

УДК 622.834:550.837.3

МЕТОДЫ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ШАХТАХ

д.т.н. Антипов И.В., к.т.н. Гладкая Е.В., к.т.н. Дегтярь Р.В. (ИФГП НАН Украины)

На прикладах шахт ім. М.І.Калініна ДП "Донецьквугілля" і "Суходольська-Східна" ВАТ "Краснодонвугілля" показана ефективність методів геоелектричних досліджень для визначення кількості вільного метану й місць його скопчення в надрах.

METHODS OF GEOELECTRICAL RESEARCHES AND THEIR APPLICATION ON MINES

Antypov I.V., Gladkaya E.V., Degtyar R.V.

On the examples of M.I.Kalinina mine, 'Donetskugol' and mines 'Sukhodoll'skaya-Vostochnaya' mine, 'Krasnodonugol' efficiency of geoelectrical methods for determination of free methane quantity and places of accumulation in the bowels of the earth is shown.

Потребность в топливно-энергетических ресурсах Украины ежегодно увеличивается, а источники добычи полезных ископаемых сокращаются, что может привести к серьезным нарушениям в топливно-энергетическом балансе государства. Обеспечение собственными топливно-энергетическими ресурсами - вопрос энергетической безопасности и основа независимости Украины.

Ежегодно в Украине добывается около 18 млрд. м³ природного газа, потребляется более 80 млрд. м³. Дефицит покрывается за счет экспорта газа из России, Туркмении и других стран. Вместе с тем, Украина имеет значительные резервы для наращивания топливно-энергетического потенциала за счет рационального и эффективного использования метана угольных месторождений.

Донецкий угольный бассейн характеризуется как углегазовый со значительными запасами метана, который не уступает своими энергетическими свойствами природному газу. По ресурсами угольного метана Украина занимает четвертое место в мире. В недрах угольных бассейнов нашего государства содержится около 12 трлн. м³ метана, что в 3-3,5 раза превышает запасы природного газа [1]. Причем, такое количество метана содержится непосредственно в угольных пластах. С учетом газоносности пород, по данным академика А.Ф.Булата, только в Донбассе содержится более 25 трлн. м³ метана [2]. Поэтому проблема определения количества метана и мест его скопления в недрах является актуальной.

Для определения количества и мест скоплений метана в недрах применяются методы геоэлектрических исследований [3].

Метод фиксирования короткоимпульсного поля (ФКИП) основан на изучении процесса генерации и затухания электромагнитного сигнала в приемных антеннах, после прохождения электромагнитного импульса в антенне генератора. В методике ФКИП используются центрированные антенны типа "петля в петле" небольших размеров. Одна из петель генераторная, вторая приемная. Антенна представляет собой вертикальный диполь длиной 0,5 метра, на одном конце которого расположена генераторная петля. После подачи импульсным генератором сигнала и прохождения его через первичную антенну в приемной антенне индуцируется вторичный сигнал. Временные характеристики процесса нарушения сигнала и его дальнейшее затухание зависят от состояния внешней среды в околоземном пространстве. Время становления поля и характеристика затухания зависят от плотности атмосферного заряда в приземном слое и от знака этого заряда.

Структурные и литологические неоднородности пород в естественном квазистационарном электрическом поле Земли за счет процессов поляризации образуют аномальные зоны в поле E_z (вертикальный компонент напряженности электрического поля Земли). В зависимости от знака поляризации объектов над поляризованными объектами образуются положительные или отрицательные ионные зоны, которые фиксируются сигналами становления. Данный эффект используется для картирования зон разных по знаку поляризации пород. Участки газовых скоплений проявляются как зоны повышенного времени становления сигнала положительного знака.

Процесс становления поля измеряется на малогабаритной ферритовой антенне с определенным отношением параметров: активного сопротивления, индуктивности и емкости.

Для приемных антенн с подобным отношением параметров процесс становления поля имеет колебательный характер. Регистрация колебательного процесса становления поля происходит по мощности аналогоцифрового преобразователя сигнала АЦП.

Оцифрованный сигнал записывается и сохраняется на жестком диске компьютера. Одновременно с регистрацией осуществляется первичная обработка и вывод предшествующих данных на монитор полевого компьютера. Для построения контуров газового скопления проводится суммирование сигнала на определенном временном интервале. Для определения глубины залегания аномальных геоэлектрических объектов используется метод вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ), наиболее полно изложенный в работах Левашова С.П., Якимчука Н.А., Корчагина И.Н. и др. [4, 5].

Метод вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) основан на изучении спектральных характеристик естественного электромагнитного поля и используются принципы поляризации геоэлектрических неоднородностей разреза в естественном квазистационарном электрическом поле Земли. Напряженность естественного электрического поля Земли для равнинных участков находится в границах $E(z)=100-200$ В/м. Гео-

электрические неоднородности в данном поле образуют с дневной поверхностью систему поляризационных диполей. При естественном или искусственном изменении величины $E(z)$ системой естественно поляризованных диполей излучаются электромагнитные колебания с длиной волны равной $L=2H$, где H - глубина к поверхности поляризованного объекта. При этом на дневной поверхности генерируется суммарное электромагнитное поле, обусловленное изменением естественного электрического потенциала. Регистрация волновых характеристик данного поля осуществляется двумя способами: с помощью подбора резонансной частоты заданной генератором или с помощью длинных антенн.

Первый способ основан на использовании генератора с плавным изменением амплитудно-частотной характеристики. Флюксметр регистрирует момент резонанса естественной и приведенной генератором электромагнитной волны определенной длины. Глубина к аномальным объектам определяется как полудлина резонансной электромагнитной волны.

Второй способ основан на заземлении длинной линии в точке зондирования. Волна «перехватывается» антенной образуя узловые точки вдоль волновода в которых наблюдается аномальное значение напряженности. Эти значения регистрируются флюксметром.

Метод низкочастотных вариаций естественного электромагнитного поля Земли (НЧВ ЕЭМПЗ) является электрическим аналогом сейсмоакустической методики, которая регистрирует собственные микросейсмические колебания залежей метана. По данной методике в районе залежи регистрируются микросейсмические колебания в интервале инфразвуковых частот 2-5 Гц. Колебания могут регистрироваться в пассивном и активном режимах. Поскольку в естественном электрическом поле Земли сама залежь поляризуется, то сейсмическое колебание поляризованного объекта вызывает образование низкочастотных электромагнитных колебаний той же частоты. На этом принципе основанный метод НЧВ ЕЭМПЗ.

Регистрация вариаций осуществляется следующим способом. В течение 15-10 минут с помощью флюксметра записывается полный спектр колебаний естественного электрического поля Земли. Сделав спектральное преобразование регистрируется составляющая $E(z,t)$ выделяется полоса частотного диапазона от 2 до 5 Гц. Средняя величина спектра в этом интервале регистрируется как значение НЧВ в данной точке. Съемка может осуществляться как в профильном, так и в площадном вариантах.

Впервые в Украине для разработки рекомендаций по развитию сети дегазационных скважин в условиях шахты им. М.И.Калинина ГП "Донецк-уголь" были использованы описанные методы геоэлектрических исследований. В проведении исследований принимали участие ученые и специалисты Института прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Центра менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, Института геофизики им. С.И.Субботина НАН Украины, Института геотехнической механики им. С.Н.Полякова НАН Украины, Института физики горных процессов НАН Украины и др.

Для выполнения работы был применен комплекс методов, который базировался на геоэлектрических исследованиях, проведенных на дневной поверхности в пределах границ шахтного поля.

На основе сбора и анализа геологических материалов построены прогнозные карты, определены параметры свойств угля и литологических характеристик вмещающих пород.

На рис. 1 показана карта геоэлектрических аномалий СКИП нанесенная на план горных выработок с обозначением точек ВЭРЗ. Через точки 13, 12, 11, 10, 7 и 6 построен вертикальный геолого-геофизический разрез (рис. 2).

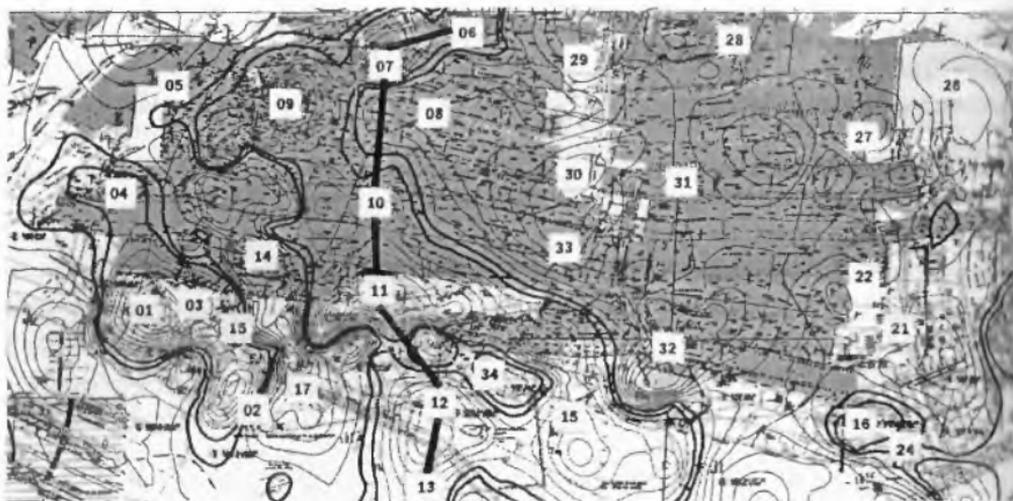


Рис. 1. Карта геоэлектрической аномалий СКИП на плане горных выработок по пласту h_{10} шахты им. М.И. Калинина.

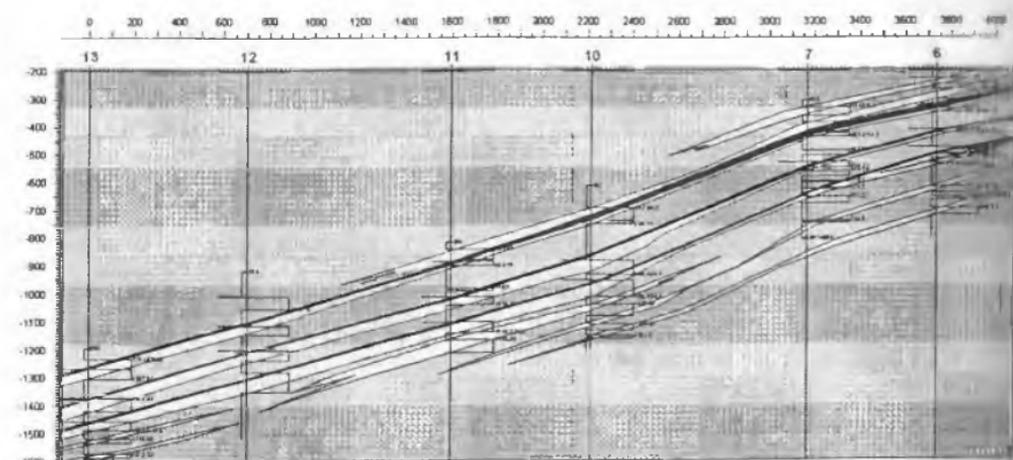


Рис. 2. Вертикальный геолого-геофизический разрез через точки 13, 12, 11, 10, 7 и 6.

Проведенные исследования позволили произвести подсчет запасов метана в угленосном массиве и оптимизировать систему дегазации шахты.

При этом сделан анализ тектонических, литологических, петроструктурных и фациальных условий залегания метана в поле действующей шахты. По данным методов геоэлектрических исследований, которые проведены на поверхности шахтного поля, выявлены зоны повышенного сосредоточения метана на отработанных и неотработанных участках шахты. По данным геоэлектрического зондирования установлены интервалы глубин максимального сосредоточения газа. Построены карты и разрезы зон повышенной концентрации метана в границах шахтного поля шахты. Разработаны рекомендации по развитию дегазационной системы на шахте им. М.И. Калинина ГП "Донецкуголь", методов извлечения газа, оптимизации сети дегазационных скважин.

В настоящее время аналогичные исследования ведутся на шахте "Суходольская-Восточная" ОАО "Краснодонуголь". В пределах границ шахтного поля выделено 6 локальных зон скопления свободного метана. Наибольшая по площади зона расположена вдоль лежачего крыла надвига; ширина зоны изменяется от 300 до 500 м. Параллельно этой зоне расположена зона со слабой интенсивностью. Остальные четыре зоны расположены вдоль тектонических нарушений субмеридионального направления. В пределах двух зон скопления свободного метана были пробурены дегазационные скважины, из которых до подхода горных работ наблюдалось интенсивное газовыделение, чем подтверждается точность определения аномальных зон.

По данным геоэлектрических съёмок методом становления короткоимпульсного поля (СКИП) и методом вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) подготовлены карты геоэлектрических аномальных зон повышенного газосодержания свободного метана на плане горных работ.

Результаты проведенных исследований используются геологической службой шахты для составления паспортов горно-геологического прогноза выемочных участков по местонахождению шахтного метана; а также службой охраны труда для эффективного ведения дегазации и технической службой для планирования горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касьянов В.В., Ламберт Ст. Перспективы развития метановой отрасли в Украине // Геотехническая механика, 2000. - №17. – С. 6-11.
2. Булат А.Ф. Создание индустрии шахтного метана в топливно-энергетическом комплексе Украины // Геотехническая механика, 1998. - № 10. – С. 3-8.
3. Левашов С.П., Гуня Д.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М. О возможности прогнозирования зон повышенной газонасыщенности углей и вмещающих пород геоэлектрическими методами // Докл. НАН

Украины, 2002.- № 10.- С. 118-122.

4. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии // Геологический журнал.- 2003.- № 4.- С. 24-28.

5. Левашов С.П., Якимчук М.А., Корчагин І.М. Метод електрорезонансного зондування та його можливості при проведенні комплексних геолого-геофізичних досліджень // Геоінформатика.- 2003.- № 1.- С. 15-20.

6. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Пищаный Ю.М., Корчагин И.Н. Аппаратурный комплекс «ГЕМА» комплексных геоэлектрических исследований и его использование для поисков скоплений углеводородов // Сб. научн. тр. НГА Украины.- Днепропетровск: РИК НГА.- 2002. - № 13.- С. 78-83.