно-геологические и инженерно-геологические исследования геофизическими методами, проводимые в РАНИМИ / В. В. Туманов, Л. А. Иванов, Г. В. Савченко, Г. П. Мартынов, М. Ю. Богак, Е. А. Ялпуга // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2019. – № 8 (23), ч 2. – С. 75-84.

9. Анциферов, А. В. Модульная шахтная сейсморазведочная станция / А. В. Анциферов, Л. А. Камбурова, В. В. Туманов, Г. П. Мартынов, А. Ю. Гладков, Ю. А. Балакин // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, Т. 8. – № 2. – 2021. – С. 7-12.

Туманов Виктор Владимирович, заведующий отделом эколого-геофизических исследований, старший научный сотрудник, ФГБНУ «РАНИМИ», Россия, ДНР, Донецк, tum.v@yandex.ru.

Мартынов Геннадий Павлович, старший научный сотрудник отдела эколого-геофизических исследований, ФГБНУ «РАНИМИ», Россия, ДНР, Донецк, oemi@list.ru.

Молошникова Наталья Борисовна, ведущий конструктор ФГБНУ «РАНИМИ», Россия, ДНР, Донецк, ranimi@ranimi.org.

Деговцов Игорь Владимирович, инженер 1 категории ФГБНУ «РАНИМИ», Россия, ДНР, Донецк, ranimi@ranimi.org.

Горбунов Игорь Эдуардович, ведущий инженер ФГБНУ «РАНИМИ», Россия, ДНР, Донецк, ranimi@ranimi.org.

Сафин Анатолий Ахметович, научный сотрудник ФГБНУ «РАНИМИ», Россия, ДНР, Донецк, ranimi@ranimi.org.

RECORDER MICROSEISM

The relevance in geophysics of small amplitudes seismic signals (microseisms) in the low-frequency range is indicated. A brief description of the developed experimental sample of the microseismic recorder is given.

Keywords: in-mine geophysics, seismic stations, microseism, microprocessor technology.

Tumanov Victor Vladimirovich, head of the department of ecological and geophysical research, senior researcher, Federal State Budgetary Institution «RANIMI», Russia, DPR, Donetsk, tum.v@yandex.ru.

Martynov Gennady Pavlovich, senior researcher at the department of ecological and geophysical research, Federal State Budgetary Institution «RANIMI», Russia, DPR, Donetsk, oemi@list.ru.

Moloshnikova Natalia Borisovna, Principal design engineer Federal State Budgetary Institution «RANIMI», Russia, DPR, Donetsk, ranimi@ranimi.org.

Degovtsov Igor Vladimirovich, First rank engineer Federal State Budgetary Institution «RANIMI», Russia, DPR, Donetsk, ranimi@ranimi.org.

Gorbunov Igor Eduardovich, Principal engineer Federal State Budgetary Institution «RANIMI», Russia, DPR, Donetsk, ranimi@ranimi.org.

Safin Anatoliy Akhmetovich, Research scientist Federal State Budgetary Institution «RANIMI», Russia, DPR, Donetsk, ranimi@ranimi.org.