

ФЛЮИДНЫЙ ЛИТОГЕНЕЗ – ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В XXI ст.

А.Е. Лукин

*Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: lukinalexander@mail.ru
Доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Украины, главный научный сотрудник.*

Системный кризис в науках о Земле на рубеже XX и XXI ст. коснулся и литологии, которая нуждается в смене парадигмы. Необходима увязка теории литогенеза с современными тектоно-геодинамическими представлениями и, в частности, с плюм-тектоникой. Для решения этой проблемы ключевое значение имеет изучение различных проявлений флюидного литогенеза, связанных с кон- и постседиментационным внедрением (супер)глубинных флюидов в бассейны осадочного породообразования на различных стадиях их тектоно-геодинамической эволюции. Продукты флюидного литогенеза в указанной трактовке представляют собой особый (по сравнению с обычными осадочными породами и жильной минерализацией) тип минеральных агрегатов, который было предложено именовать пригожинитами.
Ключевые слова: литология, флюиды, флюидный литогенез.

FLUID-DERIVED LITHOGENESIS – THE MOST IMPORTANT DIRECTION OF LITHOLOGICAL INVESTIGATIONS IN XXI CENTURY

A.E. Lukin

*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: lukinalexander@mail.ru
Doctor of geological-mineralogical sciences, professor, academician of NAS of Ukraine, main scientific worker.*

System crisis in the Earth sciences at the boundary of XX and XXI centuries have touched upon lithology which needs in paradigm changing. Co-ordination of the lithogenesis theory with present-day tectonic-geodynamical concepts and plume-tectonics in particular. The investigation of different manifestations of fluid lithogenesis (connected with con- and postsedimental injection of deep and buperdeep fluids in basins of sedimentary rock-forming processes at different stages of their tectonic-geodynamical evolution) are of the key significance for the solution of this problem. Derivatives of fluid lithogenesis in such interpretation are, of special (as compared with usual sedimentary rocks and veins mineralization) type of mineral aggregates for which was suggested the name «prigoginites».
Key words: lithology, fluids, fluid lithogenesis.

ФЛЮЇДНИЙ ЛІТОГЕНЕЗ – НАЙВАЖЛИВІШИЙ НАПРЯМ ЛІТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В XXI ст.

О.Ю. Лукін

*Институт геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: lukinalexander@mail.ru
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, академік НАН України, головний науковий співробітник.*

Системна криза в науках про Землю на межі XX і XXI ст. торкнулася й літології, що потребує зміни парадигми. Необхідне ув'язування теорії літогенезу із сучасними тектоно-геодинамічними уявленнями і, зокрема, з плюм-тектонікою. Для вирішення цієї проблеми ключове

значення має вивчення різних проявів флюїдного літогенезу, пов'язаних з кон- і постсидиментаційним вторгненням (супер)глибинних флюїдів у басейни осадового породоутворення на різних стадіях їх тектоно-геодинамічної еволюції. Продукти флюїдного літогенезу у вказаному трактуванні являють собою особливий (порівняно зі звичайними осадовими породами і жильною мінералізацією) тип мінеральних агрегатів, який було запропоновано йменувати пригожинітами.

Ключові слова: літологія, флюїди, флюїдний літогенез.

Введение

На рубеже XX и XXI ст. в науках о Земле наблюдается предреволюционный системный кризис, который, наряду с физикой Земли, тектоникой и геодинамикой, петрологией и геохимией, металлогенией и нефтидологией, коснулся и литологии (будем пользоваться этим традиционным термином, который предпочтительнее общепринятого в англоязычной литературе, но по смыслу гораздо более узкого термина «седиментология»). Более того, поскольку предметом изучения для литологии является осадочная оболочка – стратисфера (именно в ней сосредоточена основная информация по тектоно-геодинамической и флюидодинамической эволюции нашей планеты), она должна сыграть особую роль в преодолении этого кризиса и создании новой геонаомической парадигмы. Эмпирические литологические данные (литостратиграфия, структура и морфология литом, петрография, минералогия и геохимия осадочных пород, палеоэкология и палеонтология, фации и формации) определяют критерии подтверждения или опровержения различных тектоно-геодинамических концепций, наиболее перспективной из которых в настоящее время является концепция плюм-тектоники.

В отличие от геотектоники, количество глобальных литологических концепций крайне ограничено. Это предложенная Л.В. Пустоваловым концепция осадочной дифференциации и разработанная Н.М. Страховым теория литогенеза.

Л.В. Пустовалов трактовал процесс осадконакопления как последовательное механическое, физическое и химическое разделение осадочного материала в седиментационных бассейнах на разных стадиях геотектонического развития, существенно различных по соотношению терригенной и хемогенной седиментации. Произведя большое впечатление на современников

(высокие оценки некоторых крупных геохимиков и тектонистов, в частности А.Е. Ферсмана, В.А. Обручева, М.А. Усова, Н.С. Курнакова и др.) и удостоенная Сталинской премии I степени, изданная в 1940 г. двухтомная «Петрография осадочных пород» Л.В. Пустовалова не оказала существенного влияния на дальнейшее развитие литологии. Ученик Я.В. Самойлова, создателя учения о биолитах, одного из инициаторов изучения современного осадконакопления (основоположника «геологии моря» в СССР) и одного из создателей сравнительно-литологического метода [Страхов, 1970], Л.В. Пустовалов после безвременной смерти своего учителя в 1932 г. пошел по совершенно другому пути создания умозрительной концепции на основе дедуктивного метода и потерпел закономерное поражение в известной литологической дискуссии (начало 1950-х годов), поскольку указанная методология чужда наукам о Земле.

Иная судьба оказалась у созданной Н.М. Страховым теории литогенеза – парадигмы литологии второй половины XX в. В отличие от дедуктивной концепции Л.В. Пустовалова, она базируется на прочном эмпирическом основании, сформированном, с одной стороны, «суммой знаний современного осадкообразования» [Страхов, 1963, с. 62], а с другой – эффективностью и плодотворностью сравнительно-литологического метода. Поэтому, в отличие, например, от осадочно-миграционной теории нефтидогенеза, применительно к литологии речь не идет о полной смене базовой концепции, поскольку сама конструкция страховского учения о литогенезе позволяет адаптировать ее к новым данным о непосредственном влиянии геодинамических и флюидодинамических факторов на литогенез и вторичные изменения осадочных пород.

Вместе с тем, как уже отмечалось [Лукин, 1997, 2007, 2008], литология нуждается в смене старой парадигмы, согласно которой: а) связь седиментации с тектоникой осуществляется опосредованно («через рельеф») и б) осадочные формации не несут геодинамической информации и признаков участия в их формировании флюидов из глубинных геосфер. [Здесь следует отметить, что Н.М. Страхов, определяя в качестве ведущих факторов литогенеза климат, геоморфологию и гидрологию, не отрицал и непосредственного участия в осадочном породообразовании глубинных факторов. Так, еще в 1974 г. он отметил, что «вся юго-восточная часть Тихого океана выглядит как сильно пронизываемая часть океанического ложа, своего рода решето, сквозь отверстия которого осуществляется дегазация участков верхней мантии» [Страхов, 1974а, с. 24]. Однако, характеризуя роль эксгаляций на срединно-океанических хребтах как источниках рудных элементов в океанических осадках [Страхов, 1974б], он дал ей очень низкую количественную оценку, отметив «крайне малую напряженность эксгаляций в единицу времени» – $1,8 \div 15,56 \text{ м}^2/\text{см}^2$ за тысячу лет, несмотря на то, что, по его же признанию, «распределение интенсивностей эксгаляций в океанах в $\text{мг}/\text{см}^2$ за 1000 лет хорошо согласуется с распределением железо-марганцевого модуля». Тем не менее, Г.С. Дзоценидзе, который, изучая Чиатурское месторождение марганца, доказывал эндогенную природу этого и других осадочно-марганцевых месторождений, отмечал, что именно Н.М. Страхов является «основоположником направления, условно называемого вулканогенно-осадочным литогенезом» [Дзоценидзе, 1970, с. 64.] Таким образом, вопреки распространенному в последние годы мнению, создатель теории литогенеза, в отличие от своих последователей, достаточно широко смотрел на роль различных источников осадконакопления, допуская участие в седиментогенезе эндогенных, причем не только вулканических, факторов. Однако при этом он ограничивал участие этих факторов «дегазацией участков верхней мантии» [Страхов, 1974а,

с. 24] и не придавал какого-либо значения эндогенным факторам в образовании основного набора формаций литосферы. В то же время он (как и в еще большей мере Л.В. Пустовалов) не придавал существенного значения в литогенезе и биогенным факторам, которые в свете современных данных связаны не только с солнечной, но и с эндогенной энергией (и веществом), что наиболее ярко проявляется в биокарбонатном рифообразовании (барьерные рифы, мегаатоллы и др.) и накоплении черносланцевых формаций. Выяснение природы последних имеет особое значение как в теоретическом (этот объект – один из наиболее показательных для изучения связи биогенных факторов с энергетикой и веществом восходящих потоков глубинных флюидов), так и в прикладном (черносланцевые формации эвксинского типа – основной генетический тип мегаловушек сланцевого газа) отношении.

Черносланцевые формации эвксинского типа как пример ограниченности климатической типизации литогенеза

В свое время (свыше 50 лет тому назад) Н.М. Страхов выделил «фациальные типы горючесланцевых накоплений». Он употреблял термин «горючие сланцы» практически как синоним «черных сланцев» в современном понимании, рассматривая девонский доманик, ордовикские и силурийские граптолитовые сланцы и т.п. как первоначально горючесланцевые накопления, что вполне оправдано в свете современных представлений о значительных потерях осадочного органического вещества (ОВ) в процессе катагенеза. Основные объемы «горючесланцевых накоплений», а следовательно и черносланцевых (гидрокарбонатных) формаций, согласно Н.М. Страхову, представлены планктонным пелагическим и, в меньшей мере, бентогенным типами, тогда как количественная роль приустьевых и рифовых типов, по его оценке [Страхов, 1961, т. 2, с. 152], «ничтожна». При этом, справедливо отмечая «биклиматичность» горючесланцевых (черносланцевых) отложений, Н.М. Страхов в то же время не придает

значения тектоническим (тем более геодинамическим) факторам их образования, отмечая, что указанные формации присутствуют и на платформах, и в геосинклиналях «в стадиях их нормального режима и замыкания» [Страхов, 1961, т. 2, с. 152]. Им предложена известная схема эволюции накоплений ОВ в истории Земли, которая в целом подтверждается. Но для целей более конкретного формационного анализа черносланцевых толщ в связи с проблемой сланцевого газа она имеет чересчур общий характер и, в частности, не отражает фундаментальной особенности хроностратиграфического распределения гидрокарбонатов (доманикоидов, черных сланцев и т.п.), а именно – наличия определенных эпох гидрокарбонатообразования. И здесь следует отметить один весьма существенный недостаток страховской классификации. Дело в том, что в ней отсутствует эвксинский тип горючих (черных) сланцев.

Здесь уместно вспомнить о том, что еще в 20-е годы прошлого века А.Д. Архангельский выполнил блестящие сравнительно-литологические исследования по Черному морю и так называемым «нефтепроизводящим» свитам Кавказа. Он пришел к выводу, что главным фактором накопления сапропелевого ОВ в осадках является придонное сероводородное заражение. Конечно вывод его о том, что любые черные сланцы следует рассматривать как отложения водоемов с H_2S заражением наддонной воды является неверным. Широко известны примеры, когда обогащенные сапропелевой органикой отложения содержат богатую бентонную фауну (зона *Perisphinctes Panderi* и т.д.). Именно на этом основании Н.М. Страхов подверг представления своего учителя сокрушительной критике. При этом, как говорится, с водой выплеснули ребенка: наиболее важный тип черносланцевых формаций, связанный с бассейнами черноморского (эвксинского) типа, не был выделен. А именно с этим типом связаны все известные в настоящее время плеи (месторождения) сланцевого газа в широком (нижний палеозой – кайнозой) стратиграфическом диапазоне. К ним относятся и широко распространенные

«гибридные» терригенно-черносланцевые флишоидные формации, с которыми связан и сланцевый, и центральнобассейновый газ.

Ярким примером эвксинского палеобассейна являются среднедевонские газоносные черные сланцы крупнейшего газового месторождения Северо-Американского континента Марцеллус. В палеозое Преаппалачского прогиба существует целая система таких эвксинских палеобассейнов. Аналогичные системы есть и на западе, и на юге Северо-Американского континента, окруженного палеоокеанами. Все эти разновозрастные (нижний палеозой – палеоген) палеобассейны, которым соответствуют формации (свиты) характерной формы, строения и вещественного состава, в тектоно-геодинамическом отношении представляют собой задуговые бассейны. Их формирование связывают с различными геодинамическими факторами [Планета..., 2004]:

- 1) активным диапиризмом, инициированным зоной Беньюфа;
- 2) пассивным декомпрессионным диапиризмом, обусловленным задуговым растяжением;
- 3) образованием вторичной конвективной ячейки в мантии;
- 4) перескоком зоны субдукции.

По-видимому, все указанные механизмы играют ту или иную роль в образовании задуговых бассейнов эвксинского типа при ведущем значении активного или пассивного мантийного диапиризма как плюм-тектонического показателя. Так или иначе, глубинные факторы играют большую роль не только в формировании характерных по форме котловинообразных глубоких, овальных в плане бассейнов, но и в их гидрологическом режиме, условиях седиментации и т.п. Эталоном таких бассейнов является Черное море. И здесь следует отметить важнейшую роль в формировании черных сланцев эвксинского типа (эвксинитов) характерной для типичных задуговых бассейнов мощной глубинной дегазации, которая проявляется в интенсивной газоотдаче дна (метан, H_2S , CO_2). Важнейшей особенностью, обусловленной сочетанием интенсивной метановой газоотдачи и больших

глубин в центральных частях котловинообразных бассейнов, является образование газогидратов, с разрушением которых связаны интенсивные микробиологические процессы (метанотрофные бактерии и т.п.), что является важнейшим фактором накопления CH_4 . Наряду с интенсивной сульфат-редукцией большое значение в H_2S -заражении имеет и глубинный сероводород. Огромная роль фрамбоидального микробиогенного FeS_2 является характерным признаком черных сланцев – эвксинитов [Лукин, 1997]. А об интенсивной глубинной дегазации свидетельствует, в частности, интенсивная «зараженность» их дисперсными самородно-металлическими частицами (это важный показатель участия восходящих безводных флюидных потоков – важнейшего фактора гидрофобизации черных сланцев, наряду с катагенетической мобилизацией масел – нефтяных углеводородов из керогена) [Лукин, 2006, 2009]. Знаменательно, что именно для таких бассейнов характерно интенсивное проявление грязевого вулканизма, связь которых с глубинными флюидами доказана исследованиями Е.Ф. Шнюкова [Шнюков и др., 1971].

За прошедшие после ухода Н.М. Страхова 35 лет в науках о Земле произошли кардинальные идеологические изменения. Как уже отмечалось, на рубеже XX и XXI ст. в них четко обозначился системный кризис, связанный с недооценкой тектоно-геодинамической и флюидодинамической роли энергии и вещества глубинных геосфер. Помимо геодинамики он особенно ярко проявился в нефтегазовой геологии и металлогении, поскольку на современном этапе изучения нашей планеты невозможно адекватно оценить ее углеводородный и рудный потенциал на основе традиционных («линейных») представлений об отсутствии непосредственного влияния основной части мантии и ядра на геодинамические режимы литосферы, на процессы нефтидо- и рудогенеза.

Современные геофизические, геохимические, петрологические данные (работы D. Anderson, A. Dziewonski, M. Kumazawa, S. Maruyama, I. Woodhouse, I. Montagner, Н.Л. Добрецова, Ф.А. Летникова, А.А. Мара-

кушева, Ю.М. и Д.Ю. Пуцаровских, В.Е. Хаина, А.Д. Щеглова, Л.Н. Когарко, И.Д. Рябчикова, В.И. Старостенко, Е.Ф. Шнюкова, Ю.П. Оровецкого, В.П. Коболева и др.) свидетельствуют об активном обмене энергией и веществом между всеми геосферами Земли. При этом, если раньше основная геодинамическая и флюидодинамическая активность недр связывалась с аномальной верхней мантией и астеносферой, то в свете новых данных на первый план выходит «нижняя астеносфера» [Хаин, 2003], неразрывно связанная с внешним жидким ядром и слоем D", несопоставимая с верхней астеносферой по флюидо-энергетическим ресурсам и к тому же характеризующаяся не латерально-дискретным, а сплошным глубинным развитием. Данные сейсмоотомографии и гидродинамического моделирования свидетельствуют о ее двоякой ключевой геодинамической и флюидодинамической (геохимической, петрологической) роли, обусловленной, с одной стороны, возникающими на границе ядра и мантии (супер)плюмами, а с другой – ассимиляцией слэбов (вовлечение в глобальный круговорот субдуцируемого материала верхних геосфер) [Добрецов и др., 2001; Планета..., 2004; Хаин, 2003]. Появляется все больше данных о роли плюм-тектонических процессов не только в магматизме, рудообразовании и нефтидогенезе, но и в литогенезе. В частности, независимо от указанных данных о тектоно-геодинамической и флюидодинамической активности глубинных геосфер возникло интегрирующее литогеодинамическое направление научных исследований на стыке литологии, геохимии и геодинамики [Литогеодинамика..., 1998; Лукин, 1997]. Было показано, что наряду с традиционной схемой (тектоника – рельеф, климат – литология) осуществляется и широко варьирующее по интенсивности непосредственное влияние на литогенез глубинных флюидодинамических факторов, которое можно выявить по литологическим и минералого-геохимическим показателям и специальным исследованиям (углубленное изучение петрофонда с выделением его экзо- и эндогенных составляющих, геодинамическая интерпретация особенностей строения осадочных толщ,

флюидодинамическая природа вторичных изменений и т.д.). В литологию были введены такие термины (понятия), как «литогеодинамические индикаторы» (разнообразные структуры, минеральные, геохимические показатели непосредственного участия в литогенезе и эпигенезе глубинных флюидов) и «литогеодинамические типы отложений» [Лукин, 1997]. Последние характеризуются широким диапазоном соотношения эндогенных и экзогенных факторов: от резко преобладающих в составе формаций стратисферы типичных осадочных пород без видимого участия эндогенных факторов до весьма специфических образований, непосредственно отложившихся из глубинных флюидов, или метасоматически преобразованных разнообразных породных субстратов. Именно с такими метасоматитами (s. l.) связаны основные объемы флюидно-литогенетических образований, играющих, по-видимому, огромную роль в составе геосфер «твердой» Земли (литосферы и мантии).

Литогеодинамика – магистральное направление современной литологии

Закономерности литогенеза (точнее – факторы формирования осадочной оболочки Земли) совершенно недостаточно увязаны с плейт- и плюм-тектоническими концепциями, что отрицательно влияет на развитие как литологии, так и геотектоники с геодинамикой.

Здесь уместно коснуться сущности понятия о литогенезе. Сам термин «литогенез(ис)» или литогения (lithogenesis, lithogene) был предложен еще в 1894 г. И. Вальтером как специальное направление геологических исследований, цель которого состоит в изучении закономерностей древнего осадочного породообразования на основании изучения современного осадконакопления (именно это направление получило блестящее развитие в трудах Н.М. Страхова). Более широкая трактовка данного понятия принадлежит Г. Огу, который, развивая в начале XX в. учение о

геосинклиналиях, охарактеризовал историко-геологическую цикличность развития Земли и назвал литогенезом интервал геологического цикла, включающий совокупность процессов образования и эволюции осадочных пород [Ог, 1938].

В настоящее время данный термин соответственно указанным трактовкам употребляется в двух значениях: более узком (литогенез = седиментация + диагенез) и широком (вся история существования осадочной породы: от седиментогенеза и диагенеза до ката-, мета- и эпигенеза). Если же трактовать данное понятие еще более широко (как формирование осадочной оболочки Земли), то оно включает в себя типизацию литогенеза (типы литогенеза в понимании Н.М. Страхова), фациальный, фациально-циклический, формационный, стадийный анализы. Все указанные аспекты литогенеза связаны с тектоникой и геодинамикой опосредованно. Для непосредственной увязки теории литогенеза с современными тектоно-геодинамическими концепциями и, в частности, с плюм-тектоникой и геодинамикой был разработан литогеодинамический анализ* [Литогеодинамика..., 1998; Лукин, 1997]. Необходимость и актуальность введения этого направления определялись тем, что наряду с указанной схемой существует и непосредственное влияние тектоно-геодинамических факторов на литогенез, которое можно выявить по литологическим, минералогическим, геохимическим показателям (углубленное изучение седиментационного фонда с выделением его эндогенных составляющих, геодинамическая и флюидодинамическая интерпретация особенностей строения осадочных толщ, их стадийных и наложенных вторичных преобразований). Выделение в качестве объектов литогенетических исследований литогеодинамических индикаторов и литогеодинамических типов отложений, с одной стороны, позволяет выделить эндогенный «генетический код» осадочных формаций, а с другой – способствует адаптации теории литогенеза к современным тектоно-геодинамическим и

* Наиболее полно его методология изложена в докторской диссертации автора, защищенной в 1990 г. и опубликованной 1997 г. в сокращенном варианте.

флюидодинамическим концепциям. Существенный шаг в развитие теории литогенеза в данном направлении сделан Г.А. Беленицкой [Беленицкая, 2006]. Это во многом успешная попытка разработки концепции флюидного литогенеза (ФЛ), основанная на диагностике дискретных «инъекционных» нисходящих и восходящих поступлений в бассейны осадконакопления флюидов и текучих породных масс (реитов и флюидизитов). Тем самым существенно расширяется диапазон факторов литогенеза. Однако, признавая бесспорную перспективность данного направления, следует отметить, что столь широкая трактовка ФЛ имеет и свои отрицательные стороны.

Здесь опять уместно коснуться дефиниций, поскольку термин флюид (fluid – жидкая или газообразная среда, жидкий, текучий) весьма многообразен и неоднозначен.

С точки зрения физики флюидом является вещество, деформация которого может быть описана законами механики жидкостей (т.е. происходит при приложении касательных напряжений и зависит от вязкости). Как правило, этот термин употребляется применительно и к жидкостям, и к газам, а в определенных условиях (время действия внешней силы больше времени релаксации) и к твердым веществам (реологические свойства горных пород в широком диапазоне температур, давлений и характерных времен тектонофизических процессов). В более узком значении он используется для газов с плотностью, характерной для жидкости, но неограниченно расширяющихся, а также как синоним термина «сверхкритический флюид».

В науках о Земле флюидами именуют: а) жидкие и газообразные легкоподвижные компоненты магмы, циркулирующие в недрах насыщенные газами растворы (включая подземные воды и гидротермы); б) разнообразные газонефтяные системы. Породы, проявляющие при повышенных температурах и давлениях реологические свойства, с указанной физической точки зрения также относятся к флюидам. Кроме того, минеральное вещество осадочных и вулканогенных отложений может приходиться в состоянии «жидкотекучести» при смешении

их с флюидами (за)критического состояния (fluidization [Толковый..., 1977, с. 556]).

Плюм в процессе своего возникновения и в начале движения, судя по петрологическим, геохимическим данным [Комаров, Томсон, 2007], а также результатам гидродинамического моделирования [Добрецов и др., 2001], по-видимому, соответствует термину «флюид» в указанном узком значении (газ с плотностью, характерной для жидкости, но неограниченно расширяющийся). Это флюид в закритическом состоянии, поликомпонентный металлоносный сверхсжатый газ на углеводородно-водородной основе, который, по образному выражению Ф.А. Летникова [Летников, 1999], «прожигает» каменную оболочку Земли – мантию и литосферу. При этом в результате сопряженных процессов окисления и гидратации он трансформируется в различные газы (пневмогенез) и гидротермы. Импульсный характер плюм-тектоники обеспечивает суперпозицию в одних и тех же формациях (толщах, пачках, пластах) инъекций исходного закритического флюида (см. ниже), пневматолитов и гидротерматолитов, включая совмещение фаз кислотного и щелочного метасоматоза [Лукин, 1989; Лукин, Гарипов, 1994].

При широкой трактовке природы флюидов как любой текучей среды понятие ФЛ теряет смысл, поскольку тогда к ФЛ можно отнести практически все осадочные породы, а также гидротерматолиты и вулканы. Я.Э. Юдович относит к ФЛ «такое осадочное породообразование, в котором резко повышена роль эндогенного фактора» [Юдович, 2009, с. 31], что чрезвычайно расширяет диапазон флюидно-литогенетических образований. По мнению автора, ФЛ целесообразно рассматривать в предельно узком конкретном значении, прежде всего как процесс образования природных минеральных агрегатов из глубинных флюидов, генетически связанных с (супер)плюмами, под которыми «большинством современных исследователей понимаются гигантские отщепления вещества от внешнего жидкого ядра Земли, достигающие земной поверхности» [Комаров, Томсон, 2007, с. 779]. Иными словами, плюм представляет собой

восходящий флюидный поток, основой которого является поликомпонентный (H–C–S–N–P) водородно-метановый сверхсжатый газ (флюид закритического состояния), насыщенный кластерами и металлическими микро-, наночастицами, который в момент отщепления находится в состоянии, близком к реальной плазме, что подтверждается разнообразными минеральными индикаторами, в частности самородно-металлическими сферами [Лукин, 2013]. Вторжение плюма в мантию обуславливает возникновение очагов магмы, о чем свидетельствует появление гетерогенных силикатно-металлических и силикатных сферул. Мантийный расплав, вовлекаемый в восходящий плюм, который, как отмечалось, с физико-геохимической точки зрения представляет собой поликомпонентный восстановленный сверхсжатогазовый флюид [Комров, Томсон, 2007; Летников, 1999], а с физической – тороидальный вихрь [Кузнецов, 2008], в зависимости от конкретных геологических условий может инициировать: 1) дифференцированные интрузии; 2) трапповый магматизм; 3) эксплозивно-вулканические очаги; 4) разнообразные трубки взрыва. Данные изучения пород на микро- и наноровнях, изотопно-геохимические характеристики дериватов глубинных флюидов (термальные воды, углеводородные конденсаты, газово-жидкие включения и др.) и различных вторичных минералов свидетельствуют о том, что наряду с макроструктурной миграцией по сквозьформационным дренирующим системам [Лукин, 2004] в пределах труб дегазации (в понимании П.Н. Кропоткина) осуществляются процессы сплошной фильтрационно-диффузионной сквозьматричной миграции флюидов, что приводит к метасоматозу различных пород (с сохранением в той или иной мере первичных структурно-текстурных особенностей). Эти метасоматические изменения имеют сложный, весьма неравномерный во времени и пространстве характер. Здесь ярко проявляются все «парадоксы и двойственные черты метасоматоза» [Поспелов, 1973, с. 11]: сочетание его структурной чувствительности и структурной независимости, избирательность и тотальность замещения, сочетание резких

и расплывчатых границ метасоматитов, разнообразие и многоступенчатость их минеральных парагенезов, наличие «сжатого» метасоматоза [Поспелов, 1973, с. 45] с почти совмещенными различными типами преобразований (в частности, суперпозиция кислотной и щелочной стадий) и, наоборот, метасоматоза с растянутой метасоматической зональностью. В отличие от традиционных представлений о постоянстве объема при метасоматических замещениях, в реальных разрезах труб дегазации наблюдается многообразие объемных эффектов. В частности, неизменность объема в той или иной степени метасоматически замещенных породных тел сочетается с явлениями разбухания и контракции, что позволяет выделить изохорный, контракционный и дилатантный его типы [Поспелов, 1973].

Таким образом, проявления ФЛ характеризуются, с одной стороны, широким диапазоном термодинамических, физико-геохимических, гидродинамических характеристик восходящих флюидных потоков, а с другой – разнообразием литофизических и литохимических свойств субстрата.

Пригожиниты – минерализованные реликты суперглубинных флюидов

Поскольку степень контаминации пород и флюидов формаций, включающих плюм, варьирует в широких пределах, ключевое значение для создания общей теории ФЛ имеет изучение продуктов минерализации аутентичных глубинных флюидов. Наряду с косвенными показателями (признаки перколяции, гидравлического разрыва и дробления пород, особенности минералогии и геохимии метасоматитов) отмечены и следы непосредственного внедрения этих флюидов в осадочный чехол и кристаллический фундамент нефтегазоносных бассейнов – экстремальные проявления ФЛ. Это обусловлено энергетическими флуктуациями восходящего флюидного потока.

В результате таких импульсных внедрений образуются необычные минеральные агрегаты. Они резко отличаются от горных пород и жильной минерализации целым рядом необычных особенностей минераль-

ного и химического состава. Это – аномально большое количество различных, часто термодинамически и генетически несовместимых фаз; высокие, многократно превышающие кларковые, концентрации сидеро-, халько- и литофильных элементов; резко отличные от вмещающих пород изотопно-геохимические характеристики; особенности агрегатного строения на микро- и наноровнях.

Резко выраженный термодинамически неравновесный характер этих образований, названных пригожинитами [Лукин, 2000, 2002], обусловлен сочетанием весьма сложного полиэлементного химического состава с резким сбросом больших давлений и температур суперглубинных флюидов при их внедрении в верхние слои земной коры. Впервые к ним были отнесены инъекции темноцветного пелитоморфного полиминерального вещества (ТППВ) в трещинах естественного гидроразрыва и матриксе брекчий зон дробления, модельный Sm/Nd возраст которых достигает $3560 \div 3680$ млн лет [Лукин, 2000; Лукин и др., 2001], указывая на источник флюидов в низах мантии – внешнем ядре (тогда как время их внедрения в Днепровско-Донецкой впадине соответствует границе мела и палеогена). Кроме того, пригожинитами являются карельские (нижний протерозой) и восточно-казахстанские (нижний карбон) шунги(ти)ты [Лукин, 2005], а также кимберлиты и другие продукты трубок взрыва, включая гераклиты – шлакообразные карбонатитовые образования взрывной природы [Лукин и др., 2006]. Примером современных пригожинитов являются разнообразные вулканические возгоны и минеральные ассоциации, полученные при каптировании газовых струй во время извержений некоторых камчатских и курильских вулканов (исследования Г.С. Штейнберга, М.А. Коржинского, К.И. Шмуловича и др.). Следует подчеркнуть резкое отличие всех этих минеральных ассоциаций от «замороженных» гидротермальных минеральных ассоциаций, образующихся при перепадах температур и быстром осаждении минералов из раствора «при дресселировании гидротерм в ток метеорных вод» [Геохимия..., 1970, с. 377].

По сравнению с магматическими и метаморфическими горными породами, а также гидротермальными минеральными ассоциациями степень неравновесности (количество минералов и минералоидов, роль метастабильных фаз, диапазон несовместимости минералов и химических элементов) ТППВ и других пригожинитов не только характеризуется иными количественными показателями, но находится на качественно ином уровне. Это проявляется в их связи с адиабатическим трещинообразованием [Лукин, Ларин, 2003] и взрывными явлениями и выражается в специфическом облике, структурно-текстурных особенностях, присутствии необычных, часто ранее неизвестных фаз, удивительном минералогическом и геохимическом (беспрецедентное богатство микрокосма в понимании В.И. Вернадского) разнообразии. Характерно сочетание глобулярных, трубчатых, нитевидных и других микро-, наноструктур, свидетельствующих о ведущей роли газовой фазы в минерагенезе. Велико значение разнообразных сферул – индикаторов специфического флюидного режима [Лукин, 2013], образование которых, помимо кавитации [Адушкин, 2004; Новгородова и др.; 2003], возможно, связано с импульсным делением плазменных сфероидов [Лукин, 2013; Руденская и др., 2009]. Все эти необычные черты и свойства можно объяснить лишь связью с суперглубинными флюидами и особым термодинамическим режимом. Поэтому, как показано ранее, по особенностям вещественного состава пригожинитов можно в какой-то мере судить о природе и геохимии тех флюидов, очаги которых возникают на границе ядра и мантии. Более того, есть основания рассчитывать на присутствие в них компонентов, поступающих непосредственно из внешнего ядра и слоя D", которым сейчас придается ключевое значение в глубинной геодинамике, геохимии и петрологии. В этом отношении особый интерес представляют самородные металлы (природные сплавы, интерметаллиды), а также карбиды и силициды [Лукин, 2006, 2009], присутствие которых свидетельствует об изначально безводном флюиде, что особенно ярко иллюстрируется находками,

«запрессованными» в полиминеральном пелитоморфном матриксе включений карбида кальция [Лукин, 2007]. Судя по вещественным особенностям наиболее близкого по составу к этому флюиду ТППВ из инъекций по стилолитизированным трещинам естественного гидроразрыва, это действительно сверхсжатый газ весьма сложного химического состава на водородно-метановой основе, «нагруженный» самородно-металлическими частицами – субстанция типа «реальной плазмы» в современном понимании [Фортов и др., 2004].

Частота встречаемости разнообразных по размерам и морфологии микровключений различных металлов в пригожинитах очень велика. Присутствие некоторых из них (железо, никель, свинец, цинк, олово, медь и др.) отмечается даже по данным «валовых» рентгеноструктурных анализов, хотя в силу известных физических свойств металлов, их рентгеновские рефлексы существенно ослаблены по сравнению с минералами, обладающими диэлектрическими или полупроводниковыми свойствами. При этом следует учитывать, что значительная их часть, представленная микро-, наночастицами и кластерами, не проявляется на дифрактограммах, хотя насыщенность ТППВ и других пригожинитов самородными металлами, а также карбидами, галогенидами, силицидами (и, возможно, нитридами, фосфидами) весьма велика. Те частицы, которые фиксируются по данным электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа характеризуются, как отмечалось, разнообразием состава, пестротой и случайностью (калейдоскопичностью) парагенетических ассоциаций, широкими вариациями размеров и разнообразием морфологии.

В пригожинитах, помимо постоянно встречающегося в виде частиц различного размера и разнообразной формы самородного железа, отмечены в самородном состоянии более 30 металлов, сплавов и интерметаллидов [Лукин, 2014]. Важной особенностью самородных металлов в пригожинитах являются широкие вариации содержания в них примесей. При этом, как и в целом геохимические ассоциации различ-

ных пригожинитов, самородные металлы характеризуются сочетанием несовместимых элементов. Так, самородное железо, наряду с никелем, хромом, платиноидами, содержит примеси различных РЗЭ (преимущественно легких), летучих (F, Cl) и некогерентных (Ca, K, Cs, Rb, Pb и др.) элементов. Аналогичным геохимическим разнообразием характеризуются и другие самородные металлы, в частности установленный в ТППВ (наряду с рутилом, анатазом и др.) самородный титан, включая его разновидности с высокими содержаниями тех или иных платиноидов (Rh, Pd, Pt, Ir), Ta и Nb, Fe, Cr, V, Ni, Mo, Hf, Al, K [Лукин, 2006, 2009]. В целом совокупность установленных в ТППВ, шунги(ти)тах и гераклитах элементов в самородном состоянии (C, Fe, Ti, Cr, Cu, Sn, Pb, Sb, Zn, Au, Ag, W, РЗЭ, Al, Si и др.) богаче других изученных в этом отношении объектов (магматические породы, гидротермальные жилы, углеродистые метасоматиты, а также метеориты и лунные породы). Нередко в одной точечной пробе можно встретить разнообразные по составу, размерам, морфологии и химическим примесям частицы одного металла (это особенно ярко проявляется у самородного железа). Таким образом, есть основания полагать, что именно при изучении различных пригожинитов будут открыты новые самородные элементы, природные сплавы и интерметаллиды.

Все это удивительное многообразие свидетельствует, во-первых, об обилии металлов в различных формах в исходном безводном сверхсжатом газе флюида, а, во-вторых, – о различных механизмах выделения их в самородном виде при ведущей роли не термодинамических, а кинетических факторов. Конкретная природа самородно-металлических образований в пригожинитах различна. В значительной мере это ксенолиты, вынесенные при взрыве суперглубинных «газовых пузырей» на границе ядра и мантии (по-видимому, такова природа и алмазов с металлическими пленками в кимберлитах и лампроитах, что подтверждается их весьма древним изотопным возрастом). Частично они сформированы при высокоскоростном восходящем движении флюида, особенно

при его вскипании вследствие резких изменений p, t -режима.

Дальнейшие исследования разнообразных природных многофазно-неравновесных минеральных ассоциаций (продуктов экстремального ФЛ) позволят выделить ряд других типов пригожинитов, причем не только земных (их признаками обладают и некоторые внеземные объекты, в частности углистые хондриты и кометное вещество). Прецизионное изучение их минералогии и геохимии, моделирование условий образования этих многофазных термодинамически неравновесных систем с разнообразными структурными проявлениями процессов самоорганизации [Лукин, 2002; Лукин и др., 2001] будут иметь не только прикладное и теоретическое, но и гносеологическое значение.

Эндогенно-метасоматическая природа коллекторов нефти и газа

Указанные черты пригожинитов (большое количество минералов и минералоидов, наличие ряда термодинамически несовместимых фаз, аномально высокое содержание хрома, никеля, платиноидов, золота, РЗЭ, ртути, бора, бария, урана, некогерентных и летучих элементов, изотопные индикаторы участия в метасоматозе глубинных флюидов) приобретают и породы при достаточно интенсивном их гипогенном метасоматозе, в результате которого песчаники, известняки, граниты и др. превращаются в полиминеральные агрегаты.

Представления об эндогенно-метасоматической природе коллекторов нефти и газа, естественно, коренным образом меняют традиционные представления об осадочно-миграционном нефтегазоаккумуляции (геологически длительная постепенная миграция углеводородов в породы-коллекторы из осадочного ОВ по мере возрастания степени катагенеза при тектоническом погружении). Однако они нуждаются в достаточно убедительных доказа-

тельствах. К косвенным подтверждениям относятся геофизические* (сейсмотомография, геотермия и др.), геотектонические и литогеодинамические показатели ведущей роли плюмов в возникновении и развитии нефтегазоносных бассейнов. Не вызывает сомнений и вторичный (первичная пористость терригенных и карбонатных пород редуцируется еще в позднем диагенезе – раннем катагенезе) характер фильтрационно-емкостных свойств нефтегазоносных коллекторов, образованных на разном субстрате в результате сопряженных процессов замещения – разуплотнения разнообразных пород осадочного чехла (стратисферы) и кристаллического фундамента. Однако, пользуясь известной метафорой Н.Б. Вассоевича, необходимы и прямые «улики» участия в формировании коллекторов нефти и газа суперглубинных безводных (сверхсжато) газовых флюидов. С целью их обнаружения было проведено изучение (сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным микроанализом, дифрактометрия и др.)** обширной коллекции пород продуктивных горизонтов различных месторождений. Помимо большого количества изученных образцов (свыше 2000) и месторождений (около 50), ее представительность определяется широкими диапазонами:

– географии и региональной геологии (Днепровско-Донецкий авлакоген, Прикаспийская впадина, Тимано-Печорская провинция, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Южно-Вьетнамский шельф, Черное море и др.);

– стратиграфии (докембрий – кайнозой);

– глубины (до 7 км);

– петрографии исходных породных субстратов (кварцевые песчаники, аркозы, граувакки, различные карбонатные породы, разнообразные вулканиты, граниты, гнейсы, амфиболиты и т.п.);

* Геофизические признаки существования столбообразных зон метасоматоза в нефтегазоносных бассейнах свыше 30 лет назад отмечал Г.П. Попсуй-Шапко [Попсуй-Шапко, 1987].

** Анализы выполнены в Черниговском отделении УкрГГРИ И.И. Самойленко, И.М. Райским, Л.М. Гореловой, Б.И. Ройтберг под руководством автора.

– фазово-геохимических типов залежей (тяжелые, средние и легкие нефти; различные газоконденсатные системы, включая залежи критического состояния; жирные, сухие метановые и кислые газы).

Практически во всех изученных образцах были установлены мезо-, микро- и наночастицы самородных металлов (Fe, Cr, Ni, Ti, Cu, Pb, Zn, Al, Sn, Sb, Ag, Au, W, Co, In и др.), интерметаллидов и природных сплавов (природные латунь и бронза, Fe-Cr, Fe-Ni, Fe-Cr-Ni, Fe-Si, Fe-C, Ti-Fe, Ti-V, Ti-платиноиды, Pb-Zn, Pb-Sn и др.). Естественно, в ТППВ (из трещин гидроразрыва и зон дробления), а также других специфических образованиях, связанных с пульсационным внедрением, мгновенной конденсацией и «замораживанием» суперглубинных флюидов, концентрация самородно-металлических частиц, не говоря о карбидах и силицидах, намного выше, чем в поровом пространстве коллекторов-метасоматитов. Однако феномен повсеместной зараженности нефтегазоносных комплексов частицами самородных металлов (сплавов, интерметаллидов) не вызывает сомнений и свидетельствует об участии этих флюидов в образовании коллекторов нефтяных и газовых залежей.

Во вторичном поровом пространстве всего этого разнообразия коллекторов-метасоматитов установлен в целом одинаковый набор сингенетичных метасоматическим процессам минералов (сульфиды и дисульфиды железа, барий, Са-апатит, фосфаты, РЗЭ, триклинный каолинит и диккит, гидрослюда и смешаннослойные фазы типа «гидрослюда-сметит», Mg, Fe-хлориты, калиевые полевые шпаты и альбит, натриевые и кальциевые цеолиты, ангидрит, галит и др.). Их пространственно-временные соотношения свидетельствуют о сочетании гидротермального (с кислотной и щелочной стадиями, интенсивность проявления которых варьирует в широком диапазоне) и безводно-газового метасоматоза. При подъеме плюма восходящий поток суперглубинного безводно-газового флюида, «промывая» породы и вытесняя из них поровые растворы, порождает опережающую гидротермальную

волну [Лукин, 1989; Лукин, Гарипов, 1994]. Поэтому преобразование пород кристаллического фундамента и осадочного чехла начинается с гидротермального метасоматоза. Их начальная (и наиболее эффективная в формировании фильтрационно-емкостных свойств коллекторов-метасоматитов в терригенных, карбонатных и кристаллических породах) стадия обусловлена «кислотным выщелачиванием» [Коржинский, 1969, с. 21], с которой связано образование разнообразных агрегатов совершенного триклинного каолинита и диккита во вторичных порах [Лукин, 1989, 1997; Лукин, Гарипов, 1994]. С последующей нейтрализацией кислых растворов связана разнообразная минерализация (по мере возрастания степени щелочности: барит, сульфиды и дисульфиды, фосфаты, карбонаты, цеолиты, полевые шпаты и др.). Степень развития щелочной стадии гидротермального метасоматоза, в отличие от стадии «кислотного выщелачивания» (термин Д.С. Коржинского), варьирует в широких пределах в зависимости от конкретных особенностей режима кислотности – щелочности в эндогенных растворах. К наиболее характерным показателям достаточно полного ее развития относится появление калиевых и натриевых алюмосиликатов (ортоклаз, альбит, иллит, парагонит и т.п.) и цеолитов. По мере дальнейшего подъема плюма гидротермальный метасоматоз сменяется безводно-газовым, индикаторами которого являются (микро-, нано-) включения самородных металлов (сплавов, интерметаллидов), а также карбидов и силицидов. Затем, вследствие процессов окисления этого первоначально безводного флюида, опять происходят процессы гидротермального кислотного и щелочного метасоматоза. В зависимости от характера эволюции конкретного плюма и возраста пород количество таких циклов (гидротермальный метасоматоз с кислой и щелочной стадиями – газовый метасоматоз – гидротермальный метасоматоз) может варьировать от одного до нескольких. При изучении коллекторов-метасоматитов мы имеем дело преимущественно с результа-

тами метасоматических процессов последнего цикла, хотя данные стадийного анализа (включая датировки по цирконам и гидрослюдам) свидетельствуют о возможности сохранения продуктов гидротермального метасоматоза (с различной интенсивностью кислой и щелочной стадий) предшествующих циклов. Что касается самородных металлов, не говоря о карбидах и силицидах, то они представлены генерацией, связанной с терминальным газовым метасоматозом и заполнением коллектора нефтидом, поскольку более древние их генерации не имеют шансов уцелеть при гидротермальном метасоматозе последующих циклов.

Заключение

Приведенные в статье данные по ФЛ, несмотря на всю их фрагментарность, дают представление о многообразии его про-

явлений: от непосредственного участия в образовании некоторых осадочных формаций и разнообразных инъекционных проявлений специфической минерализации (по трещинам флюидоразрыва и зонам дробления, в трубках взрыва, диапирах, разломно-блоковых структурах кристаллического фундамента и т.д.) до метасоматических преобразований породного субстрата различных геосфер «твердой» Земли. В то же время, при всем разнообразии продуктов флюидно-литогенетических процессов, они характеризуются целым рядом общих геохимических, минералогических и структурно-текстурных особенностей – индикаторов участия в литогенезе (супер)глубинных флюидов.

Список литературы / References

1. Адушкин В.В., Андреев С.Н., Попель С.И. Кавитационный механизм формирования нано- и микрочастиц в недрах Земли. *Докл. РАН*. 2004. Т. 399, № 1. С. 107-109.
Adushkin V.V., Andreev S.N., Popel S.I., 2004. Cavitation mechanism of nano-, microparticles formation in the interior of the Earth. Doklady RAN, vol. 399, № 1, p. 107-109 (in Russian).
2. Беленицкая Г.А. Сфера седиментогенеза как область современного и бывшего восходящего стока: инъекционно-осадочные (аклиматические) типы седиментогенеза. В кн.: *Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ*. Москва: GEOS, 2006. С. 52-56.
Belenitskaya G.A., 2006. Sphere of sedimentogenesis as the area of current and ancient ascending drain: injection-sedimentary (acclimatic) type of sedimentogenesis. In: Degassing of the Earth: geofluids, oil and gas. Moscow: GEOS, p. 52-56 (in Russian).
3. *Геохимия гидротермальных рудных месторождений / под ред. Х. Барнса*. Москва: Мир, 1970. 543 с.
Geochemistry of Hydrothermal ore fields, 1970. (Ed. H. Barns). Moscow: Mir, 543 p. (in Russian).
4. Дзотценидзе Г.С. Вулканогенно-осадочное рудообразование. *Литология и полез. ископаемые*. 1970. № 2. С. 64-75.
Dzotcenidze G.S., 1970. Volcanogenic-sedimentary ore formation. Litologiya i poleznye iskopaemye, № 2, p. 64-75 (in Russian).
5. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика. Новосибирск: Изд-во СО РАН; Филиал «ГЕО», 2001. 408 с.
Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.G., Kirdyashkin A.A., 2001. Deep geodynamics. Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN; Filial «GEO», 408 p. (in Russian).
6. Комаров П.В., Томсон И.Н. О плюмах и их влиянии на формирование благороднометаллоносного оруденения в углеродсодержащих породах. *Докл. РАН*. 2007. Т. 415, № 6. С. 779-781.
Komarov P.V., Tomson I.N., 2007. On plumes and their influence upon formation of noble-metallic are-bearing of carboniferous rocks. Doklady RAN, vol. 415, № 6, p. 779-781 (in Russian).
7. Коржинский Д.С. Теория метасоматической зональности. Москва: Наука, 1969. 57 с.
Korzhinskiy D.S., 1969. The theory of metasomatic zonation. Moscow: Nauka, 57 p. (in Russian).
8. Кузнецов В.В. К вопросу о физике плюма. *Геофиз. журн*. 2008. Т. 30, № 6. С. 76-92.
Kuznetsov V.V., 2008. To the question about the plume's physics. Geofizicheskiy zhurnal, vol. 30, № 6, p. 76-92 (in Russian).

9. *Летников Ф.А.* Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования. *Смирновский сб.* Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1999. С. 63–98.

Letnikov F.A., 1999. Fluid facies of continental lithosphere and ore formation problems. *Smirnovskiy sbornik*. Moscow: Izdatelstvo Mosc. Un-ta, p. 63-98 (in Russian).

10. *Литогеодинамика* и минерагения осадочных бассейнов / под ред. акад. РАН А.Д. Щеглова. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 480 с.

Lithogeodynamics and mineragene of sedimentary basins, 1998. (Ed. acad. RAN A.D. Tsheglov). St. Peterburg: Izdatelstvo VSEGEI, 480 p. (in Russian).

11. *Лукин А.Е.* Генетические типы вторичных преобразований и нефтегазоаккумуляция в авлакогенных бассейнах. Киев, 1989. 52 с. (Препр. / Ин-т геол. наук АН УССР).

Lukin A.E., 1989. Genetical types of secondary transformation and oil-gas-accumulation in aulacogene basins. AN USSR. Working paper, 52 p. Kiev: Institut Geologicheskikh Nauk USSR (in Russian).

12. *Лукин А.Е.* Инъекции глубинного углеводородно-полиминерального вещества в глубокозалегающих породах нефтегазоносных бассейнов: природа, прикладное и гносеологическое значение. *Геол. журн.* 2000. № 2 (288). С. 7-21.

Lukin A.E., 2000. Injections of deep carbon-polymineral matter in deep-lying rocks of petroliferous basins: nature, applied-scientific and gnosiological significance. *Geologichnyy zhurnal*, № 2 (288), p. 7-21 (in Russian).

13. *Лукин А.Е.* Литогеодинамические факторы нефтегазоаккумуляции в авлакогенных бассейнах. Киев: Наук. думка, 1997. 225 с.

Lukin A.E., 1997. Lithogeodynamical factors of oil-gas-accumulation in aulacogene basins. Kiev: Naukova Dumka, 225 p. (in Russian).

14. *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- and naphthidogenesis. *Geofizicheskiy zhurnal*, vol. 35, № 6, p. 10-53 (in Russian).

15. *Лукин А.Е.* О включениях природного соединения кальция и углерода в минеральных образованиях, связанных с внедрением суперглубинных флюидов. *Доп. НАН України.* 2007. № 1. С. 122-130.

Lukin A.E., 2007. On inclusions of natural compound of calcium and carbon within mineral

aggregates connected with superdeep fluid intrusion. *Dopovidi NAN Ukrainy*, № 1, p. 122-130 (in Russian).

16. *Лукин А.Е.* О происхождении шунгитов. *Геол. журн.* 2005. № 4 (314). С. 28–47.

Lukin A.E., 2005. On shungites genesis. *Geologichnyy zhurnal*, № 4 (314), p. 28-47 (in Russian).

17. *Лукин А.Е.* О сквозьформационных флюидопроводящих системах в нефтегазоносных бассейнах. *Геол. журн.* 2004. № 3 (309). С. 34–45.

Lukin A.E., 2004. On through-formation fluid-conducting systems in petroliferous basins. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (309), p. 34-35 (in Russian).

18. *Лукин А.Е.* Основные проблемы нефтегазовой литологии. *Геол. журн.* 2008. № 4 (325). С. 26-38.

Lukin A.E., 2008. The main problems of petroliferous lithology. *Geologichnyy zhurnal*, № 4 (325), p. 26-38.

19. *Лукин А.Е.* О явлениях самоорганизации при импульсном внедрении глубинных углеводородсодержащих флюидов: *Биокосные взаимодействия: жизнь и камень. Материалы Междунар. симпоз.* Санкт-Петербург, 2002. С. 32-41.

Lukin A.E., 2002. On phenomena of selforganization while impulse intrusion of deep carbon-containing fluids: *Bioinert interactions: life and stone. Proceeding of Intern. Symposium.* St.-Petersburg, p. 32-41 (in Russian).

20. *Лукин А.Е.* Пригожиниты – особый генетический тип флюидогенных минеральных агрегатов: *Материалы Рос. совещ.* Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2002. С. 51-53.

Lukin A.E., 2002. Prigozhinites – the special genetic types of fluid-genetic mineral aggregates: *Bioinert interactions: Proceeding of the All-Russian Conference.* Syktyvkar: IG Komi NTs UrO RAN, p. 51-53 (in Russian).

21. *Лукин А.Е.* Пути развития современной литологии (о работах Г.А. Беленицкой). *Геол. журн.* 2007. № 1 (318). С. 140-143.

Lukin A.E., 2007. The trends of development of present-day lithogenesis theory (about works by G.A. Belenitskaya). *Geologichnyy zhurnal*, № 1 (318), p. 140-143 (in Russian).

22. *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 – tracers of superdeep fluids. *Geofizicheskiy zhurnal*, vol. 31, № 2, p. 61-92 (in Russian).

23. 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 indices of deep geospheres matter composition. *Geologichnyy zhurnal*, № 4, (317), p. 17-46 (in Russian).

24. Лукин А.Е., Гарипов О.М. Литогенез и нефтегазоносность юрских отложений Среднеширотного Приобья. *Литология и полез. ископаемые.* 1994. № 4. С. 32-42.

Lukin A.E., Garipov O.M., 1994. Lithogenesis and petroleum potential of Jurassic deposits of the Middle-latitude Pri-Ob'ye. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, № 4, p. 32-42 (in Russian).

25. Лукин А.Е., Загнитко В.Н., Лысенко О.Б. Биоподобные структуры в углеродистых образованиях и проблема происхождения жизни. *Геол. журн.* 2001. № 3 (297). С. 7-23.

Lukin A.E., Zagritko V.N., Lysenko O.B., 2001. Biolike structures within carbonaceous mineral aggregates and the problem of life origin. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (297), p. 7-23 (in Russian).

26. Лукин А.Е., Ларин С.Б. Генетические типы трещиноватости пород глубокозалегающих нефтегазоносных комплексов. *Геол. журн.* 2003. № 3 (305). С. 9-25.

Lukin A.E., Larin S.B., 2003. Genetic types of rocks fracturing of deep-lying petroliferous complexes. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (305), p. 9-25 (in Russian).

27. Лукин А.Е., Лысенко В.И., Лысенко Н.И., Наумко И.М. О природе гераклитов. *Геолог України.* 2006. № 4. С. 23-39.

Lukin A.E., Lysenko V.I., Lysenko N.I., Naumko I.M., 2006. On the nature of geraclites. *Geolog Ukrainy*, № 4, p. 23-39 (in Russian).

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

Novgorodova M.I., Andreev S.N., Samokhin A.A., 2003. Cavitations effects in formation of mineral microspherules in hydrothermal solutions. *Doklady RAN*, vol. 389, № 5, p. 669-671 (in Russian).

29. Ог Э. Геология. Москва; Ленинград: ОНТИ, 1938. 471 с.

Haug E., 1938. *Geologia*. Moscow; Leningrad: ONTI, 471 p. (in Russian).

30. Планета Земля. Энциклопедический справочник. Тектоника и геодинамика. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 648 с.

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

31. Попсуй-Шапко Г.П. Геолого-геофизические критерии прогнозирования залежей нефти и газа: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Москва, 1987. 42 с.

Popsui-Shapko G.P., 1987. Geologic and geophysics criteria for oil and gas pools prospecting. *Dr. geol. and mineral. sci., diss.* Moscow, 42 p. (in Russian).

32. Поспелов Г.Л. Парадоксы, геолого-геофизическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск: Наука, 1973. 355 с.

Pospelov G.L., 1973. Paradoxes, geologo-geophysical essence and mechanisms of metasomatism. *Novosibirsk: Nauka*, 355 p. (in Russian).

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

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

34. Страхов Н.М. Геохимическая асимметрия тихоокеанских отложений, ее причины и возраст. *Литология и полез. ископаемые.* 1974а. № 1. С. 11-26.

Strakhov N.M., 1974a. Geochemical asymmetry of pacific deposits, its reasons and age. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, № 1, p. 11-26 (in Russian).

35. Страхов Н.М. Об эксгальциях на срединно-океанических хребтах как источнике рудных элементов в океанических осадках. *Литология и полез. ископаемые.* 1974б. № 3. С. 20-37.

Strakhov N.M., 1974b. On exhalation upon mid-oceanic ridges as the source of ore elements in oceanic sediments. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, № 3, p. 20-37 (in Russian).

36. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1-3. Москва: Изд-во АН СССР. Т. 1. 1960. 212 с.; Т. 2. 1961. 299 с.; Т. 3. 1962. 549 с.

Strakhov N.M. The foundations of lithogenesis theory. Vol. 1-3. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR. Vol. 1. 1960. 212 p.; Vol. 2. 1961. 299 p.; Vol. 3. 1962. 549 p. (in Russian).

37. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Москва: Изд-во АН СССР, 1963. 299 с.

Strakhov N.M., 1963. Types of lithogenesis and their evolution in the Earth history. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 299 p. (in Russian).

38. *Страхов Н.М.* Эволюция представлений о литогенезе в русской геологии (от 70-го года XIX в. до 70-го года XX в.). *Литология и полез. ископаемые*. 1970. № 2. С. 35-63.

Strakhov N.M., 1970. Evolution of conceptions about lithogenesis in Russian geology (1870-1970 years). *Litologia i poleznye iskopaemye*, № 2, p. 35-63 (in Russian).

39. *Толковый словарь английских геологических терминов / под ред. М. Гера, М. Мак-Афа, К. Вульфа.* Москва: Мир, 1977. Т. 2. 575 с.

Glossary of geology, 1977. (Ed. *M. Gary, R. McAfee, C. Wolf*). Moscow: Mir, vol. 2, 575 p. (in Russian).

40. *Фортов В.Г., Храпак А.Г., Якубов И.Т.* Физика неидеальной плазмы. Москва: Физматлит, 2004. 528 с.

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

41. *Хаин В.Е.* Основные проблемы современной геологии. Москва: Науч. мир, 2003. 346 с.

Khain V.E., 2003. The main problems of present-day geology. Moscow: Nauchnyy mir, 346 p. (in Russian).

42. *Шнюков Е.Ф., Науменко П.И., Лебедев Ю.С., Соболевский Ю.Р.* Грязевой вулканизм и рудообразование. Киев: Наук. думка, 1971. 332 с.

Shnjukov E.F., Naumenko P.I., Lebedev Yu.S., Sobolevskiy Yu.R., 1971. Mud volcanism and ore-formation. Kiev: Naukova Dumka, 332 p. (in Russian).

43. *Юдович Я.Э.* Флюидное минералообразование – альтернатива литогенезу? *Урал. геол. журн.* 2009. № 4. С. 31-80.

Yudovich J.E., 2009. Fluid minerals formation – alternative to lithogenesis? *Uralskiy geologicheskij zhurnal*, № 4, p. 31-80 (in Russian).

Статья поступила
21.10.2014