



АКТИВНАЯ
ТЕРМОМЕТРИЯ

ВОЗВРАЩЕНИЕ
ЭЛЕКТРОБУРЕНИЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЦЕМЕНТНЫХ
РАСТВОРОВ

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

Neftegaz.RU

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

7 [127] 2022

СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ
С ТРИЗ



Входит в перечень ВАК

ЗАБОЙНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЛАЗЕРНЫЙ МАКРОАНАЛИЗАТОР

для комплексного освоения УВ запасов



▶ ПРОСЛУШАТЬ СТАТЬЮ

**Ямалова
Алина Ураловна**
магистрант

**Фролова
Мария Сагитовна**
и.о. проректора по учебной
работе,
к.т.н.

**Щербакова
Ксения Олеговна**
преподаватель кафедры СТБС

**Овезов
Батыр Аннамхаммедович**
преподаватель кафедры СТБС

ФГБОУ ВО «Российский
государственный
геологоразведочный
университет
им. Серго Орджоникидзе»
(МГРИ)

РОССИЯ ЗАНИМАЕТ ОДНО ИЗ ВЕДУЩИХ МЕСТ В МИРЕ ПО ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ПОЛНОСТЬЮ ОБЕСПЕЧИВАЯ ПОТРЕБНОСТИ ВСЕХ ОТРАСЛЕЙ СТРАНЫ СОБСТВЕННЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ СЫРЬЕМ. ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ЗАПАСОВ ВО МНОГОМ ЗАВИСИТ СОСТОЯНИЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ. ГРП НА ЛЮБОЙ СТАДИИ ПРОВОДЯТСЯ В КОМПЛЕКСЕ И ЗАКАНЧИВАЮТСЯ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО, ОПРЕДЕЛЕНИЕМ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЗАКЛЮЧЕННОГО В МЕСТОРОЖДЕНИИ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА, ЕГО ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ. В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ ПРОГРЕСС ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИДЕТ ПО ЛИНИИ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ АППАРАТУРНЫХ МЕТОДОВ, СПОСОБНЫХ В КОРОТКИЙ СРОК И С РАСЧЕТНОЙ ДОСТОВЕРНОЙ ВЕРОЯТНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЯТЬ СОДЕРЖАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ. ЗА ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ АНАЛИТИКА НАКОПИЛА БОГАТЫЙ ОПЫТ ПО АНАЛИЗУ МИНЕРАЛОВ, РУД И ПРОДУКТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛЕЗНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В ПРОБАХ РАЗЛИЧНОГО И ЧАСТО ВЕСЬМА СЛОЖНОГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

УДК 622

RUSSIA IS ONE OF THE WORLD LEADERS IN THE EXTRACTION OF NATURAL RESOURCES, PROVIDING THE NEEDS OF ALL SECTORS OF THE COUNTRY IN FULL WITH ITS OWN MINERAL RAW MATERIALS. THE STATE OF THE OIL AND GAS AND THE RELATED INDUSTRIES DEPENDS CONSIDERABLY ON THE EFFICIENCY OF THE DEVELOPMENT OF RESERVES. THE EXPLORATION IS CARRIED OUT IN AN INTEGRATED MANNER AT ANY STAGE AND ENDS, FIRST OF ALL, WHEN THE QUANTITY AND QUALITY OF THE USEFUL COMPONENT, CONTAINED IN THE DEPOSIT, IS DEFINED, AS WELL AS ITS SHAPE AND SIZE. THE PROGRESS OF LABORATORY RESEARCH HAS BEEN MOVING TOWARDS CREATING AND IMPLEMENTING HARDWARE METHODS WHICH CAN FACILITATE DETERMINING THE CONTENT OF USEFUL COMPONENTS IN A SHORT TIME, WITH A RELIABLE ESTIMATED PROBABILITY. OVER THE PAST DECADE RUSSIAN ANALYTICS HAS ACCUMULATED A WEALTH OF EXPERIENCE IN ANALYZING MINERALS, ORES AND PRODUCTS CONTAINING USEFUL COMPONENTS IN SAMPLES OF VARIOUS AND OFTEN VERY COMPLEX PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION

Ключевые слова: геологоразведка, забойный лазерный макроанализатор, освоение углеводородных запасов, аппаратурные методы исследования, полезный компонент.

За последние годы неоднократно делались попытки разработки экспрессных методов анализа минерального сырья без отбора и подготовки проб, в естественном залегании. Эти приборы особенно необходимы при скоростной проходке подземных горных выработок и механизированной проходке в сложных горнотехнических условиях.

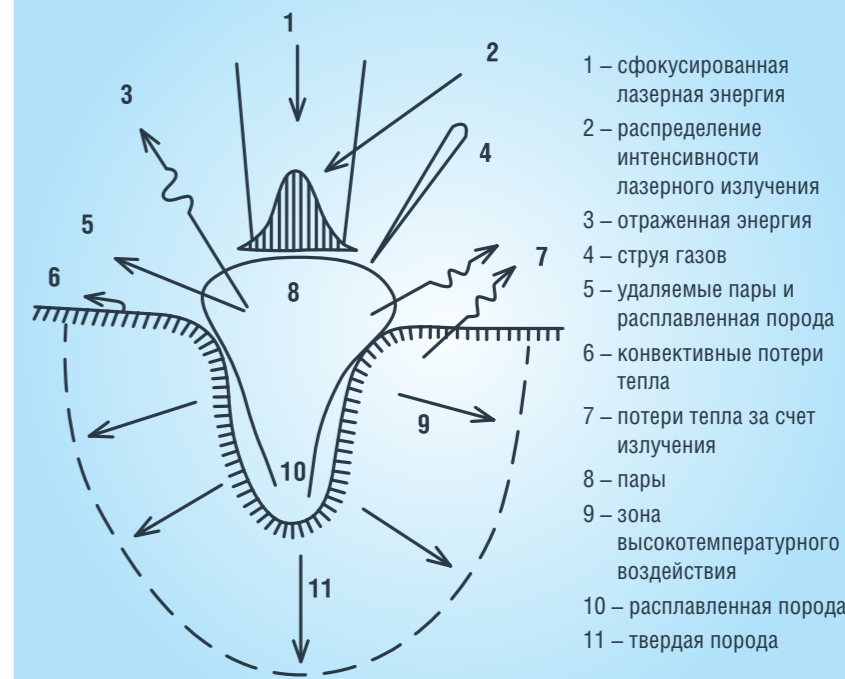
Создание оптического квантового генератора (ОКГ) – источника мощного оптического излучения – открыло широкие перспективы использования энергии светового пучка в задачах анализа минерального сырья. Попытки использования лазеров в качестве источника возбуждения спектра предпринимались практически во всех областях применения спектрального анализа. Иногда возбуждение спектра достигается за счет энергии излучения самого лазера [1], но чаще для этого используют искровой разряд, проходящий сквозь струю газов лазерного факела. Методы эмиссионного спектрального анализа с применением лазеров обеспечивают хорошую воспроизводимость ($Sr = 0,10$) при содержаниях определенных элементов до $1 \times 10^{-3}\%$ [2].

В области взаимодействия лазерного излучения с веществом за последние годы накоплен богатый теоретический и практический опыт. В широком диапазоне плотностей световых потоков взаимодействие лазерного излучения с сильно поглощающими средами можно описать с помощью тепловой модели, согласно которой весь процесс можно условно разбить на несколько стадий:

- Поглощение света и передачи энергии тепловым колебанием решетки твердого тела;
- Нагревание материала до стадии разрушения;
- Разрушение материала, разлет расплавленного и испаренного вещества;
- Остывание после воздействия лазерного излучения.

Лазерное излучение, взаимодействуя на вещество, частично отражается и частично поглощается, вызывая интенсивный нагрев объекта, на который оно сфокусировано.

РИС. 1. Схема взаимодействия лазерного излучения с веществом



В месте взаимодействия излучения происходит бурный процесс кипения и испарения вещества, по характеру напоминающий термический микровзрыв в фокальной плоскости объектива. Происходит мгновенный выброс расплавленного вещества и паров. Сильный разогрев выброшенных из кратера паров приводит к возбуждению и ионизации атомов исследуемого вещества. Характер процессов, происходящих в момент воздействия лазерного излучения на вещество, определяет характер спектра светящегося пламенного облачка, который по цвету и форме характерен для каждого химического элемента, из которого состоит вещество. В основном на этом принципе построен лазерный микроспектральный анализ. Поступление вещества при сфокусированном лазерном излучении носит взрывообразный характер, поэтому испарение легко- и труднотлетучих элементов происходит одновременно без фракционного разделения. Механизм взаимодействия мощного лазерного излучения на вещество иллюстрируется на рис. 1.

При взаимодействии лазерного излучения с веществом электромагнитное излучение частично отражается и частично поглощается в зависимости от коэффициента отражения

вещества. Поглощенные веществом электромагнитные излучения почти мгновенно превращаются в тепловую энергию. Для этого случая изменение плотности светового потока по глубине подчиняется закону Бугера:

$$g(X) = g_0 A_{exp}(-\alpha X), \quad (1)$$

где g_0 – плотность падающего светового потока на поверхность; A – поглощающая способность этого материала; α – линейный коэффициент поглощения; X – координата, отсчитываемая от поверхности в глубину материала.

Эта формула применима к различным материалам в широком диапазоне длин волн. Известно, что в металлах и сплавах кванты света в основном поглощаются электронами проводимости, которые рассеивают поглощенную энергию на тепловых колебаниях решетки за время релаксации ($10^{-11} - 10^{-10}$ сек) [3].

Но так как время релаксации значительно меньше длительности лазерного импульса, можно считать, что нагрев веществ происходит почти мгновенно, после воздействия

импульса лазерного излучения на вещество. Температура нагрева зоны воздействия лазерного излучения в основном зависит от мощности источника, времени воздействия и теплопроводящей способности вещества [5]. Размеры прогретой зоны (X_{np}) сначала определяются глубиной проникновения излучения в вещество.

$$\delta = 1/\alpha.$$

Потом, по мере нагрева расчет за счет теплопроводности как $\sqrt{\alpha t}$, где α – коэффициент температуропроводности. Скорость роста температуры в лазерном облачке при взаимодействии излучения с веществом, кроме энергетических характеристик источника и свойств вещества, определяется глубиной проникновения излучения δ , прогретого слоя $X_{np} \sim \sqrt{\alpha t}$ и радиуса зоны воздействия Z_0 . Если эти три величины меньше размера облучаемого вещества, то это вещество считают полубезграничной средой. И второе условие: если прогретый путем теплопроводности слой значительно больше глубины проникновения излучения (X_{np}), то источник тепла принято считать поверхностным. В зависимости от этих условий выполняется расчет температур в зоне лазерного воздействия на вещество.

При взаимодействии лазерного излучения с горной породой встречается условие $\delta \ll \sqrt{\alpha t}$, так и $\delta \gg \sqrt{\alpha t}$ (полупрозрачные среды). Второе условие в основном встречается только на высококварцевых золотосодержащих рудах. В первом, наиболее часто встречающемся условии $\sqrt{\alpha t} \gg \delta$, $r_0 \gg \sqrt{\alpha t}$ поверхностный источник, расчет температуры центральной зоны облучения производим по формуле [3]:

$$T = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{g\sqrt{\alpha t}}{R} + T_H, \quad (2)$$

где T – температура центра зоны; $g = g_0 A$ – плотность поглощенного светового потока; R – теплопроводность; α – коэф. температуропроводности; t – время, длительность импульса; T_H – начальная температура.

Для второго случая, когда условия $\sqrt{\alpha t} \ll \delta$, $r_0 \gg \sqrt{\alpha t}$, расчеты проводят по формуле (для полупрозрачных сред):

$$T = \frac{gt}{\rho c \delta} + T_H, \quad (3)$$

где ρ – плотность;

c – удельная теплоемкость вещества;

δ – глубина проникновения излучения.

Эта формула не учитывает теплопроводность в направлении лазерного излучения, что очень важно при условии, когда состав исследуемого вещества заведомо неизвестен. Также при воздействии лазерного излучения на горную породу при $r_0 \gg \sqrt{\alpha t}$ можно пренебречь теплоотводом, учитывая, что у горных пород довольно низкий коэффициент теплопроводности.

Важной характеристикой на стадии взаимодействия лазерного излучения с веществом является продолжительность свечения паров после окончания лазерного импульса. Продолжительное послесвечение позволяет более линейно зарегистрировать оптическую характеристику спектра исследуемого вещества [4]. Рассмотрев взаимодействие лазерного излучения с веществом, можно сделать вывод о целесообразности использования

этого вида энергии для создания и диагностики плазмы. Нашей целью является количественное и качественное определение содержаний компонентов в анализируемом веществе. Если для целей металлургии лазерно-спектральные методы нашли свое применение, то для определения содержаний неизвестных компонентов в геологических образцах (кроме минералов) вопрос остается еще открытым.

Проблема

Известно, что погрешность определения результата выражается между определенным количеством компонента и истинным содержанием его в анализируемом образце. Истинное же содержание компонента в образце остается неизвестным. Основная погрешность получается на стадии отбора и подготовки аналитической пробы, ошибка же самого анализа химико-спектральными и другими методами $\sigma_{\Delta H}^2 / \sigma_{\Sigma}^2 \ll 10\%$.

Это в первую очередь вызвано неравномерным распределением изучаемого компонента по всему объекту исследования (рис. 2).

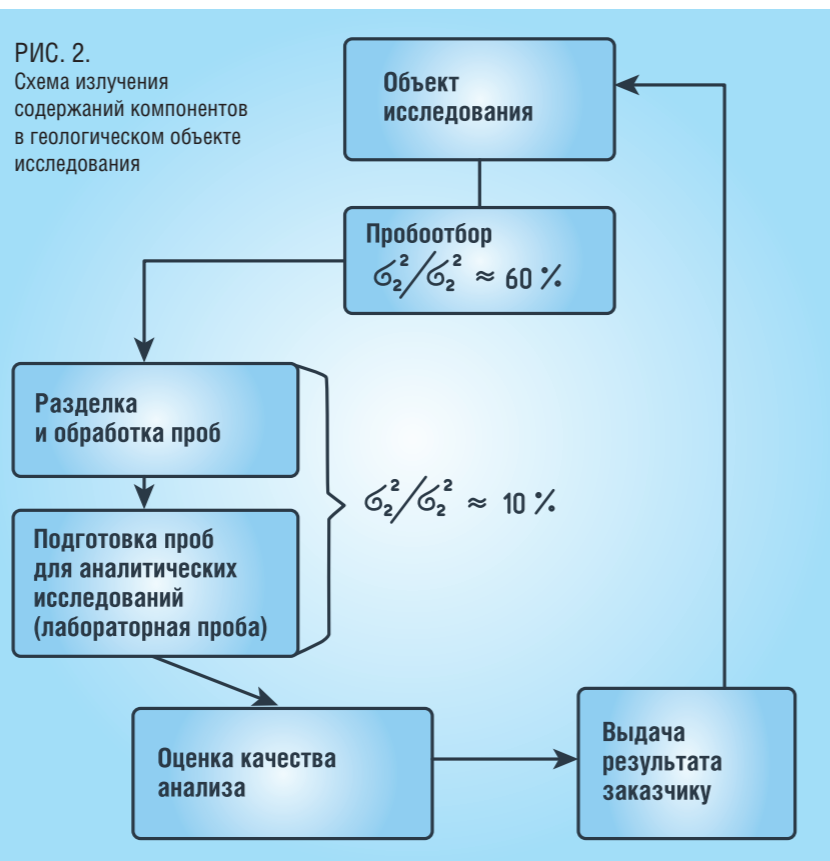
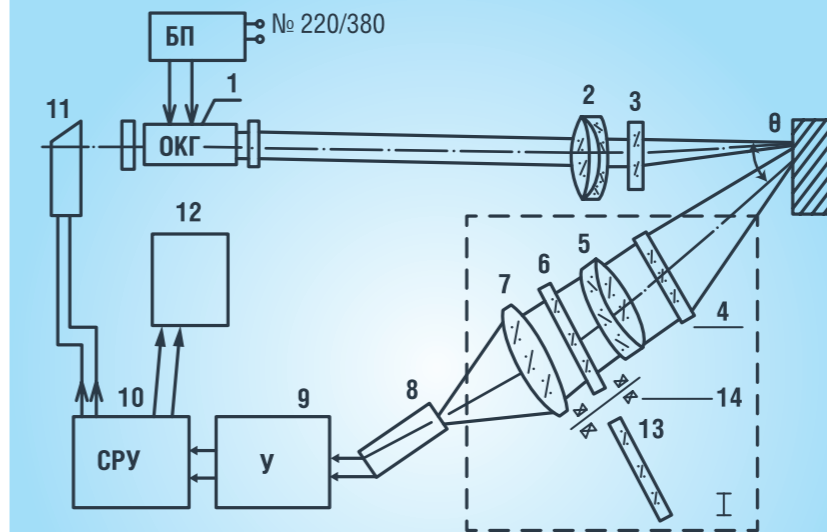


РИС. 3. Оптико-электронная схема прибора (Вариант 1)



- 1 – лазер; 2 – фокусирующий объектив $f' = 70-80$ мм; 3 – защитное стекло; 4 – кварцевое защитное стекло; 5 – коллиматорный объектив $f' = 100$, $d / f_1 = 1:3$; 6, 13 – интерференционные светофильтры; 7 – линза $f' = 150$; 8 – ФЭУ, ФД; 9 – усилитель сигналов; 10 – счетно-решающее устройство; 11 – цифровой индикатор; 12 – блок памяти усредненного по J и t сигнала; 14 – револьверная головка со сменными фильтрами; БП – блок питания ОКГ, усилитель ПАЗ

На основании этого в настоящее время выделяют погрешности, образованные геологическими факторами (отбор пробы, первичная подготовка материала до фракции 1 мм), и погрешности, обусловленные аналитическими факторами (подготовка аналитических проб и сам анализ).

Решение

Разрабатываемый оптический квантовый генератор 1 должен создать мощное когерентное излучение с $\lambda = 1,06$ мкм, которое посредством оптической системы 2, через защитное стекло 3 будет фокусироваться на образец или горную породу в естественном залегании (рис. 3). Лазер должен работать с частотой следования импульсов $\omega = 25, 50, 100$ гц.

Спектр светящегося облачка через кварцевое защитное стекло 4, объективом 5 должен направляться на интерференционный узконаправленный светофильтр 6, который будет вырезать узкую область спектра ($\lambda = 242,183$ нм) для линии золота. А для серебра область ($\lambda = 243,779$) поз. 13. Оба светофильтра должны быть закреплены в револьверной головке и посредством поворота

меняться, в зависимости от того, на какой элемент выполняется анализ; светофильтры 6, 13 будут стоять в параллельном ходе лучей. Линза будет фокусировать оптический сигнал на фотодиод или ФЭУ. Величина электрического сигнала зависит от содержания полезного компонента. Электрический сигнал с ФЭУ будет усиливаться посредством усилителя 9 и поступать на счетно-решающее устройство 10, которое должен выполнять усреднение всех поступающих электрических сигналов в соответствии с количеством импульсов, т.е.

$$J_{cp} = \frac{\sum J_n}{n},$$

где J_n – интенсивность линии от единичного импульса.

Усредненный по величине сигнал должен поступать через дешифратор на цифровой индикатор 11 и магнитный блок 12.

Заключение

Изображение оптических квантовых генераторов открыло широкие возможности использования очень

интенсивного светового излучения в науке и технике. Особенно незаменимы лазеры при изучении взаимодействия мощного светового излучения с веществом. К этому явлению относится множество разнообразных эффектов, часто совершенно различных по своей природе и по методам исследования.

Замечательные свойства лазеров – исключительно высокая когерентность и направленность излучения, возможность создания высокой интенсивности в видимой инфракрасной и УФ – области спектров, получение высоких плотностей энергии уже на заре создания квантовых генераторов указывали на возможность их широкого распространения в науке и технике.

Появляются новые и совершенствуются старые типы лазеров, создаются лазерные установки для решения конкретных технических задач, совершенствуются приборы управления лазерным лучом и измерительная техника. Это послужило причиной глубокого проникновения лазеров в науку и технику.

Данная разработка даст возможность делать экспрессный анализ минерального сырья без отбора и подготовки проб, в естественном залегании.

Эти приборы необходимы при скоростной проходке подземных горных выработок и механизированной проходке в сложных горнотехнических условиях. ●

Литература

1. Пантелеев В.В., Янковский А.А. – Ж.П.С. 1971, № 3. С. 350–357.
2. Петух М.Л., Янковский А.А. В кн: «Применение спектрального анализа в народном хозяйстве и научных исследованиях» / Минск, Институт физики АН БССР, 1974, с. 33–40.
3. Вейко В.П., Либенсон М.Н. «Лазерная обработка», Лениз, 1973.
4. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика / Под ред. В.И. Конова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 312 с.
5. Ю.М. Климков, В.С. Майоров, М.В. Хорошев. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 2014. – 108 с.

KEYWORDS: geological exploration, downhole laser macroanalyzer, development of hydrocarbon reserves, hardware research methods, useful component.