

Аналізуючи побудовану схему поля деформацій местородження Ишкинино, ми бачимо, що на ній виділяються три участка локального растяжения, которые и отвечают прогнозным рудоносным участкам.

Библиографический список

1. Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение / Прокин В.А., Буслаев Ф.П., Серавкин И.Б. и др. - Екатеринбург: УрО РАН, 1992. - 307 с.
2. Батуев Б.Н., Кротов А.Г., Марков В.Ф. и др. Новое гидротермальное поле в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта (14°45'с.ш.) // Докл. РАН. - 1995. - Т. 343, №1. - С. 75-79.
3. Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Черняев Е.С. и др. Гидротермальное поле 14°45'с.ш. Срединно-Атлантического хребта // Докл. РАН. - 1995. - Т. 343, №3. - С. 353-357.
4. Серавкин И. П., Знаменский С.Е., Косарев А.М. Главный Уральский разлом на Южном Урале: Структура и основные этапы формирования // Геотектоника. - 2003. - №3. - С. 42-64.
5. Зайков В.В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин на примере колчеданных зон Урала и Сибири. - М.: Наука, 1991. - 206 с.
6. Мелекесцева И.Ю. Гетерогенные кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах палеоостроводужных структур. - М.: Наука, 2007. - 245 с.
7. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. - Уфа: Даурия, 2000. - 146 с.
8. Стратиграфия и корреляция среднепалеозойских вулканогенных комплексов основных медноколчеданных районов Южного Урала. - Уфа: УФНЦ РАН, 1993. - 217 с.
9. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. - М.: Изд-во МГУ, 1995. - 480 с.

© Новикова М.С., Корчемагин В.А., 2008

УДК 551.735:552.5(477)

Канд. геол.-мін. наук ОГАР В.В. (Київський національний університет ім. Т. Шевченка)

ДЕЯКІ ЛІТОЛОГО-СТРАТИГРАФІЧНІ ФАКТОРИ РУДОУТВОРЕННЯ ТА НАФТОГАЗОНОСНОСТІ КАРБОНУ ДОНБАСУ І ВОРОНЕЗЬКОЇ АНТЕКЛІЗИ

Вступ. У межах Складчастого Донбасу та суміжних територій відома велика кількість точок рудної мінералізації, рудопроявів та рудних родовищ, що пов'язані з кам'яновугільними утвореннями. Один з найбільш вивчених районів південного Донбасу виділяється як Докучаєвський рудний район [1]. У переважній більшості випадків виявлена тут рудна мінералізація має стратиформний характер.

На північних околицях Донбасу виявлено цілий ряд незначних за запасами родовищ вуглеводнів, серед яких Марківське, Кружилівське, Вільхівське, Кондрашівське, Вергунське, Борівське, Євгенівське та інші, що належать до Красноріцького (Північно-Донбаського) газоносного району. Більша частина родовищ цього району пов'язана з прирозломними антиклінальними структурами. Поряд з цим значна частина газових покладів обумовлена структурами неантиклінального типу, головним чином рифогенними масивами та лінзами пісковиків. Їх промислова нафтогазоносність встановлена на Муратівському, Путилінському, Чабанівському, Теплому (Львівському) родовищах на території України та за її межами.

На південному крилі Воронезької антеклізи в карбонатних породах карбону локалізується поліметалічне стратиформне зруденіння (Старобільсько-Міллеровський металогенічний район). Крім того, ця територія розглядається як перспективна на виявлення пасток вуглеводнів неантиклінального типу.

Отже, як переважна більшість рудоносних структур, значна частина родовищ вуглеводнів дослідженої території мають чіткий літолого-стратиграфічний контроль, а формування рудоконтролюючих та нафтогазоносних структур часто є результатом

одних і тих же процесів. На основі власних досліджень та узагальнення опублікованих даних ми розглядаємо деякі основні регіональні закономірності прояву цих процесів.

Фактичний матеріал. В основу роботи покладено результати польових спостережень розрізів карбону як південної частини Донбасу, де відслонюються нижній відділ карбону з чисельними рудопроявами, так і північної, що безпосередньо примикає до нафтогазоносних площ. Серед них розрізи по рр. Кальміус та Мокра Волноваха, кар'єрів з розробки флюсової сировини, а також "Ізварине", "Карагуз", "Калинове", які охоплюють всю товщу карбону, починаючи з границі девонської і кам'яновугільної систем і закінчуючи верхнім карбоном. Вивчені розрізи розглядались як опорні для подальшої кореляції з розрізами свердловин і простежування фаціальних змін одновікових утворень на закритих територіях. У межах північних околиць Донбасу та прилягаючих територій південного крила Воронежської антеклізи проведено опис та вивчення керну свердловин Марківської, Кружилівської, Євгенівської, Миколаївської, Західно-Вергунської, Дворічної, Аннівської, Молдовської площ. Вивчались мікрофації та визначався вік порід за фауною. Для стратиграфічного розчленування розрізів свердловин використано також результати інтерпретації промислово-геофізичних даних. З метою вирішення деяких проблем літології і стратиграфії карбону Воронежської антеклізи залучались результати проведених тут вуглепошукових, геолого-мінералогічних та інших робіт.

Результати досліджень. Донецький басейн. Нижній карбон широкою смугою простягається вздовж зони зчленування Донбасу та Приазовського мегаблоку Українського щита, де утворює природні виходи та розкривається численними кар'єрами, що розробляють флюсову сировину. Починаючи з мафхайнської і пофіритовської підсвіт новотроїцької світи (зона C_1^1a), які зараз віднесені до верхнього девону, і закінчуючи донецькою світою мокроволноваської серії верхнього візе (зона C_1^1f), розріз складений карбонатними породами.

Як показано В.І.Полетаєвим [2], формування карбонатної товщі є результатом декількох ранньокам'яновугільних трансгресивно-регресивних циклів. Трансгресивні фази цих циклів супроводжувались накопиченням карбонатних осадів, регресивні – викликали обміління морських басейнів, а інколи призводили до розмиву вже відкладених порід. На відміну від цього карбонатно-теригенні циклічні породи верхнього візе і серпухова є результатом частоті зміни обстановок осадконакопичення, що відбувались на фоні загального занурення території. Проте і в цьому випадку внаслідок перекомпенсації занурень, блокових піднять чи інших процесів, седиментогенез міг перериватись. Вже сформовані паралічні товщі вивітрювались та частково розмивались.

Внаслідок згаданих процесів в нижньому карбоні сформувались стратиграфічні перерви – порушення вікової послідовності залягання шарів в результаті їх випадіння з розрізу, що могли супроводжуватись значними розмивами. На особливості прояву перерв у розрізах зверталась особлива увага з огляду на їх важливе пошукове значення.

Найбільш давня стратиграфічна незгідність локалізована в нижній (верхньодевонській) частині карбонатної товщі – порфіритовській підсвіті. Вона досліджена у відслоненні на лівому березі водосховища по р. Мокра Волноваха. Серед вапняків, охарактеризованих фауною, тут локалізується 60-сантиметровий пласт бурих залізняків – "бобових" руд, відомий ще з довоєнних часів. Його наявність може свідчити як про порушення нормальної карбонатної седиментації, так і про розмив збагачених залізом порід і привнесення продуктів їх руйнування з суміжних територій.

Сліди обміління і прихованих стратиграфічних перерв виявлені в карбонатних породах базаліївської (зона C_1^1b) і карпівської (зона C_1^1d) світ. Вони спостерігались у кар'єрі Східний Новотроїцького управління та кар'єрі Північний Комсомольського

рудоуправління у вигляді полігональної системи тріщин висихання на поверхнях нашарування та у вигляді вертикальних ходів мулоїдів, що починаються від горизонтальної поверхні – типового *hardground*.

Досить давно відоме вклинювання темно-сірих глинистих бітумінозних та піритизованих вапняків і аргілітів докучаєвської світи (турнейський ярус), що відбувається у західному напрямі [2].

Стратиграфічна перерва чітко проявлена в покрівлі стильської світи (зона C_1^{Ve}). Вона спостерігалась як у природних (на околицях с. Кипуча Криниця), так і в штучних відслоненнях. З перервою у покрівлі стильської світи пов'язані пласти бурих залізняків з підвищеним вмістом фосфору [3, 4]. Пласти фосфоритів нижньої та середньої частин світи можливо мають сингенетичне походження. В той же час наявність гіпсових прошарків в стильській світі, карстових нерівностей у покрівлі карбонатів скелеватської світи, які заповнені явно посткарстовим просіданням підшви стильської світи, свідчать про суттєву епігенетичну переробку осадових порід. На нашу думку, вона зумовлена гідрогенними процесами, тобто є результатом циркуляції насичених рудними компонентами термальних підземних вод. Концентрація таких компонентів відбувалась на геохімічних бар'єрах, в ролі яких могли виступати збагачені органікою кременисті чорносланцеві породи стильської світи (доманікоїди). В її нижній частині простежено чітко витриманий по простяганню 15-сантиметровий залізо-марганцевий рудний пласт. Золото-ртутне зруденіння, що тут виявлене [5], очевидно також має гідрогенне походження. Із наведеної характеристики випливає важливе рудоконтролююче значення порід стильської світи, обумовлене комбінацією сингенетичних та епігенетичних процесів. Аналог стильської світи Воронезької антеклізи (шептуховська світа) може розглядатись як покрішки, що сприяли локалізації вуглеводнів.

В циклічній товщі верхнього візе і серпухова стратиграфічні перерви розміщуються на контакті донецької (зона C_1^{Vf}) і межівської (зона C_1^{Vg}) світ, та тяжіють до границі нижнього і середнього карбону, яка офіційно прийнята в середній частині вапняку D_5^8 . Вони проявлені у вигляді малопотужних (декілька дециметрів) зрудених вохристих та відбілених прошарків, що спостерігались у відслоненнях на правому березі р. Кальміус поблизу селища 2-й Горний та на правому березі водосховища, що на околицях селища Старобешеве.

Стратиграфічні перерви виявлені також у розрізі поблизу с. Скеловате (Луганська область). Глинисті вивітрені прошарки свідчать про тривалі процеси вивітрювання у пізньокам'яновугільну епоху.

Як видно з викладеного, стратиграфічні перерви як правило супроводжуються прошарками вивітраних та зрудених порід, проявами карсту, локальними (внутрішньоформаційними) та регіональними незгідностями. Важливо підкреслити, що за існуючими біостратиграфічними, сеймостратиграфічними та промислово-геофізичними даними, стратиграфічні перерви, що простежені на території відкритого Донбасу, на його окраїнах та у Дніпровсько-Донецькій западині проявлені більш контрастно. Вони супроводжувались розмивами та випадінням із розрізів значних стратиграфічних інтервалів, являючи собою таким чином регіональні стратиграфічні незгідності [6]. Щоправда їх положення у стратиграфічних схемах Дніпровсько-Донецької западини і Донбасу трактується неоднозначно.

Крім рудної мінералізації, важливим компонентом осадових порід нижнього карбону південного Донбасу є бітумопрояви. Бітумінозні породи розкриті кар'єром «Східний» та описані з інших кар'єрів. Серед них виділено міграційні та сингенетичні нафтові бітуми [7].

Особливістю літології карбону Донбасу і суміжних територій, є наявність органогенних споруд на різних стратиграфічних рівнях. В карбоні Дніпровсько-Донецької западини взагалі та Донецького басейну зокрема вони викликають особливий інтерес у зв'язку з нафтогазоносністю. На південному крилі Воронезької антеклізи з подібними спорудами пов'язана стратиформна поліметалічна мінералізація. Здебільшого вони знаходяться на значних глибинах, а їх дослідження ґрунтується переважно на сейсмогеологічних, промислово-геофізичних даних і незначній кількості кернавого матеріалу. Водночас, у межах відкритого Донбасу, де відклади карбону виходять на поверхню, такі утворення доступні для безпосереднього детального вивчення у польових умовах та були досліджені автором [8].

Органогенні споруди нижнього карбону у відкритій частині Донбасу відомі у візейському та серпуховському ярусах. У візейському ярусі Південного Донбасу (донецька світа району с. Стила) виявлені коралові біостроми, що утворені колоніальними гіллястими коралами *Siphonodendron junceum* (Fleming). Товщина біостромів перевищує 40 см, а довжина досягає декількох метрів.

Органогенні споруди серпуховського ярусу (коралові біогерми і біостроми) виходять на поверхню у південній частині Донбасу. Тут на околицях смт. Старобешеве по правому березі р. Кальміус на бешевському пісковіку залягає група зближених вапняків D₁ [9]. Товщина нижнього вапняку – 11,0 м, верхнього – 9,2 м. Вапняки органогенно-детритусові та біоморфні, насичені різноманітною фауною. Біоморфні різновиди у складі нижнього вапняку утворюють ланцюги та окремі лінзи товщиною близько 0,7 м, що складені значними за розмірами колоніальними ругозами родів *Lithostrotion*, *Siphonodendron*, *Aulina*. Стратиграфічно вище виділяється ще одна органогенна споруда верхньосерпуховського під'ярусу, яка вивчена по правому березі р. Кальміус на г. Запал-Тюбе. Це коралові вапняки D₅^a. Крім колоніальних (*Actinocyatus*, *Lonsdaleia*, *Aulina*, *Siphonodendron*, *Lithostrtion*) та одиночих ругоз породоутворювальними є також гідроїдні – строматопороїдеї та хететиди родів *Kyklopora*, *Chaetetes* та ін. Товщина органогенної споруди порівняно незначна – 1,75 м.

Незначні за розмірами коралові біостроми та водоростеві та мікробіальні біогерми описані автором та іншими дослідниками у московському ярусі та верхньому карбоні північної частини складчастого Донбасу [10, 11].

Північні околиці Донбасу та південне крило Воронезької антеклізи. Уже протягом тривалого часу багато спеціалістів пов'язують головні перспективи цього району з пошуком неантиклінальних пасток. Про прогнозні пастки неантиклінального типу дослідженої території написана величезна кількість звітів, основні положення яких опубліковано. Тільки про рифові комплекси, що на думку великої кількості дослідників тут розміщуються, пишуть останні півстоліття [12-15].

Проведені нами дослідження рифогенних споруд карбону Донбасу, його північних окраїн та порівняння їх з органогенними спорудами ДДЗ, Прикаспійської западини, Передуральського прогину, а також відомими у Бельгії, Великій Британії та США підтверджують широкий розвиток органогенних споруд, серед яких переважають незначні за розмірами біогерми і біостроми та біоритміти [8]. Їх локалізація на північних околицях Донбасу ймовірно контролювалась рухами блоків кристалічного фундаменту. Проявом цих рухів в осадовому чохлі є система субширотних розломів – Красноріцького, Північно-Донецького та ін. Оскільки встановлена насувна природа деяких з них, то частина біогермів могла опинитись у піднасувних зонах.

Одними з найважливіших елементів геологічної будови південного крила Воронезької антеклізи є зони літологічного та стратиграфічного виклинювань. Випадіння із розрізу значних стратиграфічних інтервалів, фаціальні заміщення теригенних порід карбону карбонатними, що відбувається у північному напрямку є

давно встановленим фактом, який тільки підтверджується детальними біостратиграфічними, літостратиграфічними і сейсмостратиграфічними дослідженнями.

У межах південного крила Воронежської антеклізи відоме поліметалічне зруденіння, що локалізується на північ від м. Старобільськ. За результатами проведеного тут мінерагенічного картування [16, 17] встановлено чіткий літолого-стратиграфічний контроль зруденіння і гідрогенну його природу. Рудні тіла локалізуються головним чином в зоні регіональної стратиграфічної незгідності між серпуховським і башкирським ярусами та пов'язані з кавернозними і доломітованими біогермними вапняками верхнього серпухова. Виникнення кавернозності і карсту тут пояснюється з одного боку тривалим знаходженням біогермних вапняків в зоні гіпергенезу і хімічного вивітрювання, з другого - процесами гідротермокарсту, що відбувався внаслідок руху нафтових та насичених солями глибинних термальних вод.

Безсумнівно, що подібні процеси активно впливали на формування вторинних колекторів. Виявлення таких високопористих кавернозних зон може розглядатись також як один з перспективних напрямків подальших нафтогазопошукових робіт.

На рис. 1 зображений схематичний геологічний розріз зчленування північного Донбасу і Воронежської антеклізи, що ілюструє типи літолого-стратиграфічних неоднорідностей, які можуть розглядатись як сприятливі для локалізації вуглеводнів, а в окремих випадках - стратиформного зруденіння.

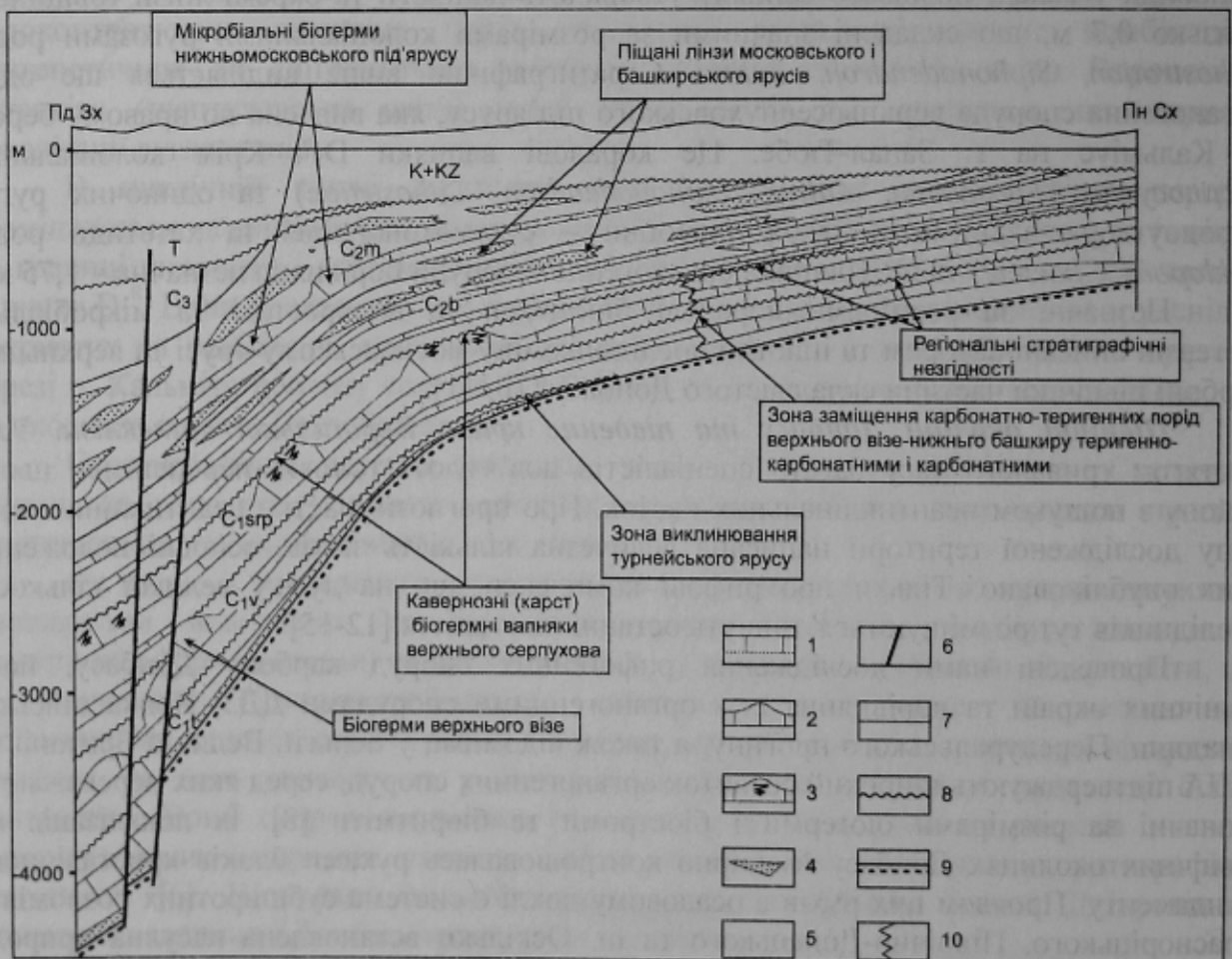


Рис. 1. Узагальнений геологічний розріз північних околиць Донбасу та Старобільсько-Міллерівської моноклінали: 1 – вапняки; 2 – біогерми і біостроми; 3 – біогермні вапняки кавернозні; 4 – пісковики; 5 – аргіліти та інші породи; 6 – розломи; 7 – границі стратиграфічних підрозділів; 8 – регіональні стратиграфічні незгідності; 9 – поверхня фундаменту; 10 – літологічне заміщення

Вони могли формуватись внаслідок:

- регіонального виклинювання турнейських відкладів, що простежене на схід від Сватово;
- незгідного залягання (стратиграфічні перерви) між візейськими і серпуховськими, серпуховськими і башкирськими відкладами;
- наявності рифогенних тіл на різних стратиграфічних рівнях – верхньовізейському, верхньосерпуховському, нижньомосковському;
- широкого розвитку карстоутворення та інших вторинних процесів, виявлених у покрівлі верхньосерпуховських рифогенних вапняків;
- формування високопористих піщаних лінз у верхньобашкирських та московських відкладах;
- наявності зони заміщення карбонатно-теригенних нижньовізейсько-ранньобашкирських порід теригенно-карбонатними і карбонатними;
- існування регіональних глинистих покришок у верхньобашкирських та локальних - у верхньомосковських відкладах;
- сприятливих гідрогеологічних умов на значній частині території.

При сполученні окремих з перерахованих факторів зі структурними могли виникати комбіновані пастки.

Висновки. На основі вивчення корінних виходів кам'яновугільних відкладів у природних відслоненнях та кар'єрах Відкритого Донбасу, а також матеріалів пошукового та параметричного буріння на північних околицях Донбасу і Воронезькій антеклизі встановлено, що основними літолого-стратиграфічними факторами локалізації рудоносності та нафтогазоносності можуть бути наступні:

1. Породи докучаєвської та стильської світ нижнього карбону, що формувались у специфічних умовах, які обумовили насиченість їх органічною речовиною, бітумами та рудними компонентами. У процесі епігенетичних перетворень ці товщі могли виступати як нафтоматеринські, а також створювати геохімічні бар'єри при циркуляції термальних рудоносних розчинів та виступати в ролі покришок покладів нафти і газу. Бітумопрояви нижнього карбону південного Донбасу дозволяють говорити про перспективи виявлення покладів вуглеводнів на його південно-західному продовженні. Тут, у Кальміус-Торецькій улоговині може існувати окремий поверх нафтогазоносності нижнього карбону, а поклади вуглеводнів могли зберегтись від руйнування.

2. Стратиграфічні перерви і незгідності, що проявлені у вигляді зруденілих прошарків, тріщин висихання, поверхней hard-ground, різких змін літології. За наявними даними вони простежуються у межах північних околиць Донбасу та Воронезької антеклизі, де із розрізів випадають великі стратиграфічні інтервали, встановлено зони літологічних та стратиграфічних виклинювань.

3. Різні за величиною, віком та структурою органогенні споруди, серед яких переважають коралові біостроми і біогерми. Частина з них може знаходитись у піднасувних зонах північного Донбасу.

4. Кавернозні органогенні вапняки, що виникли в результаті хімічного вивітрювання в зонах гіпергенезу та гідротермокарсту. Вони контролюють статиформне зруденіння та поряд з рифогенними пастками, зонами стратиграфічного та літологічного виклинювань у межах північних околиць Донбасу та Воронезької антеклизі можуть розглядатись як важливий тип колекторів.

Бібліографічний список

1. Артеменко В.М., Лебідь М.І. Золото-ртутне зруденіння в карбонатних породах Докучаєвського району, південний Донбас (до проблеми пошуків родовищ типу Карлін) // Мінеральні ресурси України. - 1996. - №1. - С. 14-17.

2. Полетаев В.И. Литостратиграфическое расчленение известняковой толщи нижнего карбона Донецкого бассейна. – К., 1981. – 50 с. (Препр. Ин-т геологических наук АН УССР; 81-34).
3. Брагин Ю.Н., Блажук С.В., Поддубная Т.Д. Открытие фосфоритов нового геолого-генетического типа в нижнем карбоне Донбасса // Мінеральні ресурси України. - 2000. - №1. - С. 40 – 41.
4. Артеменко В.М., Артеменко О.В., Пономарьов В.Є., Черниціна О.М. Крандаліт – новый тип фосфатної мінеральної сировини в Україні // Мінеральні ресурси України. - 2000. - №2. - С. 31 – 34.
5. Артеменко В.М., Артеменко О.В., Черниціна О.М. Нові дані про тонковкраплене золоте зруденіння у верхньопалеозойських теригенно-карбонатних комплексах південного Донбасу // Мінеральні ресурси України. - 2002. - № 2. – С. 9-15.
6. Коломієць Я.І., Лизанець А.В., Лагутін Ф.Ф., Міносян О.С. Уточнена синоніміка регіонально-газоносних горизонтів нижнього карбону та перспективи їх газоносності у південно-східній частині ДДЗ та північно-західних околицях Донбасу. – Харків: УкрНДІГАЗ, 2003. - 90 с.
7. Мачулина С.А., Дахнова М.В., Берченко О.И. и др. Палеозойские доманикоидные толщи юго-западной окраины Донбасса // Докл. НАНУ. – 2005. – № 3. – С. 111-115.
8. Огарь В.В. Органогенные постройки карбона Донецкого бассейна и некоторые особенности их формирования // Материалы Всероссийской конференции "Верхний палеозой России: стратиграфия и палеогеография" (Казань, 25-27 сентября 2007 г.). – Казань: Казанский гос.ун-т, 2007. - С. 239-243.
9. Полякова В.Е. Береговые рифы верхнесерпуховского подъяруса Донецкого бассейна // Тр. V Всесоюз. симп. по кораллам и рифам "Фанерозойские рифы и кораллы СССР" (Душанбе, 1–8 июня 1983 года). – Москва: Наука, 1986. –С. 174 – 179.
10. Василюк Н.П. Про знахідку палеооплізин у Донецькому басейні // Виявлені фауна і флора УРСР: Республ. міжвідом. зб. – Київ: Наук. думка, 1974. – Вип.2. – С. 66 – 68.
11. Огарь В.В. Про біогермну природу деяких вапняків московського ярусу Донбасу // Геолог України. - 2007. - № 3. – С. 32-37.
12. Кузнецов В.Г., Абражевич Э.В., Слюсаренко В.И. Нижнекаменноугольные рифовые образования Северного Донбасса и перспективы их нефтеносности // Геология нефти и газа. – 1978. - № 7. – С. 42-45.
13. Лукин А.Е., Палий А.М., Демьянчук В.Г. и др. Каменноугольные рифовые комплексы северных окраин Донецкого бассейна и перспективы их нефтегазоносности // Сов. геология. – 1979. - № 1. – С. 28–38.
14. Самарская Е.В., Кельбас Б.И., Ершова Т.В. и др. О позднесерпуховском барьерном рифе северных окраин Донбасса // Методы поисков и разведки погребенных рифов. - М.: Наука, 1983. – С. 124 - 128.
15. Савицький В.І. Крайові бар'єрні карбонатні споруди Північного Донбасу – новий перспективний об'єкт пошукових робіт на нафту і газ на невеликих глибинах // Мінеральні ресурси України. – 2001. - № 4. – С. 9-10.
16. Багно Г.Ф., Машир В.Н. О новых проявлениях свинцово-цинкового оруденения в каменноугольных отложениях на южном склоне Воронежской антеклизы // Геол. журн. - 1969. – Т. 29. - №1. - С. 98-101.
17. Комплексна металогенічна карта України: Масштаб 1:500000. Пояснювальна записка. – К.: УкрДГРІ, 2002. – 336 с.

© Огарь В.В., 2008

УДК 553.411.068.5

Канд. геол. наук ПАВЛОВ И.О. (Донецкий национальный технический университет)

О ВОЗМОЖНЫХ КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКАХ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ БАССЕЙНА р.О-ХЕМ (РЕСПУБЛИКА ТЫВА, РФ)

Река О-Хем является левым притоком р. Бий-Хем (Большой Енисей) и находится в Тоджинском районе Тувы (РФ). Территория района сложена осадочными, вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами среднего и верхнего протерозоя (демержинская, харальская и охемская свиты). Породы слабо метаморфизованы в условиях биотит-хлоритовой и эпидот-мусковит-хлоритовой субфаций зеленосланцевой фации регионального метаморфизма (рис. 1).