

**Ключові слова:** уранове зруденіння, кімберлітовий магматизм, мінералізація алмазу, натрові метасоматити

In the Kirovograd uranium-ore district of the Kirovograd block of the Ukrainian shield spatial and time proximity of kimberlite dykes and areas of uranium metallization have been discovered. Kimberlite dykes are diamond-bearing. This proximity is external expression of correlation of uranium hydrothermal deposits and alkaline-ultrabasic magmatism with deep mantle structures. Mineralization of diamond is nonlinear, however it

is included as component in general metallogeny due to connections of different components with mantle depths. It confirms that exploratory research on diamonds in the Kirovograd block of the Ukrainian shield is promising.

**Keywords:** uranium mineralization, kimberlite magmatism, mineralization of diamond, sodic metasomatics

Рекомендовано до публікації докт. геол.-мін. наук К.Ф. Тяпкіним. Дата надходження рукопису 17.10.10

УДК 553.21/.24(477)

**М.В. Рузина, д-р геол. наук, доц.,  
Н.В. Билан канд. геол. наук,  
И.В. Жильцова, канд. геол. наук, доц.,  
О.А. Терешкова**

Государственное высшее учебное заведение  
„Национальный горный университет“,  
г. Днепропетровск, Украина,  
e-mail: ruzinamarina@rambler.ru

## ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС И РУДОНОСНОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ МЕТАСОМАТИТОВ СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

**M.V. Ruzina, Dr. Sc. (Geol.), Associate Professor,  
N.V. Bilan, Cand. Sc. (Geol.),  
I.V. Zhiltsova, Cand. Sc. (Geol.), Associate Professor,  
O.A. Tereshkova**

State Higher Educational Institution  
“National Mining University”,  
Dnipropetrovsk, Ukraine,  
e-mail: ruzinamarina@rambler.ru

## PETROLOGY, GENESIS AND ORE CONTENT OF CARBON METASOMATITES IN THE SREDNEPRIDNEPROVSKIY MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

Приведены данные о минералого-петрографическом составе рудоносных углеродистых метасоматитов Среднего Приднепровья. Установлена гетерогенность процесса углеродизации вмещающих пород золоторудных месторождений. При изучении состава газовой составляющей закрытых пор пород зон углеродистого метасоматоза установлено, что в них содержатся газы со значительным преобладанием метана, водорода и азота. Наличие мантийных элементов в составе углеродистых метасоматитов подтверждает глубинную природу флюидов, обусловивших проявления метасоматоза. При этом установлено, что содержания многих элементов находятся в прямой зависимости от содержания свободного углерода. Обоснована возможность использования зон углеродистого метасоматоза в качестве индикаторов проявлений дислокационного метаморфизма. Показана связь процесса углеродизации с зонами рудопроявлений благородных металлов в пределах Среднеприднепровского мегаблока.

**Ключевые слова:** углеродистые метасоматиты, генезис, благородные металлы, черносланцевая формация

В настоящее время общеизвестна перспективность черносланцевых толщ в отношении золота и платиноидов. Промышленное значение этих формаций в отношении благородных металлов было доказано после открытия в шестидесятых годах прошлого столетия крупных месторождений золота – Мурунтау, Сухой Лог и др. Основная масса золота в черносланцевых формациях установлена в субмикроскопических выделениях в арсенопирите и мышьяковистом пирите, вследствие чего и масштабы рудоносности в связи с этими породами определены масштабами развития арсенопирита и пирита с тонкодис-

персным золотом. При этом установлено, что черные сланцы наряду с биогенным содержат и эндогенный углерод и часто сопровождаются платиновой минерализацией.

Комплексный характер оруденения черносланцевых формаций особенно ярко показан А.Ф. Коробейниковым и Н.А. Колпаковой на примере черносланцевых толщ офиолитовых поясов Северо-Восточного Казахстана, Кузнецкого Алатау, Восточного Саяна, Северо-Восточной Тувы [1]. Здесь установлена промышленная платиноносность золоторудных полей терригенных отложений синклиналей, сложенных углеродистыми сланцами, интрузивными телами габброидов, гипербазитов, плагиогранитов и сопряженных с ними метасоматитов.

© Рузина М.В., Билан Н.В., Жильцова И.В., Терешкова О.А., 2011

По данным [2] такие особенности состава свидетельствуют о том, что в период формирования этих пород в бассейны осадконакопления вдоль зон смятия поступали мантийные углеводородные металлоносные флюиды. В некоторых публикациях приведены данные, свидетельствующие об избирательной способности органического вещества к концентрированию Cu, Ni, Co, Cr, V, Ti, Ba, Sr в осадочно-метаморфических породах. При этом роль органического вещества в формировании рудной минерализации трактуется неоднозначно у разных исследователей. По данным Г.В. Шатского [3] роль углеродистых веществ сводится:

1) к источнику рудной минерализации, в данном случае главными факторами является способность живых организмов избирательно накапливать отдельные рудные компоненты, оказывать влияние на разложение элементоорганических соединений, адсорбировать рудогенные элементы;

2) к буферным функциям – создание различных геохимических обстановок (сульфатредукция, каталитические функции, геохимический барьер, создание восстановительной обстановки);

3) участию в массопереносе – комплексообразующая роль органического вещества;

4) источнику энергии при теплопередаче – окисление („сгорание“ органического вещества как источника энергии при теплопереносе в гидротермальных рудогенных системах).

В настоящее время известны также случаи избирательной золотоносности кварцевых жил в пересечаемых ими черносланцевых толщах: жилы золотоносные на участках пересечения ими графитовых сланцев и не содержат золота, если вмещающие породы не содержат графита. Такая закономерность была установлена для золотого пояса Долгеллай (северный Уэльс). Термо- и барометрические исследования показали, что руды месторождения Долгеллай формировались при температурах 300–320°C и давлении – 1,8 кбар. Согласно модели, предложенной в [4], водный флюид, попадая в графитистые сланцы, реагирует с графитом, образуя метан. Поскольку вода потребляется на образование метана, в остаточном растворе повышается соленость. В жилах встречены включения разных стадий реакции: от неореагировавших водных включений до очень соленых, богатых водой метаново-водных, а также фаза CH<sub>4</sub>, сосуществующая, не смешиваясь, с богатым H<sub>2</sub>O флюидом.

Отложение золота, согласно этой модели, связано с дестабилизацией AuCl<sub>2</sub><sup>-</sup> или AuHS<sub>2</sub><sup>-</sup> комплексов во флюиде в результате его взаимодействия с графитом. Золотоносные зоны в жилах маркируются высокими содержаниями CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub> и низким отношением CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, что связывается с активизацией реакции флюида с вмещающими породами.

Однако в настоящее время установлена и другая разновидность углеродсодержащих пород – металлоносные углеродистые метасоматиты. Основное отличие данных пород от золотоносных черных сланцев состоит в том, что самородные металлы в них находятся непосредственно в выделениях свободного углерода.

Главными рудными минералами углеродистых метасоматитов являются графит и ильменит. В подчиненном количестве присутствуют рутил, серицит, мусковит, карбонаты, сульфиды.

Результаты изучения метасоматитов с использованием нейтронно-активационного, атомно-абсорбционного, химического анализов, приведенные в [2], свидетельствуют о том, что формирование углеродистых метасоматитов происходило в условиях привноса C, V, Ti, Au, Ag, Mn, Mg, Cu, Ni, Se и других элементов, в том числе типично мантийных – Ti, Cr, Ni, Co, Pt и ряда других. Наличие мантийных элементов подтверждает глубинную природу флюидов, обусловивших проявления метасоматоза. При этом установлено, что содержания многих элементов находятся в прямой зависимости от содержания свободного углерода. При этом самородные металлы и их смеси встречены непосредственно в графите. Такая ассоциация могла возникнуть в восстановительных условиях при эндогенных процессах. Данные факты позволили обосновать точку зрения о возможности переноса золота и других металлов в виде металлорганических соединений. Такие соединения впоследствии и были обнаружены в образцах метасоматитов Дальнегорского района [2]. Структурно-тектонический контроль углеродистых метасоматитов проявлен в виде приуроченности их к зонам смятия, будинажа, дробления. Углеродистые метасоматиты также были встречены в составе цемента взрывчатых брикетов. С зонами углеродистого метасоматоза пространственно связаны проявления золоторудной и платиновой минерализации, а также повышенные концентрации V, Co, Cr, Zn, S.

И.Н. Томсон с соавторами при изучении углеродистых метасоматитов рудных районов Приморья [2] отмечает, что главное отличие углеродистых метасоматитов от золотоносных черных сланцев состоит в том, что самородные металлы находятся непосредственно в выделениях самородного углерода. Авторами также установлено, что золотоносные черные сланцы содержат как биогенный, так и эндогенный углерод и часто сопровождаются платиновой минерализацией. Подобные особенности М.М. Константинов объясняет тем, что в период формирования этих пород в бассейны осадконакопления вдоль зон смятия поступали мантийные углеводородные металлоносные флюиды.

Результаты изучения метасоматитов с использованием нейтронно-активационного, атомно-абсорбционного, химического анализов свидетельствуют о том, что формирование углеродистых метасоматитов происходило в условиях привноса C, V, Ti, Au, Ag, Mn, Mg, Cu, Ni, Se и других элементов, в том числе типично мантийных – Ti, Cr, Ni, Co, Pt и ряда других. Наличие мантийных элементов подтверждает глубинную природу флюидов, обусловивших проявления метасоматоза. При этом установлено, что содержания многих элементов находятся в прямой зависимости от содержания свободного углерода. При изучении состава газовой составляющей закрытых пор пород зон углеродистого метасоматоза установлено, что в порах породы содержатся газы с резким преобладанием метана,

водорода и азота. Подобный состав газов характерен для алмазонасных кимберлитовых трубок и минералов-спутников алмазов, глубинный генезис которых сомнению не подвергается [2].

Углеродистые метасоматиты встречены авторами статьи в пределах Конкской, Сурской и Белозерской ЗКС Среднеприднепровского мегаблока, а также в пределах Криворожской СФЗ. В Конкской и Белозерской ЗКС исходные породы представлены метапелитами и кварцевыми сидеритолитами (кварц-сидероплезитовыми породами). Новообразованный минеральный парагенезис представлен сочетанием серицит + графит при замещении метапелитов в зоне милонитизации, а также монографитом при замещении кварцевых сидеритоцитов. С зонами проявлений углеродистого метасоматоза пространственно связаны повышенные концентрации благородных металлов. В черных сланцах БЗКС и КЗКС также наблюдаются две формы встречаемости углерода: антракосолит, присутствующий в виде рассеянной вкрапленности в сланцах, и графит, отмеченный в зонах проявлений дислокационного метаморфизма.

На рис. 1 показана микрофотография углеродистого метасоматита из Конкской ЗКС.

В Лихмановской синклинали Криворожской СФЗ обнаружены кварц-хлорит-графитовые сланцы, постепенно переходящие в своеобразную массивную магнетит-графит-карбонатную породу, которая прослежена на контакте с карбонат-магнетитовой рудой. В составе графитовых метасоматитов отмечаются переменные количества альбита, щелочного хлорита, турмалина, сульфидов. Для метасоматитов данного типа также характерно повышенное (на 1–2 порядка) содержание As,

Mo, Cu, Zn, V, Ag, Au, S, B, то есть явно привнесенных элементов. На рис. 2 приведена дифрактограмма углеродистого метасоматита Конкской ЗКС, сформировавшегося за счет преобразования метапелита.

В настоящее время не существует однозначного мнения в отношении генезиса продуктов углеродистого метасоматоза. Ряд авторов считает подобные образования результатом автометасоматического перераспределения углеродистого вещества метапелитов, что вероятно правомерно в отношении метасоматически измененных филлитов. Однако такая точка зрения не обосновывает развитие новообразованного графита по сидеритоцитам.

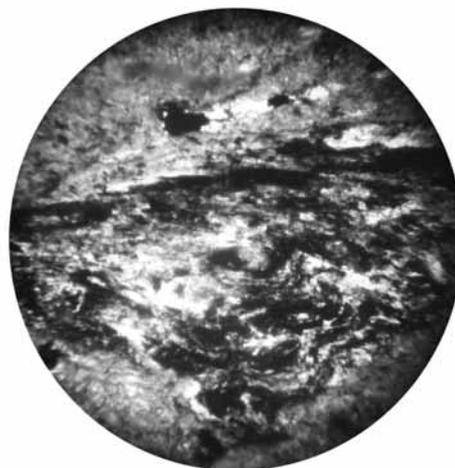


Рис. 1. Углеродистый метасоматит Белозерской ЗКС. Ув. 90\*, николи

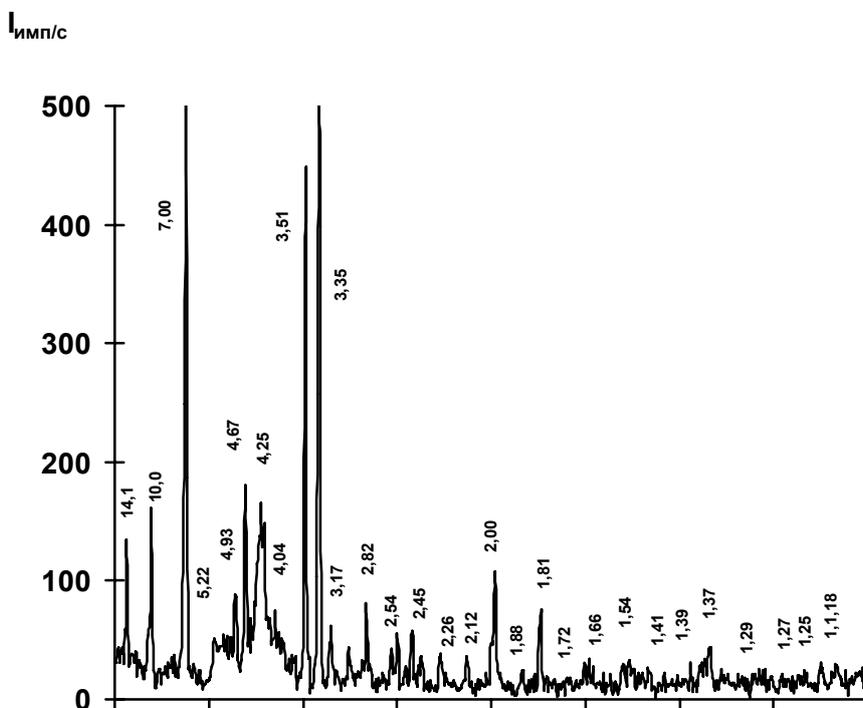


Рис. 2. Дифрактограмма образца углеродистого метасоматита Конкской ЗКС

Согласно данным П.М. Татаринова (1963), графит может формироваться за счет диссоциации карбонатных пород при контактово-метасоматических процессах. Согласно этим данным, в зоне контакта выделяется значительное количество углекислоты, которая реагируя с водородом, выносимым из магмы, дает воду и углерод, кристаллизующийся в форме графита.

Возможным подтверждением данной точки зрения является выявленная авторами в шлифах локализация графита в зоне контакта филлитовидного сланца и кварцевого сидеритолита (рис. 3).

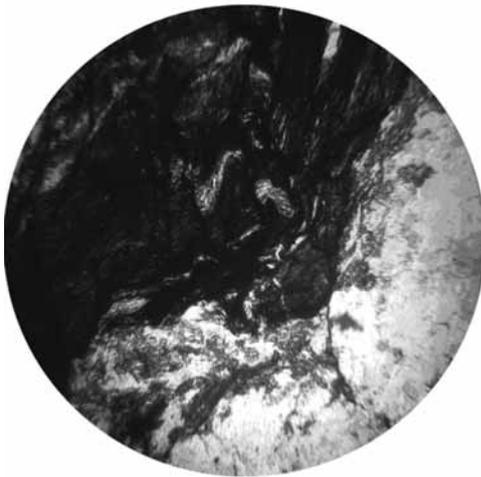


Рис. 3. Локализация графита в зоне контакта филлитовидного сланца и карбонатного метасоматита. Ув. 175\*, николи

В настоящее время рядом исследователей при изучении вертикальной зональности глубинных разломов отмечается наличие углеродистых метасоматитов, сопровождающих проявления минерализации благородных металлов. Проявления эпигенетических форм графита и шунгита в глубинных разломах представлены секущими прожилками, выполнениями трещин кливажа, пленками на поверхности сланцеватости пород. При этом допускается возможность формирования подобных образований путем отложения из мантийных флюидов.

Для доказательства эндогенного происхождения шунгитов приводятся следующие доводы [5]:

- огромный вертикальный размах процесса отложения углерода в архейских и протерозойских структурах;
- пространственная связь зон наиболее интенсивной углеродизации с зонами глубинных разломов и ареалами магматизма;
- синхронность образования малоуглеродистых шунгитов с процессами смятия и рассланцевания пород в режиме аспидно-филлитовой ступени метаморфизма (аналогично проявлениям углеродистого метасоматоза в Конкской и Белозерской ЗКС Среднего Приднепровья);
- формирование залежей высокоуглеродистых пород в дислоцированных и рассланцованных складчатых породах происходило одновременно или близко с внедрением силлов габбро-диабазов.

Условия для проявлений эндогенной шунгитизации возникают преимущественно на уровне гипабиссальных глубин в ареалах проявлений интенсивного базитового и базит-гипербазитового магматизма, где происходит длительная инфильтрация глубинных восстановительных газов в динамически активных зонах и в породах с соответствующими каталитическими свойствами.

В пределах Украинского щита структурно-морфологические и генетические типы графита изучались В.Г. Яценко (1996). В результате исследований обоснована связь графитизации с глубинными процессами, что подтверждено трансформным характером графитоносных областей по отношению к границам блоков первого порядка (структурно-формационным зонам), узловым распределением оруденения на пересечении глубинных разломов разных рангов, связью графитизации с глубинными кольцевыми структурами, влиянием магматического фактора на локализацию оруденения.

Согласно изотопной классификации графитов Украинского щита по данным В.Г. Яценко, диапазон вариаций  $\delta^{13}\text{C}$  для контактово-реакционных образований и гидротермальных жил составляет 8–22‰. Подобные значения вполне согласовываются с величинами изотопного состава свободного углерода в графите зон углеродистого метасоматоза Конкской и Белозерской ЗКС, равными – 11,7–17,8‰ (анализы выполнены в лаборатории Томского политехнического университета).

При метасоматическом преобразовании кварцевых сидеритолитов Южно-Белозерского месторождения, графит трассирует также микротрещинки ложного кливажа. Таким образом, однозначно прослеживается связь новообразований графита с различными формами проявления дислокационного метаморфизма. Этот факт хорошо согласуется с данными, приведенными в работе [6].

Проведенные данными авторами исследования свидетельствуют о гетерогенности процесса углеродизации рудовмещающих пород Саралинского золоторудного поля (Кузнецкий Алатау). Углеродистые метасоматиты отнесены авторами к предрудным образованиям. Отсутствие корреляции  $C_{\text{орг}}$  (содержание варьирует от 0,003 до 3,5%) с Au позволило сделать вывод о том, что углеродистое вещество не является осадителем Au. Контроль золотого оруденения „черными сланцами“ в рассматриваемом рудном поле является не литологическим, а тектоническим. Таким образом, зоны углеродистого метасоматоза могут служить также и своеобразным индикатором проявлений дислокационного метаморфизма. В составе графитовых метасоматитов зафиксированы повышенные содержания As, Mo, Cu, Zn, V, Ag, S, B, то есть явно привнесенных элементов.

Таким образом, на основании анализа результатов предшествующих и проведенных авторами статьи исследований, можно сделать следующие выводы:

- процесс углеродизации вмещающих пород золоторудных месторождений является гетерогенным;

– с зонами углеродистого метасоматоза пространственно связаны проявления золоторудной и платиновой минерализации, а иногда также повышенные концентрации V, Co, Cr, Zn, S, Se и др.;

– контроль золотого оруденения „черными сланцами“ в пределах некоторых месторождений является не литологическим, а тектоническим, что позволяет считать зоны углеродистого метасоматоза своеобразным индикатором проявлений дислокационного метаморфизма;

– серицит-графитовые метасоматиты являются индикаторами сквозных рудоконцентрирующих структур.

#### Список литературы

1. Коробейников А.Ф. Новый тип золото-платиноидных месторождений в черносланцевых толщах офиолитового комплекса Северо-Восточного Казахстана / Коробейников А.Ф. – Томск: Изд-во ТПИ. – 90 с.
2. О двух типах углеродистых металлоносных пород / И.Н. Томсон, О.П. Полякова, В.Ю. Алексеев, В.А. Баскина // Геология рудных месторождений. – 2006. – Т.48. – 31. – С. 86–88.
3. Шатский Г.В. Роль органического вещества в формировании рудной минерализации / Шатский Г.В. // Региональная геология. – ГИ АН СССР. – М., 1990. – С. 53–59.
4. A Fluid inclusion model for the genesis of the ores of the Dolgellau gold belts, North Wales / S.H. Shepherd, B.W. Yardley, J. Dubessy // Geological Society. – 1998. – №3. – P. 139–145.
5. Иванкин П.Ф. Флюидно-магматогенные колонны глубинных разломов и прогноз оруденения / Иванкин П.Ф. // Глубинные условия эндогенного рудообразования. – М.: Наука, 1986. – 271 с.
6. Васьков А.С. Углеродистые образования Саралинского рудного поля / А.С. Васьков, И.Н. Широких // Сб. Матер. межд. симпозиума „Бассейны черносланцевой седиментации и связанные с ними полезные ископаемые“. – Новосибирск, 5–9 авг., 1991. – С. 32–33.

Наведено дані про мінералого-петрографічний склад рудоносних вуглецевих метасоматитів Середнього Придніпров'я. Встановлена гетерогенність процесу вуглецювання вміщуючих порід золото-рудних родовищ. Під час вивчення складу газової складової закритих пор порід зон вуглецевого метасоматозу встановлено, що в них переважають такі гази як метан, водень і азот. Наявність мантійних елементів у складі вуглецевих метасоматитів підтверджує глибинну природу флюїдів, що обумовили прояви метасоматозу. При цьому встановлено, що вміст багатьох елементів знаходиться в прямій залежності від вмісту вільного вуглецю. Обґрунтована можливість використання зон вуглецевого метасоматозу в якості індикаторів проявів дислокаційного метаморфізму. Показано зв'язок процесу вуглецювання із зонами рудопроявів благородних металів у межах Середньопридніпровського мегаблока.

**Ключові слова:** *вуглецеві метасоматити, генезис, благородні метали, черносланцева формація*

The data on the mineralogical and petrographic composition of ore-bearing carbon metasomatites of the Middle Pridneprovie are given. In studying the composition of the gas component of the closed pores of carbon metasomatites revealed that the rock pores contain gases such as methane, hydrogen and nitrogen. The presence of mantle components in the composition of carbon confirms the profound nature of the metasomatic fluids, contributing to metasomatism. It was found that the contents of many elements are in direct dependence on the content of free carbon. A possibility of using carbon-metasomatic zones as indicators of dislocation metamorphism is established. The connection of carbon zones with occurrences of precious metals within the Middle Pridneprovie is shown.

**Keywords:** *carbon metasomatites, genesis, precious metals, black shale formations*

*Рекомендовано до публікації канд. геол.-мін. наук Ю.Т. Хоменком. Дата надходження рукопису 27.12.10*