# Первый опыт изучения складчатой структуры угольных пластов в Горловском антрацитовом бассейне методом сейсморазведки

Б. А. Канарейкин<sup>1</sup>, А. С. Сальников<sup>1</sup>\*, Д. В. Напреев<sup>2</sup>, Е. В. Мосягин<sup>1</sup>, Е. Ю. Гошко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры "Луч", г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: assalnikov@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты опытно-методических сейсмических и электроразведочных работ ЗСБ в Горловском антрацитовом бассейне (Дорогинское месторождение, Шадринский участок) по профилю, пересекающему продуктивную пачку угольных пластов. Отмечается возможность изучения угольных толщ на глубинах до 300-350 м. Полученные временные сейсмические разрезы ОГТ указывают на возможность отображения в волновом поле некоторых элементов структуры мощных антрацитовых пластов, позволяющих восстановить их складчатые особенности. Сейсмотомография с использованием первых вступлений продольных волн (при удалениях до 800 м) позволяет детально восстановить скоростное строение верхней части разреза до глубин 120-150 м и выделить низкоскоростные локальные объекты, отвечающие верхним кромкам наиболее мощных угольных пачек в коре выветривания и в верхней части пермских отложений. При данной длине годографа с дальнейшим увеличением глубины до 300 м разрешенность скоростного разреза падает.

**Ключевые слова:** Горловский антрацитовый бассейн, временные сейсмические разрезы ОГТ, сейсмотомографические разрезы, скоростные аномалии

# The first experience of studying the folded structure of coal seams by seismic exploration in the Gorlovsky anthracite basin

B. A. Kanareykin<sup>1</sup>, A. S. Salnikov<sup>1</sup>, D. V. Napreev<sup>2</sup>, E. V. Mosyagin<sup>1</sup>, E. Yu.Goshko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JSC Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russian Federation <sup>2</sup>Scientific Production Enterprise of Geophysical Equipment "Looch", Novosibirsk, Russian Federation \*e-mail: assalnikov@mail.ru

**Abstract.** The results of experimental and methodological seismic and electrical exploration of near-field time-domain electromagnetic sounding (NFTDES) along the profile crossing the productive formation of coal seams in the Gorlovsky anthracite basin (Doroginskoye deposit, Shadrinsky block) are presented. The possibility of studying coal-bearing series at depths up to 300-350 m is noted. The obtained CDP time cross sections indicate the possibility of displaying some elements of the structure of thick anthracite seams in the wave field, that allowing for reconstruction of their folded features. Using the first arrivals of longitudinal waves (at distances up to 800 m), seismic tomography allows scientists to reconstruct in detail the velocity structure of the near-surface part of the section to depths of 120-150 m and to identify low-velocity local objects corresponding to the upper edges of the thickest coal members in the weathering crust and in the upper part of Permian deposits. The

resolution of velocity profile decreases at a given length of the traveltime graph with a further increase in depth to 300 m.

Keywords: Gorlovsky anthracite basin, CDP time cross sections, seismic tomography profiles, velocity anomalies

### Введение

В зимний период 2022 г. (с 06 по 13 февраля) НПП геофизической аппаратуры "Луч" совместно с АО "СНИИГГиМС" были выполнены опытные сейсмические работы с целью оценки возможности изучения складчатой структуры антрацитовых пластов. В настоящей работе представлены первые результаты сейсмических исследований, полученных на Дорогинском месторождении (Шадринский участок) (рис. 1) по профилю I, пересекающему продуктивную пачку угольных пластов "Двойной I-II-III" зоны "раздува". Сейсмический профиль I совпадает с положением Шадринского геологического профиля IX, с отклонением от него на 16 градусов.



Рис. 1. Горловский антрацитовый бассейн

Горловский бассейн содержит многочисленные пласты высококачественных углей марки антрацит. К настоящему времени в пределах Горловского бассейна выполнен большой объем буровых работ. В целом, угольные пачки смяты в крутые складки (до вертикальных и опрокинутых). Мощность угольных пластов изменяется от 2-3 м до 15-20 м и более. На отдельных участках встречаются так называемые "раздувы" угольных пластов (рис. 2), в пределах которых их мощность достигает 50-60 м [1].

Предполагаемая открытая разработка углей в Горловском бассейне обуславливает повышенные требования к определению складчатой структуры углей, глубины их залегания. На отдельных участках бассейна проведены электроразведочные работы с целью картирования антрацитов. Этими работами была показана возможность локализации крупных пачек углей без восстановления особенностей их складчатой структуры [2].



Рис. 2. Геологический разрез по Шадринскому профилю IX

Условные обозначения: 1 - суглинки; 2 - глины; 3 - аргиллиты; 4 - алевролиты; 5 - песчаники; 6 - пласты угля: а) прослеженные, б) предполагаемые; 7 - сажа; 8 - нарушения: а) дизъюнктивы, б) зоны нарушений; 9 - оси складок; 10 - границы: а) неоген-четвертичные отложения Q+N, б) кора выветривания; 11 - отложения кузнец-кой подсерии (P<sub>2</sub>kz); 12 - отложения кемеровской свиты (P<sub>1</sub>km); 13 - отложения ишановской свиты (P<sub>1</sub>i); 14 - скважина и ее номер, глубина; 15 - контур продуктивной части антрацитового пласта "Двойной I-II-III"; 16 - низкоскоростные аномалии по данным сейсмотомографии

Ранее сейсмические работы в Горловском бассейне не проводились. По упругим параметрам (скорость продольных и поперечных волн, плотность) антрациты контрастно отличаются от вмещающих пород [3]. Поэтому предполагается, что антрациты могут найти отображение в сейсмическом волновом поле.

# Методика полевых сейсмических работ

Полевые сейсмические работы были выполнены НПП геофизической аппаратуры "Луч". Работы выполнялись методом ОГТ с использованием симметричной системы наблюдений на профиле I протяженностью 800 м. Расстояние между сейсмоприемниками 5 м, расстояние между пунктами возбуждения упругих колебаний 10 м. Использованная система наблюдений на участке профиля 100-700 м обеспечивала кратность накоплений 20 и выше. Шаг дискретизации сейсмозаписи составил 0,00125 с. Длительность регистрации была не ограничена. При построении сейсмических разрезов длительность записи ограничивалась двумя секундами. Наблюдения выполнялись на Z-компоненте с использованием геофонов GS-One. Возбуждение упругих колебаний выполнялось с использованием маломощных пороховых зарядов, помещаемых в неглубокие, порядка 1 м, скважины (тип источника - сейсморужье). Перед выстрелом скважина, в которое погружалось сейсморужье, заливалась водой. С целью последующего усиления интенсивности сейсмозаписи за счет накопления на каждом ПВ проводилось по 4 выстрела в одной и той же скважине. Регистрация колебаний проводилась на 4-х канальные автономные регистраторы "Байкал-7" производства НПП геофизической аппаратуры "Луч". После завершения полевых работ данные с регистраторов нарезались по отдельным каналам в соответствии с отметками момента взрыва. Из полученных поканальных сейсмозаписей составлялись сейсмограммы.

#### Методика обработки сейсмических материалов и их интерпретация

Качество первичного материала. На всех сейсмограммах зарегистрированы цуги продольных и поперечных волн. На сейсмограммах четко прослеживаются первые вступления продольных волн ( $P_{\kappa_1}$ ). В последующих частях сейсмограмм во временном интервале 0,1-0,3 с прослеживается интенсивный пакет преломленных волн, связанных с мел-палеогеновой корой выветривания ( $P_{\kappa_2}$ ). На отдельных участках профиля в этом же интервале прослеживаются разрозненные группы отраженных волн, связанные с пермскими отложениями. На всех сейсмограммах прослеживается интенсивный цуг низкоскоростных поверхностных S-волн (рис. 2).



Рис. 2. Пример сейсмограммы

Обработка сейсмического материала методом ОГТ. Первичная обработка сейсмических материалов была стандартной и включала в себя снижение интенсивности поверхностных волн (с использованием программы F-K фильтрации), расширение спектра сейсмических сигналов (программа деконволюции), выравнивание амплитуд. Для интерпретации были задействованы три типа временных разрезов: разрез ОГТ (рис. 3), мигрированный (после суммирования) разрез ОГТ, мигрированный разрез по исходным сейсмограммам. Ко всем разрезам применена фильтрация с полосой пропускания 24-36-80-100 Гц.

Интерпретация полученных временных сейсмических разрезов ОГТ. На всех временных разрезах уверенно прослеживается кровля коры выветривания (отражающий горизонт К<sub>1</sub>) и кровля пермских отложений (отражающий горизонт К<sub>р</sub>). На временном разрезе ОГТ ниже горизонта К<sub>р</sub> достаточно уверенно (по крайней мере, в начальной и центральной частях профиля) прослеживается отражающий горизонт К<sub>э</sub>, который предположительно связан с подошвой эпигенетически измененных пермских пород. В центральной части профиля на ПК 375-500 м фиксируется прогнутая зона по всем отражающим горизонтам, совпадающая на геологическом разрезе со складкой угольного пласта мощностью до 50-60 м (красный овал). На разрезе выделяется ряд разрывных нарушений. Два наиболее крупных нарушения находятся на ПК 375 м и ПК 500 м и ограничивают блок, содержащий наиболее продуктивную часть угольного разреза.



Рис. 3. Временной разрез ОГТ. Профиль І

На временном мигрированном сейсмическом разрезе ОГТ (апертура миграции 50 м) прослежены те же отражающие границы. Зона развития антрацитовых углей повышенной мощности также контролируется локальным прогибом отражающих горизонтов. Однако, нижние отражающие горизонты в пределах этой зоны отличаются повышенной интенсивностью.

Качество прослеживания основных отражающих горизонтов на временном разрезе, полученном миграцией по исходным сейсмограммам (рис. 4), остается таким же, как и на мигрированном временном разрезе ОГТ. Но особенности волнового поля в пределах продуктивной части разреза (ПК 375-500 м) оказались иными. В этой зоне отмечается появление ряда непротяженных отражающих элементов высокой интенсивности, помеченных зелеными точками. Эти отражающие элементы можно соотнести с дифракционными объектами, каковыми могут быть синклинальные части угольных пластов.

С использованием временных сейсмических разрезов был получен глубинный сейсмический разрез, а с учетом имеющихся геологических материалов составлена геолого-геофизическая модель верхней части разреза по профилю I (рис. 5).



Рис. 4. Временной разрез, мигрированный по исходным сейсмограммам. Профиль I





ривания; 3 - низкоскоростные аномалии по данным сейсмотомографии; 4 - предполагаемая зона приграничного эпигенеза в пермских отложениях; 5 - предполагаемое положение миграционных отражающих площадок (точек дифракции), связанных с синклинальной частью угольных пластов; 6 - прогнозное положение антрацитового пласта "Нижний I-II-III"; 7 - контур продуктивной части антрацитового пласта "Двойной I-II-III"

Наибольшую трудность при интерпретации волнового поля вызвала восстановление складчатой структуры антрацитового пласта ("Двойной I-II-III"). Выполненное сейсмомоделирование геологического разреза показало: складчатая структура антрацитового пласта "Двойной I-II-III" отображается в виде дифракционных элементов, соответствующих кровле и подошве этого пласта в синклинальной части складки (рис. 6). Поэтому при прогнозировании особенностей строения угольных пластов в продуктивной части геологического разреза использовался временной разрез, мигрированный по исходным сейсмограммам. Непротяженные отражающие элементы на разрезе соотносились с элементами дифракции от синклинальных частей (замков складок) угольных пластов (см. рис. 4). Отождествление этих элементов с кровлей и подошвой наиболее мощного угольного пласта "Двойной I-II-III" в замке складки выполнены с привлечением геологических данных о его мощности в синклинальной части "раздува" (см. рис. 2).



Рис. 6. Сейсмомоделирование. Геологическая модель (а), временной мигрированный разрез ОГТ (б)

Интерпретация сейсмотомографического разреза. Томографический разрез первых вступлений продольных волн позволил получить достаточно дифференцированную картину распределения скоростей в верхней части разреза до глубины 150 м (рис. 7).



Рис. 7. Томографический разрез первых вступлений продольных волн. Профиль І. Условные обозначения см. на рис. 5

На томографическом разрезе четко выделяется практически однородная низкоскоростная зона (V<sub>p</sub>=1400-1750 м/с), отвечающая неогеновым отложениям. Ниже этой зоны на разрезе выделяются ряд высокоскоростных и низкоскоростных аномалий. Низкоскоростные аномалии приурочены к крупным разломным зонам и верхним кромкам наиболее мощных угольных пачек в коре выветривания и в кровельной части пермских отложений. Малая база наблюдений (800 м) ограничила возможности детального изучения скоростного строения угольных толщ на глубинах более 150 м.

#### Заключение

Сейсмические работы, выполненные в Горловском антрацитовом бассейне (Дорогинское месторождение, Шадринский участок) по профилю I, позволяют сделать следующие выводы:

— отмечается возможность изучения угольных толщ на глубинах до 300-350 м с использованием возбуждения упругих колебаний маломощными пороховыми зарядами, помещаемыми в неглубокие, порядка 1 м, скважины (тип источника: сейсморужье);

полученные временные сейсмические разрезы ОГТ указывают на возможность отображения в волновом поле синклинальных элементов складчатой структуры мощных антрацитовых пластов, позволяющих восстановить особенности их строения;

— томография с использованием первых вступлений продольных волн (при удалениях до 800 м) позволяет детально восстановить скоростное строение верхней части разреза до глубин 150 м и выделить низкоскоростные локальные объ-

екты, отвечающие верхним кромкам наиболее мощных угольных пачек в коре выветривания и в верхней части пермских отложений.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Угольные бассейны СССР – Издательство Московского университета, Москва, 1979, 311 с.

2. Белая А.А., Иванова И.И., Крупнов Е.В., Паули Н.И., Тригубович Г.М., Халиуллин М.Р. Высокоразрешающая электромагнитная разведка угольных пластов. – Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр., 10-20 апреля 2012 г., Новосибирск : VIII Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых» : сб. материалов в 2 т. Т. 1. -Новосибирск : СГГА, 2012.-231 с.

3. Карасевич А.М., Земцова Д.П., Никитин А.А. Сейсморазведка при изучении метаноугольного разреза. – М.: ООО "Центр информационных технологий в природопользовании", 2008. – 164 с.

© Б. А. Канарейкин, А. С. Сальников, Д. В. Напреев, Е. В. Мосягин, Е. Ю. Гошко, 2022