

ЭКСПЛОЗИВНЫЕ БРЕКЧИИ – ЛИТОГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ СОЛЯНОГО ДИАПИРИЗМА

А.Е. Лукин¹, Г.Г. Гончаров²

¹ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина,
E-mail: lukin_alexander@ukr.net*

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Украины, главный научный сотрудник.

² *Украинский государственный геологоразведочный институт, Киев, Украина,
E-mail: gggmorion@ukr.net
Старший научный сотрудник.*

Для выяснения роли эндогенных факторов в формировании соляных диапиров особо информативными являются придиапировые взрывные брекчии. В статье изложены результаты их изучения по данным бурения на Скоробогатьковско-Песочанской сложной солянокупольной структуре, расположенной над апикальной частью Днепровско-Донецкого плюма, контролирующего основные закономерности тектогенеза и нефтидогенеза центрального – юго-восточного сегмента Днепровско-Донецкой впадины (с максимальными глубинами, стратиграфическим и фазово-геохимическим диапозонами нефтегазонасности). Помимо кепрока установлены взрывные брекчии, генетически связанные с карбонатитовым и кимберлитовым магматизмом. Они характеризуют начальный этап соляного диапиризма, которому предшествовало заложение в узлах пересечения рифтогенных разломов магматических очагов с последующей дифференциацией на несмещающиеся карбонатитовую, кимберлитовую магмы и соляной расплав. Они инициировали формирование трубок взрыва, дальнейшее развитие которых связано с внедрением эндогенной соли и последующим подключением галокинеза. Последующие этапы роста соляных диапиров связаны с разновозрастными фазами тектоно-термальной активизации, которые сопровождались выталкиванием взрывных брекчий из трубок взрыва, оттеснением их остатков на периферию соляных штоков и интенсивным гидротермальным метасоматозом. Наличие реликтовых признаков карбонатитовой и кимберлитовой природы взрывных придиапировых брекчий позволяет ставить вопрос о связанных с соляными диапирами перспективах поисков не только нефтяных и газовых залежей, битумов, рассолов, полиметаллов, ртути, урана и серы, но также редких металлов и алмазов.

Ключевые слова: соляной диапиризм, придиапировые брекчии, трубки взрыва, глубинная дегазация.

EXPLOSION BRECCIAS – LITHOGEODYNAMIC INDICATOR OF INITIAL STAGE OF SALT DIAPIRISM

A.E. Lukin¹, G.G. Goncharov²

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: lukin_alexander@ukr.net
Doctor of geological-mineralogical sciences, professor, academician of NAS of Ukraine, chief researcher.*

² *Ukrainian State Geological Prospecting Institute, Kiev, Ukraine, E-mail: gggmorion@ukr.net
Senior researcher.*

The near-diapir explosive breccias are of special informative significance as a possibility for the elucidation of the role of endogenic factors of salt diapirism. The paper deals with results of their

study on evidence of deep drilling in Skorobogatkovsko-Pesochanskaya complexly-built salt-dome structure situated above apical part of Dnieper-Donets plume – the main total controlling factor of tectogenesis and naphtidogenesis in central – SE segment of Dnieper-Donets depression (with maximum deep, stratigraphic and phase-geochemical ranges of petroleum potential). The explosion breccias genetically connected with carbonatite and kimberlite magmatism are established apart from caprock. They are lithogeodynamic indicators of the initial stage of salt diapirism had been preceded by location of magmatic reservoirs (in knots of rift faults intersections) following by their differentiation into non-mixing carbonatite, kimberlite magmas and salt melt. They had initiated the origin of explosion tubes. Subsequent development of those tubes is connected with intrusion and following linking up of halokinesis. Further stages of salt diapirism progradation are connected with different-aged phases of tectonic-thermal activation to be followed by their pushing out from explosion tubes, displacement of their remnants into the periphery of salt domes and intensive hydrothermal metasomatic transformation. Availability of relict signs of carbonatite and kimberlite nature of explosion near-diapir breccias allow to raise the question as to connected with giant salt diapirs prospects of searching not only oil and gas pools and brines, lead-zinc, copper, sulphur, boron, uranium deposits but also rare metals and diamonds.

Key words: salt diapirism, near-diapir breccia, explosion pipes, deep degasation.

ЕКСПЛОЗИВНІ БРЕКЧІЇ – ЛІТОГЕОДИНАМІЧНИЙ ІНДИКАТОР ПОЧАТКОВОЇ СТАДІЇ СОЛЯНОГО ДІАПІРИЗМУ

О.Ю. Лукін¹, Г.Г. Гончаров²

¹ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: lukin_alexander@ukr.net
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, академік НАН України, головний науковий співробітник.*

² *Український державний геологорозвідувальний інститут, Київ, Україна,
E-mail: gggmorion@ukr.net
Старший науковий співробітник.*

Для з'ясування ролі ендегенних факторів у формуванні соляних діапирів особливо інформативними є придіапірові експлозивні брекчії. У статті викладено результати їх вивчення за даними буріння на Скоробогатьківсько-Пісочанській складній солянокупольній структурі, розташованій над апікальною частиною Дніпровсько-Донецького плюму, що контролює основні закономірності тектогенезу і нафтидогенезу центрального – південно-східного сегменту Дніпровсько-Донецької западини (з максимальними глибинними, стратиграфічними і фазово-геохімічними діапазонами нафтогазоносності). Крім кепроку встановлені експлозивні брекчії, генетично пов'язані з карбонатитовим і кімберлітовим магматизмом. Вони характеризують початковий етап соляного діапіризму, якому передувало закладення у вузлах перетину рифтогенних розломів магматичних осередків з подальшою диференціацією на незмішувані карбонатитову, кімберлітову магми і соляний розплав. Вони ініціювали формування трубок вибуху, подальший розвиток яких пов'язаний з вторгненням ендегенної солі і подальшим підключенням галокінезу соленосних формацій. Наступні етапи зростання соляних діапирів пов'язані з різновіковими фазами тектоно-термальної активізації, які супроводжувалися виштовхуванням експлозивних брекчій із трубок вибуху, відтисненням їх залишків на периферію соляних штоків та інтенсивним гідротермальним метасоматозом. Наявність реліктових ознак карбонатитової і кімберлітової природи експлозивних придіапірових брекчій дозволяє ставити питання про пов'язані з соляними діапірами перспективи пошуків не тільки нафтових та газових покладів, бітумів, розсолів, поліметалів, ртуті, урану і сірки, а також рідкісних металів та алмазів.

Ключові слова: соляний діапіризм, придіапірові брекчії, трубки вибуху, глибинна дегація.

Введение

Соляной тектогенез – одно из наиболее важных традиционных направлений тектонических, галургических, нефтегазогеологических исследований, результатам которых посвящено огромное количество публикаций. Выделено множество морфогенетических типов галокинетических образований, характеризующихся разнообразием размеров, форм, внутреннего строения и взаимоотношения солянокупольных структур с вмещающими «наслоенными» формациями [Планета..., 2004]. Формирование большинства из них находит удовлетворительное объяснение с точки зрения теории галокинеза (работы F. Trusheim, C. Talbot, F. Lotze, Ю.А. Косыгина, В.Е. Хаина, Р.Е. Айзберга, Р.Г. Гарецкого, В.С. Журавлева, Г.А. Беленицкой, Х.М. Соколина, И.Г. Баранова, А.А. Билыка, И.В. Галицкого, В.И. Китыка, В.Д. Когана, В.И. Созанского, Д.П. Хрущева и др.). Это относится к основной части широкого диапазона галокинетических образований: от соляных подушек до крупных соляных диапироидов – куполов, в различной степени дислоцирующих вмещающие породы, пликативно деформирующих перекрывающие слои (солянокупольные антиклинали, приштоковые мульды). Исключение составляют гигантские диапиры, соляные «ядра протыкания» которых прорывают надсолевые отложения и выходят на разные стратиграфические и гипсометрические (вплоть до земной поверхности) уровни. Невозможно объяснить их формирование в свете традиционных галокинетических представлений (течение соли под давлением нагрузки или тектонического сжатия). Это не согласуется ни с энергетикой процессов внедрения соляных масс, перфорирующих мощный (толщиной, достигающей в крупнейших соленосных осадочных бассейнах 10 км и более) осадочный чехол (с признаками интенсивной дезинтеграции пород кристаллического фундамента и промежуточного комплекса), ни с характерными временами их непрерывно-прерывистых восходящих движений. Для выяснения роли эндогенных факторов диапирообразования необходимо привлечение методов литогеодинамического анализа. В частности, важными литогеодинамическими индикаторами [Лукин, 1997] являются разнообразные

по составу, структуре и текстуре грубо-обломочные образования, частично или полностью изолирующие соляные ядра диапиров. Согласно общепринятым представлениям, они связаны с пассивным накоплением различных по составу (ангидриты и гипсы, известняки, доломиты, мергели, черные сланцы, диабазы и др.) включений вследствие избирательного растворения соли при выходе купола или штока в зону активного водообмена. Типичные кепроки («каменные шляпы»), перекрывающие апикальные части соляных штоков, имеют несомненно такой остаточный характер. Наиболее типичны в этом отношении кепроки соляных куполов Мексиканского залива, которые характеризуются в целом слоистым строением и определенной последовательностью слоев (внизу ангидрит и гипс, переходящие в пористый известняк с проявлениями нафтидов и самородной серы) [Планета..., 2004]. Такие образования характерны и для ряда соляных штоков Днепровско-Донецкой впадины – ДДВ (Роменский, Исачковский и др. [Китык, 1970]). Однако помимо кепрока на контакте соляных тел и вмещающих отложений присутствуют и совершенно другие образования: травертины [Лукин, 1992], разнообразная гидротермальная минерализация [Китык и др., 1981; Шумлянский, Безуглая, 1995] и брекчии дробления [Лукин, 1997], которые, судя по габитусу и минеральному составу обломков (с признаками высокоэнгальпийно-флюидной обработки), а также минералогеохимическим особенностям матрикса, не могут быть отнесены к кепрокам. Условия их залегания и соотношения с соляными штоками позволяют рассматривать их как литогеодинамические индикаторы наиболее загадочной и в то же время наиболее важной для понимания данного феномена стадии заложения и «начального импульса» соляного диапиризма. Последний приобретает, таким образом, значение важнейшего показателя аномально повышенной энергетике глубинных недр, в связи с чем весьма знаменательной является приуроченность гигантских соляных диапиров к расположенной над наиболее геодинамически активным сегментом плюма области максимальных диапазонов нефтегазоносности, проявлений глубинной гидрогеологической

инверсии, экстремальных пластовых геотермодинамических показателей, разнообразных геофизических и геохимических аномалий.

В данной статье изложены результаты изучения придиapiroвых брекчий одного из наиболее благоприятных (по сочетанию особенностей строения и нефтегазоносности, степени геолого-геофизической изученности и охарактеризованности ядерным материалом) объектов для изучения природы указанного феномена.

Генетические типы придиapiroвых эксплозивных брекчий (по данным глубокого бурения на Скоробогатьковско-Песочанской сложной солянокупольной структуре)

Указанная структура (рис. 1) приурочена к Свиридовско-Краснозаводской седловине – тектонической зоне, разделяющей Сребненскую и Ждановскую депрессии [Лукин, 1977]. Эта зона соответствует апикальной (гребневой) части Днепровско-Донецкого плюма, контролирующего основные закономерности тектогенеза (в частности, галокинеза) и нафтидогенеза центрального сегмента ДДВ, который характеризуется максимальными глубинными, стратиграфическими и фазово-геохимическими диапачонами нефтегазоносности [Лукин, 2014]. Тектоно-геодинамические особенности указанной зоны сочленения Сребненской и Ждановской депрессий определяются тем, что первая из них в позднем девоне представляла собой центральнокольцевую вулканотектоническую структуру (мегакальдеру), а вторая – соленосную впадину. На последующих этапах развития под действием гравитационных сил (этапы длительного устойчивого погружения) и тангенциальных напряжений в сочетании с импульсным усилением теплового потока и гидротермальными процессами (сравнительно кратковременные фазы тектоно-термальной активизации) происходило выжимание соляных масс из Ждановской депрессии. Коллизия этих двух тектоно-формационных структур: жесткой (Сребненской) и пластичной (Ждановской) способствовала формированию структурно-фациальной зоны на их контакте, которая лишь частично отвечает Свиридовско-Краснозаводской седловине.

На юго-восточном окаймлении последней прослеживается цепочка соляных диапиров (Песочанский, Петровско-Роменский, Клиско-Краснознаменский и др.). Здесь открыт ряд месторождений, среди которых по величине стратиграфического, глубинного и фазово-геохимического диапазонов нефтегазоносности выделяется многопластовое Скоробогатьковское нефтегазоконденсатное месторождение, приуроченное к криптодиapiroвой брахиантиклинали субширотного простирания.

Данные грави- и магниторазведки, а также палеотектонического и литогеодинамического анализы свидетельствуют о надвигании пластичных верхнедевонских соляных масс Ждановской депрессии на краевую часть Сребненской вулканотектонической структуры. В результате образовался соляной вал, осложненный диапирами, перфорирующими вышележащие отложения в различном стратиграфическом диапазоне (нижний карбон – кайнозой). Именно с одним из таких криптодиapiroв (сателлитов Песочанского штока) связано погребенное под мезокайнозойскими отложениями Скоробогатьковское брахиантиклинальное поднятие, нарушенное высокоамплитудными сбросами (рис. 2). Этаж промышленной нефтегазоносности здесь составляет свыше 1500 м, включая в себя верхневизейские (продуктивные горизонты В-18÷В-15), верхнебашкирские (Б-6) и московские (М-5) отложения [Атлас..., 1998]. Всего на месторождении открыто шесть залежей: пять газоконденсатных и одна нефтяная (М-5). Все они связаны с комбинированными тектоническими и литологическими ограниченными ловушками в сводовой и крыльевых частях брахиантиклинали.

Во всех скважинах, вскрывших соль (скв. 380, 1, 2, 7, 11 и др.) с явными признаками алокинеза (S-тектонитовая ориентировка кристаллов галита, ксенолитов карбонатных, терригенных и вулканических пород, углеводородных микровключений), на ее контакте с вмещающими отложениями установлено присутствие различных по цвету, структурно-текстурным особенностям, вещественному составу брекчий (рис. 3). Разнообразии составляющих эти породы компонентов (в основном округленно-угловатые, округленные, гораздо реже – угловатые

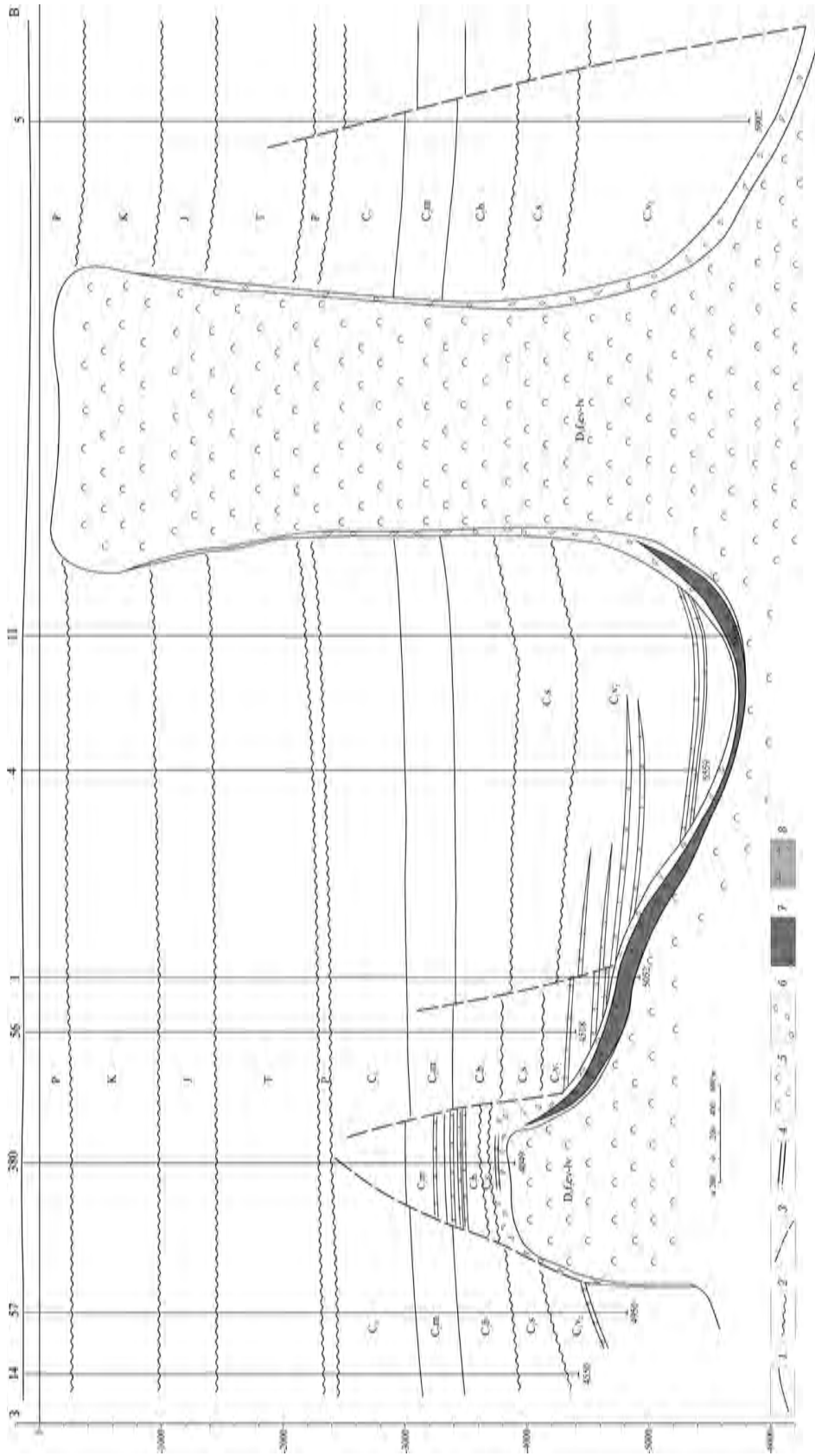


Рис. 1. Геологический разрез Скоробогатковско-Песочанской сложной солянокупольной структуры

Границы стратиграфические: 1 – согласные, 2 – несогласные; 3 – разрывные нарушения; 4 – продуктивные пласты; 5 – соль; 6 – карбонатно-сульфатно-терригенная, 7 – карбонатно-вулканогенно-терригенная, 8 – туфобрекчия

Fig. 1. Geological section of Skorobogatky-Pesochansky complicated salt-dome structure

Stratigraphic boundaries: 1 – conformable, 2 – unconformable, 3 – faults, 4 – productive strata, 5 – salt; breccias: 6 – carbonate-sulphate-terrigenous, 7 – carbonate-volcanogenic-terrigenous, 8 – tuff breccia

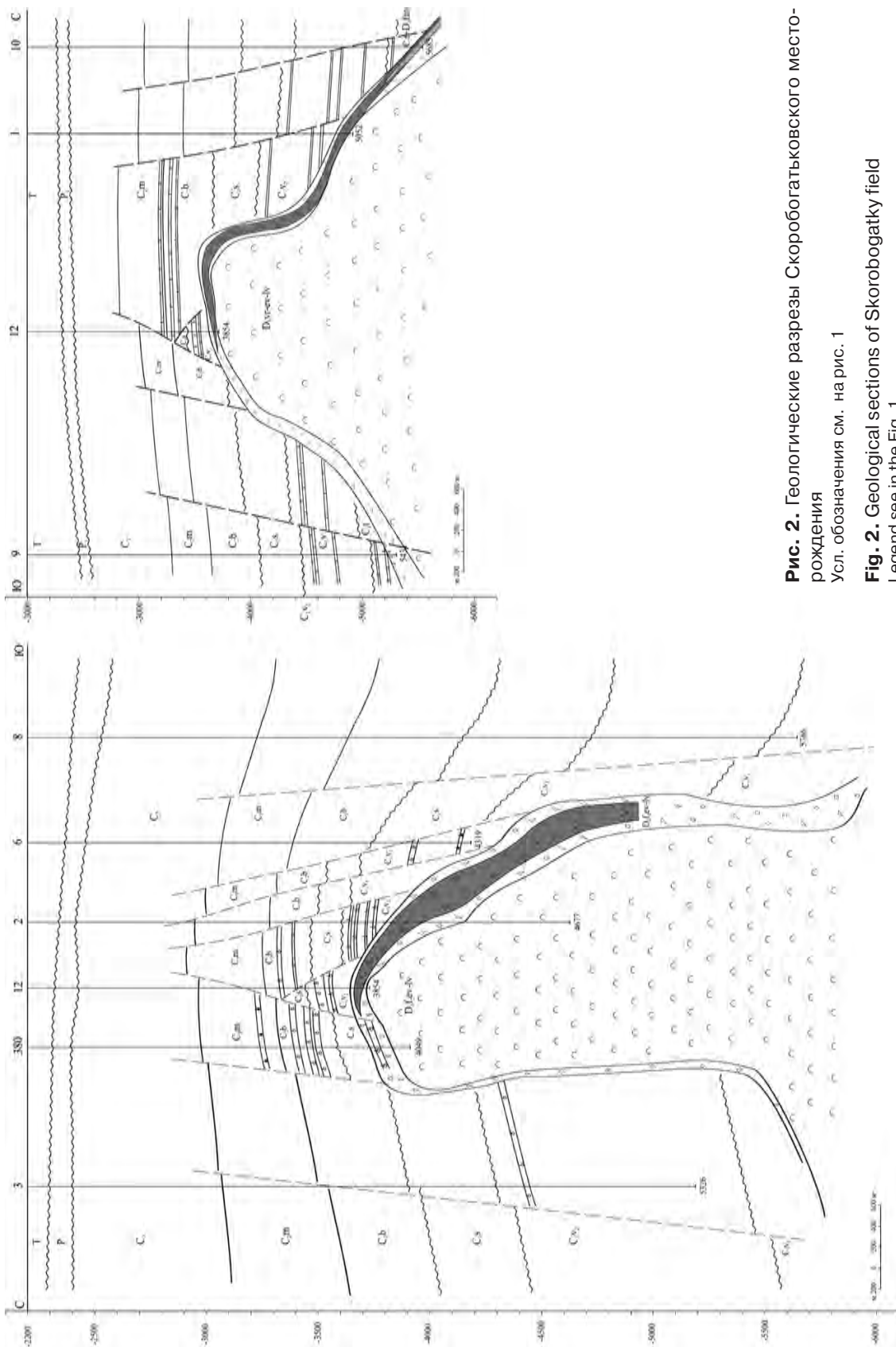


Рис. 2. Геологические разрезы Skorobogatkovskoye месторождения
Усл. обозначения см. на рис. 1

Fig. 2. Geological sections of Skorobogatky field
Legend see in the Fig. 1



Рис. 3. Образцы придиапировых брекчий (кern из скважин глубокого бурения) Skorobogatky-Pesochansky солянокупольной структуры

Fig. 3. Samples of near-diapir breccia (core from deep-drilling wells) of Skorobogatky-Pesochansky salt-dome structure

обломки различных размеров и цементирующее их вещество), их минералого-геохимические особенности лишь местами частично соответствуют традиционной трактовке природы кепрока как «оболочки (покрышки) соляного купола, образовавшейся в результате аккумуляции менее растворимых минералов соляного тела в процессе выщелачивания его кровли при подъеме соли» [Толковый..., 1978, с. 231]. По условиям залегания, литолого-петрографическим макро-, микро- и нанохарактеристикам, особенностям минерального состава и геохимии обломков пород и матрикса выделяются три типа морфогенетических придиапировых брекчий, которые условно (по минералого-геохимическим показателям) именуется карбонатитоподобными, кимберлитоподобными, а также микстинитовыми (смешанными). Первые два генетических типа образуют самостоятельные литомы (рис. 1, 2).

Общей наиболее примечательной особенностью этих брекчий является аномальное разнообразие зачастую термодинамически несовместимых минеральных фаз (рис. 4, А–Г) и парадоксальное сочетание высоких содержаний сидеро-, лито-, а также некоторых халькофильных элементов.

Карбонатитоподобные брекчии состоят из цементированных темноцветным пелитоморфным полиминеральным веществом (ТППВ) обломков кристаллически-зернистой белой породы преимущественно кальцитового состава, похожей на мрамор или некоторые скарны. Результаты рентгеноструктурного анализа (дифрактометр ДРОН-3, лаборатория ЧО УкрГГРИ, аналитики Л.М. Горелова, Б.И. Ройтберг) и электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом (сканирующий электронный микроскоп РЭМ-106 с рентгеноструктурным анализатором, лаборатория ЧО УкрГГРИ, аналитик И.И. Самойленко) свидетельствуют о том, что при

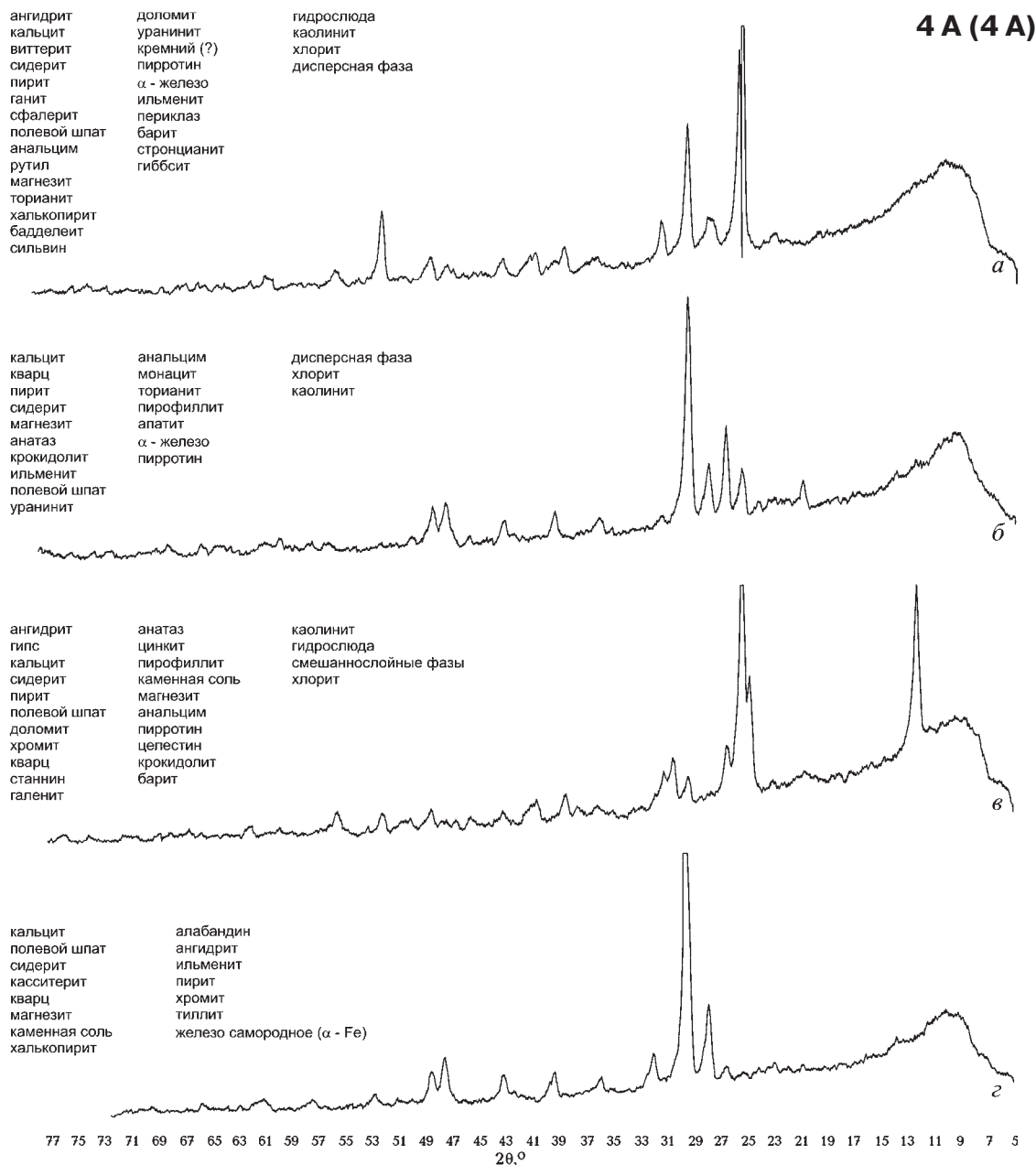


Рис. 4, А-Г. Дифрактограммы минерального вещества различных компонентов (обломки, цемент) придиапировых брекчий:

А. Карбонатитоподобные брекчий (включения белой карбонатной породы): а – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м; белая порода; б – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м; светлое включение; в – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3892-3903 м; белое включение; г – скв. 10-Скоробогатьковская, инт. 5621-5626 м; белое включение. **Б.** Карбонатитоподобные брекчий (темноцветный пелитоморфный полиминеральный матрикс): а – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3892-3903 м; черное вещество; б – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м; темная порода с сульфидами; в – скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 3965-3973 м; черная порода; г – скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м; черная порода; д – скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м; ТППВ в черной породе. **В.** Кимберлитоподобные брекчий: а – скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 3965-3973 м; зеленая порода; б – скв. 10-Скоробогатьковская, инт. 5621-5626 м; светло-коричневая порода; в – скв. 10-Скоробогатьковская, инт. 5621-5626 м; г – скв. 10-Скоробогатьковская, инт. 5677-5683 м; темная порода. **Г.** Микстинитовые брекчий (матрикс): а – скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 3965-3973 м; полосатая порода; б – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м; рыхлая порода; в – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м; серая порода; г – скв. 10-Скоробогатьковская, инт. 5677-5683 м; светлая порода

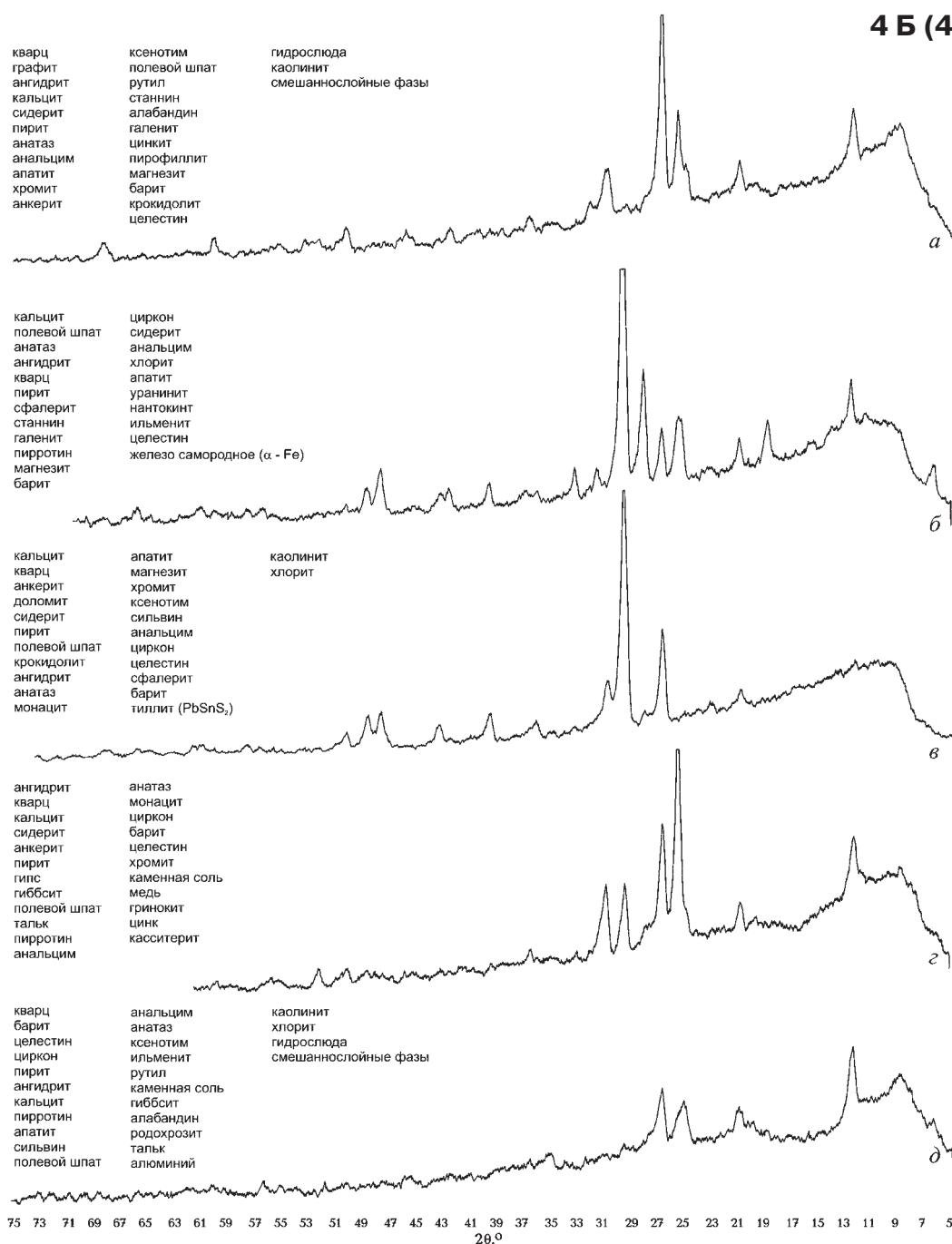
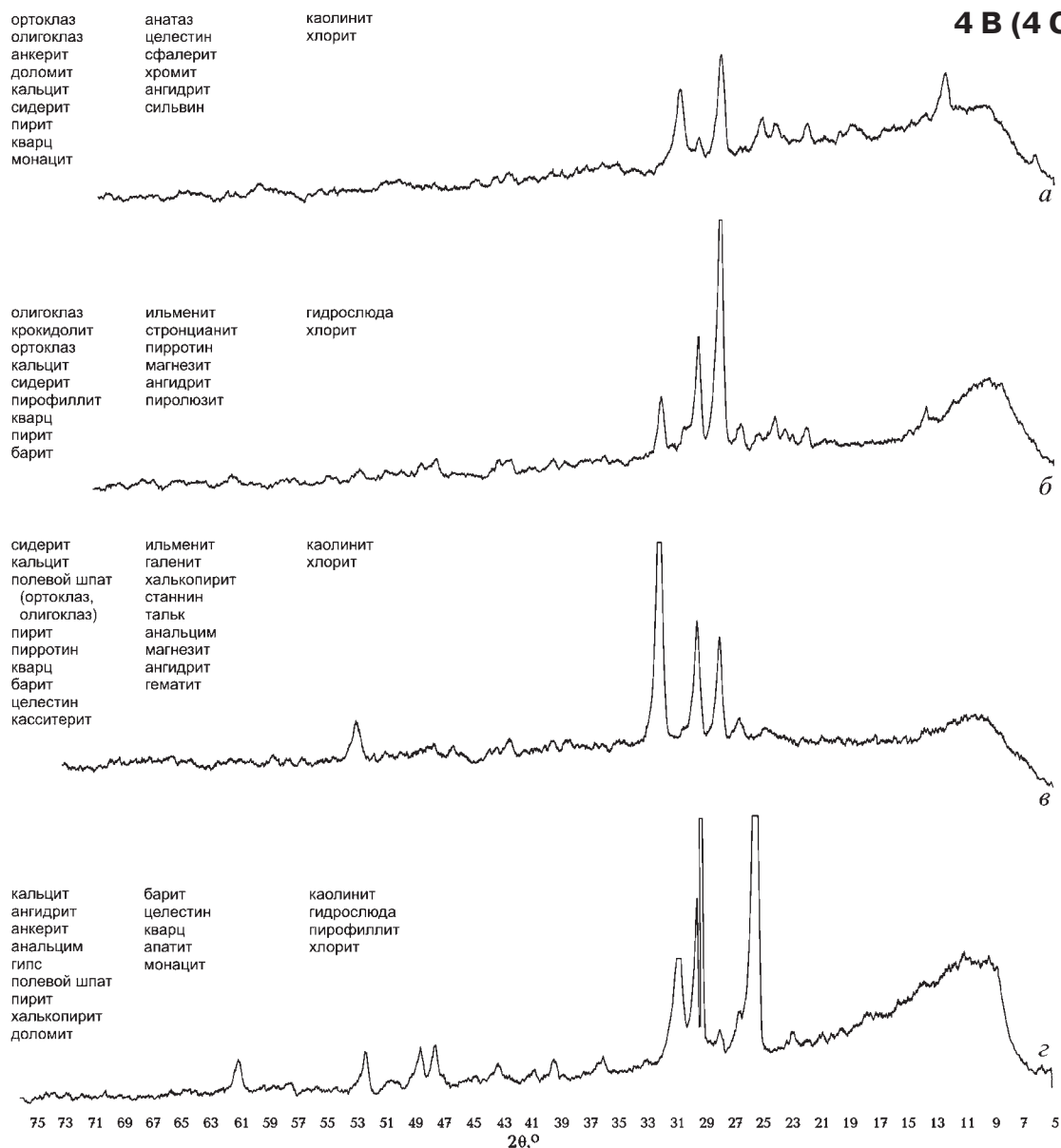


Fig. 4, A–D. Diffractograms of mineral matter of various components (debris, matrix) of near-diapir breccia:

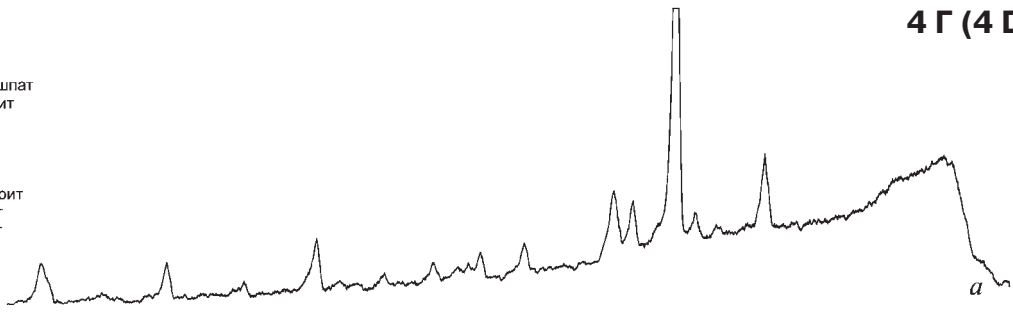
A. Carbonatite-like breccia (inclusion of white carbonate rock): a – well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m; b – well 380-Skorobogatky, int. 3892-3903 m, light inclusion; c – well 380-Skorobogatky, int. 3892-3903 m, white inclusion; d – well 10-Skorobogatky, white inclusion. **B.** Carbonatite-like breccia (dark-coloured pelitomorphic polymaneral matrix): a – well 380-Skorobogatky, int. 3892-3903 m, black matter; b – well 380-Skorobogatky, int. 3965-3973 m, black rock with sulfides; c – well 2-Skorobogatky, int. 3965-3973 m, black rock; d – well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044, black rock; e – well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044, DPPM in black rock. **C.** Kimberlite-like breccia : a – well 2-Skorobogatky, int. 3965-3973 m, green rock; b – well 10-Skorobogatky, int. 5621-5626 m, light-brown rock; c – well 10-Skorobogatky, int. 5621-5626 m; d – well 10-Skorobogatky, int. 5677-5683 m, dark rock. **D.** Mixtinite breccia (matrix): a – well 2-Skorobogatky, int. 3965-3973 m, striped rock; b – well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m, friable rock; c – well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m, grey rock; d – well 10-Skorobogatky, int. 5677-5683 m, light rock



преобладании (свыше 80%) кальцита (наряду с ним отмечены доломит, сидерит и магнезит) в составе этого «мрамора» в карбонатной (местами апатит-пирит-карбонатной и сильвинит-галит-карбонатной) матрице присутствует около 25-30 минералов (рис. 4, А), содержание которых варьирует в диапазоне от 0,1-0,5 до 2-3%. Среди них, в частности, отмечены: циркон, минералы редких земель (монацит, ксенотим, бастнезит), апатит, баделлеит, волокнистые разновидности амфиболов (тремолит-асбест, рибекит-крокидолит), барит, стронцианит, баритоцелестин, анатаз, которые входят в

типичный набор минералов-индикаторов карбонатов [Фролов и др., 2005]. В изученных пробах (количество их по понятным причинам весьма ограничено и несопоставимо со степенью изученности карбонатов месторождений редких металлов) пока не установлены пирохлор, гатчеттолит – торий-содержащий уранпирохлор (в то же время отмечены уранинит и торинанит) и колумбит (несмотря на присутствие ниобия и тантала в отдельных пробах). Набор элементов с аномально повышенным содержанием РЗЭ, Р, Ti, Ba, Sr, Mn, Fe и других также в значительной мере соответствует карбонатам.

анкерит
кальцит
доломит
пирит
полевой шпат
крокидолит
барит
целестин
ангидрит
хромит
халькопирит
сфалерит
миллерит



ангидрит
кальцит
пирит
сидерит
витгерит
ганит
стронцианит
сфалерит
рутил
шеелит

магнезит
пирротин
доломит
барит
полевой шпат
анальцим
крокидолит (тремолит ?)
гипсбит
кремний

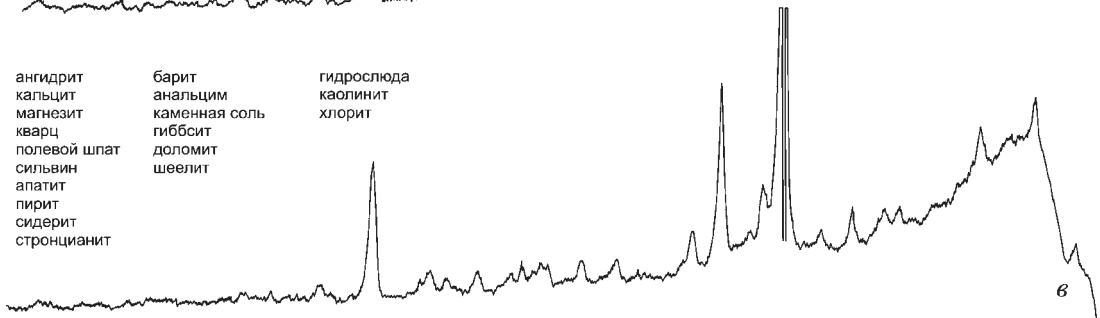
хлорит
гидролюда
смешаннослойные фазы
каолинит



ангидрит
кальцит
магнезит
кварц
полевой шпат
силвин
апатит
пирит
сидерит
стронцианит

барит
анальцим
каменная соль
гипсбит
доломит
шеелит

гидролюда
каолинит
хлорит



ангидрит
кальцит
гипс
барит
целестин
пирит
ксенотим
монацит
апатит
каменная соль
полевой шпат
β - халькозин

анальцим
кварц
α - железо
крокидолит
пиррофиллит
цинкит
пирротин

гидролюда
смешаннослойные фазы



Кроме указанных минералов в обломках карбонатитоподобной брекчии установлено присутствие хромита (в сочетании с наличием существенной примеси хрома в анатазе, рутиле, ильмените и магнетите), что, наряду с повышенным содержанием в породе титана, хрома и никеля, рассматривается как индикатор участия вещества мантии [Рябчиков, 1982].

Цементирующее черное вещество по своей природе близко к ранее изученным

инъекциям ТППВ по стилолитизированным трещинам естественного флюидоразрыва [Лукин, 2000]. Данные рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, а также ИК-спектроскопии свидетельствуют о столь же большом разнообразии его минерального состава, сочетании термодинамически несовместимых фаз, совместном присутствии различных полиморфов углерода и дисульфида железа. На дифрактограммах диагностируется до 30 минералов

(рис. 4, Б). Кроме того, отмечено присутствие минеральных фаз в (полу)аморфном состоянии.

Основными компонентами черного (темного) цемента этих брекчий являются полиморфы углерода (графит, шунгит) и твердые битумы, дисульфиды железа (пирит, а также марказит, «сажистые» полуаморфные фазы типа мельниковита*), карбонаты (кальцит, сидерит, анкерит, магнезит), сульфаты (ангидрит, барит, целестин), хлориды (галит, сильвин), оксиды (кварц, магнетит, гиббсит, хромит, анатаз, рутил), ортосиликаты (циркон), амфиболы (тремолит-асбест, рибекит-крокидолит, арфведсонит), фосфаты (апатит, монацит, ксенотим), филлосиликаты (различные политипы гидрослюда, каолинит, диксит, пиррофиллит, хлорит, тальк), карбиды железа и кальция [Лукин, 2006], а также разнообразные самородные металлы (природные сплавы, интерметаллиды) [Лукин, 2009, 2006]. Такой минеральный состав свидетельствует о суперглубинной природе того конденсированного в виде цементирующего ТППВ «рабочего флюида», который был главным фактором формирования взрывчатых брекчий. Это подтверждается и отмечавшимися аномальными геохимическими особенностями темноцветного пелитоморфного матрикса, химический состав которого по данным различных методов характеризуется, наряду с углеродом, серой, железом, высокими содержаниями фосфора (до 1000‰), титана (до 800), марганца (до 500), бария (до 300), лантана (до 200), церия (до 200), лития (до 200), ванадия (до 100), никеля (до 80), хрома (до 80), скандия (до 30), иттрия (до 30), кобальта (до 8), а также присутствием бериллия (до 3), серебра (до 1), висмута (до 1‰). Как уже неоднократно отмечалось, сочетание аномально повышенных концентраций сидеро- и литофильных, а также халькофильных металлов (включая присутствие некогерентных элементов) свидетельствует о приуроченности источников флюидов и, соответственно, корней плюмов к границе мантии и ядра (слой D^{''}), что подтверждается данными изучения самородно-метал-

* Аномальность такой ассоциации усиливается присутствием, наряду с FeS₂, сульфида железа – пирротина.

лической минерализации ТППВ [Лукин, 2006, 2009].

В пользу возможной карбонатитовой природы данного типа брекчий свидетельствуют и изотопно-геохимические данные. Значения показателя $\delta^{13}\text{C}$ карбонатных включений (обломков белых и светлоокрашенных существенно кальцитовых пород) варьируют от -12 до -5‰ , тогда как значения $\delta^{18}\text{O}$ находятся в интервале $+7 \div +12\text{‰}$, т.е. несколько смещены по сравнению с интервалом значений данного показателя гидротермальных карбонатов ($+8 \div +22\text{‰}$) и существенно легче нормальных морских известняков ($\delta^{18}\text{O} +23 \div +35\text{‰}$).

К генетически информативным минералогическим особенностям данного типа брекчий относятся:

- присутствие разнообразных силикатов, в частности тремолит-асбеста (рис. 5);
- включения кристаллов аутигенного циркона с повышенным содержанием гафния, а также с примесями железа, тория, урана, иттрия, тербия (рис. 6);

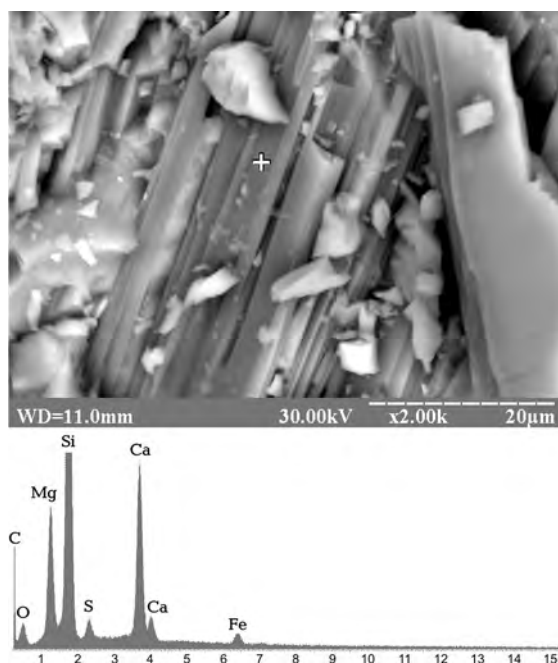


Рис. 5. Тремолит-асбест в белой кристаллически-зернистой карбонатной породе (карбонатитоподобная брекчия), скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м

Fig. 5. Tremolite-asbestos within white crystalline-granular (carbonatite-like breccia), well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m

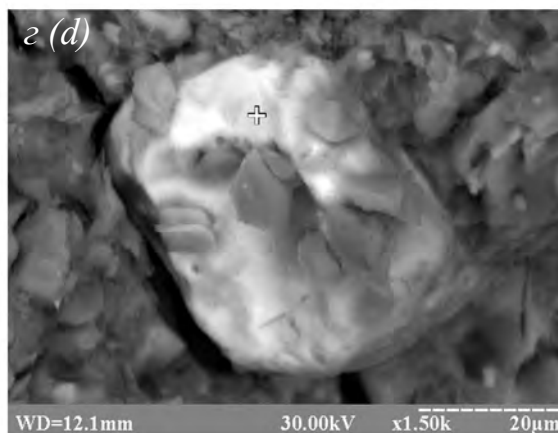
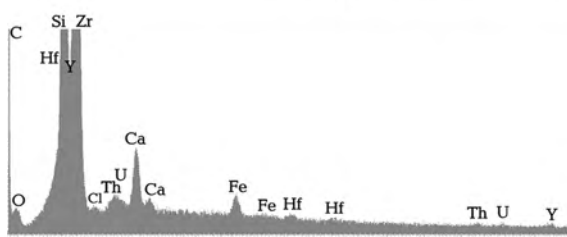
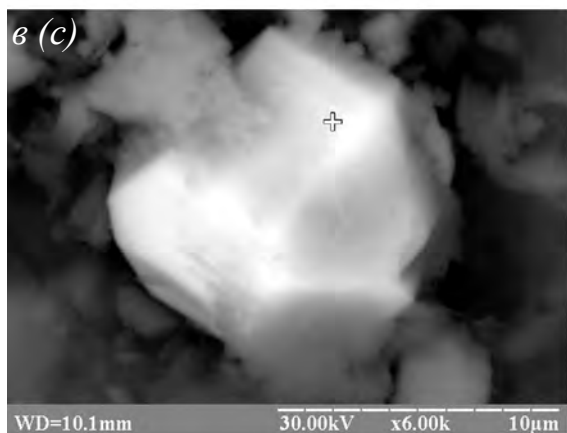
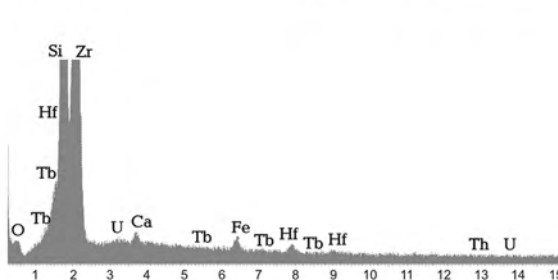
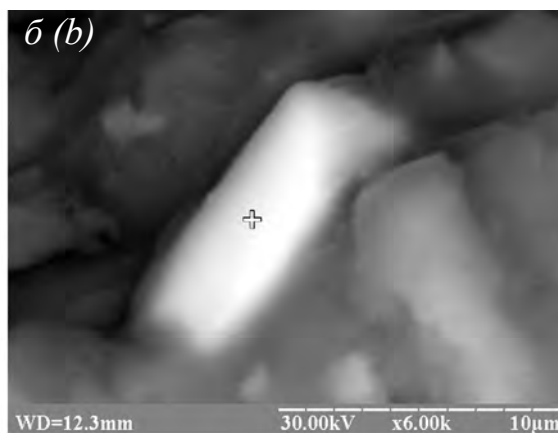
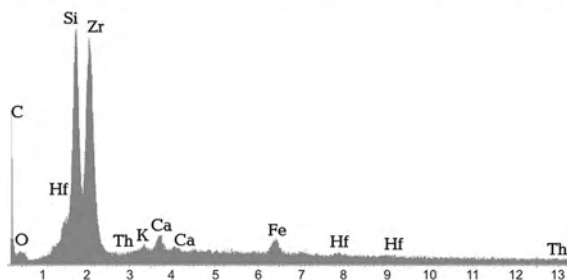
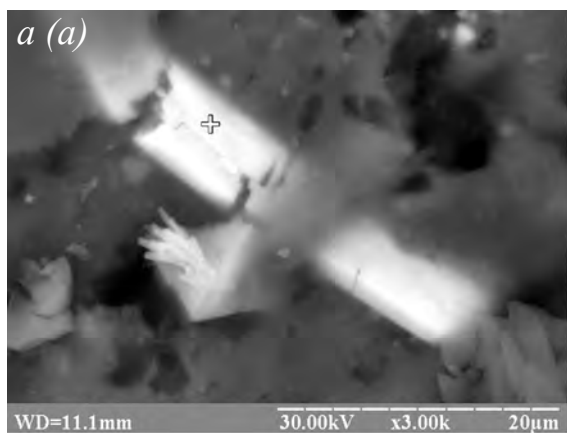


Рис. 6. Включения циркона в карбонатитоподобной брекчии: а – скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м, темноцветный полиминеральный поликомпонентный цемент брекчии; б – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3892-3903 м, обломок белой кристаллически-зернистой карбонатной породы; в – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м, темноцветный полиминеральный поликомпонентный цемент брекчии; г – скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3892-3903 м, обломок белой карбонатной породы

Fig. 6. Inclusion of zircon within carbonatite-like breccia: a – well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044 m, dark-coloured polymineral cement of breccia; b – well 380-Skorobogatky, int. 3892-3903 m, fragment of crystalline-granular carbonate rock; c – well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990m, dark-coloured polymineral polycomponent cement of breccia; d – well 380-Skorobogatky, int. 3892-3903 m, fragment of whit the carbonate rock

– включения ксенотима с широким спектром редкоземельных элементов (помимо иттрия – церий, гольмий, гадолиний, диспрозий, эрбий) (рис. 7);
 – специфическая титановая (рутил, самородный Nb-содержащий титан) минерализация (рис. 8);

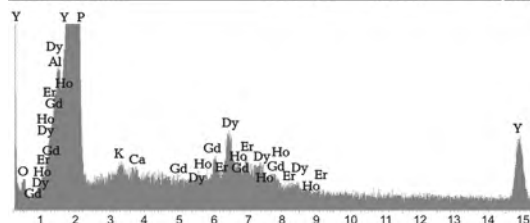
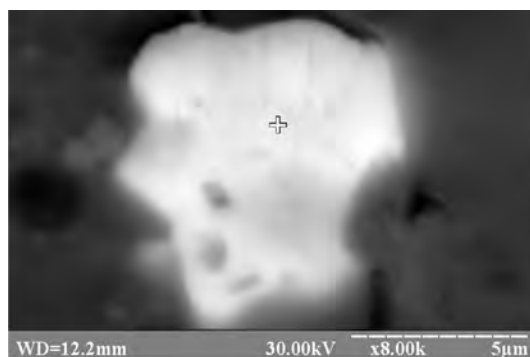
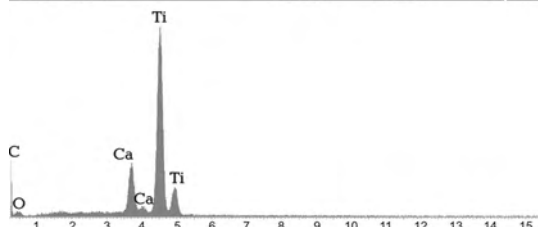
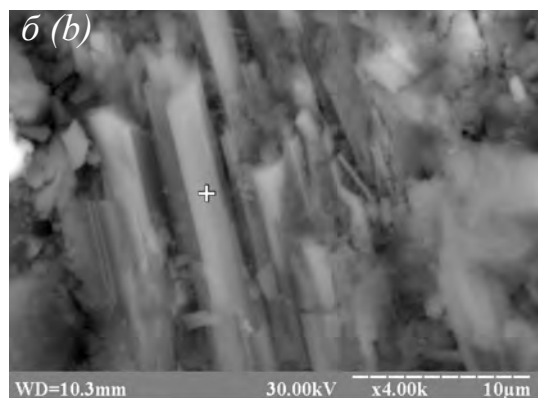
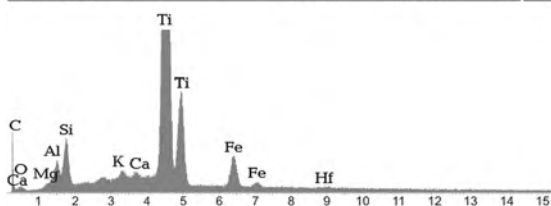
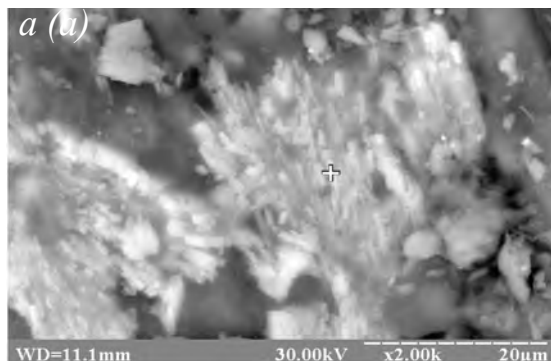


Рис. 7. Ксенотим YPO_4 в карбонатитоподобной брекчии. Скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3892-3903 м, темноцветный полиминеральный поликомпонентный цемент брекчии

Fig. 7. Xenotime YPO_4 within carbonatite-like breccia. Well 380-Skorobogatky, int. 3892-3903 m, dark-coloured polymineral polycomponent cement of breccia

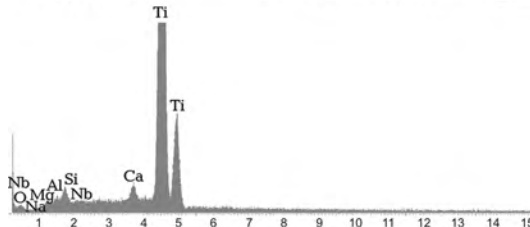
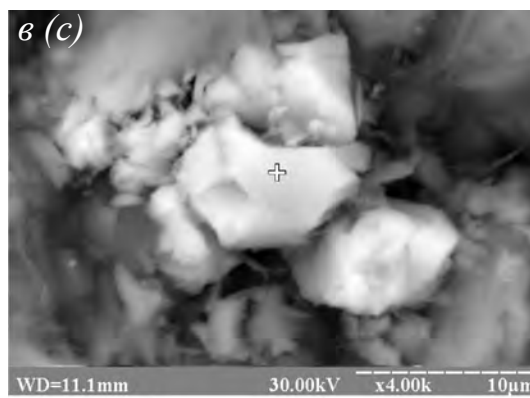


Рис. 8. Минералы титана в карбонатитоподобной брекчии: а – рутил в темноцветном полиминеральном поликомпонентном цементе, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м; б – рутил в обломках белой карбонатной породы, скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м; в – самородный титан (?) в темноцветном полиминеральном поликомпонентном цементе, скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м

Fig. 8. Minerals of titanium within carbonatite-like breccia: a – rutile within dark-coloured polymineral polycomponent cement, well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044 m; б – rutile within fragments of whit the carbonate rock, well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m; в – native Ti (?) within dark-coloured polymineral polycomponent cement, well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m

– самородное железо (α -Fe) с примесью хрома (рис. 9);

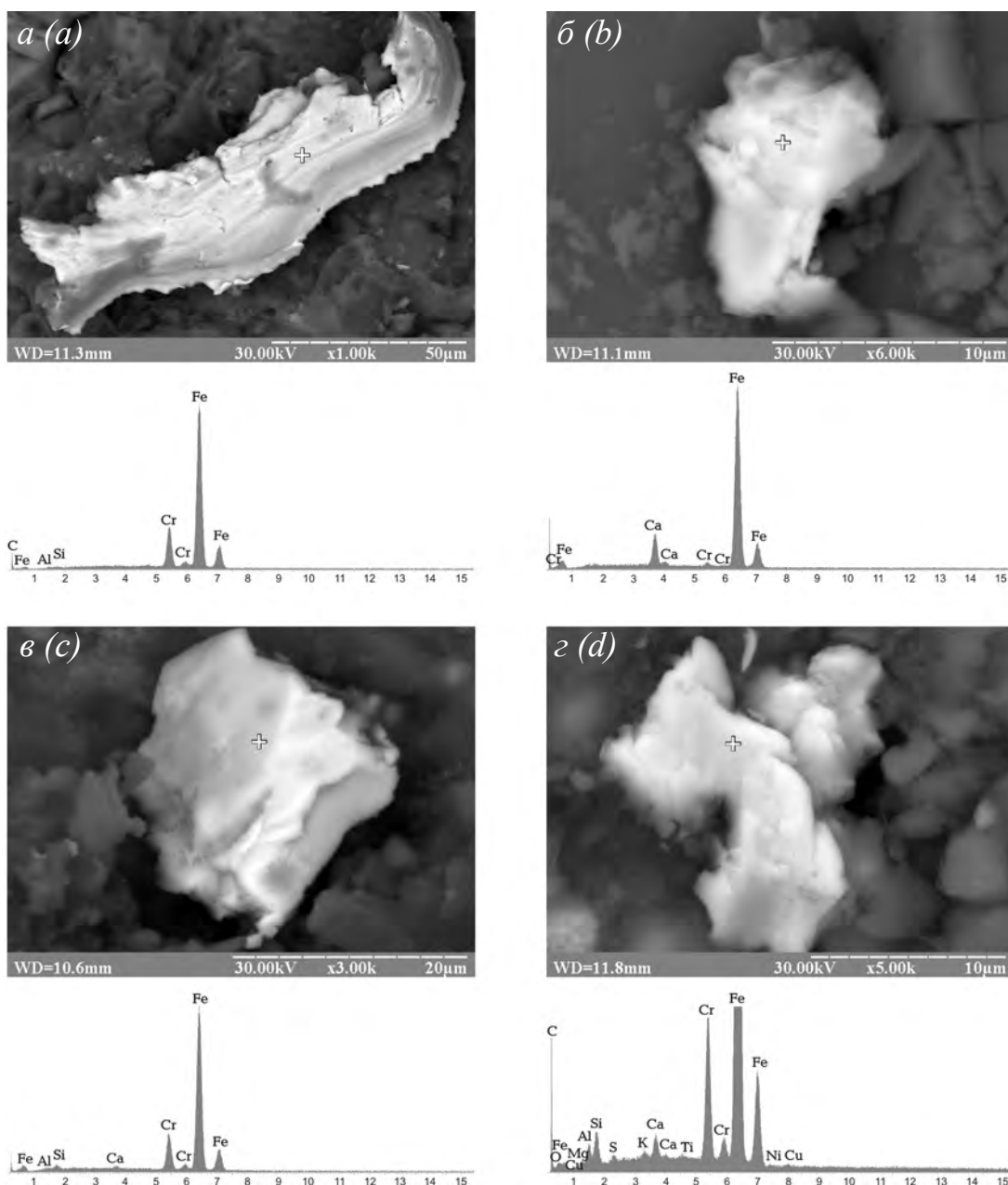


Рис. 9. Включения самородного железа (α -Fe) (с переменным содержанием хрома и других примесей) в карбонатитоподобной брекчии: а – включение зонального строения (по-видимому, сформировавшееся в трещине-каверне), скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м; б – включение железа в обломке белой кристаллически-зернистой карбонатной породы, скв. 10-Скоробогатьковская, инт. 5677-5683 м; в – включение в темноцветном полиминеральном поликомпонентном цементе, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м; г – включение интерметаллида Fe-Cr (с примесями Cu, Ti, Ni) в темноцветном полиминеральном поликомпонентном цементе, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044

Fig. 9. Inclusions of native Fe (α -Fe) (with variable content of Cr and other elements-admixtures) within carbonatite-like breccia: a – inclusion of zone composition (apparently formed within fracture-cavern), well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044 m; b – inclusion of Fe within the fragment of white crystalline-granular carbonate rock, well 10-Skorobogatky, int. 5677-5683 m; c – inclusion within dark-coloured polymineral polycomponent cement, well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044 m; d – inclusion of intermetallide Fe-Cr (with admixtures of Cu, Ti, Ni) within dark-coloured polymineral polycomponent cement, well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044 m

– самородная медь с примесью железа (рис. 10).

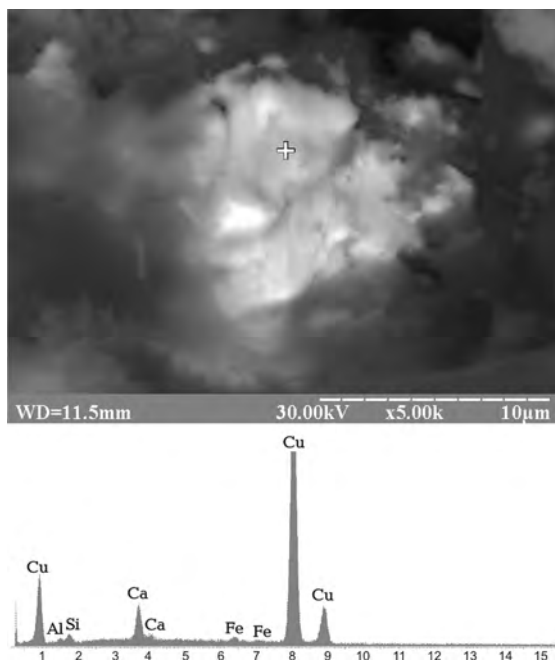


Рис. 10. Включение самородной меди (с примесью железа) в темноцветном полиминеральном поликомпонентном цементе карбонатитоподобной брекчии, скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м

Fig. 10. Inclusion of native Cu (with admixture of Fe) within dark-coloured polymineral polycomponent cement of carbonatite-like breccia, well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m

Углеродистое вещество темноцветного матрикса, цементирующего обломки, характеризуется существенно утяжеленным, по сравнению с нефтями и газами Скоробогатьковского месторождения, составом углерода ($\delta^{13}\text{C} -15 \div -23\text{‰}$), а изотопный состав сульфидной серы находится в пределах метеоритного стандарта ($\delta^{34}\text{S} -0,5 \div +0,5\text{‰}$), что подтверждает (супер)глубинную природу флюида.

Кимберлитоподобные брекчии представляют собой полиминеральные (рис. 4, в) массивные «пудинговые» породы, в которых гетерогенные обломки и различные минеральные включения сцементированы туфоподобным веществом серо-зеленой, серой, реже ржаво-коричневой окраски. Они интенсивно преобразованы вторичными метасоматическими процессами хлоритизации, карбонатизации, серпентинизации. Харак-

терные для кимберлитов вкрапления оливина, а также доломита, пироксена, апатита, перовскита, хромдиоксида замещены здесь различными тонко- и микроагрегатами метасоматических минералов (сидерит, анкерит, кальцит, магнезит, витерит, апатит, анатаз, рутил, минералы группы серпентина, хлорит, каолинит, гидрослюда, тальк, пирофиллит и др.). В то же время весьма информативно присутствие (в концентрациях, достаточных для проявления на дифрактограммах, хотя и не всегда выявляемых электронной микроскопией по «точечным» пробам) редкоземельных и редкометалльных минералов. Это, в частности, монацит ($\text{Ce,La,Nd}\text{PO}_4$ и ксенотим $\text{Y(PO}_4\text{)}$), а также разнообразная по составу и морфологии кристаллических агрегатов титановая минерализация, в составе которой заслуживает особого внимания рутил с примесями вольфрама и ванадия (рис. 11) и самородное железо с примесями редкоземельных (La, Ce) и редких (Ir) металлов. Показательно присутствие аутигенных кристаллов циркона с повышенным содержанием тория и урана.

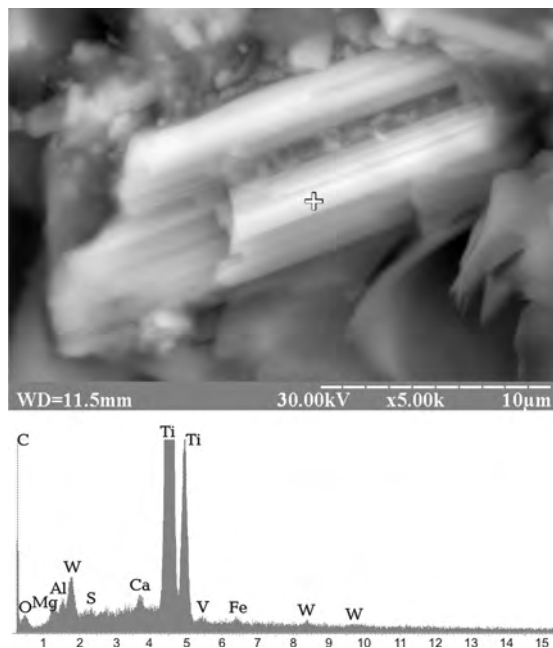


Рис. 11. Рутил с примесью вольфрама и ванадия в кимберлитоподобной брекчии (магний, алюминий, сера, углерод – из породной матрицы), скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м

Fig. 11. Rutile with admixtures of tungsten and vanadium within kimberlite-like breccia (Mg, Al, S, C – from matrix), well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m

Отмечена разнообразная сульфидная гидротермальная минерализация, химический состав которой и морфология кристаллов-вкрапленников свидетельствуют о широком геотермодинамическом (P, T, pH₂S, pCO₂ и др.) диапазоне гидротермального метасоматоза (рис. 11). В то же время установлено большое химическое и морфологическое разнообразие дисперсных самородно-металлических частиц, причем содержание некоторых из металлов (α -Fe, а также Al, Zn, Sn) достаточно значительно (0,1-1%) для появления соответствующих рефлексов на дифрактограммах. Повышенное содержание, геохимическое и морфологическое разнообразие выделений самородного железа (включая присутствие медистого железа) (рис. 12) свидетельствуют об интенсивных процессах ферритизации мантийных силикатных магматических расплавов [Олейников, 1981], к дериватам которой относится данный морфогенетический тип брекчии. Ярким проявлением термодинамической неравновесности этого процесса является наличие сростков самородного железа с пиритом (рис. 13).

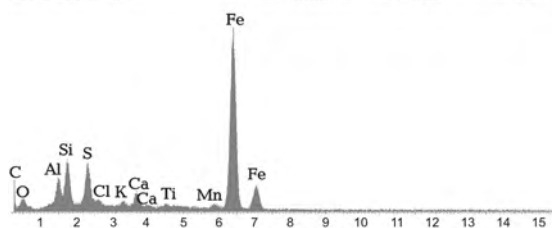
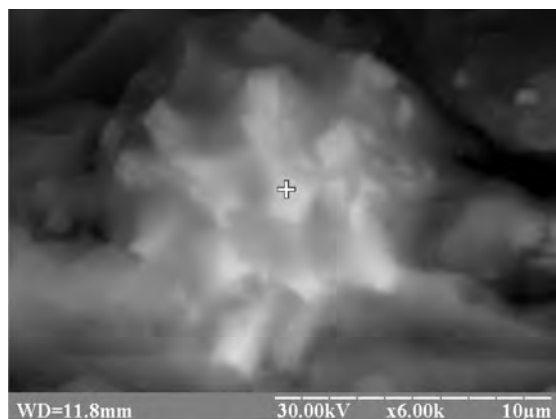


Рис. 13. Сросток самородного железа с пиритом в кимберлитоподобной брекчии, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м

Fig. 13. Accretion of native Fe with pyrites within kimberlite-like breccia, well 2-Skorobogatky, int. 4036-4044 m

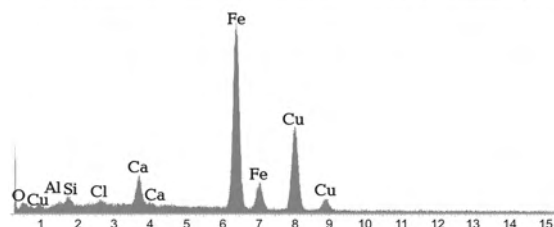
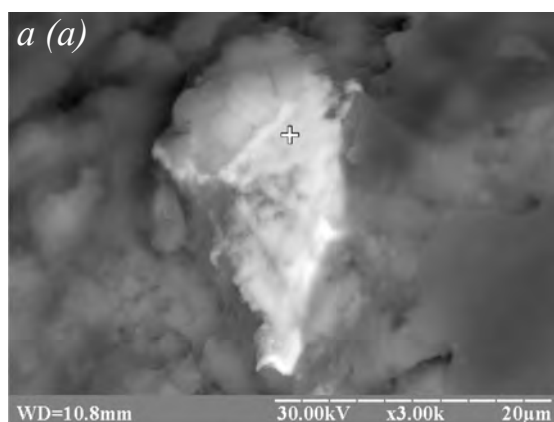
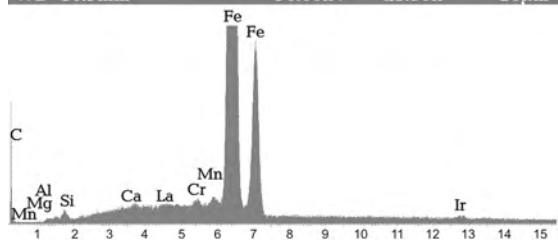
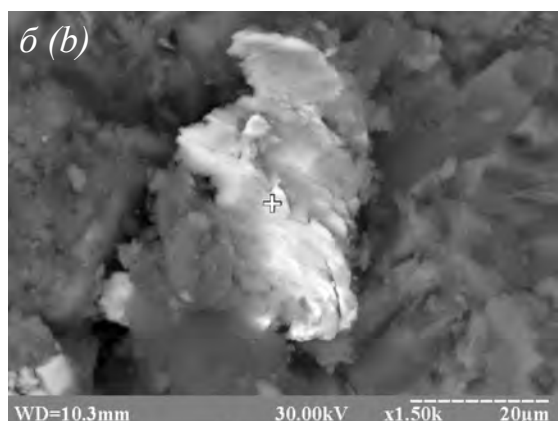


Рис. 12. Включения самородного железа в кимберлитоподобной брекчии: а – медистое железо; б – железо с примесью хрома, марганца, лантана, иридия, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 3965-3973 м

Fig. 12. Inclusions of native Fe within kimberlite-like breccia: а – Cu-containing native iron; б – native iron with admixtures of Cr, Mn, La, Ir, well 2-Skorobogatky, int. 3965-3973 m



О длительной петро- и геохимической эволюции этих магматических очагов, сопровождаемых эксплозивными фазами, свидетельствует высокое содержание изоморфного циркония гафния в цирконах. Несмотря на интенсивный метасоматоз (в широком интервале температур, давлений и физико-химических особенностей рабочих флюидов – от суперглубинных восстановленных метановодородных флюидов до низкотемпературных гидротерм, галокатагенетических растворов и инфильтрационных вод), в брекчиях данного типа сохранились редкие включения индикаторных минералов. В частности, отмечены единичные (здесь следует учитывать уже отмечавшуюся низкую представительность изученных проб, отобранных из керна глубоких скважин, благодаря чему информативность даже единичных находок резко возрастает) включения граната-пироба (рис. 14). Кроме того, по данным рентгеноструктурной дифрактометрии установлено присутствие хромшпинелидов и ганошпинели (ганита) $(Zn, Mg)Al_2O_4$, которые относятся к важным минеральным индикаторам алмазных кимберлитов.

В связи с указанными интенсивными метасоматическими замещениями, петро-

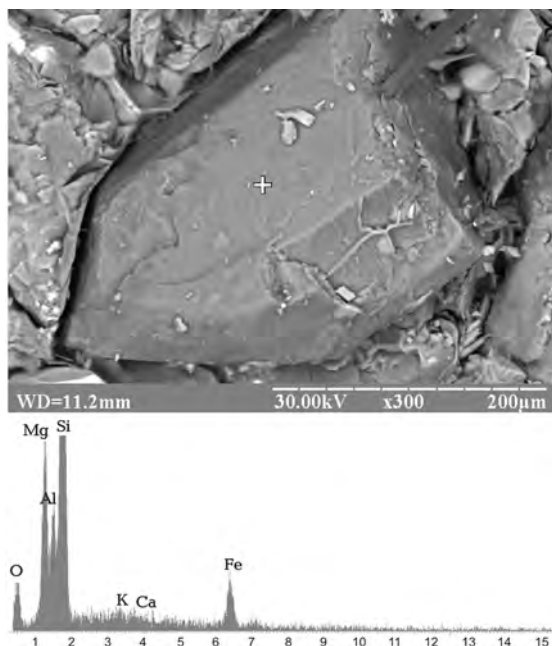


Рис. 14. Пироп в кимберлитоподобной брекчии, скв. 380-Скоробогатьковская, инт. 3981-3990 м

Fig. 14. Pyrope within kimberlite-like breccia, well 380-Skorobogatky, int. 3981-3990 m

химические параметры этих пород недостаточно информативны (хотя, несмотря на интенсивный многофазный метасоматоз, в химическом составе проявляются характерные для кимберлитов количественные соотношения $SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5$). Более показательны геохимические индикаторы (по данным приближенного количественного спектрального и рентгенофлуоресцентного анализов). Это характерные для кимберлитов anomalously повышенные содержания магния, марганца, титана, хрома, калия, фосфора (все указанные элементы, включая те, которые в обычных осадочных породах присутствуют в микроконцентрациях, здесь относятся к разряду макроэлементов), а также никеля, ванадия, РЗЭ (лантан, иттрий, церий), тория, ниобия и др.

Указанные особенности литологии (структуры, текстуры, окраски и т.п.), минералогии и геохимии брекчий данного типа, разумеется, не позволяют отнести их к кимберлитам, но дают основания предполагать генетическую связь с ними. Более того, они позволяют предположить кимберлитовую природу их исходного субстрата, сохранившиеся реликты которого существенно переработаны метасоматическими процессами на последующих стадиях развития соляного диапиризма.

Микстинитовые брекчии, в отличие от двух основных их генетических типов, не образуют самостоятельных тел, а представляют своего рода вкрапления (гнезда) в них, а также связаны с постепенными переходами с кепроками. К их признакам относятся повышенные содержания обломков эвапоритового ангидрита с изотопно тяжелой сульфатной серой (значения $\delta^{34}S$ до $+25\text{‰}$), осадочных известняков с соответствующими показателями изотопного состава углерода ($\delta^{13}C$ $-2 \div +5\text{‰}$) и кислорода ($\delta^{18}O$ $+23 \div +35\text{‰}$), характерного для сероносных соляных куполов anomalously облегченного по углероду ($\delta^{13}C$ $-58 \div -30\text{‰}$) микробиогенного карбоната кальция, а также кластического кварца и т.п. На фоне большого разнообразия минералов в них, наряду с большим содержанием ангидрита, возрастает также характерное для придиопировых брекчий содержание галита и сильвина (рис. 4, Г).

Во всех указанных генетических типах брекчий установлено присутствие минеральных (микро)сферул, которые являются индикаторами специфического флюидного режима [Лукин, 2013]. При этом, наряду с «шариками» железа, нередко образующими гроздевидные сростки, отмечены K, Ca-алюмосиликатно-стеклянные сферулы как одиночные (рис. 15, а), так и с «дочерними» микро- и наносферулами на «базовой» сферуле (рис. 15, б). Предполагаемый механизм их образования связан с кавитацией газовых пузырьков [Адушкин и др., 2006; Новгородова и др., 2003]. Для одиночных микросферул этот механизм «работает». Однако объяснить таким образом возникновение их указанных ассоциаций, как отмечалось ранее [Лукин, 2013], весьма затруднительно. Экспериментальное получение базовых и дочерних сферул из тугоплавкой керамики путем плазменной сфероидизации [Руденская и др., 2009] позво-

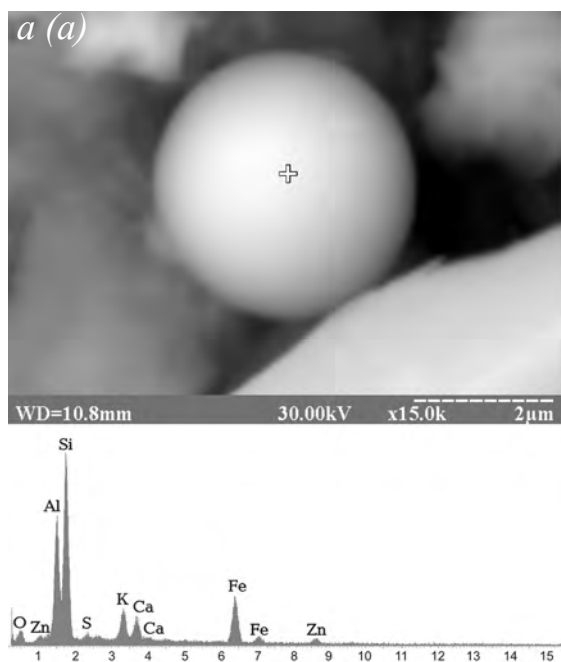


Рис. 15. Минеральные сферулы в кимберлитоподобной брекчии:

а – одиночная микросферула K, Ca-алюмосиликатного состава (с оболочкой самородного железа) в темно-цветном полиминеральном поликомпонентном цементе, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м; б – гроздевидный сросток «базовых» и «дочерних» сферул сложного состава (K, Ca-алюмосиликатное стекло, FeS₂, α-Fe) в белой кристаллически-зернистой карбонатной кавернозно-вторичнопоровой породе, скв. 2-Скоробогатьковская, инт. 4036-4044 м

лило предположить аналогичный генезис указанных природных сростков (рис. 15, б) и усмотреть аналогию между так называемой неидеальной плазмой [Фортов и др., 2004] и суперглубинным флюидом (поликомпонентный, на основе системы H – C – S – N – Fe сверхсжатый газ, насыщенный кластерами и металлическими микро- и наночастицами, о химическом составе которого можно судить по данным геохимического изучения ТППВ) [Лукин, 2013]. Сфероидизация частиц различных тугоплавких материалов (карбиды титана и вольфрама, бораты циркония, керамика) в потоке неидеальной плазмы происходит путем их

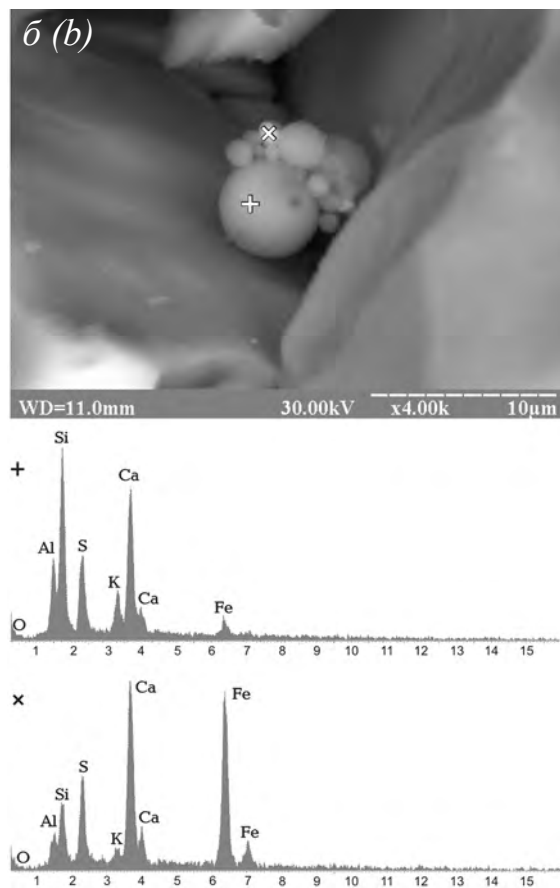


Fig. 15. Mineral sphaerules within kimberlite-like breccia:

а – single microsphaerule K, Ca-aluminosilicate composition (with envelope of native Fe) with dark-coloured polymineral polycomponent cement, well 2-Skorobogatyky, int. 4036-4044 m; б – cluster-like accretion of “base” and “daughter” sphaerules of complicated composition (K, Ca-aluminosilicate, FeS₂, α-Fe) within white crystalline-granular carbonate cavernous-secondary-porous rock, well 2-Skorobogatyky, int. 4036-4044 m

оплавления и практически мгновенного (за $\sim 10^{-6}$ с) остывания. При этом наблюдается установленное недавно новое явление: импульсное деление плазменных сфероидов, сущность которого заключается в «выталкивании» из базовой сферулы дочерних сфер вследствие конвекции в капле расплава [Руденская и др., 2009, с. 78]. Впрочем, независимо от конкретного механизма природного сферулообразования, не вызывает сомнений их связь с взрывными процессами при внедрении в фундамент и стратисферу суперглубинных флюидов [Лукин, 2013]. Присутствие сферул установлено в разновозрастных кимберлитовых трубках различных регионов. При этом, как, в частности, показали результаты детальных исследований кимберлитов трубки Каток (Ангола) [Шафрановский, Зинченко, 2010], они присутствуют практически во всех петрогенетических типах кимберлитов. Это позволило Г.И. Шафрановскому и В.Н. Зинченко предположить, что «сфероиды возникли и перемещались в кимберлитовом (и карбонатитовом. – А.Л., Г.Г.) расплаве под воздействием газовой фазы» [Шафрановский, Зинченко, 2010, с. 64].

Определение абсолютного и относительного возраста придиапировых брекчий представляет собой сложную проблему, что в полной мере относится и к данному объекту исследований. Изотопные датировки (К-Аг-метод, слюдяных минералов) дают чрезвычайно широкий возрастной диапазон. Это свидетельствует, с одной стороны, о присутствии обломков (взрывных фрагментов) архейско-нижнепротерозойского фундамента и додевонского промежуточного комплекса [Лукин, 1997], а с другой – о многофазности формирования брекчий, включая их метасоматическое преобразование. Судя по пространственно-временным соотношениям брекчий с солью и вмещающими отложениями, основной этап их формирования приурочен к позднему девону – раннему карбону. По-видимому, он представлял собой совокупность нескольких фаз взрывного вулканизма на протяжении франа, фамена (формирование верхнедевонских вулканогенных формаций Днепровско-Донецкого авлакогена – ДДА), а также турне и раннего визе (формации соответствующего возраста

характеризуются криптовулканическими литогенетическими индикаторами [Лукин, 1997]). Данные формационного и литогенетического анализа девонских комплексов ДДА [Лукин, 2006] свидетельствуют о том, что начало формирования трубок взрыва было приурочено к воронежскому времени франского века. Оно предшествовало интенсивному евлано-ливленскому (поздний фран) галогенезу. Дальнейшее развитие этих трубок взрыва связано с подключением галокинеза. Именно эти трубки взрыва, приуроченные, согласно общепринятой точке зрения, к узлам пересечений разнонаправленных разломов, послужили теми каналами, в которые на протяжении позднего палеозоя и мезокайнозоя неравномерными темпами (чередование длительных этапов погружения с медленным течением соли под действием гравитационного фактора и относительно кратковременных фаз тектогенеза с более высокими темпами восходящего галокинеза в условиях высоких градиентов тектонических напряжений) нагнеталась соль. Однако высокая интенсивность дислокации взрывных брекчий (выталкивание их основного объема из трубок взрыва с сохранением остатков в приштоковых зонах) говорит об участии в этих процессах эндогенных сил. По-видимому, взрывные процессы сопровождались внедрением глубинной соли. Об этом свидетельствуют, в частности, результаты изучения «расплавных включений в минералах карбонатитов и пространственно ассоциирующими с ними силикатных пород, генетически связанными с разными глубинными недонасыщенными силикатными магмами» (щелочно-ультраосновной, щелочно-базитовой лампроитовой и кимберлитовой), которые показали, что «все глубинные магмы изначально обогащены летучими компонентами, среди которых преобладают углекислота, щелочи, галоиды, сера и фосфор» [Панина, Моторина, 2008, с. 487]. Роль указанных компонентов в петрогенезе многообразна: мантийный метасоматоз и выплавление из вещества мантии глубинных магм (галогенно-карбонатно-силикатные жидкости с последующей дифференциацией на солевой, карбонатитовый расплавы и различные силикатные магмы). Из

таких расслоенных глубинных магматических очагов вследствие эксплозивных процессов в земную кору, наряду с щелочно-ультрабазитовыми и щелочно-базитовыми, кимберлитовыми, лампроитовыми, карбонатитовыми магмами, должны были внедряться и сульфатно-галоидные расплавы. [Представления об эндогенной природе галогенеза высказывали в 1960-1970-е годы Н.А. Кудрявцев (концепция метасоматического формирования ископаемых солей), Л.М. Бирнина (метасоматическое происхождение ангидритов), В.Б. Порфирьев (поступление солей из мантии, внедрявшихся в осадочные бассейны в виде разнообразных по размерам и морфологии соляных куполов и диапиров) и другие советские и зарубежные (W. Rubey, A. Meyerhoff и др.) геологи. Особо следует отметить монографию В.И. Созанского, в которой последовательно развивается концепция «глубинного происхождения мощных толщ ископаемых солей» [Созанский, 1973, с. 192] на основе их устойчивого парагенеза с эффузивами преимущественно основного состава, которые «встречаются среди соленосных формаций настолько часто, что их, наряду с ангидритами, гипсами и известняками, можно рассматривать как основную часть этих толщ» [Фортов и др., 2004, с. 186]. Взгляды эти, однако, не получили широкой поддержки, во-первых, из-за односторонности такой трактовки и игнорирования не только седиментологических, но и физико-химических (см. работы Я. Вант-Гофа, Н.С. Курнакова, М.Г. Валяшко и др.) закономерностей галогенеза, а во-вторых, из-за отсутствия весомых петрологических и геохимических аргументов, которые бы не только констатировали парастерез эффузивов и солей, но и объяснили природу его как генетической ассоциации. В этом отношении более «сбалансированными» являются представления о галогенезе и его различных дериватах (от мощных соленосных формаций до разнообразных галокинетических форм), которые допускают глубинные источники рассолов и базируются на рифтовой модели соленакопления (Красное море) в стратифицированных солеродных бассейнах [Беленицкая, 2000]. Вместе с тем данные современной петрологии, геодинамики и геохимии позволяют

предполагать участие в соляной тектонике и интрузий соляных расплавов – продуктов дифференциации мантийных магматических очагов.]

Участие глубинных солевых расплавов в формировании соляных диапиров подтверждается целым рядом особенностей минералогии и геохимии как самой штоковой соли, так и парагенетичных им разнообразных по составу минеральных образований. Помимо приштоковой брекчи и ксенолитов различных пород, это гидротермальная минерализация, рудоносность и нафтидоносность широкого термодинамического и фазово-геохимического диапазона. Данная многоаспектная дискуссионная проблема требует специального рассмотрения, что не является задачей данной работы. Отметим лишь, что имеющиеся данные свидетельствуют о том, что соляные диапиры представляют собой не только морфологически-, но и генетически-гетерогенные образования. В их формировании участвуют как эндогенные (суперглубинные безводные флюиды и связанный с ними метасоматоз и магматизм; гидротермы и гидротермальный метасоматоз), так и экзогенные (осадочные породы и подземные воды соленосных бассейнов, гипергенез) факторы. Характерные для различных эксплозивных структур (от кимберлитовых и тому подобных трубок взрыва до вулканотектонических депрессий с игнимбритами и лавобрекчиями) игнимбриты и воронкообразные расширения верхних сегментов можно объяснить особенностями взаимодействия взрывных процессов с петрофизически зональным формационным разрезом и, в частности, со снижением плотности и прочности вмещающих отложений в его верхнем сегменте. Геолого-геофизические особенности строения различных взрывных структур свидетельствуют о наличии конусообразных расширений не только на терминальной, но и на более древних стадиях их формирования. Это позволяет, в частности, предположить, что трубки взрыва являлись не только каналами, по которым поступала магма различного состава и другие глубинные флюиды, но и своего рода воронками, которые «засасывали» осадочную соль из пластов

(спорадически – с фрагментами терригенно-карбонатно-эвапоритового переслаивания).

Карбонатито- и кимберлитоподобные придиапировые взрывные брекчии характеризуют начальный этап соляного диапиризма, которому предшествовало заложение в узлах пересечения (сочленения) рифтогенных разломов магматических очагов (с последующей дифференциацией на несмешивающиеся карбонатитовую, кимберлитовую магмы и соляной расплав). Последующие этапы роста соляных диапиров связаны с фазами тектоно-термальной активизации, установленными как по данным палеотектонических реконструкций, так и по результатам изучения разновозрастной гидротермальной минерализации и нефтидогенеза [Китык и др., 1981; Лукин, 1997, 1999; Шумлянский, Безуглая, 1995 и др.]. В частности, интенсивный рост диапиров с «ядрами протыкания» зафиксирован на границах перми – триаса, ранней-средней юры, мела – палеогена, миоцена – плиоцена. Эти фазы сопровождались интенсивным гидротермальным метасоматозом взрывных брекчий, сохранившихся на периферии соляных штоков.

Заключение

Таким образом, соляные диапиры представляют собой генетически гетерогенные геологические тела. Это весьма специфичные литогеодинамические парагенезы, важнейшим (с точки зрения генетического моделирования соляного диапиризма) звеном которых являются придиапировые взрывные брекчии. Участие в их формировании эндо- и экзогенных факторов обуславливает формирование комплекса полезных ископаемых (K–Mg соли и каменная соль, руды полиметаллов, ртути, урана и тория, самородной серы, а также битумы, нефть и газ). Наличие признаков карбонатитовой и кимберлитовой природы взрывных брекчий позволяет ставить вопрос о связанных с соляными диапирами перспективах поисков не только полиметаллического, редкоземельного и редкометалльного оруденения, но также алмазов.

Все изложенное позволяет рассматривать соляные диапиры, перфорирующие осадочную толщу в широком стратиграфи-

ческом, формационном и глубинном диапазоне, как многофункциональные и многофазные трубы глубинной дегазации (термин, предложенный П.Н. Кропоткиным), что согласуется с современными геофизическими данными о наличии у них суперглубинных «корней», приуроченных к мантийным магматическим очагам. Физико-химический и геотермодинамический режимы указанных процессов дегазации варьировали в широких диапазонах значений температур, давлений, фугитивности кислорода, $p\text{CO}_2$, $p\text{H}_2\text{S}$ и других параметров. Поэтому в пределах соответствующих гигантским соляным диапирам сквозьформационных флюидопроводящих систем [Лукин, 2004] наблюдается суперпозиция разнообразных проявлений как «горячей», так и «холодной» дегазации (в понимании П.Н. Кропоткина). С последней, в частности, связан широкий фазово-геохимический диапазон (твердые битумы – тяжелые высоковязкие нефти – газоконденсатные системы, сухой метановый газ) нефтидогенеза и нефтегазонакопления. Преобладающие в составе многопластового Скоробогатьковского месторождения газоконденсатные залежи сформировались во время терминальной плиоцен-четвертично-голоценовой фазы дегазации [Лукин, 1999].

Выполненные в 2005 г. (по заказу Черниговского отделения УкрГГРИ) И.Д. Багрием, Т.А. Знаменской, И.И. Адаменко и др. (при участии Г.Г. Гончарова) на Песочанской и Скоробогатьковской площадях (суммарно ~37 км²) атмогеохимические исследования свидетельствуют о современной глубинно-дегазационной активности данной сквозьформационной флюидопроводящей системы. Это, в частности, проявляется в наличии аномальных приповерхностных концентраций газообразных углеводородов (метан, этан, пропан, бутан, изобутан), водорода и гелия над Песочанским штоком и смежными участками [Наукове..., 2005], что свидетельствует о текущей флюидодинамической активности Днепровско-Донецкого плюма и согласуется с данными о недавнем (плиоцен-четвертичном) и современном формировании глубокозалегающих газоконденсатных систем центральной части ДДВ [Лукин, 2014].

Список литературы / References

1. Адушкин В.В., Андреев С.Н., Попель С.И. Формирование нано- и микросферул минералов в рудных месторождениях в зависимости от глубины залегания вмещающей породы. *Геология рудных месторождений*. 2006. Т. 48, № 3. С. 273–280.
Adushkin V.V., Andreev S.V., Popel S.I., 2006. Formation of nano- and microspherules in minerals of ore fields depending on the depths of host rocks lying. Geologiya rudnikh mestorozhdeniy, vol. 48, № 3, p. 273–280 (in Russian).
2. Атлас родовищ нафти і газу України. Східний нафтогазоносний регіон. Т. 2. Львів: УНГА, 1998. 923 с.
Atlas of oil and gas fields of Ukraine. Eastern oil-and-gas bearing region. Vol. 2. Lviv: UNGA, 1998, 923 p. (in Ukrainian).
3. Беленицкая Г.А. Соленосные осадочные бассейны. Литолого-фациальный, геодинамический и минералогический анализ. *Осадочные бассейны России*. Вып. 4. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 72 с.
Belenitskaya G.A., 2000. Saliferous sedimentary basins. Litologic-facial, geodynamic and mineralogical analysis. Sedimentary basins of Russia. Iss. 4. St. Petersburg: Izdatelstvo VSEGEI, 72 p. (in Russian).
4. Китык В.И. Соляная тектоника Днепровско-Донецкой впадины. Киев: Наук. думка, 1970. 204 с.
Kityk V.I., 1970. Salt tectonics of Dnieper-Donets depression. Kiev: Naukova Dumka, 204 p. (in Russian).
5. Китык В.И., Белоус И.Р., Долишний Б.В., Родина Э.К., Сливко Е.П., Флоринская В.Н. Ртутоносность соляных куполов Днепровско-Донецкой впадины. Киев: Наук. думка, 1981. 164 с.
Kityk V.I., Belous I.R., Dolishnyi B.V., Rodina E.K., Slivko E.P. Florinskaya V.N., 1981. Mercury-bearingness of salt domes of Dnieper-Donets depression. Kiev: Naukova Dumka, 164 p. (in Russian).
6. Лукин А.Е. Инъекции глубинного углеводородно-полиминерального вещества в глубокозалегающих породах нефтегазоносных бассейнов: природа, прикладное и гносеологическое значение. *Геол. журн.* 2000. № 2 (300). С. 7–21.
Lukin A.E., 2000. The injectios of deep-earth hydrocarbons-polymineral matter in deep-lying rocks of petroliferous basins: nature, applied and gnosiological significance. Geologichnyy zhurnal, № 2 (300), p. 7–21 (in Russian).
7. Лукин А.Е. Литогейдинамические факторы нефтегазоаккумуляции в авлакогенных бассейнах. Киев: Наук. думка, 1997. 225 с.
Lukin A.E., 1997. Lithogeydinamical factors of oil-gas-accumulation in aulacogene basins. Kiev: Naukova Dumka, 225 p. (in Russian).
8. Лукин А.Е. Минеральные сферулы – индикаторы специфического флюидного режима рудообразования и нафтидогенеза. *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35, № 6. С. 10–53.
Lukin A.E., 2013. Mineral spherules – indicators of specific fluid regime of ore farmation and naphtidogenesis. Geofizicheskiy zhurnal, vol. 35, № 6, p. 10–53 (in Russian).
9. Лукин А.Е. О промышленно газоносных палеозойских травертинах. *Докл. АН СССР*. 1992. Т. 326, № 1. С. 143–148.
Lukin A.E., 1992. On commercially gasiferous paleozoic travertines. Doklady AN SSSR, vol. 326, № 1, p. 143–148 (in Russian).
10. Лукин А.Е. О сквозьформационных флюидопроводящих системах в нефтегазоносных бассейнах. *Геол. журн.* 2004. № 3 (309). С. 34–45.
Lukin A.E., 2004. On through-formations fluid-conducting systems in petroliferous basins. Geologichnyy zhurnal, № 3 (309), p. 34–45 (in Russian).
11. Лукин А.Е. О фазах нафтидогенеза – нефтегазоаккумуляции. *Докл. РАН*. 1999. Т. 369, № 2. С. 238–240.
Lukin A.E., 1999. On the phases of naphtidogenesis. Doklady RAN, vol. 369, № 2, p. 238–240 (in Russian).
12. Лукин А.Е. Самородно-металлические микро- и нановключения в формациях нефтегазоносных бассейнов – трассеры суперглубинных флюидов. *Геофиз. журн.* 2009. Т. 31, № 2. С. 61–92.
Lukin A.E., 2009. Native-metallic micro- and nano-inclusions in formations of petroliferous basins – trassers of superdeep fluids. Geofizicheskiy zhurnal, vol. 31, № 2, p. 61–92 (in Russian).
13. Лукин А.Е. Самородные металлы и карбиды – показатели состава глубинных геосфер. *Геол. журн.* 2006. № 4 (317). С. 17–46.
Lukin A.E., 2006. Native metals and carbides – the indicators of deep geospheres. Geologicheskii zhurnal, № 4 (317), p. 17–46 (in Russian).
14. Лукин А.Е. Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36, № 4. С. 3–21.
Lukin A.E., 2014. Hydrocarbon potential of great depths and prospects of its mastering in Ukraine. Geofizicheskiy zhurnal, vol. 36, № 4, p. 3–21 (in Russian).
15. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины. Москва: Недра, 1977. 102 с.
Lukin A.E., 1977. Formations and secondary alterations of carboniferous deposits of Dnieper-Donets depression. Moscow: Nedra, 102 p. (in Russian).

16. Лукін О.Ю. Девон Дніпровсько-Донецького авлакогену (тектоно-седиментаційні комплекси, формації, генетичні типи відкладів та літогеодинаміка). *Геол. журн.* 2006. № 2–3 (316). С. 26–47.

Lukin A.E., 2006. Devonian of Dnieper-Donets aulacogen (tectonic-sedimentation complexes, formations, genetic types of deposits and lithogeodynamics). *Geologichnyy zhurnal*, № 2–3 (316), p. 26–47 (in Ukrainian).

17. Наукове обґрунтування нафтогазоносності Пісочанської площі, прилеглої до Скоробогатківського нафтогазоконденсатного родовища (звіт) / відп. вик. Багрій І.Д. Київ: ІГН НАН України, 2005. 19 с.

Scientific substantiation of hydrocarbon potential of Pisochanskaya site adjacent to Skorobogatskoe oil-gas-condensate field (scientific report) / Responsible executor Bagriy I.D. Kiev: IGN NAN Ukraine, 2005, 19 p. (in Ukrainian).

18. Новгородова М.И., Андреев С.Н., Самохин А.А. и др. Кавитационные эффекты в образовании минеральных микросферул в гидротермальных растворах. *Докл. РАН.* 2003. Т. 389, № 5. С. 669–671.

Novgorodova M.I., Andreev S.N., Samochin A.A. et al., 2003. Cavitation effects in origin in microspherules in hydrothermal solutions. *Doklady RAN*, vol. 389, № 5, p. 669–671 (in Russian).

19. Олейников Б.В. Металлизация магматических расплавов и ее петрологические и рудогенетические следствия. В кн: *Самородное минералообразование в магматическом процессе.* Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1981. С. 5–11.

Oleynikov B.V., 1981. Metallization of magmatic melts and its petrological and ore-genetic consequences. In: *Native minerals formation in magmatic process.* Yakutsk: Yakutskiy filial SO AN SSSR, p. 5–11 (in Russian).

20. Панина Л.И., Моторина И.В. Жидкостная несмешимость глубинных магм и зарождение карбонатитовых расплавов. *Геохимия.* 2008. № 5. С. 487–504.

Panina L.I., Motorina I.V., 2008. Liquide unmixness of deep magmas and origin of carbonatite melts. *Geochimiya*, № 5, p. 487–504 (in Russian).

21. Планета Земля: Энциклопед. справочник. Тектоника и геодинамика / гл. ред. Л.И. Красный. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 648 с.

The planet Earth. The encyclopaedic reference book. Tectonics and geodynamics. St. Petersburg: Izdatelstvo VSEGEI, 2004, 648 p. (in Russian).

22. Руденская Н.А., Швейкин Г.П., Соколова Н.В. Импульсное деление плазменных сфероидов. *Докл. РАН.* 2009. Т. 429, № 1. С. 76–78.

Rudenskaya N.A., Shveikin G.P., Sokolova N.V., 2009. Impuls division of plasma spheroids. *Doklady RAN*, vol. 429, № 1, p. 76–78 (in Russian).

23. Рябчиков И.Д. Флюидный массоперенос и мантийное магмаобразование. *Вулканология и сейсмология.* 1982. № 5. С. 3–9.

Ryabchikov I.D., 1982. Fluid mass-transfer and mantle magma-formation. *Vulkanologiya i seismologiya*, № 5, p. 3–9 (in Russian).

24. Созанский В.И. Геология и генезис соленосных образований. Киев: Наук. думка, 1973. 199 с.

Sozanskiy V.I., 1973. Geology and genesis of saliferous formation. Kiev: Naukova Dumka, 199 p. (in Russian).

25. Толковый словарь английских геологических терминов / под ред. М. Гера, М. Мак-Афа, К. Вульфа. Т. 1. Москва: Мир, 1978. 587 с.

Glossary of geology / Eds.: Margaret Gary, Robert Mc Afee, Carol L. Wolf. Vol. 1. Moscow: Mir, 1978, 587 p. (in Russian).

26. Фортвов В.Г., Храпак А.Г., Якубов И.Т. Физика неидеальной плазмы. Учеб. пособие. Москва: Физматлит, 2004. 528 с.

Fortov V.G., Hrapak A.G., Yakubov I.T., 2004. The physics of non-ideal plasma. Textbook. Moscow: Fizmatlit, 528 p. (in Russian).

27. Фролов А.А., Лапин А.В., Толстов А.В., Зинчук Н.Н., Белов С.В., Бурмистров А.А. Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерогения, прогноз). Москва: НИИ-Природа, 2005. 540 с.

Frolov A.a., Lapin A.V., Tolstov A.V., Zinchuk N.N., Belov S.V., Burmistrov A.A., 2005. Carbonatites and kimberlites (interrelations, minerogene, forecasting). Moscow: NIA-Priroda, 540 p. (in Russian).

28. Шафрановский Г.И., Зинченко В.Н. Сфероиды из пород кимберлитовой трубки Каток (Северо-Восточная Ангола). *Материалы Междунар. науч. конф.*, Санкт-Петербург, Федоровская сес. Санкт-Петербург, 2010. С. 63–69.

Shafranovskiy G.I., Zinchenko V.N., 2010. Spheroids from the rocks of kimberlite pipe Katoka (North-Eastern Angola). *Proceeding of the International Scientific Conference*, St. Peterburg, Fedorovskaya ses., p. 63–69 (in Russian).

29. Шумлянский В.А., Безуглая М.В. Рудонность соляных куполов. Киев: Ин-т фундамент. исслед., 1995. 66 с.

Shumljanskiy V.A. Bezuglaya M.V., 1995. Ore potential of salt domes. Kiev: Institute of Fundamental Research, 66 p. (in Russian).

Статья поступила
02.09.2015