

УДК 550.42:546.02

ДАнные О ГЛУБИННЫХ ПОДТОКАХ ФЛЮИДОВ, ФОРМИРУЮЩИХ СОВРЕМЕННУЮ ГАЗОНОСНОСТЬ ПОРОД ДОНБАССА

Анциферов А. В., Канин В. А., Голубев А. А., Галемский П. В.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Проаналізовано дані багаторічних досліджень та результати визначення газоносності порід найбільш газонасичених районів Донбасу. Показано зв'язок між формуванням ділянок підвищеної газоносності порід і геологічними структурами, які є провідниками надходження флюїдів з більш глибоких горизонтів у розроблюваний гірський масив.

Data related to long-term research and the outcomes of determination of gas presence in rocks for the gassiest areas of Donbass are analyzed. Relationships between the formations of areas of increased gas content of rocks and geological structures, which are the conductors of inflow of fluids from deeper horizons in rock mass being mined, are shown.

При анализе газоносности пород Донецко-Макеевского района Донбасса установлено, что наибольшей газонасыщенностью характеризуются породы шахты «Чайкино» ГП «Макеевуголь». В структурно-тектоническом отношении поле этой шахты расположено на Чайкинском куполе и в лежащем крыле Чайкинской флексурной складки. Безымянный надвиг, проходящий по центру поля, существенно усложняет его тектоническое строение.

Бурение первых скважин на Чайкинский купол (МС-251, ДМ-1806 и др.), как и бурение скважин на природных газовых месторождениях, сопровождалось мощными выбросами газа с суточными дебитами от 18,0 до 30,0 тыс. м³. При бурении сква-

жины Щ-23 «динамическая»² газоносность песчаников свиты C_2^7 достигала значений 17,8–38,7 м³ газа/м³ породы (7,1–15,5 м³/т), в свите C_2^6 – 21,7–54,3 м³ газа/м³ породы, C_2^5 – 20,0–50,3 м³ газа/м³ породы, что в 10 раз превышает природную газоносность песчаников. Скважина Щ-23 функционировала в течение 7 лет, выбросив в атмосферу по данным [1] 25 млн м³ газа. Еще более длительный срок (до 9 лет) газировала соседняя с ней скважина 3661. Всего на Чайкинском куполе был пробурено 10 скважин, суммарный дебит которых составил 250 млн м³.

При проходке северного вспомогательного уклона из разведочной скважины, пробуренной по песчанику m_2Sm_3 , произошел выброс инструмента, вслед за которым началось интенсивное газовыделение с водой. В течение нескольких минут выработка была затоплена. При подаче в это крыло шахты 2800–3000 м³/мин. воздуха на исходящей струе содержание метана составляло 3 %. Газ поступал под давлением до 2 атм. В выработке была возведена перемычка, из-за которой газ по трубам выводился на поверхность. Первоначальный дебит газа достигал 100 тыс. м³/сут., затем стабилизировался на уровне 43–45 тыс. м³/сут. Через 1,5 года газ выделялся с дебитом 11,5 тыс. м³/сут. За два года из этой выработки выделилось не менее 20,5 млн м³ газа. Кроме того, по данным [1] в течение 40 лет через вентиляционный ствол шахты «Чайкино» в атмосферу выбрасывалось минимум 2000 м³/сут., т.е. 2,9 млрд м³.

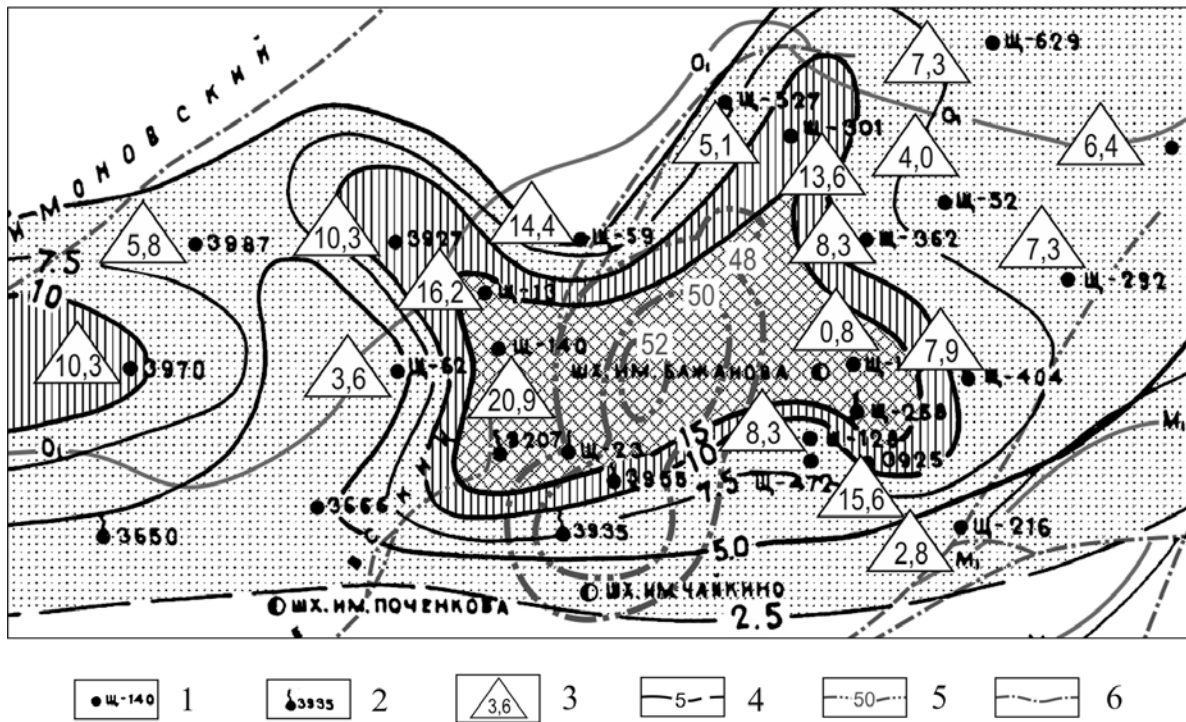
Следовательно, на Чайкинском куполе, по сути, было вскрыто небольшое газовое месторождение, прогнозные ресурсы которого оцениваются в 9,2 млрд м³ [1].

Чтобы решить вопрос, сформировалось ли это месторождение «in situ» или за счет подтоков глубинных газов, были проанализированы карты природной газоносности пород свиты C_2^7 центральной части Донецко-Макеевского района (рис. 1) и газоносности пород кровли (рис. 2) и почвы (рис. 3) пласта m_3 с учетом значений «динамической» газоносности.

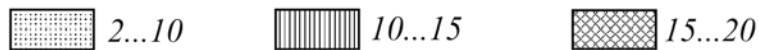
² «динамическая» газоносность трещинно-поровых и трещинных коллекторов представляет собой суммарное значение природной газоносности породы и притока газа из трещиноватых зон.



Рис. 1. Схематическая прогнозная карта газоносности свиты C_2^7 Донецко-Макеевского района



Газоносность, $\text{м}^3/\text{м}^3$:



- 1 – разведочная скважина;
- 2 – скважина с газопроявлениями;
- 3 – газоносность пород по ГК;
- 4 – изогазы $\text{м}^3/\text{м}^3$;
- 5 – изотермы, $^{\circ}\text{C}$;
- 6 – дизъюнктивные нарушения;

Рис. 2. Схематическая карта газоносности пород кровли пласта m_3 Донецко-Макеевского района

На все эти карты, учитывая, что процесс миграции глубинных газов к земной поверхности сопровождается прогревом определенных участков осадочных пород, была наложена карта геоизотерм для срезов глубин 400 и 1000 м.

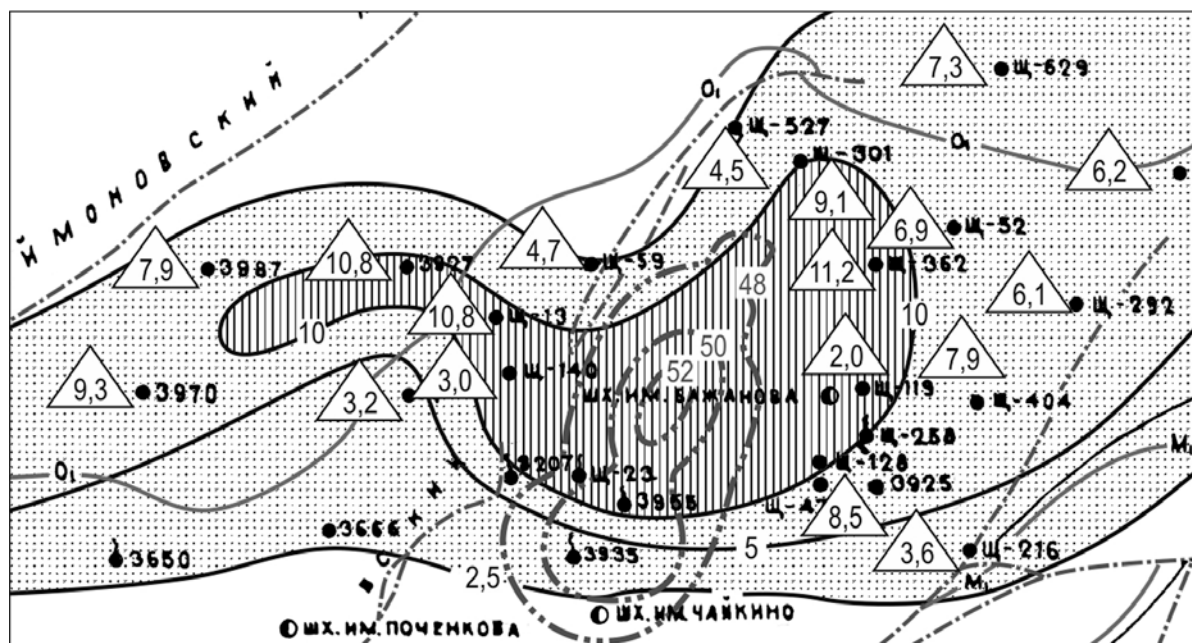


Рис. 3. Схематическая карта газоносности пород почвы пласта m_3 Донецко-Макеевского района (условные обозначения см. рис. 2)

Как видно на рисунках 1–3, и первые газифицирующие скважины (МС-251, № 3955, № 3935) и скважины с высокой «динамической» газоносностью пород (Щ-23, 3661) приурочены к зоне, оконтуренной геоизотермами $+48 - +52$ °С в то время, как на окружающей площади преобладают значения $+38 - +44$ °С.

На основании вышеприведенных фактов можно сделать вывод, что в обогащении газом Чайкинского купола участвуют флюиды глубинных потоков, которые проявляются и в горных выработках других шахт Донецко-Макеевского района Донбасса.

Суфлярные газовыделения на шахтах им. А. Ф. Засядько и «Щегловская-Глубокая» достигали 43,2–51,8 тыс. м³/сут. На этих же шахтах, а также на шахтах «Октябрьский Рудник», «Чайкино» и им. В. М. Бажанова зарегистрировано большое количество выбросов угля, породы и газа (более 200) и зафиксированы проявления жидких углеводородов:

– на шахте «Октябрьский Рудник» в разгрузочной лаве пласта m_3 на глубине 1225 м наблюдались выделения жидких углеводородов (типа конденсата) из песчаника m_3Sm_4 , а после выбросов породы и газа в выработках отмечался запах нефтепродуктов;

– на шахте им. А. Ф. Засядько методом капельно-люминесцентного анализа в 77 пробах шести слоев песчаников установлено присутствие легких и маслянистых битумоидов;

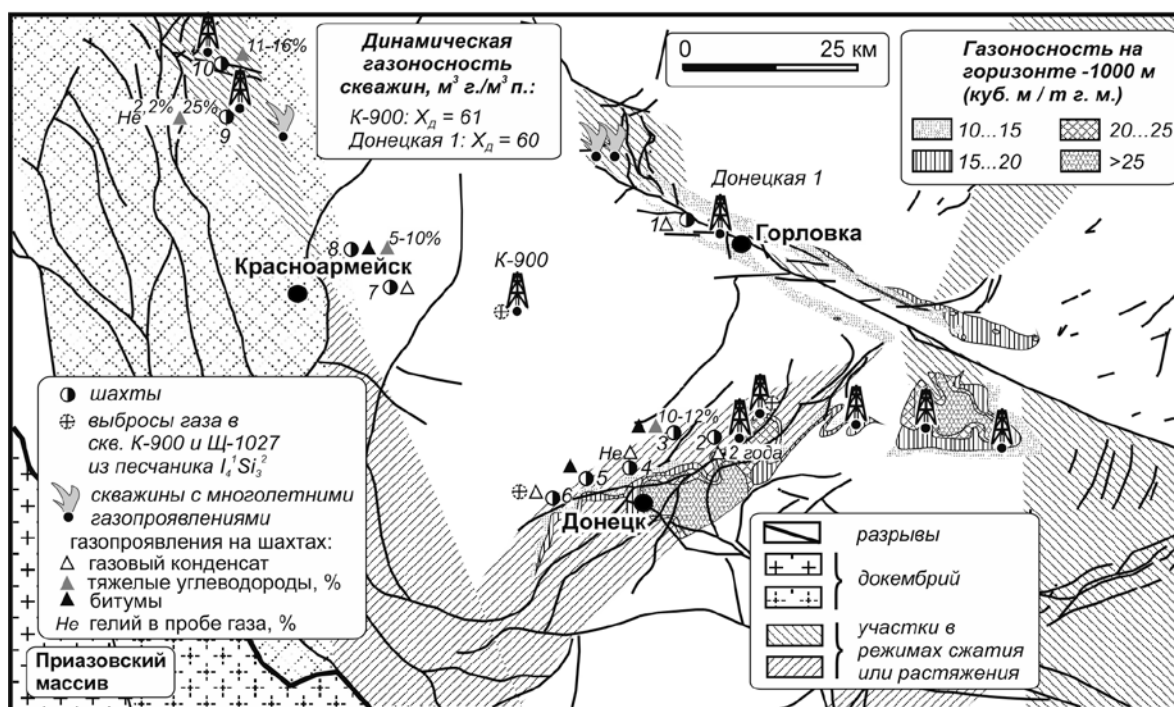
– на шахте «Щегловская-Глубокая» при отработке разгрузочной лавы пласта m_3 на горизонте 1035 м в почве песчаника m_3Sm_4 дегазационными скважинами была вскрыта газовая залежь с конденсатной оторочкой; компонентный состав этого газа оказался близким к газам газоконденсатных месторождений ДДВ, к тому же с повышенным (до 0,13 %), содержанием гелия;

– на шахте «Чайкино» выделения жидких углеводородов зеленовато-бурового цвета с характерным запахом нефти происходили из трещиноватого известняка M_1^2 в 1-м южном и 1-м северном полевых штреках на глубине 650 м, состав которых по результатам анализа характерен для окисленной нефти;

– на шахте им. В. М. Бажанова выделение газового конденсата с резким запахом нефтепродуктов впервые было отмечено в 1-й западной лаве центрального уклона горизонта 317 м из кровли пласта n_1^B ; более интенсивное выделение конденсата плотностью 0,8414 г/см³ и температурой кипения 204 °С произошло в вентиляционном штреке 1-й восточной лавы пласта m_3 , которое продолжалось около двух лет с дебетом до 240 л/сут; в угольных пластах свиты C_2^6 , подстилающих поле шахты, содержание водорода увеличивается с 0,20–0,25 м³/т.с.б.м. – на глубинах 600–700 м, до 0,52–0,53 м³/т.с.б.м. – на глубинах 1000–1200 м.

Указанные факты длительное время не находили научного объяснения. Первые выводы об отличии компонентного состава угольных газов от газов в породах и предположение о глубинных подтоках последних из недр Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) на участке шахты «Щегловская-Глубокая» были сделаны группой сотрудников УкрНИИгаза [2]. Затем на основании результатов изотопных исследований в работах УкрНИМИ НАН Украины [3–5], выполненных совместно с ИГМР НАН Украины, было показано, что в выработках шахт им. А. Ф. Засядько и «Щегловская-Глубокая» встречаются метан и углекислый газ, которые имеют различный генезис, обусловленный миграцией газов с более метаморфизованных углей глубоких горизонтов, а также с глубинного эндогенного источника.

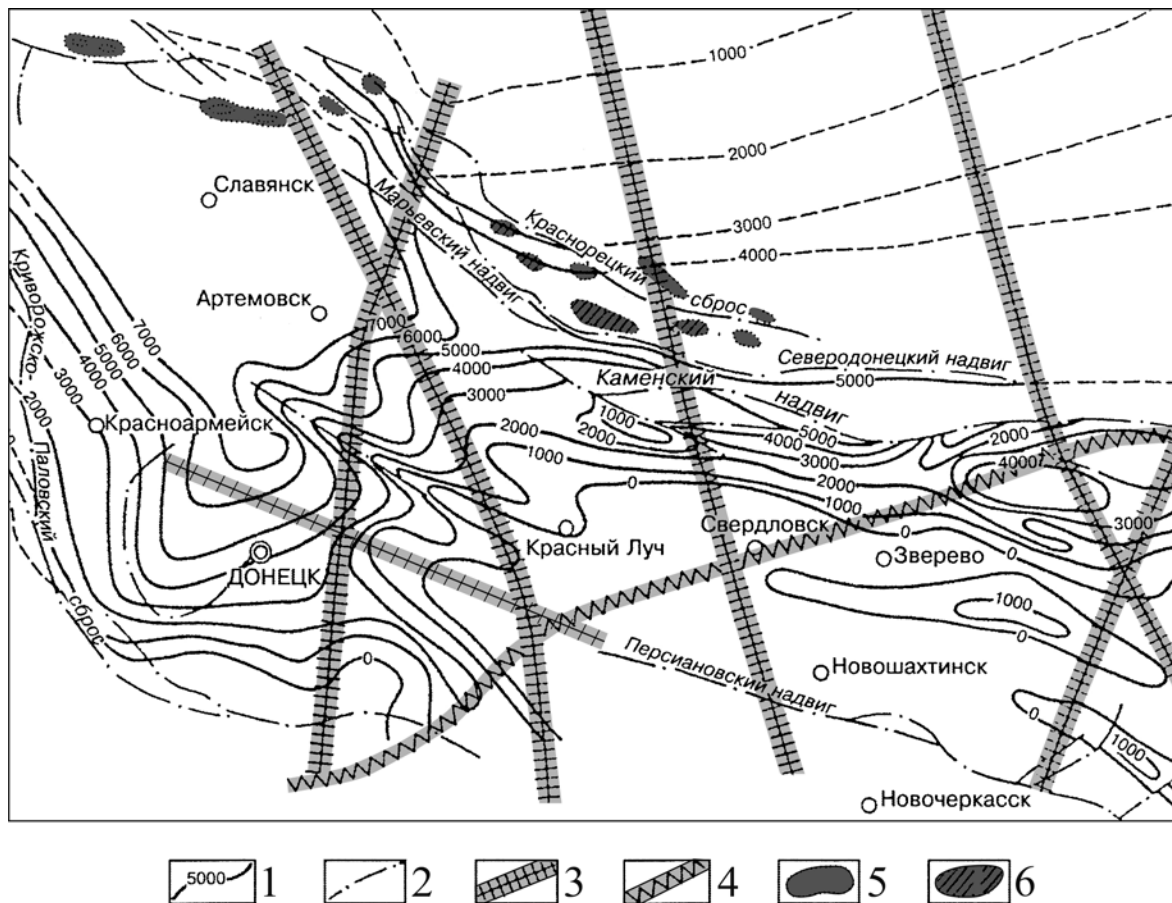
Следует также отметить, что по структурно-тектоническим условиям поля шахт Донецко-Макеевского района находятся на замыкании южного борта Кальмиус-Торецкой котловины (КТК) и на пересечении двух глубинных разломов – Донецко-Кадиевского (в субмеридиональном направлении) и субширотного разлома, параллельного Южной антиклинали (рис. 4 и 5).



Шахты: 1 – Комсомолец; 2 – им. В. М. Бажанова; 3 – Чайкино; 4 – Щегловская Глубокая; 5 – им. А. Ф. Засядько; 6 – Октябрьский рудник; 7 – им. А. Г. Стаханова; 8 – Краснолиманская; 9 – Белецкая; 10 – Добропольская.

Рис. 4. Тектоническая схема района исследований

На основании вышеизложенного можно сделать предположение, что современная газоносность пород Донецко-Макеевского района Донбасса формируется из двух источников. Главным генератором углеводородных газов метаморфогенного происхождения являются глубокие горизонты Донецкого складчатого сооружения, дополнительным – глубокие горизонты Кальмиус-Торецкой котловины ДДВ, а газов абиогенного генезиса – указанные глубинные разломы.



- 1 – изолинии мощностей метанонасыщенных отложений карбона;
- 2 – тектонические нарушения;
- 3 – докембрийские глубинные структуры и разломы;
- 4 – новообразованные досреднедевонские глубинные разломы;
- 5, 6 – прогнозируемые и разведанные газовые месторождения.

Рис. 5. Схематическая карта глубинных разломов и изо мощностей метанонасыщенных угленосных отложений Донбасса (по А. Бриженеву и А. Муричу)

Донецко-Макеевский район не является единственным, где зафиксирован подток глубинных газов. Об этом свидетельствуют, казавшиеся ранее аномальными, следующие факты.

На западном борту КТК выделение жидких углеводородов наблюдалось на шахте им. А. Г. Стаханова (Красноармейский ГПР) из трещин выбросоопасного песчаника $l_2Sl_2^1$ при проходке полевого магистрального откаточного штрека на глубине 986 м [6]. По результатам фракционного анализа и определения группового состава углеводородная жидкость плотностью $0,805 \text{ г/см}^3$

представляла собой нефть, содержащую: смолистых веществ – 4,77 %; ароматических углеводородов – 0,96 %; нафтеновых – 7,76 %; парафиновых – 86,51 %.

На Красноармейской моноклинали западного борта КТК в суфлярах шахты «Белицкая» обнаружено высокое содержание бутана C_4H_{10} (24,5 %) и гелия (2,2 %). Высокое содержание тяжелых углеводородов и гелия было выявлено в двух районах западного борта КТК. На Добропольском Капитальном: C_2H_6 – 7,2–9,0 %, C_3H_8 – 3,5–7,2 %; He – 0,2 %. На Северо-Родинском: C_2H_6 – 3,9–7,9 %; C_3H_8 – 1,0–2,0 %; He – 0,2 %. На этом же участке в песчаниках свит C_2^7 , C_2^6 , C_2^5 установлено наличие битумов, а при бурении скважины К-305 в одном из слоев песчаника была вскрыта микрозалежь газа с характерным для газовых месторождений незатухающим во времени притоком свободного газа. При бурении скважины К-900 Очеретинская по песчанику $I_4^1Si_3^2$ произошло два выброса газа. При этом «динамическая» газоносность песчаника составила соответственно 39,3 и 61,3 $m^3_{\text{газа}}/m^3_{\text{породы}}$. Характерно, что из песчаника $I_4^1Si_3^2$ произошел выброс газа и в скважине Щ-1027 Макеевской, расположенной на другом борту КТК (рис. 4). Выбросы в обеих скважинах взаимосвязаны дизъюнктивами регионального характера: Селидовским надвигом (К-900) и Восточным надвигом (Щ-1027), расположенными над периклинальными изгибами Волчанской синклинали, а Восточный надвиг расположен еще и над Донецко-Кадиевским разломом, из которого, очевидно, и поступает большая часть глубинных газов абиогенного генезиса. Высокое значение (60 $m^3_{\text{газа}}/m^3_{\text{породы}}$) «динамической» газоносности песчаника $I_4^1Si_3^2$ установлено и в скважине № 1 Донецкой на Главной антиклинали (рис. 4).

Таким образом, можно считать, что и 20-метровый песчаник $I_4^1Si_3^2$ и ряд песчаников выше- и нижележащих свит КТК, являясь регионально газонасыщенными за счет глубинных подтоков, следуя законам латеральной миграции, подпитывают угленосные отложения не только Донецко-Макеевского, но и Красноармейского и Центрального районов.

В западной части Центрального ГПР на замыкании Главной антиклинали вблизи хутора Нелеповка в течение 30 и более лет газифицируют две разведочные скважины с высоким (до 80–90 %) со-

держанием метана. Высокие значения «динамической» газоносности пород ($20\text{--}38 \text{ м}^3_{\text{газа}}/\text{м}^3_{\text{породы}}$) и завышенные в два раза значения газоносности углей зафиксированы в скважине 401-Ц, расположенной на Артемовской флекуре. К этой флекуре приурочены и многочисленные выбросы углей и пород, произошедшие в шахте им. Артема. В скважине № 1 Донецкой на глубине 2,5 км даже известняк E_8 характеризуется высокой газоносностью ($35 \text{ м}^3_{\text{газа}}/\text{м}^3_{\text{породы}}$). Помимо газа в этой скважине отмечено наличие киновари с примесями сфалеритов, галенита, халькопирита и других высокотемпературных компонентов.

На шахте «Комсомолец» [7] в западной части Центрального ГПР на горизонте 850 м при бурении дегазационной скважины с откаточного штрека пласта k_4 на песчаник $k_4Sk_4^1$ произошло выделение жидких углеводородов (более 500 л), которые представляли собой газовый конденсат с температурой кипения 208°C и плотностью $0,8246 \text{ г}/\text{см}^3$, а по фракционному составу были близки к дизельному топливу. Из второй скважины, заложеной под более крутым углом, жидкие углеводороды при пересечении песчаника $k_4Sk_4^1$ не выделялись, но при дальнейшем бурении скважины (до вскрытия залегающих над песчаником алевролитов) произошло выделение газа с дебитом до 28,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. Интенсивное газовыделение наблюдалось также при бурении скважин из забоя штрека по угольному пласту k_4 , из трещиноватого известняка K_5 , залегающего в кровле, и из пород почвы пласта k_4 . По заключению УкрНИИгаз откаточным штреком была вскрыта небольшая газовая залежь с конденсатной оторочкой, приуроченная к Комсомольской флекуре.

Следует также отметить, что западная часть Центрального ГПР характеризуется высокой геотемпературной аномалией ($52\text{--}54^\circ\text{C}$).

Не менее убедительные факты в пользу участия глубинных газов в формировании современной газоносности пород установлены в Северо-Западном Донбассе при бурении глубоких скважин Ц-793, Ц-870, Ц-1080 и Ц-1005, которые расположены на Санжаровской площади Селезневского ГПР, примыкающего с севера к Главной антиклинали (рис. 6).

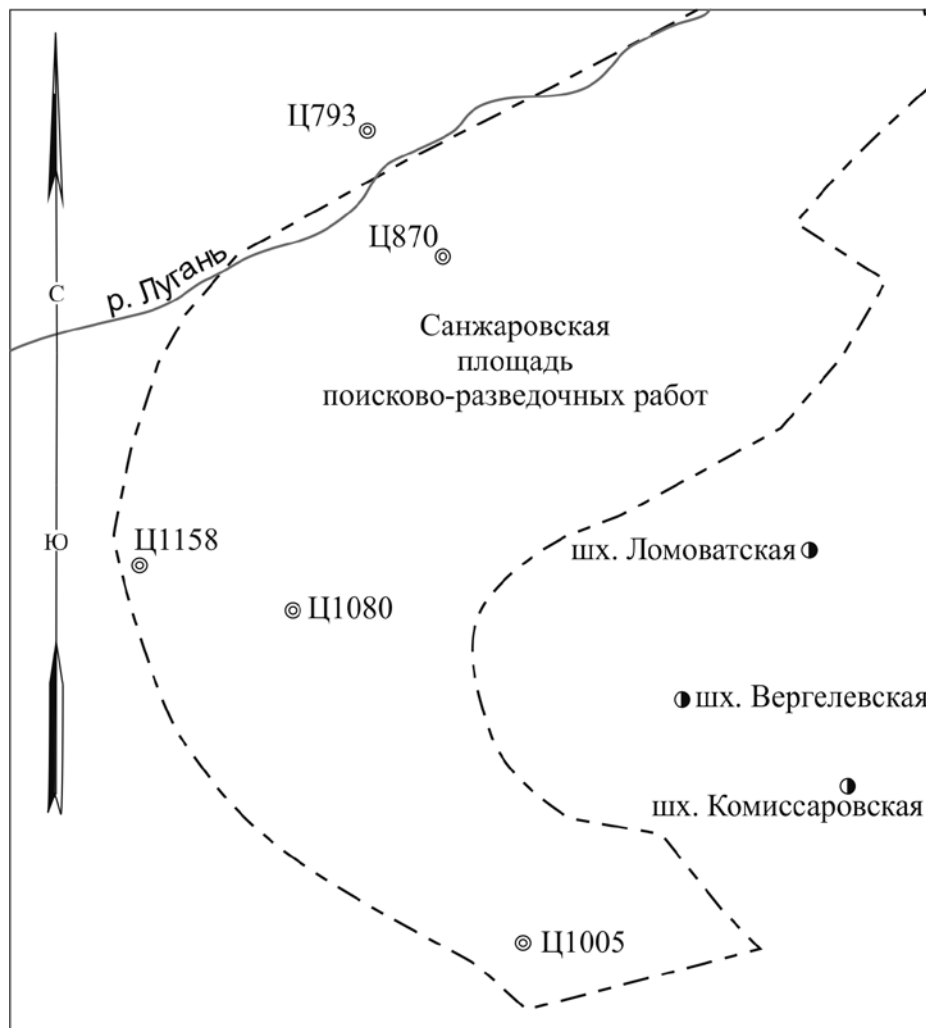


Рис. 6. Схема расположения глубоких скважин на Санжаровской площади Селезневского района

Газоносность пород ($\text{м}^3_{\text{газа}}/\text{м}^3_{\text{породы}}$) по всем скважинам высокая, а по скважине Ц-1080 – аномально-высокая: 51,6 – в песчанике $M_{10}SM_{10}^1$ на глубине 1411–1422 м; 70,1 – в песчанике l_5Sl_6 на глубине 2132–2145 м; 93 – в песчанике k_8Sl_1 на глубине 2320–2360 м. Кроме того в пластах тощих углей и антрацитов, перебуренных скважиной Ц-1080, были получены значения газоносности 79,0–123,0 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$ в то время, как природная газоносность этих углей составляет обычно 25,0–35,0 $\text{м}^3/\text{т.с.б.м.}$

Аномальным в этих скважинах оказалось и содержание таких значимых компонентов глубинного генезиса как водород, гелий и минерализация пластовых вод.

Содержание водорода в песчаниках свит $C_3^1-C_2^7$ по скважине Ц-793 до глубины 1,5 км было порядка 2,0–4,0 %. На глубине 1520 м при вскрытии песчаника ниже известняка N_1^4 помимо водорода (2,56 %) в составе газов появились и тяжелые углеводороды (0,23 %). Увеличение содержания водорода с 4,0 до 11,0 % наблюдалось с глубины 1620 м при проходке известняка N_1^1 и песчаников $m_9Sm_9^1$ и $m_9^1SN_1$. Максимальное содержание водорода (40–74 %) отмечено на глубинах 1730–1780 в интервале от известняка M_{10} до кровли песчаника $m_6^2Sm_6^3$. В последнем песчанике зафиксировано также содержание гелия 0,37 %.

По скважине Ц-1005 содержание водорода в песчаниках на глубинах от 650 до 1476 м повышалось от 11,5 до 67,5 %, и наблюдалась высокая минерализация пластовых вод (до 85 г/дм³). До глубины 2500 м «динамическая» газоносность песчаников составляла от 20,0 до 37,0 м³ газа/м³ породы.

Анализ геолого-структурных особенностей участка бурения разведочных скважин в Селезневском ГПР показал, что в геологическом плане он расположен на пересечении двух глубинных разломов, один из которых можно рассматривать как продолжение Донецко-Кадиевского разлома (рис. 5), однако строение его оказалось гораздо сложнее, чем предполагалось. Об этом свидетельствуют результаты аэрокосмогеотермической съемки (рис. 7), показавшие большее количество разломов и усложнение их расположения.

Как видно из данных рисунка 6 на территории Селезневского ГРП выделяется диагональная система глубинных разломов: продольных (северо-западного направления) и поперечных (северо-восточного направления). На карте также выделены: линеаментная зона продольного глубинного разлома субширотного простирания, кольцевая линеаментная зона глубинного кольцевого разлома, линеаментные зоны поперечных глубинных разломов субмеридионального простирания. Эти структуры являются контролируемыми для высокого геотермического режима (44–48 °С) на горизонте минус 1000 м, что сопоставимо с геотермическим режимом на Чайкинском куполе Донецко-Макеевского ГРП. На горизонте 1600 м температурные аномалии достигают 56–68 °С. При этом меньшие значения (56–60 °С) располагаются вблизи

одиноким глубинным разломам, а значения 68°C – на пересечениях глубинных разломов. Вероятность участия указанных зон в обогащении УВ-газов газами abiогенного происхождения здесь наиболее высокая. К этим зонам, в частности, примыкают шахтные поля выбросоопасных шахт «Ломоватская», «Вергелевская» и «Комиссаровская».

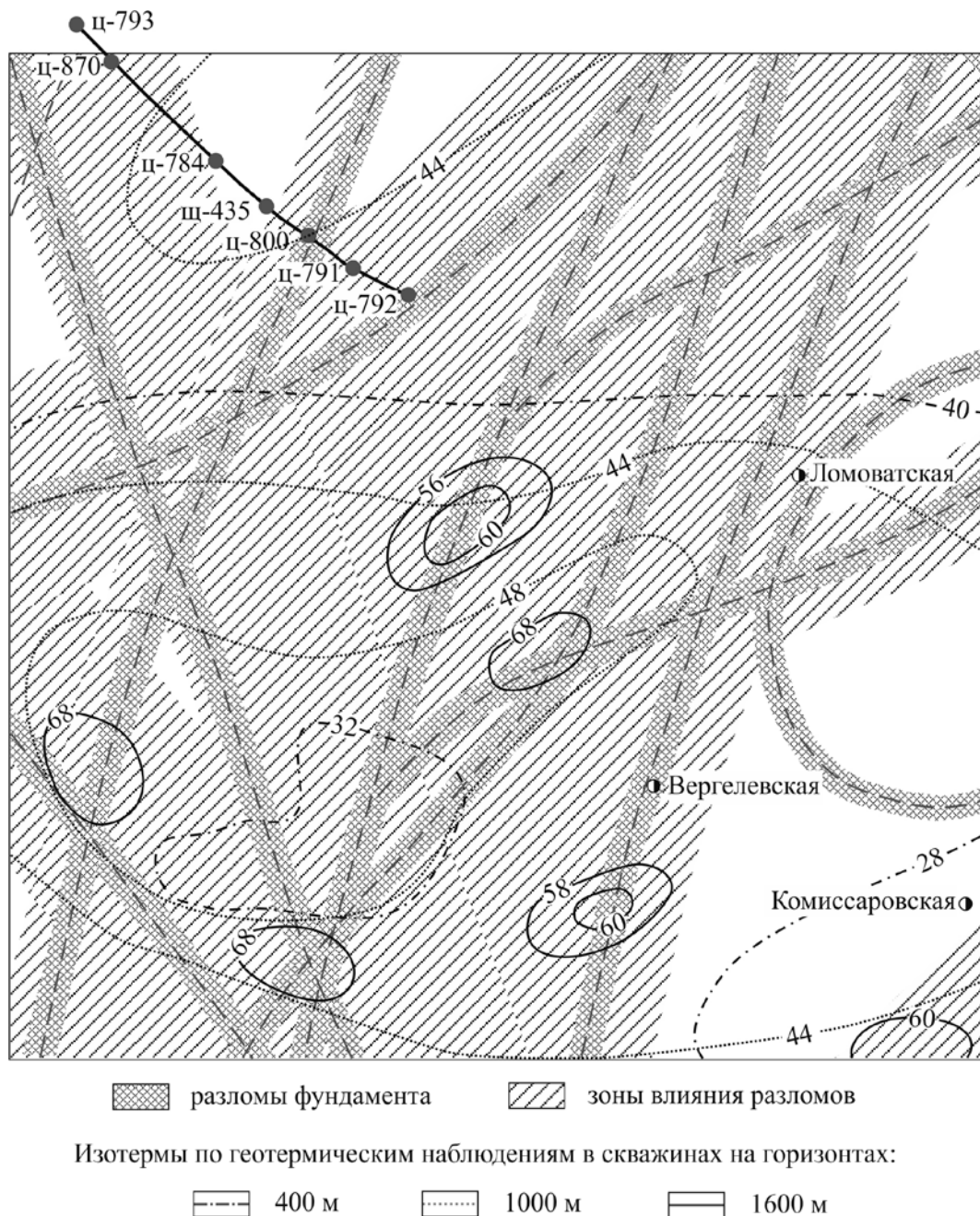


Рис. 7. Аэрокосмогеотермическая карта Селезневского геолого-промышленного района

Приуроченность на территории Селезневского района аномального состава вод и аномального содержания гелия и водорода в газах к зонам влияния глубинных разломов, а также локализация температурных аномалий, пространственно тяготеющих к этим зонам, указывают на возможные пути миграции флюидов с глубинных источников.

О возможности глубинной генерации углеводородных газов метаморфогенного и абиогенного происхождения высказывались ранее В. Л. Соколов, В. Н. Труфанов и другие [8, 9]. Детальный обзор аналогичных исследований, их анализ и результаты оригинальных исследований по генезису и путям миграции углеводородных газов в угольные шахты представлены в работе [10].

На основании анализа рассмотренных данных можно сделать следующие выводы:

Из глубинных разломов, по крупным и мелко амплитудным разрывным нарушениям к земной поверхности мигрируют метано-водяные смеси (флюиды сложного состава, обогащенные гелием и водородом).

Газоносность пород Донецкого бассейна на современном этапе развития продолжает формироваться за счет дополнительных глубинных флюидопотоков как метаморфогенного, так и абиогенного происхождения.

Оба источника способствуют перераспределению углеводородных газов в угольно-породном массиве с формированием высокой газонасыщенности вплоть до газовых скоплений и мелких месторождений на флексу- и куполоподобных складках и в зонах мелкоамплитудной нарушенности.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Горяйнов С. В., Лакоба М. В. Результати газогелогічного районування Донецької складчастої структури // Геолог України. — 2011. — № 2. — С. 134—151.
2. Автономов К. В., Лелик Б. І., Храпкін С. Г. та ін. Пілотний проект: особливості випробування комплексу методів вивчення та видобутку метану вугільних родовищ Донбасу // Геолог України. — № 3. — 2009. — С. 74—82.

3. Тараник О. О., Канін В. О., Тихоліз О. М. Дослідження складу і шляхів міграції газів в гірничі виробки шахт ім. О. Ф. Засядька та «Щеглівської-Глибокої» // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 2 / Під заг. ред. А. В. Анциферова — Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2008. — С. 146—155.
4. Генезис вугільних газів з відкладів карбону території шахти ім. А. Ф. Засядька (Донбас) / О. В. Ємець, І. П. Лугова, В. О. Канін, О. О. Таранік, В. С. Мороз // Доповіді НАН України. — 2008. — № 4. — С. 120—124.
5. Ізотопно-геохімічні напрацювання прогнозу ділянок аномального газонасичення у вугільних покладах Донбасу / О. В. Ємець, В. О. Канін, О. О. Таранік, О. О. Іванків, Л. І. Проскурко // Доповіді НАН України. — 2009. — № 6. — С. 126—134.
6. Взрывоопасные компоненты рудничного газа / В. А. Канин, А. М. Тихолиз, А. А. Голубев, А. В. Пащенко // Уголь Украины. — 2005. — № 7. — С. 28—30.
7. Карлов А. И., Канин В. А., Мегель Ю. В. Нефтепроявления в Центральном районе Донбасса // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. — 1980. — № 5. — С. 8—9.
8. Соколов В. Л. Геохимия природных газов. М. : Наука, 1971. — 334 с.
9. Углеводородная флюидизация ископаемых углей Восточного Донбасса / В. Н. Труфанов, М. И. Гамов, В. Г. Рылов и др. Ростов-на-Дону : Изд. РГУ, 2004. — 270 с.
10. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины : [монография] : в 3 т. / УкрНИМИ НАН Украины Донецк : изд-во «Вебер» (Донецкое отделение), 2010. — Т. 2 : Углегазовые и газовые месторождения Северо-Восточного Донбасса, окраин Большого Донбасса, ДДВ и Львовско-Волынского бассейна / [А. В. Анциферов и др.]. — 478 с.