

# ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ЗОН СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ ИМЕНИ А.Ф. ЗАСЯДЬКО

Освоение угольных месторождений Донбасса связано с прогнозированием горно-геологических условий, среди которых одно из ведущих мест занимает газоносность разрабатываемого углепородного массива. Распределение газов в массиве неравномерно и контролируется в основном малоамплитудной складчатостью и особенностями литолого-фациального состава отложений. Применение на шахтных полях геофизических исследований в комплексе с геологическими позволит более обоснованно планировать имеющие социальное и экономическое значение работы по дегазации и извлечению метана из песчаников угленосных толщ [2, 5, 6].

Прогноз аномальных зон скоплений метана (ЗСМ) в углепородном массиве может осуществляться на стадии геологоразведочных работ при помощи разработанных в институте Геотехнической механики НАН Украины геолого-геофизических методов [3, 4, 5, 8]. Подход к прогнозированию базируется на предположении, что эти объекты прямо или косвенно находят отражение в структуре элементов геологической структуры (малоамплитудная нарушенность) и физических полях (литологический состав отложений).

Для анализа малоамплитудной складчатости и генетически связанной с ней нарушенности применяется метод тренд-анализа поверхности, позволяющий путем снятия регионального фона выявить локальные складки, осложняющие склоны крупных складок. Опыт и расчеты показали [3], что, учитывая точность расчета и построения карт ( $\pm 5$  м), а также строение крупной складки, в пределах которой находится исследуемый объект, для описания реальной поверхности пластов в Донбассе достаточными являются полиномы I или II степени. При увеличении степени полинома построенные карты будут отражать не реальные, а фантомные складки, обусловленные сложностью аппроксимирующей поверхности.

Наиболее благоприятными пластами для скопления свободного метана являются песчаники, в песчаниках – места пересечения стрежневых участков палеопотоков с антиклинальными локальными структурами. В стрежневых участках палеопотоков русловые песчаники характеризуются максимальной газоемкостью (за счет повышенных значений пористости), в антиклинальных локальных структурах формируются трещиноватые зоны, улучшающие фильтрацию газа [1]. Для прогноза таких зон перспективно применение современного комплекса методов разведочной геофизики, которая на угольных месторождениях представлена довольно обширным комплексом современных полевых (грави-, магнито-, сейсмо- и электроразведкой) и скважинных методов [4, 5]. Полученная с их помощью информация позволяет на основе применения современных компьютерных технологий обработки и интерпретации по площади и разрезам исследуемой углепородной толщи выполнить построение карт соответствующих геофизических полей, которые в сочетании с данными тренд-анализа позволят выделить локальные участки повышенной газоносности в углепородном массиве.

## **ПИМОНЕНКО Л.**

*Доктор геологических наук,  
ИГТМ НАН Украины*

## **КАРГАПОЛОВ А.**

*ИГТМ НАН Украины*

## **ГУНЯ Д.**

*Кандидат технических наук,  
ПАО шахта им. А.Ф. Засядько*

## **СВИСТУН В.**

*ДГЭ «Днепрогеофизика»*

Рассмотрим на примере поля шахты им. А.Ф. Засядько и прилегающего участка доразведки «Кальмиусский рудник» применение предлагаемого геолого-геофизического метода прогноза зон скоплений метана.

На поле шахты им. А.Ф. Засядько и прилегающем участке доразведки «Кальмиусский рудник» основным классом локальных скоплений метана является структурный [8], в котором наблюдаются положительные локальные складки, содержащие основные объемы свободного газа, мигрирующие из угольных пластов во вмещающие породы-коллекторы, перекрытые газонепроницаемыми породами.

Одним из наиболее перспективных для формирования зон свободного метана (ЗСМ) по литолого-стратиграфическим условиям на шахте является интервал между угольным пластом  $m_3$  и известняком  $M_5$ . Расположенный выше отрабатываемого угольного пласта  $m_3$  на расстоянии порядка 20 м пласт песчаника  $m_4Sm_4^1$  мощностью от 35 до 50 м, перекрыт пластом известняка  $M_5$  (мощностью до 1,7 м). Песчаник является достаточно хорошим коллектором, а практически непроницаемый известняк – покрывкой.

Наиболее благоприятными зонами для скопления свободного метана в песчаниках являются места пересечения стрежневых участков палеопотоков (характеризуются коэффициентом относительной мощности песчаника –  $K_{\text{омп}}$ ) с антиклинальными локальными структурами. В стрежневых участках русловые песчаники отличаются максимальной газоёмкостью за счет повышенных значений пористости, а в пределах антиклинальных локальных структур формируются трещиноватые зоны, повышающие фильтрацию газа [1].

С помощью разработанной компьютерной технологии прогнозирования локальных ЗСМ [4] выполнялось построение комплекта карт, характеризующих строение углепородного массива в интервале  $m_3$  –  $M_5$ . Карты строились по подошве угольного пласта  $m_3$ , так как угольные пласты являются основным объектом изучения и по геологическим и геофизическим данным выделяются наиболее точно. В базу данных вводятся координаты устьев скважин с их номерами; отметки почвы пласта с учетом альтитуды; мощности песчаника  $m_4Sm_4^1$  и коэффициенты относительной мощности ( $K_{\text{омп}}$ ) песчаника  $m_4Sm_4^1$ , рассчитанные по исходным геолого-геофизическим разрезам скважин. По этим данным на компьютере были построены карты: гипсометрии и локальных структур, угольного пласта  $m_3$ , изопахит и  $K_{\text{омп}}$  песчаника  $m_4Sm_4^1$ , необходимые для анализа тектонических и литолого-стратиграфических условий скопления метана и возможности прогнозирования ЗСМ.

Построение карт и разрезов осуществлялось с помощью специализированного пакета Surfer, в котором представлен сравнительно большой выбор алгоритмов пространственной интерполяции: Kriging, Inverse Distans, Polinomial Regression и др. (всего 8 алгоритмов). Проведенные исследования показали,

что оптимальным оказался метод интерполяции на основе алгоритма триангуляции (Triangulation with Linear Interpolation) [4].

Процедуры построения карт изолиний и графиков поверхностей потребовали, чтобы данные были представлены в формате сеточного GRD-файла, который создается на основе данных о координатах точек опробования по скважинам или по пикетам в горных выработках (X, Y) и значений гипсометрии пласта в этих точках (Z). Далее программа MAP создает карты в изолиниях или цветовых градациях на основе и в рамках grid-файла, который конвертируется в формат векторного описания (\*.dxf). Этот формат позволяет конвертировать построенную карту для анализа и обработки в программном комплексе Arc View GIS при решении задач по установлению связи локальных структур с другими картами, построенными на изучаемом угольном пласте с целью выявления ЗСМ.

Поверхность пласта представляет собой моноклинал, наклоненную на север и осложненную локальными неоднородностями. При таком сравнительно простом строении пласта условная аппроксимирующая поверхность (полином I степени) позволяет с достаточной точностью выделить эти неоднородности.

На рис. 1 представлена совмещенная карта гипсометрии угольного пласта  $m_3$  и локальных структур, построенных по его подошве (аппроксимирующая поверхность – полином I степени).

Гипсометрия пласта отражает ступенеобразную форму его поверхности, которая осложнена локальными складками с амплитудами, достигающими 50–65 м. На западе шахтного поля расположена антиклинальная складка амплитудой 50 м, ось которой субпараллельна Ветковскому надвигу (в лежачем крыле). В центральной части шахтного поля выделяются три складки (две антиклинальные и синклиальная, расположенная между ними), простирающие их осей близкое к широтному. Амплитуды выделенных складок и их ширина примерно равны. В осевой части складок наблюдаются небольшие куполообразные структуры, расположенные в районе скв.: 3987 (20 м), ДМ 1134 (50 м), ДМ 1904 (40 м), ДМ 1908 (30 м). Такие структуры могут являться наиболее перспективными ловушками для формирования ЗСМ.

Проведенными работами [9] установлено, что на поле шахты им. А.Ф. Засядько вторичные складки (локальные структуры), осложняющие тектонику полей шахты, относятся к складкам продольного изгиба. Такие складки образуются под действием сжимающих усилий и характеризуются сохранением параметров структур в большом (до 700 м<sup>3</sup>) объеме. Это обстоятельство позволяет перенести амплитуды и конфигурацию складок, построенных в пределах одного пласта, на другие пласты в том же объеме и рассматривать скопления метана в определенном, ограниченном нулевой отметкой положительных локальных структур, объеме углевлещающей толщи.

По геологоразведочным скважинам построена карта изопакит песчаника, согласно которой его мощность на исследуемой площади уменьшается по падению пласта от 50 до 35 м. На фоне общего уменьшения отмечаются участки локального изменения, пространственно не связанные с локальными структурами. Для выделения участков с максимальными, в пределах поля шахты, мощностями песчаников рассчитывался коэффициент относительной мощности песчаников –  $K_{\text{омп}}$ . По полученным данным строилась карта  $K_{\text{омп}}$  (рис. 2). Значения этого показателя в пределах поля изменяются от 0,35 до 0,95, и, на наш взгляд, определенных закономерностей в их распределении нет. Максимальные значения на юге (скв. 1134 и ДМ-1928) и западе (скв. ДМ-1908, ДМ-1348 и Ш-1347) пространственно совпадают с локальными антиклинальными складками. Повышенное значение – 0,65 – на севере, в районе скв. 3879 (одно пластопересечение), приурочено к синклиальной складке. Пониженные значения в центральной части (скв. 3792 и МТ-336) и на западе (скв. 3965) расположены на крыльях складок, на севере (скв. 3765 и 3796) – в седловидном изгибе антиклинали.

Исходя из того, что наиболее благоприятными зонами для скопления газа могут являться участки антиклинальных локальных структур, совпадающие с максимальными значениями  $K_{\text{омп}}$ , на рис. 2 такие зоны выделены и сопоставлены с известными данными о газопроявлениях в скважинах. В южной зоне, где большие значения  $K_{\text{омп}}$  совпадают с антиклинальными структурами (скв. ДМ-1928), отмечено повышенное выделение метана, а вблизи Ветковского надвига (на западе) при ведении горных работ неоднократно регистрировались суфляры, выбросы угля и газа.

В итоге на основе анализа комплекта карт, построенных с помощью разработанной компьютерной технологии в области залегания угольного пласта  $m_3$  и песчаника  $m_4Sm_4^1$  на шахте им. А.Ф. Засядько и прилегающем участке «Кальмиусский рудник», выделены шесть прогнозных зон скопления метана (рис. 2), ко-

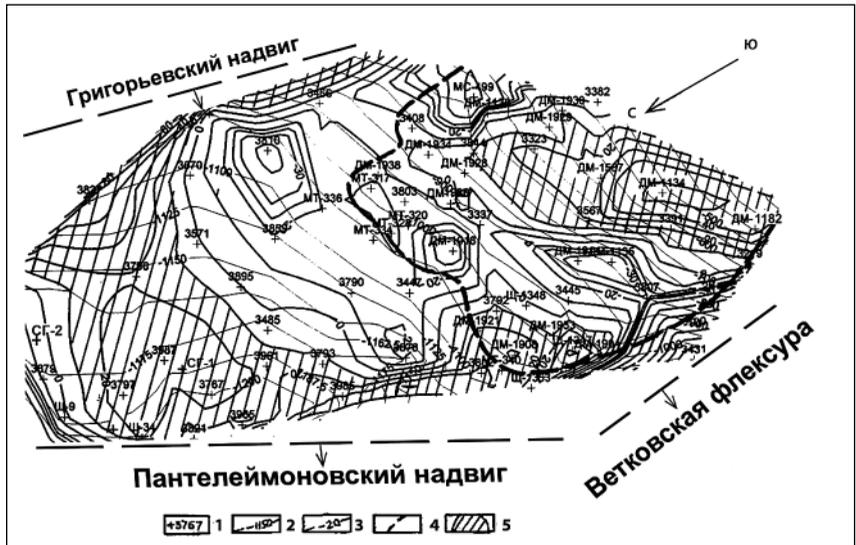


Рис. 1. Совмещенная карта гипсометрии угольного пласта  $m_3$  и локальных структур на поле шахты им. А.Ф. Засядько и прилегающем участке «Кальмиусский рудник». 1 – скважина и ее номер; 2 – изолиния гипсометрии пласта  $m_3$ ; 3 – изолиния локальных структур; 4 – граница отработанного пространства по пласту  $m_3$ ; 5 – антиклинальные локальные структуры

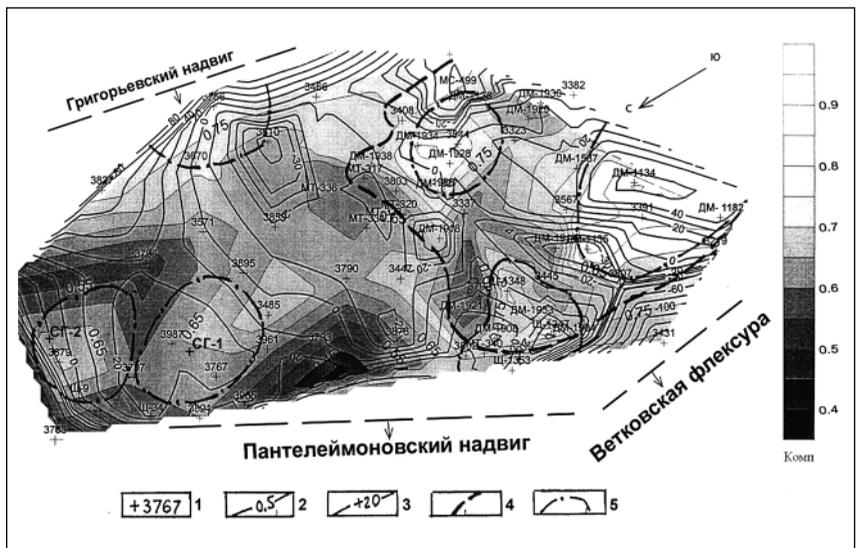


Рис. 2. Совмещенная карта  $K_{\text{омп}}$  песчаника  $m_4Sm_4^1$  и локальных структур по угольному пласту  $m_3$  на поле шахты им. А.Ф. Засядько и прилегающем участке «Кальмиусский рудник». 1 – скважина и ее номер; 2 – изолиния  $K_{\text{омп}}$ ; 3 – изолиния локальных структур; 4 – граница отработанного пространства по пласту  $m_3$ ; 5 – прогнозные зоны скопления метана

торые находятся в условиях отработанной (3 шт.) и неотработанной (3 шт.) области пласта  $m_3$ .

Достоверность такого прогноза оценивалась по наличию газопроявлений в геологоразведочных скважинах и горных выработках, а также отмеченных газодинамических явлений (выбросы угля и газа, суфляры и т.п.) в отработанной части этого пласта. Результаты сопоставлений показали удовлетворительную сходимость прогноза ЗСМ и фактических газопроявлений.

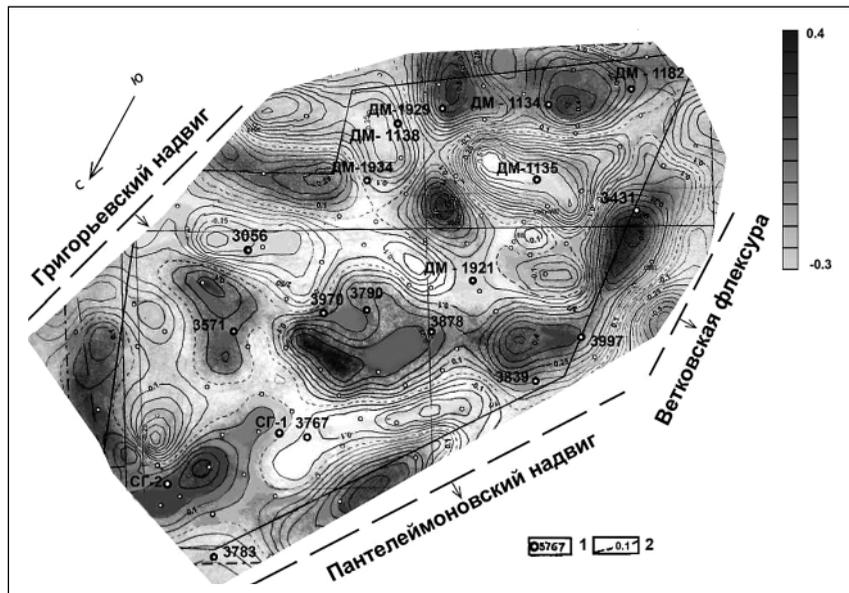


Рис. 3. Карта гравитационных аномалий ( $\Delta g_{\text{ост}}$ ).  
1 – скважина и ее номер; 2 – изолинии  $\Delta g_{\text{ост}}$

Однако ни одна из построенных карт не отражает трещиноватости массива – фактора, играющего существенную роль в структурных ловушках. Впервые для характеристики трещиноватости углепородного массива была использована карта  $\Delta g_{\text{ост}}$ , построенная ПО «Днепрогеофизика» (рис. 3). Сопоставление карты гравитационных аномалий со структурой шахтного поля показало, что, в общем, гравитационные аномалии приблизительно отражают структуру осадочных отложений.

Ветковская и Чайкинская флексуры выделяются положительными значениями  $\Delta g_{\text{ост}}$ . В центральной части поля прослеживается субширотная гравитационная ступень (отрицательные значения – скв. 1921 и 3056, положительные – 3970, 3878), которая, по нашему мнению, связана с субширотным (правым) сдвигом, фиксируемым в осадочных отложениях совмещением периклинальных частей синклиальной и антиклинальной складок и вызвавшим образование Пантелеймоновских и Октябрьского надвигов [7].

Изгиб положительных максимумов (скв. 3839, 3997, 3431) совпадает с местом пересечения Ветковской флексуры Пантелеймоновским надвигом. В целом положительные аномалии совпадают с антиклинальными складками (скв. ДМ 1182 и ДМ 1134) отрицательные – с синклиальными (скв. ДМ 1138 и ДМ 1135).

Детальнее рассмотрим северную часть исследуемого участка. На карте локальных структур (рис. 1)

четко выделяется субширотная двувершинная антиклинальная складка; на карте  $\Delta g_{\text{ост}}$  две положительные диагональные аномалии разделены отрицательной (рис. 3). Антиклинальные складки, как правило, на картах выделяются положительными значениями, но установлен целый ряд факторов, способствующих появлению гравитационных минимумов, одним из которых является разуплотнение пород в сводах складок, связанное с интенсивной трещиноватостью. Исходя из этого можно предположить, что величины  $\Delta g_{\text{ост}}$  отражают чередование участков различной степени разуплотненности (трещиноватости) в пределах антиклинальной складки, что подтверждается данными бурения.

Так, в скважине СГ-1 перебурено около 500 метров отложений повышенной трещиноватости. Это выразилось в повышении скорости проходки и частичных кратковременных поглощениях промывочной жидкости.

При проведении пластопересечений в открытом стволе из трех горизонтов получены расчетные значения газопритоков от 155 м<sup>3</sup>/сут. до 1400 м<sup>3</sup>/сут.

В скважине СГ-2 перебурено около 150 м отложений повышенной трещиноватости. При проведении пластоиспытаний в открытом стволе ни один из горизонтов газа не дал.

Пересекаемые отложения песчаников, которые подверглись пластоиспытаниям в обеих скважинах, имеют пористость от 3,2% до 7,4%.

На основании изложенного можно сделать вывод, что углепородный массив в месте бурения скважины СГ-1 более трещиноватый, чем в месте бурения скважины СГ-2.

Таким образом, с помощью компьютерной технологии в опытном порядке выделены зоны скопления метана структурного типа в области залегания угольного пласта  $m_3$  и песчаника  $m_4Sm_4^1$  на шахте им. А.Ф. Засядько и прилегающем участке «Кальмиусский рудник», которые находятся в условиях отрабатанной и неотрабатанной части пласта  $m_3$ . Результаты анализа построенных карт и сопоставление их с данными бурения свидетельствуют об эффективности применения комплекса геолого-геофизических методов для прогноза зон скопления метана на угольных шахтах Донбасса.

1. Безручко К.А. Оценка пористости горных пород в локальных антиклинальных структурах // Геотехнічна механіка: Міжвідомчий зб. наук. пр. ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 80. – С. 77–84.

2. Булат А.Ф. Концепция комплексной дегазации углепородного массива для условий шахты им. А.Ф. Засядько // Геотехнічна механіка: Міжвідомчий зб. наук. пр. ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2002. – Вип. 37. – С. 10–17.

3. *Геофизическая* оценка параметров коллекторов-песчаников в зонах скопления метана на шахтах Донбасса / В.А Гончаренко, Т.В. Герасименко, В.К. Свистун, И.Н. Бендик // *Геотехническая механика*. – 2006. – Вып. 67. – С. 224–229.

4. *Гончаренко В.А.* Разработка основ компьютерной технологии прогнозирования зон скопления метана на угольных месторождениях // *Геотехнічна механіка: Міжвідомчий зб. наук. пр. ІГТМ НАН України*. – Дніпропетровськ, 2002. – Вип. 56. – С. 51–57.

5. *Гончаренко В., Свистун В., Герасименко Т.* Перспективы комплексного геолого-геофизического прогноза зон скопления метана на угольных месторождениях Донбасса / *Науковий вісник національного гірничого університету*. – 2007. – № 4. – С. 73–76.

6. *Звягильский Е.Л., Ефремов И.А., Бобрышев В.В.* О выборе оптимальных точек заложения поверхностных дегазационных скважин // *Геотехнічна механіка: Міжвідомчий зб. наук. пр. ІГТМ НАН України*. – Дніпропетровськ, 2004. – Вип. 49. – С. 30–40.

7. *Лукинов В.В.* Кинкбанды и листрические надвижки – новые типы малоамплитудных дислокаций в Донбассе / *Уголь Украины*. – 2012. – № 12. – С. 36–38.

8. *Лукинов В.В.* Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса – К.: Наукова думка, 2008. – 350 с.

9. *Пимоненко Л.И., Гончаренко В.А., Гуня Д.П.* Природа мелкой складчатости на шахте им. А.Ф. Засядько // *Геотехнічна механіка: Міжвідомчий зб. наук. пр. ІГТМ НАН України*. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 56. – С. 51–57.

Стаття присвячена уточненню зон скупчення метану на основі зіставлення результатів, отриманих методом тренд-аналізу поверхні (локальних структур), з результатами геофізичних методів (гравітаційних аномалій і геофізичних досліджень свердловин).

Paper is devoted to clarification of saturation zones of a congestion of methane on the basis of the results comparison got the method of trend-analysis surface (local structures), with the results of geophysical methods (gravitational anomalies and geophysical researches of mining holes).

**Ключові слова:** метан, пісковик, тренд-аналіз, геофізичне дослідження свердловин, гравірозвідка.

**Ключевые слова:** метан, песчаник, тренд-анализ, геофизическое исследование скважин, гравиразведка.

**Keywords:** methane, sandstone, trend-analysis, geophysical research of mining holes, gravitational exploration.