

**© С.П. Левашов<sup>1,2</sup>, Н.А. Якимчук<sup>1,2</sup>, И.Н. Корчагин<sup>3</sup>,  
Д.Н. Божежа<sup>2</sup>, Ю.Н. Якимчук<sup>2</sup>, 2010**

*<sup>1</sup>Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, г. Киев*

*<sup>2</sup>Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, г. Киев*

*<sup>3</sup>Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев*

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПОИСКОВ И КАРТИРОВАНИЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ СКОПЛЕНИЙ СВОБОДНОГО МЕТАНА НА ШАХТАХ ДОНБАССА**

Приведены практические результаты экспериментального применения в 2001–2009 гг. нетрадиционных геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (экспресс-технологии СКИП–ВЭРЗ) на локальных участках трех угольных шахт в Донбассе. Площадной съемкой методом СКИП на площади работ обнаружены и закартированы аномальные геоэлектрические зоны типа “залежь” газа (свободного метана). Глубины расположения аномально поляризованных пластов (АПП) типа “газ” определены зондированием ВЭРЗ. По данным измерений методами СКИП–ВЭРЗ определены оптимальные места расположения скважин для дегазации шахтных выработок. Результаты экспериментов свидетельствуют, что технология СКИП–ВЭРЗ может быть успешно применена в ходе поисков и разведки скоплений свободного газа (метана) в пределах распространения углей и вмещающих пород, а также служат еще одним веским аргументом в пользу целесообразности более широкого ее применения в процессе геологоразведки на нефть и газ.

**Ключевые слова:** геоэлектрическая съемка, электрорезонансное зондирование, аномалия типа залежь, свободный газ, газоконденсат, метан, угольная шахта.

**Введение.** Проблема промышленной добычи метана из угольных месторождений (в том числе и в Донбассе) в настоящее время весьма актуальна. Это обусловлено многими факторами. Во-первых, угольный метан представляет собой природный энергетический ресурс, наиболее экологически безопасный из числа ископаемых углеводородов (УВ). Во-вторых, он создает постоянную угрозу безопасности горных работ в шахтах, что требует значительных финансовых, материальных и трудовых затрат для поддержания превентивных мер по защите людей и инженерных сооружений от возможных взрывов и пожаров. В-третьих, метану принадлежит второе (после углекислого газа) место по эффек-

тивности поглощения теплового излучения Земли. Наблюдаемые климатические изменения многие специалисты связывают с усилением парникового эффекта, обусловленного в том числе и выбросами в атмосферу метана и продуктов сгорания органического топлива. В связи с этим проблема улавливания и утилизации парниковых газов (в том числе и метана) затрагивают Украину, ратифицировавшую международный Киотский протокол.

В связи с существенным ростом мирового потребления энергии специалисты делают ставку на метан из угольных пластов и угленосных толщ, который способен частично заменить природный газ. По предварительным оценкам, мировые запасы угольного метана составляют 260 трлн м<sup>3</sup>. Наиболее значительные его ресурсы сосредоточены в КНР, России, США, Австралии, ЮАР, Индии, Польше, Германии, Великобритании и Украине [4].

Проблема комплексного освоения угленосных месторождений Донбасса всесторонне рассмотрена в монографии [1], в которой в результате обобщения материалов геолого-геофизических исследований “расширены и углублены представления о генезисе и развитии структуры региона, газоносности каменноугольных отложений и условиях сохранения углеводородных газов, их природе и составе, состоянии их нахождения в углях и породах, а также о зональности распределения газов в разрезе”. Обоснованы геологические и методические предпосылки поисков промышленных скоплений метана в нетрадиционных ловушках.

Пионерами и лидерами по добыче шахтного метана являются США, где в последние годы она составила 50 млрд м<sup>3</sup>/год. В США создана технология извлечения из угольных пластов до 60–80 % метана.

В Австралии метан добывают с середины 1990-х годов. В Китае ресурсы угольного метана равны 30–35 трлн м<sup>3</sup>, к 2010 г. там планируется увеличить его добычу до 10 млрд м<sup>3</sup>. Канадцы ведут экспериментальные работы по извлечению метана в провинции Альберта. Шахтный метан широко используется в двигателях внутреннего сгорания, на шахтах и заводах Великобритании, ФРГ, Чехии и других стран. В 2009 г. российский Газпром начал промышленную добычу метана в Кузбассе. По мнению экспертов, к 2020 году мировая добыча угольного метана достигнет 78 млрд м<sup>3</sup>/год [4].

Промышленная технология извлечения и утилизации метана разработана и применяется в Украине. Так [3], “когенерационная станция, построенная за счёт собственных средств коллектива шахты имени А. За-

сядько, за время эксплуатации с 2006 года переработала более 124 млн м<sup>3</sup> метана, выработала свыше 420 млн кВт электроэнергии и 107 тыс. Гкал тепловой энергии. Ежедневно шахтным метаном управляются до 150 единиц автотранспортных средств”.

Следует отметить, что в США для выявления наиболее привлекательных площадей выполняются большие объемы буровых работ с тестированием скважин. К настоящему времени там пробурено уже свыше 20 000 скважин. Однако, “из 2,5 тыс. скважин, пробуренных в бассейне Сан-Хуан, лишь 600 оказалось эффективными с дебетом метана до 80 тыс. м<sup>3</sup> в сутки” [4].

Последнее обстоятельство свидетельствует, что повышению эффективности существующих технологий извлечения и утилизации шахтного метана в целом может способствовать применение современных геофизических методов для выбора мест расположения дегазирующих и добывающих скважин в пределах шахтных полей. В этом плане важную роль на стадии выбора мест для заложения поверхностных скважин могут сыграть так называемые “прямые” геофизические методы поисков и разведки скоплений УВ. К последним относится и экспресс-технология, объединяющая геоэлектрические методы становления короткоимпульсного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (технология СКИП–ВЭРЗ) [6–12]. Ниже приведены результаты ее применения в 2001–2009 гг. для оперативного выявления и картирования зон повышенного скопления свободного метана на территории трех угольных шахт в Донбассе. Есть основания полагать, что применение мобильных и оперативных геофизических технологий поисков для обнаружения и картирования скоплений свободного газа будет способствовать повышению эффективности современных технологий улавливания и утилизации метана в угольных бассейнах.

**Задачи исследований.** Основная цель полевых исследований в пределах шахтных полей – выявление участков скопления свободного газа с помощью геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ. В процессе проведения работ решали задачи: а) обнаружения и картирования геоэлектрических аномалий типа “залежь” (“залежь газа”) (АТЗ) по данным съемки СКИП; б) определения в пределах закартированных АТЗ глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа “газ” и “нефть” по данным ВЭРЗ; в) оценки возможности применения методов СКИП и ВЭРЗ для поисков скоплений свободного газа (мета-

на) в пределах распространения угленосных формаций; г) определения оптимальных мест расположения дегазационных скважин.

Основанием для проведения работ с целью обнаружения и картирования зон скопления свободного газа в пределах отдельных участков шахтных полей были работы по реализации проектов извлечения и утилизации шахтного метана на угольных шахтах Донбасса [3].

Основанием для применения экспресс-технологии СКИП–ВЭРЗ на территориях шахт послужили практические результаты ее опытной апробации в 2001–2008 гг. [6–12] в разных регионах Украины, Республики Казахстан, России. Они свидетельствуют, что технология СКИП–ВЭРЗ может успешно применяться при поисках и разведке скоплений углеводородов (газа, газоконденсата, нефти) в различных тектонических и геологических условиях.

Практическую апробацию на шахтных полях прошли геоэлектрические методы СКИП, ВЭРЗ и низкочастотного естественного электромагнитного поля Земли (НЧ ЕЭМПЗ). При проведении полевых измерений съемкой методом СКИП осуществляли обнаружение и картирование зон скопления свободного газа. Зондированием ВЭРЗ определяли глубину залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа “газосодержащие пласты”. Метод НЧ ЕЭМПЗ использован для выделения и картирования участков мелкоамплитудных тектонических нарушений.

### **Результаты геоэлектрических исследований.**

**Шахта им. А.Ф. Засядько.** В 2001 г. методы СКИП и ВЭРЗ впервые использовались на шахте им. А.Ф. Засядько (г. Донецк) для выделения и оконтуривания участков скопления газа и определения оптимальных мест заложения дегазационных скважин [5].

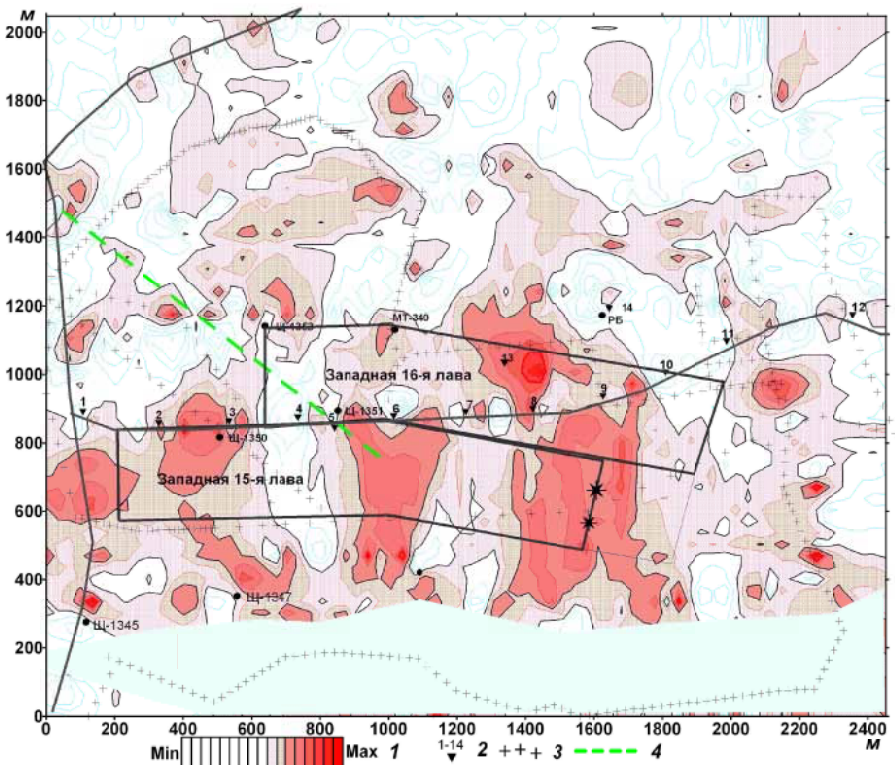
Разработка угольных пластов на шахте ведётся на глубине более 1000 м. Здесь применяется подземная дегазация массива в отрабатываемой зоне, газоотсос из выработанного пространства и дегазация подработанного массива дегазационными скважинами, пробуренными с поверхности.

До выполнения очистных работ массив практически не отдает газ. Очевидно, сказывается очень низкая газопроницаемость угля. Только после нарушения естественного состояния массива выработками, выделяется газ-метан, начинают работать подземные и поверхностные дегазационные скважины. При этом около 30 % поверхностных дегазационных скважин практически не отводят газ. Скорее всего это проис-

ходит из-за того, что они пробурены в зонах с очень низкой газоносностью массива. Поэтому, экономически целесообразно заблаговременное выявление зон повышенной газоносности с помощью дистанционных геофизических методов.

Отложения в кровле угольного пласта, которые разрабатывают в шахте, дегазируются поверхностными дегазационными скважинами при их очистной обработке.

По данным съемки по методу СКИП построена карта относительного геоэлектрического сопротивления пород для глубины 1100–1300 м (рис. 1). Темными (красными) участками на карте отображены зоны максимальных значений геоэлектрического сопротивления, которые для данного разреза обусловлены относительным увеличением содержания



*Рис. 1.* Карта зон повышенного геоэлектрического сопротивления пород на глубине 1100–1300 м в районе 15, 16 западной лавы шахты им. А. Засядько: 1 – шкала относительного сопротивления пород; 2 – точки ВЭРЗ; 3 – точки наблюдений; 4 – сейсмический профиль

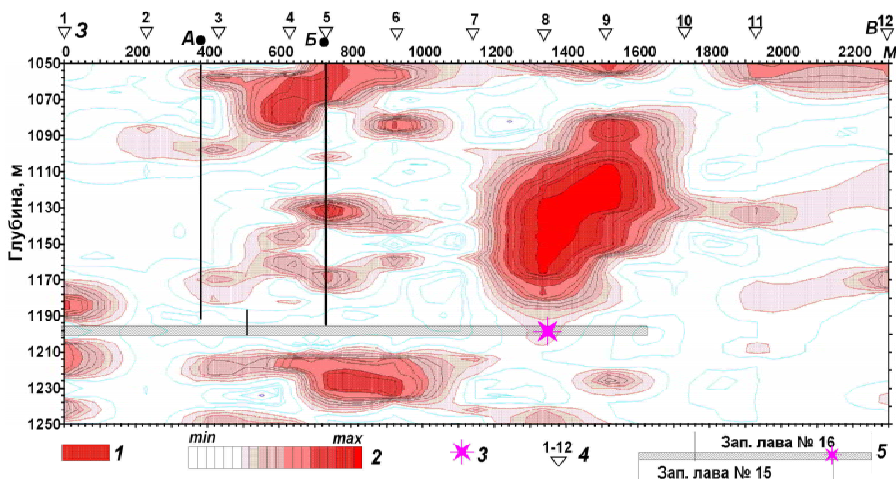


Рис. 2. Геоелектрический разрез на глубине 1150–1250 м по участку Западной лавы № 16 шахты им. А. Засядько: 1 – предполагаемые участки повышенной газонасыщенности пород; 2 – шкала относительного геоэлектрического сопротивления пород; 3 – проекция на профиль участка забоя Западной лавы № 15; 4 – точки ВЭРЗ; 5 – положение лав; А, Б – скважины

газа в породах. Наиболее интенсивные аномалии его проявились над 15-ой Западной лавой и в центральной части проектируемой 16-ой Западной лавы.

На рис. 2 приведены результаты зондирования ВЭРЗ над участком 15-ой Западной лавой шахты им. А.Ф. Засядько. Зоны повышенного геоэлектрического сопротивления, отмеченные на разрезе более темным (красным) цветом могут быть обусловлены локальным повышением содержания газа в породах разреза, участки которого обнаружены вверху и внизу угольной толщи. Максимальная зона газонасыщения расположена над угольным пластом 15-ой Западной лавы.

В целом результаты первых опытных работ показали, технология СКИП–ВЭРЗ может использоваться для: а) определения и картирования участков максимального скопления газа в интервале глубины заложения шахтных лав; б) оценки глубины залегания и построения вертикальных разрезов распределения газонасыщенных пород; в) предварительной оценки запасов газа; г) для определения мест оптимального заложения скважин дегазации; д) нахождения интервалов глубины, на которых целесообразно проводить работы по интенсификации добычи газа.

Оперативные геоэлектрические исследования в восточной части горного отвода шахты им. А.Ф. Засядько проведены также методами СКИП и ВЭРЗ в сентябре 2009 г. Они позволили выделить по результатам съемки СКИП шесть участков повышенного скопления свободного газа. По данным ВЭРЗ построен вертикальный разрез газонасыщенных пластов вдоль проектного профиля, установлены основные интервалы глубины залегания газонасыщенных пород.

В процессе проведения работ в 2009 г. установлено, что в пределах закартированной в 2001 г. геоэлектрической аномалии была пробурена скважина, из которой на протяжении шести последних лет (и в настоящее время) получают относительно высокий приток свободного газа.

**Шахта им. М.И. Калинина.** Геоэлектрические исследования в пределах шахтного поля проведены в 2005 г. [6, 10]. Аномальные зоны повышенного газонасыщения над шахтным полем, закартированные в ходе съемки методом СКИП, соединены в три полосы (рис. 3). Первая аномальная полоса расположена на северо-востоке шахтного поля, пересекает четвертую и первую восточные лавы. Полоса продолжается на север и восток за пределы выработки по пласту  $h_{10}$ . При продолжении выработок в этих направлениях возможны выбросы угольного газа.



Рис. 3. Карта-схема аномалий СКИП типа “залежь”. 1 – контуры выработки по пласту  $h_{10}$ , 2 – шкала интенсивности аномалий СКИП (аномалии типа “газонасыщенный пласт” – темный цвет); 3 – пункты ВЭРЗ; точки значений СКИП: 4 – отрицательных, 5 – положительных

Вторая полоса пересекает шахтное поле с юга на север. На севере аномальная полоса расширяется и продолжается за границы горной выработки. Она пересекает первую, вторую и четвертую восточные лавы. Данная полоса объединяет отдельные аномальные зоны и является наибольшей по интенсивности и размерам.

Третья полоса расположена на западе шахтного поля и представлена отдельными небольшими локальными аномальными участками. Все аномальные участки расположены за пределами шахтной выработки по пласту  $h_{10}$ .

Вертикальное электрорезонансное зондирование в границах шахтного поля проведено в 36 точках, в том числе и в точках размещения забоев двух буровых скважин. Точки зондирования расположены как в границах трех закартированных аномальных полос, так и вне их контуров (рис. 3). В каждой точке зондирования определяли интервалы залегания и мощности аномально поляризованных пластов типа “газонасыщенный пласт” и “угольный пласт”. Необходимо отметить, что данные ВЭРЗ хорошо коррелируют с данными съемки методом СКИП. Так, анализ показал, что суммарная мощность газонасыщенных пластов в точке № 18 (в пределах контура аномалии типа “залежь”) достигает 140 м, что значительно больше мощности такого же пласта в точке № 21 (за пределами контура аномалии) (всего 20 м). Укажем также, что в точках зондирования № 30, 32, 33, расположенных в зонах минимальных значений аномалий СКИП, газонасыщенные пласты методом ВЭРЗ не выявлены вообще, а в точках № 29 и 34 их мощность равна 1,0 и 3,5 м соответственно.

По данным зондирования вдоль отдельных профилей построены три схематических геолого-геофизических разреза шахтного поля: профиль № 1 проходит через точки зондирования № 2, 3, 4 (рис. 4); профиль № 2 – через точки № 13, 12, 11, 10, 7, 6; профиль № 3 – через точки № 15, 14, 10, 9, 5.

Данные зондирования позволили также построить серию схематических карт: а) глубины кровли угольного пласта  $h_{10}$ ; б) мощности газонасыщенных пластов, примыкающих к кровле и к подошве пласта  $h_{10}$ ; в) мощности газонасыщенных пластов, примыкающих лишь к кровле пласта  $h_{10}$ ; г) мощности газонасыщенных пластов, примыкающих только к подошве пласта  $h_{10}$ .

Материалы геоэлектрических исследований (карты, разрезы, диаграммы и колонки зондирования) показывают, что наибольшая мощность газонасыщенных пород фиксируется в восточной части шахтного поля.



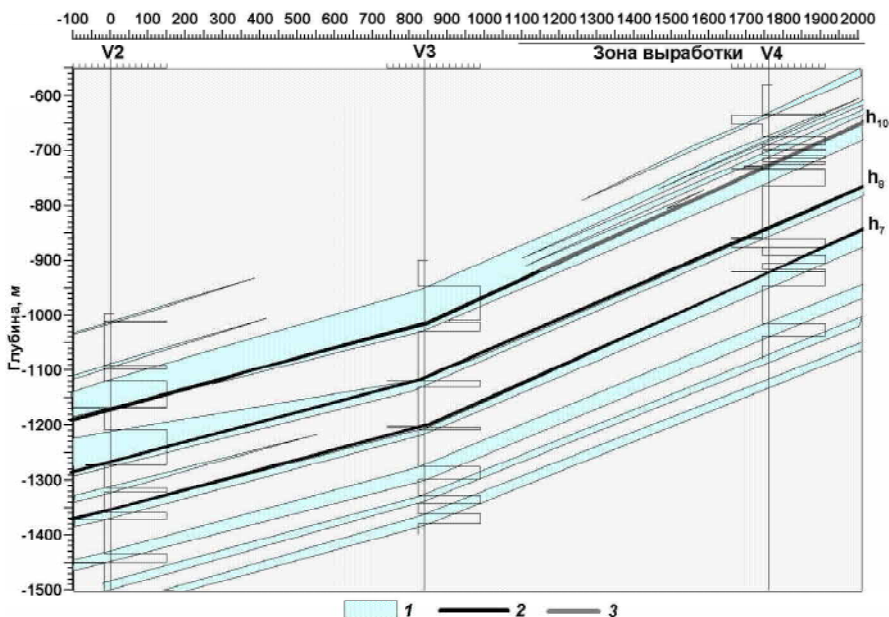


Рис. 4. Схематический геолого-геофизический разрез зон повышенного газонасыщения в интервале залегания угольных пластов  $h_{10}$ ,  $h_8$ ,  $h_7$  вдоль профиля № 1 через точки ВЭРЗ V2, V3, V4: 1 – пласты повышенного газонасыщения; 2 – угольные пласты; 3 – зона выработки

Карты мощности по данным метода ВЭРЗ совпадают с данными метода СКИП. Максимальная мощность пород с содержанием свободного газа зафиксирована в пределах трех полос аномальных зон, выделенных методом СКИП.

По данным зондирования установлено, что газонасыщенные зоны в границах горной выработки расположены преимущественно над кровлей угольного пласта, их мощность достигает здесь 40–50 м. В зонах залегания угольного пласта, ненарушенного горной выработкой, газонасыщенные толщи залегают как над его кровлей, так и снизу, под угольным пластом. Зоны газонасыщения выделены также в пределах угольных пластов  $h_{10}$ ,  $h_8$ ,  $h_7$  и ниже пласта  $h_7$ .

Полученные результаты учтены при разработке рекомендаций относительно развития дегазационной системы шахты, методов извлечения газа, построения сети дегазационных буровых скважин.

**Шахта Суходольская-Восточная.** В 2005 г. с использованием технологии СКИП–ВЭРЗ геоэлектрические работы проведены на площади

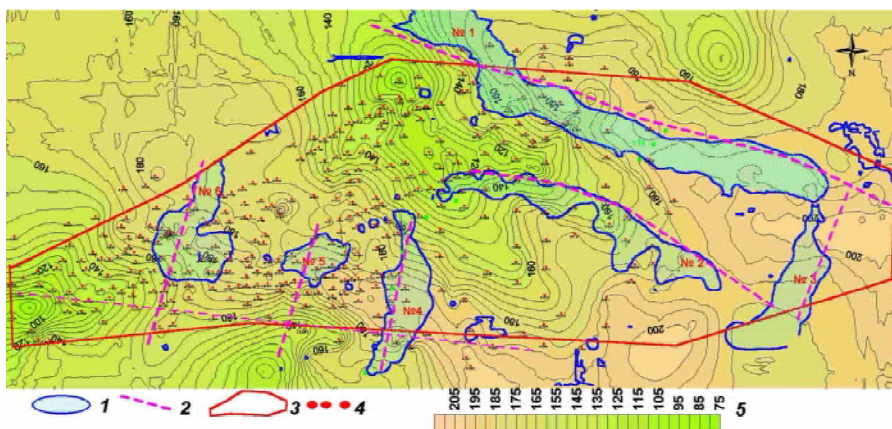


Рис. 5. Карта аномальных зон и тектонических нарушений та топографической основе местности шахты Суходольская-Восточная: 1 – аномальные зоны типа “скопления свободного метана” № 1–6; 2 – тектонические нарушения; 3 – контуры шахтного поля; 4 – скважины: С, Е, М, Ж, Д; 5 – шкала абсолютных отметок рельефа местности

шахтного поля шахты Суходольская-Восточная ОАО “Краснодонуголь” [11]. Площадь работ (около 75 км<sup>2</sup>, 15×5 км) расположена северо-восточнее г. Краснодар (Луганская область) и вытянута в широтном направлении от г. Суходольск до посёлка Беленькое. Юго-восточная часть шахтного поля примыкает к российско-украинской границе.

Съемкой методом СКИП в пределах шахтного поля закартировано шесть локальных зон типа “зоны повышенного газосодержания” (рис. 5), проявленных как аномалии повышенных значений поляризации и геоэлектрического сопротивления пород угольного разреза. Для последнего выявленные аномалии обусловлены скоплениями свободного метана в тектонически ослабленных зонах, при условии существования вышележащих отложений, экранирующих залежи газа.

*Аномалия № 1.* Наиболее интенсивная аномалия вытянута вдоль Дуванного надвига и расположена в его лежащем крыле (рис. 5). Практически вся зона расположена на водоразделе, ее длина – около 7 км, ширина – 700–800 м. Максимальные значения поля СКИП зафиксированы в восточной и центральной частях зоны. Интервалы газосодержащих пластов в пределах аномальной зоны определены зондированием ВЭРЗ в точках № 2–6, 15.

По данным ВЭРЗ, в интервале глубины 350–1000 м разреза выделено несколько АПП типа “газосодержащий пласт”. Средняя мощность

пластовых тел – 8–10 м, наиболее мощные АПП расположены на глубине: 742–762 м ( $H = 20$  м), 763–773 м ( $H = 10$  м), 835–846 м ( $H = 11$  м), 938–948 м ( $H = 10$  м), 1030–1041 м ( $H = 11$  м).

Максимальная суммарная мощность “газосодержащих пластов” ( $H = 116$  м, точка ВЭРЗ № 3) зафиксирована в южной части аномальной зоны, примыкающей к надвигу (рис. 5). В северном направлении мощность АПП постепенно уменьшается: точка ВЭРЗ № 4 –  $H = 82$  м, точка ВЭРЗ № 5 –  $H = 57$  м.

На построенном геоэлектрическом разрезе в зоне “лежачего” крыла зафиксирована небольшая антиклинальная складка. В районе аномалии № 1 скопление свободного метана может быть обусловлено комбинированной ловушкой, антиклинального типа и тектонически экранированной, сформированной нарушением Дуванного надвига. Данная ловушка в интервале 500–2500 м может содержать промышленные запасы газа. По данным СКИП и ВЭРЗ в “лежачем” крыле Дуванного надвига рекомендованы точки оптимального расположения скважин для использования газа в промышленных целях.

*Аномалия № 2* слабой интенсивности расположена в 2 км севернее Дуванного надвига, она простирается практически параллельно аномалии № 1 (рис. 5). Длина зоны – около 5 км, ширина – 200–300 м. Аномалия расположена в южном борту балки. Свободный газ аккумулируется здесь в тектонически экранированной ловушке. Зондированием в точке ВЭРЗ № 7 выделено четыре пласта с максимальной мощностью  $H = 14$  м (478–492 м). В районе угольного пласта мощность АПП не превышает 1,0–1,5 м.

*Аномалия № 3* расположена на западной окраине города Суходольск, вытянута в субмеридиональном направлении и перпендикулярна Дуванному надвигу (рис. 5). Прослеженная длина зоны – 2 км, ширина – 700–800 м. В северном направлении аномалия выходит за пределы шахтного поля шахты Суходольская-Восточная в поле шахты Дуванная.

*Аномалия № 4* расположена на северной стороне шахтного поля, вытянута в субмеридиональном направлении, ее длина – 3 км, ширина варьирует от 100 до 600 м (рис. 5). Она обусловлена скоплением свободного газа в тектонически экранированной ловушке. В северном направлении аномальная зона выходит за пределы участка работ в поле шахты Суходольская № 1. В интервале глубины 400–1000 м зондированием в точках ВЭРЗ № 8, 10, 11 выделено шесть АПП типа “газосодержащий пласт”. Наиболее мощные АПП расположены на глубине: 710–720 м,

( $H = 10$  м), 985–995 м ( $H = 10$  м), 1074–1085 м ( $H = 11$  м). Суммарная мощность “газосодержащих пластов”:  $H = 48$  м (ВЭРЗ № 11),  $H = 41$  м (ВЭРЗ № 10).

*Аномалия № 5* расположена северо-западной главной ствола шахты Суходольская-Восточная, ее размер –  $1 \times 1$  км (рис. 5). В пределах зоны работает дегазационная скважина. Во время проведения полевых работ производилось бурение второй скважины. В интервале глубины 150–1000 м зондированием в точке ВЭРЗ № 9 выделено шесть АПП типа “газосодержащий пласт”. В районе угольного пласта зафиксированы АПП: 950–956 м ( $H = 6$  м), 1047–1060 м ( $H = 13$  м). Суммарная мощность АПП в точке ВЭРЗ № 9 –  $H = 50$  м.

*Аномалия № 6* закартирована в восточном крыле шахтного поля, она вытянута в субмеридианальном направлении, размеры –  $2 \times 1$  км. Аномальная зона продолжается в южном направлении за пределы шахтного поля на территорию России. Здесь пробурены дегазационные скважины, которые дают притоки газа. В пределах аномалии зондированием в точках № 1, 12, 13, 14 выделено шесть АПП типа “газосодержащий пласт”. Наиболее мощные пласты расположены над кровлей угольного пласта (1042–1061 м,  $H = 19$  м) и ниже его подошвы (1225–1245 м,  $H = 20$  м). Максимальная суммарная мощность АПП в точке ВЭРЗ № 12 –  $H = 53$  м (рис. 6). Вертикальный разрез зоны по профилю 2–2а представлен на рис. 6.

В пределах шахтного поля шахты Суходольская-Восточная по результатам геофизических работ выделена система субширотных и субмеридиональных тектонических нарушений. Основным тектоническим нарушением на площади является Дуванный надвиг субширотного простирания. В “лежачем” крыле надвига сформирована небольшая антиклинальная зона, которая хорошо проявляется на карте кровли угольного пласта. Параллельно надвигу в северном направлении выявлены два мелкоамплитудных нарушения. Вдоль одного из них образована геоэлектрическая аномалия № 2.

Субмеридиональные нарушения образуют ослабленные тектонические зоны, к которым приурочены геоэлектрические аномалии № 3–6.

В пределах выделенных зон повышенного содержания метана рекомендованы оптимальные места для бурения дегазационных скважин.

По данным геоэлектрических исследований подсчитаны запасы свободного метана [2]. В частности, авторы этой публикации отмечают в заключении следующее: “в границах поля шахты “Суходольская-Восточ-

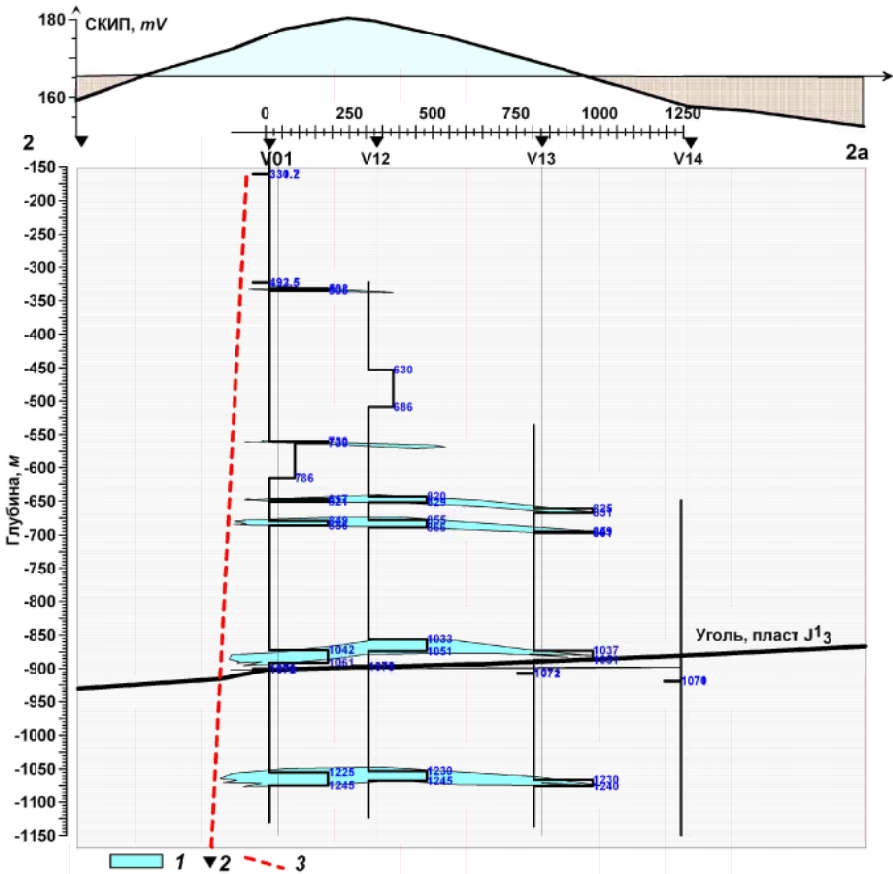


Рис. 6. Вертикальний геоелектричний розріз через аномалію № 6 в межах шахтного поля шахти Суходольська-Вісхідна по профілю № 2–2а: 1 – АПП типу “газосодержачий пласт”; 2 – точки ВЭРЗ; 3 – тектонічне порушення

ная” виділено 6 локальних зон, в яких міститься від 18 до 27 млн м<sup>3</sup> вільного метану. **В межах двох зон скоплення вільного метану були пробурені дегазаційні скважини, з яких до підходу горних робіт спостерігалося інтенсивне газовиділення, чим підтверджується точність визначення аномальних зон”.**

**Висновки.** Аналіз публікацій, описуючих досвід видобування метану в США, а також представлених вище результатів застосування технології СКІП–ВЭРЗ в Донбасському вугільному басейні дозволяє констатувати наступне.

1. В пределах шахтных полей Донбасса имеются отдельные участки, на которых присутствуют значительные скопления свободного газа (метана). Геоэлектрические методы предоставляют дополнительную информацию о зонах скопления в пределах шахтного поля. Материалы геоэлектрических исследований позволяют оптимизировать дегазационные мероприятия, увеличить каптаж метана через шахтную дегазационную систему и повысить безопасность работ. Они могут использоваться разными службами шахты: а) при составлении паспортов горно-геологического прогноза выемочных участков по местонахождению шахтного метана; б) для эффективного ведения дегазации на шахте; в) для безопасного ведения горных работ; г) при проектировании, установке и эксплуатации оборудования по утилизации метана и систем дегазации.
2. В определенных геолого-тектонических условиях (в зонах развития надвигов и разломов, в частности) могут формироваться микроместорождения метана.
3. Геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ позволяют оперативно выявлять и картировать зоны свободного метана, а также определять глубину их залегания.
4. Зоны скопления свободного газа занимают примерно четвертую часть шахтных полей (по геоэлектрическим данным).
5. В целом, результаты выполненных исследований свидетельствуют, что технология СКИП–ВЭРЗ может успешно применяться для обнаружения и картирования зон скопления свободного газа в пределах распространения угленосных формаций. Нам представляется, что применение экспресс–технологий прямых поисков залежей углеводородов (в том числе и геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ) для обнаружения и разведки участков скопления свободного газа в пределах шахтных полей позволит существенным образом сократить расходы на добычу и утилизацию метана в Донбассе и в других угольных бассейнах мира. Утилизация шахтного метана актуальна также с точки зрения охраны окружающей природной среды, так как Киотским протоколом предусмотрены значительные штрафные санкции за увеличение объемов выбросов в атмосферу метана и других вредных газов. Кроме того, использование гибких механизмов Киотского протокола разрешает получить дополнительную прибыль, которая, в свою очередь, дополнительно снижает срок окупаемости проектов утилизации метана в целом.

Комплексное освоение топливно-энергетических ресурсов Донбасса (угля, нефти, газа (метана)) будет способствовать решению сложной задачи обеспечения энергетической независимости страны.

1. *Анциферов А.В., Туркель М.Г., Хохлов М.Т. и др.* Газоносность угольных месторождений Донбасса / Под ред. чл.-корр. НАН Украины Н.Я. Азарова. – К.: Наук. думка, 2004. – 234 с.
2. *Антипов И.В., Гуменюк А.Н.* Геоэлектрические исследования массива горных пород и определение запасов свободного метана // Геотехнології та управління виробництвом XXI сторіччя. – Том 1. / За загал. ред. Булгакова Ю.Ф., Гребьонкіна С.С. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С. 191–196.
3. *Звягильский Е.Л.* Рынок в своей основе должен быть организован // Голос Украины, № 42 (4542). – 07.03.2009. – [http://zasyadko.net/m1/ru/trade/tech\\_sovet](http://zasyadko.net/m1/ru/trade/tech_sovet).
4. *Карасев Г.* Угольный метан – враг и друг // Российские недра. – 22 янв. 2007. – № 1(36). – <http://www.rosnedra.com/data/Files/File/470.pdf>.
5. *Левашов С.П., Гуня Д.П., Якимчук Н.А. и др.* О возможности прогнозирования зон повышенной газонасыщенности углей и вмещающих пород геоэлектрическими методами // Докл. НАН Украины. – 2002. – № 10. – С. 118–122.
6. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. и др.* Обнаружение и картирование геоэлектрическими методами зон повышенного газонасыщения на угольных шахтах // Геофизика. – 2006. – № 2. – С. 58–63.
7. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Червоный Н.П.* Экспресс-технология прямых поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 28–33.
8. *Шуман В.Н., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспективы // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
9. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. et al.* Electric-resonance sounding method and its application for the ecological, geological-geophysical and engineering-geological investigations // 66th EAGE Conference & Exhibition, Extended Abstracts. – 2004. – P035. – 4 p.
10. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. et al.* On the possibility of the searching and mapping areas with increased gas content in coal and containing rocks by geoelectric methods // Proceeding XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association. – Belgrade, 2006. – P. 311–316.
11. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. et al.* Geoelectric methods application for mapping the zones with raised contents of methane // Geosciences – To Discover and Develop: International Conference and Exhibition (15–18 oct. 2006). – Lenexpo, Saint Petersburg, Russia. – CD-ROM Abstracts volume. – P053, 4 p.
12. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Syniuk B.B.* Practical experience of the operative finding, mapping and monitoring of man-caused gas pool by geoelectric methods // 71nd EAGE Conference and Technical Exhibition. – Amsterdam, The Netherlands (8–11 June 2009). – CD-ROM Abstracts volume. – P144, 4 p.

**Практичний досвід пошуків і картування геоелектричними методами скупчень вільного метану на шахтах Донбасу** С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін, Д.М. Божежа, Ю.М. Якимчук

**РЕЗЮМЕ.** Наведено практичні результати експериментального застосування в 2001–2009 рр. нетрадиційних геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) та вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) (експрес-технологія СКІП–ВЕРЗ) на локальних ділянках трьох вугільних шахт в Донбасі. Площинною зйомкою методом СКІП на площах робіт виявлені та закартовані аномальні геоелектричні зони типу “поклад газу” (вільного метану). Глибина розміщення аномально поляризованих пластів (АПП) типу “газ” визначені зондуванням ВЕРЗ. За даними вимірів методами СКІП–ВЕРЗ визначені оптимальні місця для розміщення свердловин з дегазації шахтних виробок. Результати експериментів свідчать, що технологія СКІП–ВЕРЗ може бути успішно застосована під час пошуків та розвідки скупчень вільного газу (метану) в межах поширення вугілля та вмісних порід, а також є ще одним вагомим аргументом на користь доцільності більш широкого її застосування в геологорозв’язальному процесі на нафту та газ.

**Ключові слова:** геоелектрична зйомка, електрорезонансне зондування, аномалія типу поклад, вільний газ, газоконденсат, метан, вугільна шахта.

**Practical experience of detection and mapping of the free methane accumulation within the Donbas mine fields by geoelectric methods** S.P. Levashov, N.A. Yakymchuk, I.N. Korchagin, D.N. Bozhezha, Yu.N. Yakymchuk

**SUMMARY.** The practical experience of experimental application in 2001–2009 of nontraditional geoelectric methods of forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) (FSPEF–VERS express-technology) on the local area of three coal mine in the Donbas region are given. The anomalous geoelectric zones of gas (free methane) type were revealed and mapped on investigation areas by FSPEF method survey. The bedding depths and thicknesses of the anomalous polarized layers (APL) of gas type were determined by VERS sounding. The optimal places for the degassing borehole locations were delineated on measurements data by the FSPEF–VERS methods. The experiment results testify of practical possibility of the FSPEF–VERS technology using for the free gas (methane) accumulations exploration and prospecting within the coal mines and coal-bearing series spreading, as well as they are one more weighty arguments for practicability of the more broad using of FSPEF–VERS methods in geological prospecting process for oil and gas. The application of the FSPEF–VERS technology can promote for increasing the efficiency of existing technology of the coal mine methane capturing and utilization.

**Keywords:** geoelectric survey, electric-resonance sounding, deposit type anomaly, free gas, gas-condensate, metan, coal mine.