

В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко
(ИГТМ НАН Украины),
П.И. Пигулевский
(ДГЭ «Днепрогеофизика»)

ВЛИЯНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ НА ГАЗОНОСНОСТЬ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ ДОНБАССА

Розглянута проблема абиогенного походження газу в осадовій товщі Донбасу. Наведені результати досліджень ІГТМ та ДГЕ «Дніпрогеофизика», що підтверджують наявність зв'язку між щільнісними неоднорідностями верхньої частини мантії з відомими родовищами вуглеводнів.

INFLUENCE OF MATERIAL COMPOSITION AND STATES OF OVER- HEAD MANTLE ON GAS-BEARING OF SEDIMENTARY LAYERS OF DONBAS

The problem of origin of gas in the sedimentary layer of Donbas is considered. The results of the IGTМ and DGE «Dnyprogeofyzyka» researches are resulted show the presence of communication between areas with a different closeness of overhead part of mantle and known deposits of hydrocarbons.

Изучение образования метана является важной проблемой в геологии и горнодобывающей промышленности. Решение ее, с одной стороны, позволит увеличить энергетический потенциал Украины, с другой, – свести к минимуму ущерб от выбросов метана в угольных шахтах Донбасса.

В настоящее время об образовании метана существует две гипотезы.

Первая: большинство геологов [1, 2] считают, что метан является преобладающей составной частью газов, образовавшихся в процессе метаморфизма органических веществ, содержащихся в угольных пластах и породах. Известно, что по простиранию Донбасса и с глубиной (в параметрических скважинах – Макеевской, Очеретинской, Чистяковской) метаноносность углей до антрацитов увеличивается (до $35 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.), а далее при переходе их к суперантрацитам резко уменьшается (до $0,7 \text{ м}^3/\text{т}$ с.б.м.). По мнению авторов, эти данные подтверждают факт метаморфогенного происхождения угольных газов и отрицают возможность поступления углеводородных газов с более глубоких горизонтов.

Вторая: в настоящее время теоретически обоснована и подтверждена возможность минерального синтеза нефтегазовых углеводородов в условиях мантіи [3]. Абиогенная концепция базируется на представлении об образовании углеводородов вследствие миграции вещества глубинных недр. Открытия в кристаллических породах фундамента северного борта Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) залежей углеводородов (УВ) на ряде месторождений (Хухрянское, Юльевское, Гашиновское и другие) подняли проблему их поисков в ловушках нового для Украины нетрадиционного типа (не только в ДДВ, а на всей территории юга и востока Украины). Опыт мировой нефтегазразведки показывает, что промышленные залежи нефти и газа открываются в кристаллическом

фундаменте даже тогда, когда в осадочном чехле, его перекрывающего, их нет. Например, в индийском секторе Бенгальского залива, в 160 км на юг от Мадраса, открыто газовое месторождение «Пи Увай-1», добываемые запасы которого (почти 3,5 млрд. м³ природного газа и 185 тыс. м³ конденсата) залегают в фундаменте. Эта зона с коллекторской емкостью коры выветривания фундамента образована в одних местах своего развития трещиноватостью, в других – матричной пористостью, в третьих – обеими. Осадочная толща нефти или природного газа не имеет [4, 5, 6].

Приведенные данные свидетельствуют о наличии месторождений УВ в кристаллическом фундаменте и требуют от исследователей более детального изучения глубинного строения Донбасса.

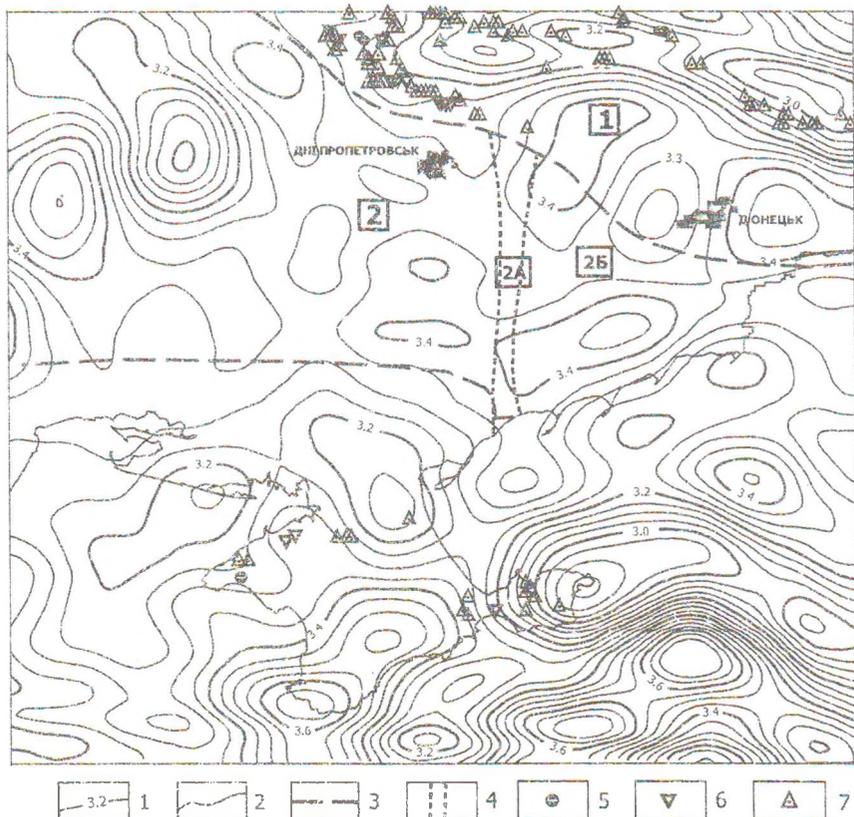
Расчетными и экспериментальными данными доказано [3] что основным базисным источником образования летучих соединений является верхняя мантия, из которой через зоны активных глубинных разломов они мигрируют в осадочную толщу. Многие петрологи признают существование трансмагматических или ювенильных флюидных потоков, которые пронизывают ядро и мантию Земли. О наличии таких потоков свидетельствуют результаты глубинного бурения Кольской и Криворожской скважин, в кристаллическом фундаменте которых установлены притоки и состав газов (80 % CH₄, около 4 % тяжелых углеводородов, 0,02 – 0,04 % He).

Анализ общих закономерностей в проявлении и размещении УВ в верхних слоях земной коры показал, что вещества мантии с низкими значениями плотности (разуплотнение) (3,20–3,30 г/см³) расположены в центре УЦ, под большей частью Причерноморской впадины и на отдельных участках ДДВ (рис. 1). В границах восточной части ДДВ над мантийными разуплотнениями расположены известные месторождения нефти и газа (Хухрянское, Юльевское, Краснопоповское и другие). В границах Черноморско-Каспийского региона над разными по величине разуплотнениями мантийного вещества залегают: Одесское, Шмидтовское, Глыбовское, Морское, Краснопольское, Ново-Дмитриевское, Кутаисское и многие другие месторождения УВ [7]. На основании этого наиболее перспективными участками поиска месторождений считаются прилегающие (сопредельные) к мантийным разломам (или областями разуплотнения) зоны, которые были путями миграции глубинных флюидов.

Перед тем, как перейти к рассмотрению строения верхней мантии под Донбассом, остановимся на результатах, полученных на хорошо изученном геолого-геофизическими методами Приазовском мегаблоке. Установлено [7], что вещественный состав верхней мантии под Приазовским мегаблоком (см. рис. 1), исходя из рассчитанных значений плотности, может быть представлен тремя слоями: эклогитовым, перидотитовым и аномальным.

Первая область эклогитового слоя распространения примыкает к Орехово-Павлоградской шовной зоне и имеет размеры 75 км в северо-западном и 30–35 км в северо-восточном направлениях в пределах мегаблока. Результаты интерпретации глубинных геофизических исследований и плотности модельного моделирования по гравитационному полю показывают, что его основная часть распо-

ложена под ДДВ и имеет значительное распространение в северо-восточном направлении. Как видно из рисунка, его размеры по длинной оси составляют порядка 150 км, а по малой – 70-75 км (по изолинии значений $3,40 \text{ г/см}^3$).



Цифры в квадратиках: 1 – Днепровско-Донецкая впадина; 2 – Украинский щит;
 2А – Орехово-Павлоградская шовная зона; 2Б – Приазовский мегаблок
 1 – изолинии плотности, г/см^3 ; 2 – государственная граница Украины; 3 – граница Украинского щита; 4 – разломы. Месторождения: 5 – нефтяные; 6 – нефтегазовые; 7 – газовые.

Рис. 1 – Карта изолиний рассчитанной плотности для среза 50 км

Вторая площадь развития эколгитового слоя имеет форму сильно вытянутого эллипса и размещена в юго-западной и центральной частях мегаблока. Ее простирание северо-восточное, длина – 150 км, ширина – 35-50 км.

Третья область распространения эколгитового слоя расположена за пределами Приазовского мегаблока и пространственно совпадает с Донецким складчатым сооружением (ДСС). Покрово-Киреевский ультрабазитовый массив рас-

положен на границе между ДСС и Приазовским мегаблоком и приурочен к предполагаемому контакту перидотитового и эклогитового слоев мантии. Форма этого ареала имеет грушеподобный вид с размерами по длинной оси 125-130 км (ограничение модельных расчетов) и 55-60 км – по малой.

Остальную площадь под Приазовским мегаблоком и ДДВ занимает перидотитовый слой мантии со значениями расчетной плотности $3,30-3,35 \text{ г/см}^3$. Небольшие ареалы, по всей видимости, древних выплавок габбро, габбро-сиенитов и габбро-перидотитов (по данным МГЗ), имеют спорадичное распространение по всей площади исследований.

Аномальный слой мантии развит в северо-восточной части мегаблока и имеет основную площадь распространения под ДДВ (Кальмиус-Торецкая котловина и др.). Его форма напоминает слегка деформированный с запада эллипс, который простирается в север-северо-восточном направлении на ~ 110 км при максимальной ширине 75-80 км.

Известно, что сейсмические скорости на границе Мохоровичича по данным ГСЗ в пределах Приазовского мегаблока, как правило, составляют 8,1 - 8,3 км/с [7]. «Аномальная» мантия, которая, по всей видимости, образовалась за счет повышенных тепловых потоков в период тектоно-магматической активизации ДДВ, имеет относительно пониженные скорости в кровле до 7,8-7,9 км/с и более низкие значения плотности вещества верхней мантии – менее $3,25-3,30 \text{ г/см}^3$. На основании проведенных расчетов в местах распространения аномального слоя с плотностью $3,20-3,30 \text{ г/см}^3$ предполагаются породы дунит-гарцбургитовой формации.

По аналогии с Приазовским мегаблоком, с определенной долей достоверности, с учетом результатов моделирования гравитационного поля, опирающихся на данные исследований глубинных геофизических методов (ГСЗ, ОГТ, МГЗ и др.), состава ксенолитов в кимберлитовых трубках и выбросам палеовулканов в зоне сочленения Донбасса с УЩ выполнено районирование верхней мантии Донбасса.

Так как глубины образования газообразных углеводородов составляют 50 – 60 км [3], то анализ прогнозного состава мантии проводился исходя из рассчитанных плотностей, полученных для среза 50 км.

В пределах Донецкого бассейна в верхней мантии выделено три типа слоев, отличающихся плотностью:

I – $> 3,40 \text{ г/см}^3$ – эклогитовый;

II – $3,30-3,40 \text{ г/см}^3$ – перидотитовый;

III – $3,20 - 3,30 \text{ г/см}^3$ – аномальный.

Известно, эклогитовый слой состоит из пироксенов и гранатов; перидотитовый – базальта (15 – 25 %) и дунита (75 – 80 %); аномальный – преимущественно из пород дунит-гарцбургитовой формации. Дунит на 70 - 80 % состоит из оливина, в состав решетки которого входит вода. При определенных термодинамических условиях вода и углерод, входящий в состав летучих образований верхней мантии, образуют углеводороды. Следовательно, именно присутствие оливина в составе пород мантии является одним из благоприятных условий для

образования углеводородов. Поэтому аномальная мантия с точки зрения перспективности генерации углеводородов является наиболее благоприятной, перидотитовая – средней, эклогитовая – наименее благоприятной.

В соответствии с приведенными выше данными (см. рис. 1), под складчатым Донбассом залегает эклогитовый слой, вдоль его северного борта - аномальный, на юго-западе - перидотитовый (Волчанская синклиналь, юго-восточная часть Красноармейского и северо-западная часть Донецко-Макеевского районов).

Сопоставление карты верхней мантии со схематической картой нефтегазоносности Донбасса показало, что участки промышленной газоносности и интенсивных газопроявлений совпадают с участками распространения аномальной мантии.

Наиболее вероятными путем миграции углеводородов являются активные глубинные разломы. В настоящее время представление о структуре этих зон изменилось. Ранее предполагалось, что глубинные разломы представляют собой длительно развивающиеся вертикальные дизъюнктивные дислокации. В настоящее время под глубинными разломами понимаются длительно развивающиеся зоны тектонического перемещения горных масс, в которых присутствуют вертикальные, наклонные, горизонтальные поверхности. В зависимости от характера тектонических напряжений, деформации в зоне изменяются. В соответствии с полученными данными [8, 9, 10], их положение в верхней мантии, в большинстве случаев, отличается от картируемого на поверхности.

Верхняя мантия под Приазовским мегаблоком, Донбассом и ДДВ разбита системой разломов разнообразных направлений и углов падения. Унаследованными от докембрийского среза являются: Орехово-Павлоградская (пологопадающая на восток), Южно-Донбасская, Новопавловская-Володарская, Кальмиусская, Сорочкинская, Грузьско-Еланчикская зоны разломов. Особый интерес представляют участки пересечения зон глубинных разломов различного простирания. Приуроченность к ним скопления ртути (участок пересечения Орехово-Павлоградской и Кальмиусской зон с Центрально-Донбасской) - свидетельствует о проводимости разломов, а положительных температурных аномалий и изостатических минимумов – о возможной вертикальной миграции углеводородов.

В ряде работ отмечено, что к участкам вертикальной миграции углеводородов приурочены повышенные температурные аномалии. По данным Р. Кутаса [11] средняя величина теплового потока в Донбассе (и ДДВ) равна 40 мВт/м^2 , на фоне которой отмечены локальные участки повышенных (до 70 мВт/м^2 и пониженных (до 30 мВт/м^2) значений. В Донбассе, в целом величина теплового потока на северном крыле ($50 - 60 \text{ мВт/м}^2$) выше, чем на южном ($40 - 50 \text{ мВт/м}^2$). В центральной части Донбасса расположен участок пониженных значений теплового потока, с которым совпадает расположение эклогитового слоя. На севере и северо-западе Донбасса с участками повышенных значений теплового потока совпадают перидотитовый и аномальный слой.

Проанализирован средний состав газов в различных районах Донбасса (табл. 1).

Таблица 1 – Средний состав газов в различных регионах Донбасса

Район	Состав газов				
	CO ₂	Тяжелые углеводороды	He	N ₂	CH ₄
Западный Донбасс	0,21-3,00	0,09-1,10	0,140	12,8-70,5	26,5-86,5
Красноармейский	0,30-0,50	следы	0,270	5,8-29,3	70,0-93,0
Донецко-Максеевский	0,10-2,09	0,80-10,00	0,066-0,240	3,1-21,9	68,7-97,6
Центральный	0,40-2,30	следы	0,110-0,270	7,7-24,2	84,3-90,6
Лисичанский	2,70-7,30	0,80-10,70	0,079	24,5-30,0	67,1-83,3
Алмазно-Марьевский (в породах)	0,85-1,10	0,40-9,80	0,01-0,467	7,6-23,0	73,0-90,0
Луганский	до 19,70	9,63-21,10	0,010-0,400	-	-
Краснодонский	-	3,90-6,00	фон до 0,25	-	54,0-94,0
Миллеровский	0,20-38,00	0,16-1,54	следы	3,0-50,0	35,0-90,0

Отмечено, что состав газов в северной и южной частях бассейна отличается. Повышенное содержание He (0,010 – 0,467) и тяжелых углеводородов (0,8 – 21,0) свидетельствуют об активизации неотектонических процессов и существовании восходящих потоков глубинных флюидов вдоль северного борта бассейна, где (сосредоточены основные месторождения газа) мантия, в соответствии с нашими данными, представлена аномальным слоем.

Таким образом, на основании проведенных исследований показано, что участки аномальной мантии и повышенных тепловых аномалий совпадают с участками промышленной газоносности и интенсивных газопроявлений. Это позволяет, базируясь на абиогенной гипотезе образования метана, по геофизическим данным прогнозировать наиболее благоприятные зоны подтока мантийного газа в Донбассе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Угольные бассейны и месторождения юга Европейской части СССР / Под ред. И.А. Кузнецова, В.В. Лапушина, М.Л. Левенштейна и др. – М.: Гос. научн.-техн. изд-во лит. по геол. и охране недр. – 1963 – Т. 1. – 1209 с.
2. Анциферов А.В., Голубев А.А., Тиркель М.Г. Газоносность и угленосность глубоких горизонтов Донбасса // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 53. – С. 31 – 38.
3. Бойко Г.Е. Прогнозирование газоносности по генетическим показателям. – К.: Наук. думка, 1982. – 250 с.
4. Белоусов В.В. Основы геотектоники. – М.: Недра, 1989. – 382 с.
5. Евдощук М.І., Чебаненко І.І. Ключок та ін. Нетрадиційним шляхом нафтогазорозвідки // Мінеральні ресурси України. 2001. №4. – С. 34–36.
6. Краюшкин В.А. Промышленные и газовые залежи в кристаллическом фундаменте континентального шельфа // Геол. журн. – 1999. №1. – С. 9–14.
7. Омельченко В.В., Пігулевський П.Г., Шемет В.Г. До проблеми нафтогазоносності докембрійського фундаменту борть Дніпрово-Донецької западини // Міжнар. наук. конф. «Геологія горючих копалин України». Тези доп. Л., 2001. – С. 182–184.

7. Пигулевский П.Г. До питання подальшого розвитку абіогенно-мантіїного походження вуглеводнів // Міжнар. наук. конф. «Геологія горючих копалин України». Тези доп., Л., 2001. – С. 206 – 207.

8. Пигулевский П.И. Особенности построения системы разномасштабных объемных плотностных моделей (на примере Призовского геоблока) // Актуальные проблемы геологии, географии та екології. Том 3. / Під ред. проф. Г. В. Пасічного: Зб. наук. праць. - Дн-ськ: Вид. Навчальна книга, 1999. – С. 111 - 122.

9. Пигулевский П.Г. Особливості геологічної будови Призовського геоблоку Українського щита за результатами комплексування геолого-геофізичних досліджень: Автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.16 / К: КНУ ТШ, 2004. – 24 с.

10. Кутас Р. И. Поле тепловых потоков и термическая модель земной коры. – К.: Наук. думка, 1978. – 140 с.

УДК 551. 24: 622.324.5 (477.62)

О. А. Куш, Л.Д. Кузнецова
(ПО «Укруглегеология»)

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗА ЛОКАЛЬНЫХ СКОПЛЕНИЙ МЕТАНА В УГЛЕННОЙ ТОЛЩЕ

Досліджені, на прикладі шахт, геологічні чинники загазування гірничих виробок, які привели до аварій. Запропоновані методи прогнозу скупчень вільного метану у вугленосній товщі і заходи щодо запобігання аваріям на шахтах при загазуваннях.

TO QUESTION OF PROGNOSIS OF LOCAL ACCUMULATIONS OF METHANE IN COAL-BEARING LAYER

It is explored, on the example of mines, geological factors of high gas focusing in mines resulting in failures. The methods of prognosis of accumulations of free methane in an coal-bearing layer and measure on prevention of failures on mines at high gas focusing are offered.

Проблема обеспечения безопасных условий отработки газонасыщенной угленосной толщи периодически напоминает о себе возгораниями и взрывами метана, иногда с весьма трагическими последствиями. Несмотря на то, что на всех уровнях все согласны с первостепенной важностью этого вопроса, он всё так же далёк от реального разрешения, как и 5, и 10 лет назад.

На наш взгляд, такая ситуация складывается, в первую очередь, в связи с тем, что основное внимание уделяется т. н. «механической» борьбе с газом - его удалению из выработок, а не, в первую очередь, геологическому обоснованию и прогнозу мест аномально повышенных концентраций метана и планомерной их дегазации.

Основные закономерности распределения и формы нахождения метана в угольных пластах и вмещающих породах изучены достаточно подробно и надёжно. На основании этих данных планируются системы дегазации и вентиляции горных выработок [1, 2].

В общем случае это верно и обосновано, и подтверждено многолетним опытом. Но он также указывает на то, что реальная картина распределения газа значительно отличается от общих закономерностей [3]. Геологоразведочными работами последних 10 - 15 лет доказано наличие десятков и сотен случаев, когда на фоне общей региональной закономерности выявляются весьма существенные отклонения в ту или другую сторону. Если это сниженные объемы или