

$10^2 \text{ м}^2 / \text{кг}$  (см. рис. 2 сплошная линия). В противном случае, если предположить, что внутренняя удельная поверхность, как объёмная, так и массовая остаются неизменными по мере уменьшения пористости с 10 % до 1 %, тогда процесс снижения пористости должен сопровождаться уменьшением слоя плёночной влаги - в 10 раз для алевролитов - до  $1,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}$  и в 3,63 раза - до  $4,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ , для песчаников, что представляется маловероятным. Следовательно, можно сделать вывод о том, что в процессе катагенетических изменений наблюдается уменьшение внутренней удельной поверхности горных пород, как объёмной, так и массовой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов С.С. Влага гигроскопических материалов.- Новосибирск: Наука, 1986.-160.
2. Эттингер И. Л., Шульман Н. В. Распределение метана в порых ископаемых углей.- М.: Наука, 1975.- С. 80.
3. Ромм Е.С. Фильтрационные свойства трещиноватых горных пород.- М.: Недра, 1966.-384 с.
4. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение.-М.: Недра,1969.-368 с.
5. 14. Кобранова В.Н., Лепарская Н.Д. Определение физических свойств горных пород.-М.: Гостоптехиздат, 1957.-160 с.
6. 24. Кобранова В.Н. Физические свойства горных пород.-М.: Гостоптехиздат, 1962.-492 с.
7. Геология нефти. Т.1 Основы геологии нефти/под ред. Н. А. Еременко.- М.: Гостоптехиздат, 1960.- 592 с.
8. Абрамов Ф.А., Шевелёв Г.А. Свойства выбросоопасных песчаников как породы-коллектора.-К.: Наук.думка, 1972.- 98 с.
9. Булат А.Ф., Звягильский Е.Л., Лукинов В.В., Перепелица В.Г., Пимоненко Л.И., Шевелёв Г.А. Углепорodный массив Донбасса как гетерогенная среда.-К.: Наук.думка, 2008.- 412 с.
10. Кобранова В.Н. Петрофизика.-М.: Недра, 1986.-392 с.
11. Федешин В.О. Низькопористі породи-колектори газу промислового значення.-К.: УкрДГРІ, 2005.- 148 с.
12. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрация в глинах.-М.: Недра, 1986.-160 с.
13. Безручко К. А. Газонасыщенность и пористость выбросоопасных песчаников // Уголь Украины.- 1994.- №1.- С. 48-49.

**УДК 622.411.332:551.2**

П.С. Пашенко, мл. науч.сотр. (ИГТМ НАН Украины)

### **МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА В СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ ИНТЕРВАЛЕ ГОРНЫХ ПОРОД**

Наведена методика і результати дослідження виділення зон скоплення метану в стратиграфічному інтервалі порід, які залягають полого

### **METHOD OF SELECTION OF AREAS OF ACCUMULATION OF METHANE IN STRATYGRAFY INTERVAL OF THE ROCKS**

A method and results of research of selection of areas of accumulation of methane in the stratygrafycheskom interval of declivous bedding breeds is resulted

Проблема выделения и прогнозирования зон скопления метана в углепорodном массиве для последующего его извлечения с целью утилизации и повышения безопасности на угольных шахтах Донбасса является в настоящее время достаточно актуальной. Энергетический кризис в стране и в мире является

следствием существенного уменьшения невозобновляемых источников энергии. Наличие на Украине крупного угольного бассейна со значительными ресурсами метана, не уступающего по своим параметрам природному газу, может рассматриваться дополнительным, а в перспективе и основным источником энергии. Шахтный метан на действующих угольных предприятиях негативно влияет на безопасность работ. Существование зон повышенной газоносности сказывается на темпах проходки подготовительных и очистных выработок. Основная проблема заключается в разработке и внедрении таких методик, которые позволили бы получать наиболее достоверные и надежные прогнозные данные о местоположении и размерах указанных зон.

По опубликованным данным [1], свыше 70 % запасов нефти и газа находятся в ловушках сводового типа, приуроченных к антиклиналям. Такое положение вызвано низким удельным весом углеводородов и естественным стремлением их вверх, в положительные структуры или трещинные коллектора.

Таким образом, на формирование зон скопления метана влияет складчатость углепородного массива. Отметим, что до настоящего времени проведен комплекс работ по изучению вторичной складчатости для прогноза малоамплитудной нарушенности, выбросов пород и газа. Проанализируем наиболее характерные методы прогноза выше указанных явлений, связанных с вторичной складчатостью.

Так, в работах [2, 3] для анализа складчатости связанной с малоамплитудной нарушенностью пологопадающих угольных пластов применялся метод тренд-анализа, позволяющий выявить локальные неоднородности гипсометрических поверхностей исследуемых угольных пластов путем снятия регионального фона, т.е. математическими методами выделить складки, осложняющие моноклиналильные склоны крупных структур. Подобный метод применяется нефтяниками для выделения локальных структур или «ловушек» [4, 5]. Отметим, что впервые попытка применения данного метода с целью оценки выбрсоопасности угольных пластов предпринята в работе [2].

В работе [6], рассмотрен метод прогнозирования зон малоамплитудной нарушенности угольных пластов по характеру изменения локальной складчатости. Для этого был разработан количественный показатель, основанный на изменении градиента локальных структур. Построенные таким образом карты позволили для шахтопластов северо-западной части Донецкого бассейна выделить численное значение градиента локальных структур, соответствующее зонам развития малоамплитудных нарушений, которое составляет 0,05 – 0,1 [7].

В.В. Лукинов и Л.Я. Кратенко [8], предлагают определение вторичной складчатости для прогноза горно-геологических условий на стадии детальной разведки или доразведки шахтных полей. Выявление вторичной складчатости по методике построения карт локальных структур показало, что угленосные отложения при моноклиналильном залегании осложняются вторичной складчатостью. Указанные авторы отмечают, что формирование складок в условиях продольного изгиба слоистого массива сопровождается проскальзыванием слоев друг относительно друга по наиболее пластичным из них угольным пластам и

углисто-глинистым прослоям в кровле. Этот процесс сопровождается возникновением многочисленных трещин, зон расланцевания, плейчатости и мелких складок волочения. При этом, степень указанной нарушенности углей и пород кровли зависит от амплитуды послойного перемещения, т.е. от параметров складчатых форм. Таким образом, трещиноватость, обусловленная характером вторичной складчатости, в значительной мере определяет многие особенности горно-геологических условий на различных этапах освоения и разработки угольных месторождений.

Следует отметить, что одни исследователи [6, 9] в своих работах наблюдают «подобие» складок, а другие [10] отмечают «унаследованность» складок в углеспородном массиве. Так, например, для изучения складчатых нарушений по участку «Боржиковский – Южный» были построены карты локальных структур пластов  $m_3$ ,  $l_5$ ,  $k_5$ . По карте локальных структур пласта  $m_3$  в центральной части участка выделяется антиклинальная складка с амплитудой 110 м, длиной 3,5 км и шириной 2 км. Осевая поверхность складки имеет северо-западное простирание, субперпендикулярное граничным надвигам. Карты локальных структур пластов  $l_5$  и  $k_5$  подобны. Однако свод центральной антиклинальной складки на пласте  $l_5$  смещен по падению пород на северо-восток по отношению к положению свода пласта  $m_3$  примерно на 1,5 км, а на карте локальных структур пласта  $k_5$  – на 3 км. Практически одинаковые амплитуды и размеры складок на различных пластах, совпадение простирания осей, свидетельствует о подобии складок, что позволяет считать их образование, по мнению авторов, связанным с продольным сжатием. Вертикальный разрез, построенный по картам локальных структур вкрест простирания пород показывает, что свод, выделенной в центральной части участка антиклинали от ниже- к вышележащим пластам смещается в сторону падения пород (рис. 1).

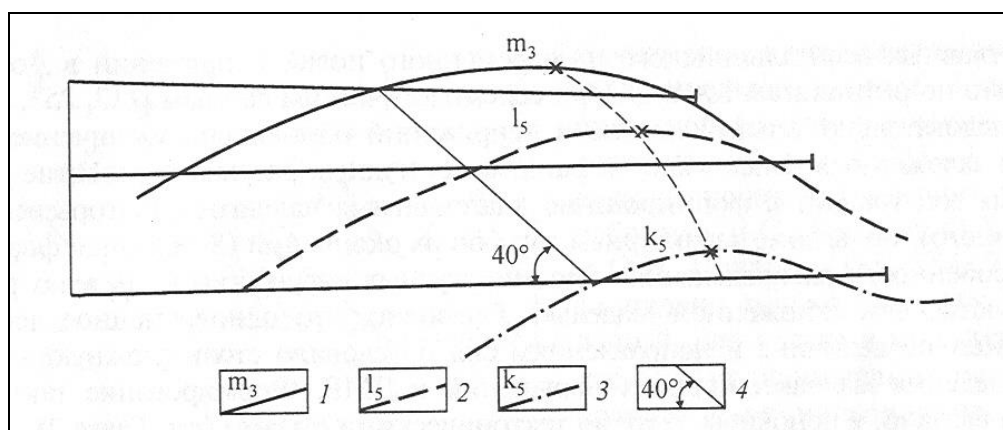


Рис. 1. – Унаследованность структур  $m_3$ ,  $l_5$ ,  $k_5$  участка «Боржиковский-Южный»  
1-3 – изолинии локальных структур пластов  $m_3$ ,  $l_5$ ,  $k_5$ ; 4 – угол смещения свода складки

Отметим, что применение термина «подобные» не соответствует полной характеристике выделенных структур. По нашему мнению следует применять термин «унаследованность», который ранее применен в геотектонике [11]. Изу-

чение тектонического строения земной коры показало, что одной из закономерностей формирования структур различных порядков является унаследованное их развитие.

Такое развитие является теоретической основой методов морфоструктурного анализа поисков полезных ископаемых. Благодаря унаследованному развитию сквозных морфоструктур между рельефом погребенной и видимой поверхности земной коры существует тесная прямая взаимосвязь, что делает высокоэффективным применение различных морфоструктурных методов при поисках структур в связи с их нефтегазоносностью.

При изучении проблемы унаследованности часто возникало несоответствие, выражающееся в смещении разновозрастных сводовых частей выделенных структур. По мнению В.Е. Хаина [12], смещение сводов является повсеместным, а полное их совпадение – исключением.

Смещение вершинных частей существенно различается по величине и может изменяться от нескольких сотен метров до первых двух десятков километров.

Отметим, что вторичное несоответствие сводовых частей структур может быть связано с различием в пластичности пород отдельных свит изучаемых отложений; региональным изменением мощности осадков; наклонным положением осевых поверхностей. В связи с тем, что явление смещения сводовых частей распространено широко, выявление взаимоотношений вершинных частей разных стратиграфических интервалов одной и той же структуры, а так же причин, вызывающих его, имеет большое значение, так как позволяет выяснить особенности их поэтапного развития. В то же время выяснение степени смещения имеет и практическое значение, особенно при поисках и разведке месторождений нефти и газа [13].

Таким образом, как показывает опыт проведенных ранее работ, существование унаследованности сводовых частей структур в земной коре и их связь с месторождениями нефти и газа, послужили основой для проведения исследований на угольных шахтах и выявления унаследованности в углепородном массиве. Так, на одной из шахт Донбасса была сформулирована задача, которая заключалась в определении зон скоплений метана состоящих из стратиграфических составляющих для наиболее эффективной дегазации. При выполнении поставленной задачи был разработан способ выделения зон скопления газа в стратиграфическом интервале. Следует отметить, что в отдельных выделенных структурах в стратиграфическом интервале количество метана может быть различным, зависящим от изменения вида коллектора, его трещиноватости, мощности и других условий. В связи с этим проводятся исследования по определению значений возможных скоплений газа, зависящих от указанных выше условий и возможность его последующего извлечения из углепородного массива с минимальными затратами при максимальном достижении эффекта дегазации.

Методика выделения зон скоплений метана заключается в следующем:

1. Для выделения зон скопления метана выбирается стратиграфический интервал мощностью до 300 м над отработываемым угольным пластом участка

исследований. Интервал мощностью до 300 м выбирается исходя из того, что основное количество метана при отработке угольного пласта выделяется из кровли [14]. По данным М.А. Иофиса [15], процессы разуплотнения пород во время подработки, из которых выделяется основное количество метана, достигают 200 – 300 м, в зависимости от литологического состава пород. Отсюда очевидно, для наиболее эффективного заложения дегазационной скважины надо выделить локальные структуры в каждом из стратиграфически отдельном песчанике ( $> 5$  м) исследуемого участка, что делается с помощью карт усредненных локальных структур (рис 2).

Зная расположение зон разуплотнения в пространстве и изменение свода локальных структур в стратиграфическом интервале и в плане, дегазационные скважины можно заложить в максимально газоносном месте (отмечено серым цветом), вскрывая все зоны одной скважиной. С этой целью и выполняется усреднение локальных структур.

2. Построения карт усредненных локальных структур проводилось по методике изложенной в работе [16]. По данной методике был выполнен ряд построений для выделения усредненных локальных структур на шахтах Донецко-Макеевского района. Так, например, были проведены исследования для западной части шахтного поля шахты им. А.Ф. Засядько. Исследовался стратиграфический интервал  $m_3 - m_7$  в кровле отрабатываемого угольного пласта  $m_3$ . По вышеизложенной методике была построена карта усредненных локальных структур (рис. 3) и был выполнен анализ выделенных структур с газопроявлениями в разведочных скважинах и изменением газообильности горных выработок.

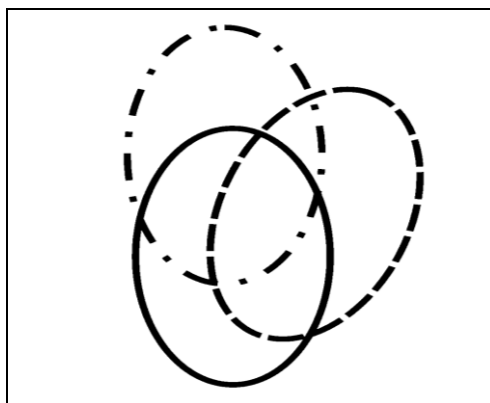


Рис. 2. – Схема совмещения сводовых частей нескольких, стратиграфически отдельных локальных структур потенциально газоносной зоны

В результате анализа газопроявлений в скважинах на исследуемом участке, в кровле угольного пласта  $m_3$ , в стратиграфическом интервале  $m_3 - m_7$  было отмечено одиннадцать скважин, с зафиксированным газовыделением, что удовлетворяет условиям исследований. Восемь скважин совпадают с выделенными положительными усредненными локальными структурами, что составляет 72,7 % от общего количества скважин, в которых отмечено газовыделение. Месторасположение других трех скважин (23,7 %) совпадает с зоной тектонических

нарушений, которая в свою очередь, является коллектором для метана [17] (см. рис. 3).

Таким образом, наличие усредненных локальных структур подтверждается газопроявлениями в разведочных и дегазационных скважинах, что положительно характеризует указанное направление исследований.

Поскольку такие структуры обладают повышенной газоносностью, они должны влиять на газообильность горных выработок. Рассмотрим их влияние для условий указанной шахты. С этой целью были совмещены план горных работ пласта  $m_3$  и карта усредненных локальных структур. Для более полной наглядности брались данные средней газообильности за месяц. Исследуемые лавы были разбиты на количество месяцев отработки и отмечены значения меняющейся газообильности. После этого сопоставлены изолинии усредненных локальных структур в лавых с выделенными месяцами отработки и был рассчитан коэффициент корреляции между данными показателями (табл. 1). Значения коэффициента корреляции между значениями усредненных локальных структур и газообильностью горных выработок для исследуемой части шахтного поля колеблется в пределах от 0,6 до 0,8, а произведенный расчет надежности коэффициентов корреляции ( $\mu$ ) составил от 2,67 до 6,96. Отметим, что согласно теореме Ляпунова [18], при  $\mu > 2,6$  можно утверждать, что связь между показателями надежная.

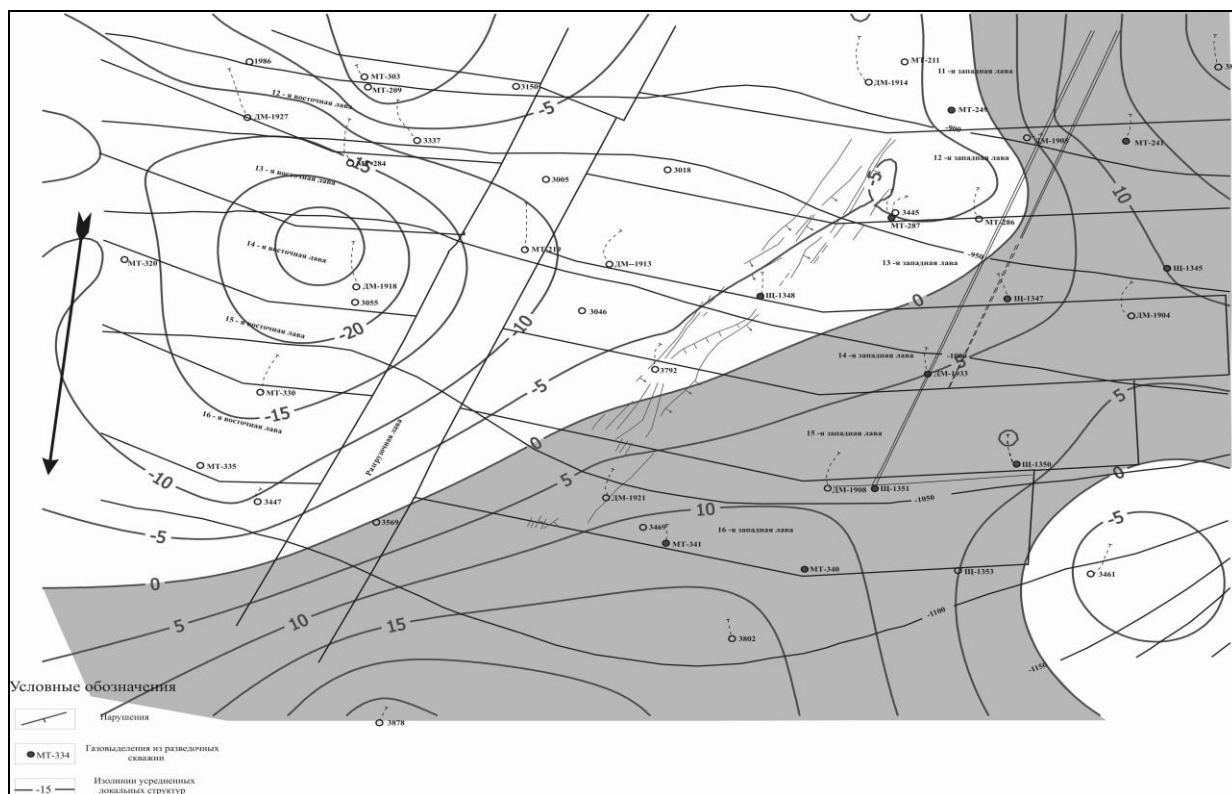


Рис. 3. – Карта усредненных локальных структур западной части шахтного поля интервала  $m_3$ - $m_7$  и разведочные скважины с газовыделениями на шахте им. А.Ф. Засядько  
Таблица 1 - Значения коэффициента корреляции между превышениями усредненных локальных структур и газообильностью горных выработок

Таблица 1 - Коэффициент корреляции

Название лавы	Значение коэффициента корреляции, r	Надежность коэффициента корреляции, $\mu$
15-я западная лава пласта m <sub>3</sub>	0,80	5,58
16-я западная лава пласта m <sub>3</sub>	0,77	6,96
17-я западная лава пласта m <sub>3</sub>	0,60	2,67

Таким образом, приведенный анализ литературы и выполненные исследования свидетельствуют, что усредненные положительные локальные структуры детализируют один из основных структурных типов коллектора (антиклиналь), который может быть потенциально газоносным в осадочной толще вообще и в песчаниках Донбасса, в частности. На данную разработку получен патент Украины №41696 от 10.06.2009 года Бюл. №11.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якуцени В.П. Интенсивное газонакопление в недрах // Л.: Наука, 1984. – 124 с.
2. Забигайло В.Е., Лукинов В.В. О влиянии структурно-тектонических условий на выбросоопасность угольных пластов // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1978. - №8. – С. 174 – 176.
3. Кратенко Л.Я. К оценке тектонических условий залегания угольных пластов в связи с их выбросоопасность // Механика и разрушение горных пород. – Киев.: Наукова Думка, 1971. – С. 179 – 181.
4. Харбоу Д. Машинное моделирование нефтяных ловушек в морских отложениях // геология и разведка нефтяных и газовых месторождений / Материалы VII Междунар. нефт. конгр. – М.: Недра, 1970. – С.105 – 113.
5. Черныш Н.И. Особенности систем трещиноватости угленосных отложений, их связь с тектоническим процессами // Уголь Украины. – 1980. – №8. – С. 34 – 35.
6. Забигайло В.Е., Лукинов В.В., Пимоненко Л.И., Сахневич Н.В. тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса. – Киев.: Наукова Думка, 1994. – 151 с.
7. Сахневич Н.В. Малоамплитудная угольных пластов в различных структурно-тектонических зонах Донецкого бассейна.: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. – Днепропетровск, 1988. – 16 с.
8. Кратенко Л.Я., Лукинов В.В. О возможности и целесообразности выявления вторичной складчатости для прогноза горно-геологических условий // Внезапные выбросы на больших глубина. – Киев.: Наукова Думка, 1979. – С. 82 – 86.
9. Лукинов В.В., Пимоненко Л.И. Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса. – Киев.: Наукова Думка, 2008. – 352 с.
10. Лукинов В.В., Баранов В.А, Пашенко П.С., Гуня Д.П. Влияние геологических факторов на газообильность горных выработок. - Науковий вісник. НГУ, - Днепропетровск 2005. -№6, С. 76 - 79
11. Кузнецов С.С. Геология (Динамическая). – Москва.: Учпедгиз, 1956. – 271 с.
12. Хаин В.Е. Опыт классификации явлений смещения сводов антиклинальных поднятий. – Бюл. Москва о-ва испытательной природы. Отдел. геол., 1953, Вып. 3. – С. 67 – 73.
13. Галицкий В.И. Основы палеографии. – Киев.: Наукова Думка, 1979. -224 с.
14. Павлов С.Д. Пути освоения природных газов угольных месторождений. – Харьков.: «Колорит», 2005. – 336 с.
15. Иофис М.А., Шмелев А.И. Инженерная геомеханика при подземных разработках. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
16. Патент Украины № 41696 E21F 7/00 G01V 9/00. Спосіб визначення зон скупчення метану у стратиграфічному інтервалі на шахтах та ділянках розвідки. / А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, П.С. Пашенко [та інші]. (Україна) От 10.06.2009. Бюл. № 11.
17. Баранов В.А., И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, Д.П. Гуня. Формирование техногенных коллекторов метана на примере шахты им. А.Ф. Засядько // Геотехническая механика. – 2005. – № 53. – С. 143 - 148 с.
18. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле / П.А. Рыжов – М.: Высшая школа. – 1973. – 288 с.