

Член-корреспондент НАН Украины А. Е. Лукин, А. Т. Юзленко

Открытие газоносных коллекторов гипогенно-метасоматической природы в кристаллических породах Украинского щита

Коротко охарактеризовано встановлені в Новокостянтинівській рудній зоні (центральна частина Українського щита, Кіровоградський блок) газоносні колектори-метасоматити, пов'язані з ураноносними альбітитами. Це відкриття має велике значення для оцінки вуглеводневого потенціалу як "гранітного шару" (та його верхньої акреційної кромки — кристалічного фундаменту) в цілому, так і Українського щита зокрема.

Глобальная нефтегазоносность "гранитного слоя" и, в частности, его верхней гетерогенно-аккреционной кромки — кристаллического фундамента (КФ) не вызывает сомнений, особенно после открытия в 1988 г. уникального месторождения Белый Тигр на южно-вьетнамском шельфе [1]. Это существенно меняет традиционные представления об углеводородном потенциале нашей планеты. Однако объемы поисково-разведочных работ на нефть и газ в массивах кристаллических пород и их эффективность пока несопоставимы с таковыми в осадочных бассейнах. И связано это не только со все еще невыясненным (глубинно-абиогенным или осадочно-миграционным) генезисом природного углеводородного сырья. Эффективный прогноз нефтяных и газовых месторождений, как известно, предполагает достаточно высокую степень изученности закономерностей формирования залежей УВ, которая не сводится к проблеме определения их источников. Если рассматривать осадочный чехол (точнее вулканогенно-осадочную стратисферу) и фундамент как два самостоятельных глобальных этажа нефтегазоносности, то следует отметить несопоставимость их изученности. В первую очередь это относится к природе резервуаров и ловушек в КФ. Первичная пористость гранитов, гнейсов, кристаллических сланцев, других магматических и метаморфических пород крайне незначительна (доли процента), не говоря о проницаемости. Учитывая изначальную плотность КФ как субстрата нефтегазоносности, следует подчеркнуть, что главным звеном приуроченных к нему нефтегазоносных резервуаров является коллектор. Факторы и механизмы формирования коллекторов нефти и газа в КФ плохо изучены. Обычно представления об их природе носят априорный характер, определяясь взглядами того или иного исследователя на нафтидогенез.

Адепты осадочно-миграционной теории ("органики") практически все нефтегазоносные резервуары в КФ связывают с площадными или линейными корами выветривания. "Неорганики" основное значение придают тектонической трещиноватости. Реальность обоих указанных факторов разуплотнения изначальную плотных микро- и нанопроницаемых пород не вызывает сомнений. Однако для формирования высокочемких резервуаров, вмещающих массивные залежи типа тех, что были открыты на месторождениях Пэнхендл, Орт-Филд, Пунгинское, Оймаша, Юльевское и особенно Белый Тигр [2, 3] их явно недостаточно.

Гипергенные образования на большинстве известных месторождений с промышленными притоками из КФ представлены незначительными останцами каолинового элювия

и (или) смектит-гидрослюдистой зоны коры выветривания. Их небольшая толщина и “локутный” характер распространения, в сочетании с повышенной гидрофильностью и низкими фильтрационными свойствами, неблагоприятны для формирования значительных скоплений УВ промышленного значения, не говоря о месторождениях-гигантах, с которыми связаны основные перспективы КФ. Для этого необходимы разуплотненные трещинно-вторичнопоровые массивы кристаллических пород, главным фактором формирования которых является гипогенный метасоматоз [4, 5]. Именно такой генетический тип коллектора контролирует уникальную “бездонную” нефтяную залежь на Белом Тигре, приуроченную к метасоматически преобразованному (цеолитизация, альбитизация, пропицитизация) трещинно-кавернозно-вторичнопоровому гранитному штоку [6]. Гипогенно-метасоматическая природа коллекторов в докембрийском фундаменте установлена на Юльевском и других месторождениях в зоне сочленения Воронежского массива и Днепровско-Донецкого авлакогена [3, 7].

Вместе с тем, все известные месторождения с промышленными притоками нефти и газа из разновозрастных (докембрий — мезозой) кристаллических пород характеризуются сложными тектоно-формационными взаимоотношениями фундамента и стратисферы. Поэтому, несмотря на то, что основные мировые разведанные запасы УВ пока связаны с осадочными формациями, нефтегазопроявления в центральных частях кристаллических щитов, лишенных осадочного чехла [3], заслуживают особого внимания. Это в полной мере относится к недавно установленным газопроявлениям на крупном урановом месторождении в пределах Новоконстантиновского рудного поля в центральной части Украинского щита (Кировоградский блок). Контролируясь одноименной зоной разломов, оно простирается на 25 км в субмеридиональном направлении будучи приурочено к осевой части Новоукраинского гранитоидного массива и подчиняясь его внутреннему неоднородному квазислоистому строению. Последнее обусловлено чередованием трахитоидных и гнейсовидных гранитов, диоритов, граносиенитов, ориентировка плоскопараллельных текстур которых совпадает с таковыми в ксенолитах гнейсов. Подобное строение осложняется и подчеркивается бластомилонитовыми и катаклазитовыми зонами, с которыми связаны тела вторичнопоровых ураноносных натриевых метасоматитов (рис. 1, а, б) сложного полиминерального состава (альбит, эгирин, сфен, хлорapatит, подолит, монацит и другие редкоземельные фосфаты, циркон, барит, ильменит, ортит, магнетит, гематит, а также хлорит, каолинит и аморфные дисперсные фазы) (рис. 1, в). Главные минералы неравномерно распределенной первичной урановой минерализации — браннерит, настуран, коффинит. Для рудных метасоматитов — альбититов Новоконстантиновской зоны, субстратом которых являются новоукраинские граниты (изотопная датировка калий-аргоновым методом 2000 ± 50 млн лет, а на основе уран-свинцовых изотопных исследований урановых минералов — 2014 млн лет), установлен изохронный возраст 1835 ± 25 млн лет (по ураниниту, сфену, малакону и циртолиту) [8]. Таким образом, наложенные гипогенные процессы формирования рудоносных метасоматитов представляют собой дорифейские образования, хотя они моложе, по крайней мере, на 200 млн лет, чем субстрат. Наряду с этим, в пределах Новоконстантиновского рудного поля установлены проявления недавних гипогенно-аллогенетических процессов, индикаторами которых являются частицы самородных оксифильных металлов (см. ниже).

При проведении горных работ здесь неоднократно фиксировались газопроявления, визуально (в виде “тумана”) наблюдался газоконденсат с характерным запахом. Газопроявления сопровождалась самовозгоранием метана. В частности, при проходке опережающей технической горизонтальной скважины, бурившейся с целью оценки водоносности разлом-

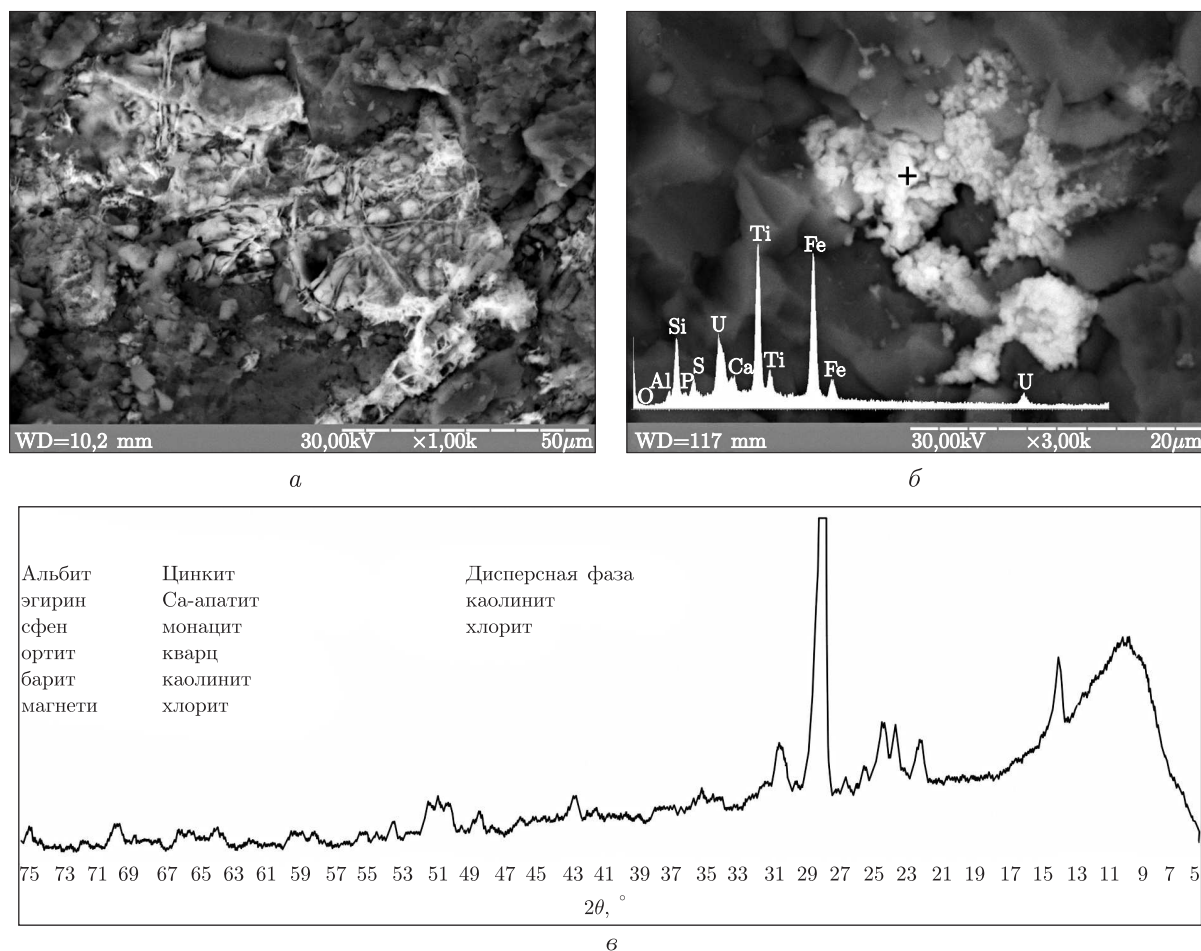


Рис. 1. Структура (а), характер урановой минерализации (б) и типичная дифрактограмма (в) ураноносных Na-метасоматитов Новокоптяковской рудной зоны (а, б — электронный микроскоп РЭМ-106 с рентгено-спектальным анализатором, ЧО УкрГГРИ; в — ДРОН-3, Cu-антикатод, Ni-фильтр, ЧО УкрГГРИ) (по А. Е. Лукину)

ной зоны тектонического дробления, был зафиксирован приток минерализованной воды (дебитом 1,8 м³/ч). При этом, наряду с водой, наблюдалось струйное выделение горячего газа. Отобранные пробы, хотя и были сильно загрязнены воздухом вследствие технических сложностей отбора, содержали до 10% метана. Разумеется, для того чтобы судить о составе газа и источнике УВ необходимы дальнейшие более детальные и целенаправленные исследования. Однако уже сейчас, исходя из геологических условий газопроявлений, можно предположить его глубинный генезис. Косвенным подтверждением этого является присутствие в рудоносных метасоматитах частиц самородных металлов (Pb, Sn, Zn, Cu, Fe, Ni) и их природных сплавов. Особого внимания заслуживает присутствие латуни (рис. 2), которая является типоморфным минералом вторичных коллекторов-метасоматитов на Белом Тигре, Юльевке и других месторождениях [2, 9]. Большое количество (свыше 20) минеральных фаз является характерной особенностью вторичных коллекторов нефти и газа, образованных в результате гипогенного метасоматоза на различном породном субстрате, включая кварцитопесчаники глубокозалегающих нижнекаменноугольных комплексов (Пе-

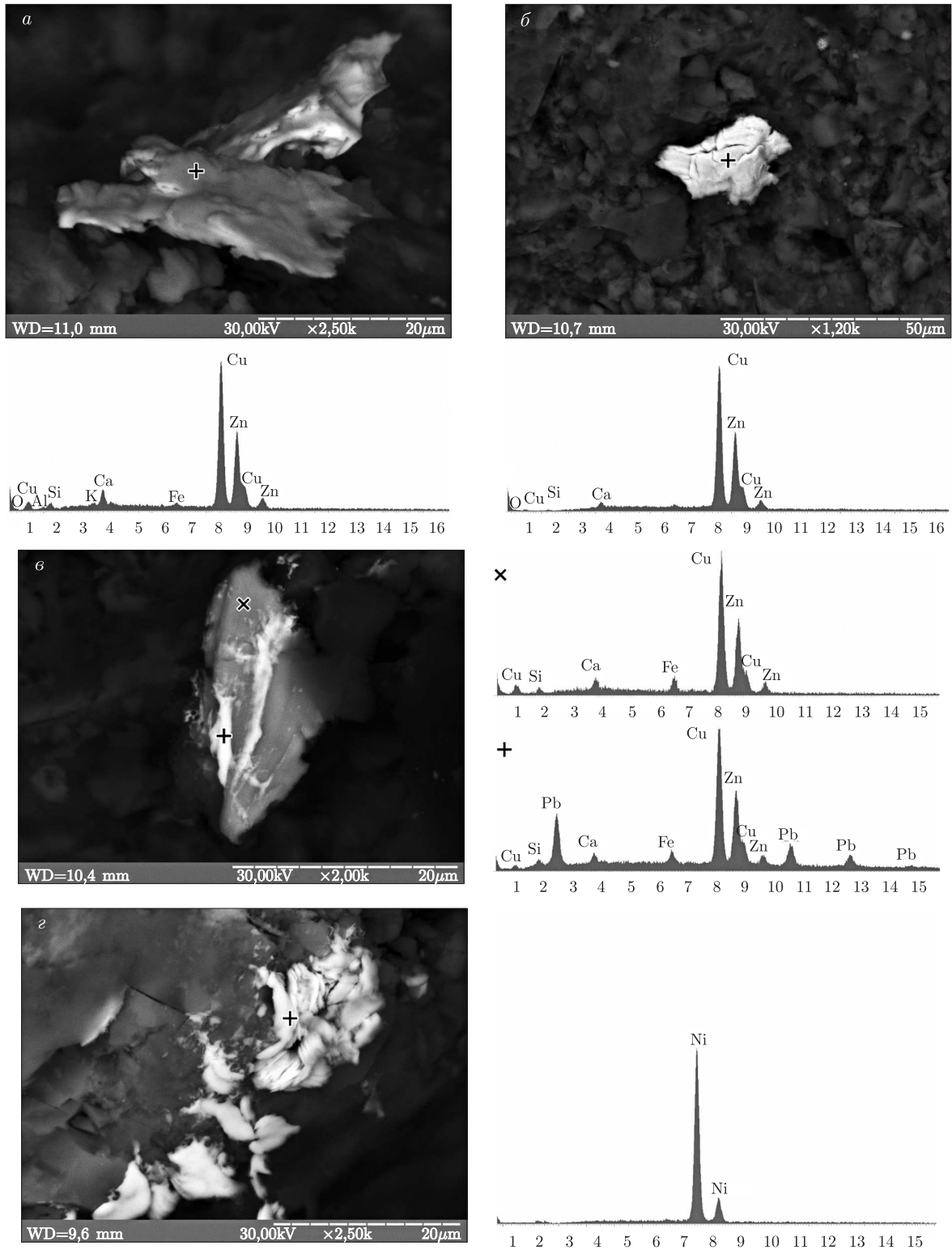


Рис. 2. Самородные металлы в докембрийских ураноносных Na-метасоматитах НовоCONSTANTINOVSKOGO рудного поля: а — агрегат частиц латуни; б — латунь с микротрещинками охлаждения; в — агрегат латуни и самородного цинка; г — самородный никель (по А.Е. Лукину)

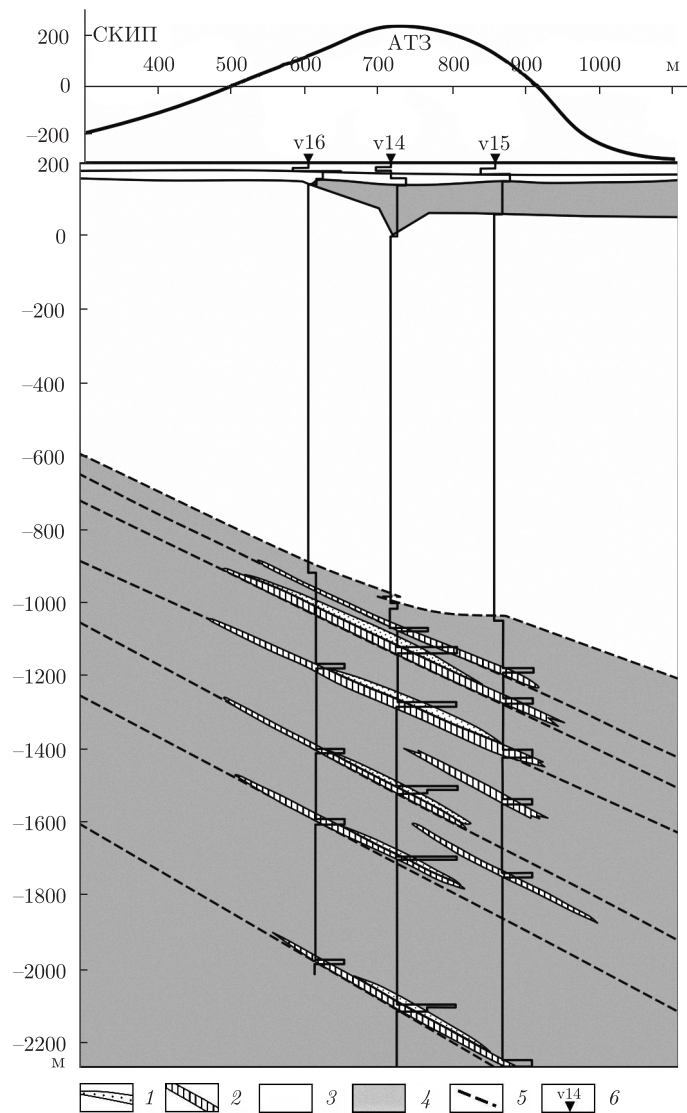


Рис. 3. Вертикальный разрез геоэлектрической аномальной зоны типа “залежь” (по [10], с изменениями): 1 — аномально поляризованный пласт типа “газ”; 2 — аномально поляризованный пласт типа “конденсат”; 3 — граниты; 4 — Na-метасоматиты; 5 — зоны дробления; 6 — пункты вертикального электрорезонансного зондирования

ревозовское, Рудовское, Свиридовское и другие газоконденсатные месторождения), карбонатные породы нижней перми (Лебяковское нефтяное месторождение), кристаллические породы докембрийского фундамента (Юльевское, Скворцовское и другие месторождения) Днепровско-Донецкой впадины, нижнеюрские обломочные породы Среднеширотного Приобья (Талинское нефтяное месторождение), песчано-алевро-глинистые флишсоиды майкопской серии (нефтяное месторождение Субботина на Прикерченском шельфе), среднекарбоневые рифогенные известняки (Астраханское газоконденсатное месторождение), рифейские доломиты Куюмбинского месторождения Восточной Сибири и др. [9]. Более того, все изученные в этом отношении вторичные коллекторы нефти и газа, независимо от возраста и литологии исходного субстрата, характеризуются наличием общих минеральных индикаторов

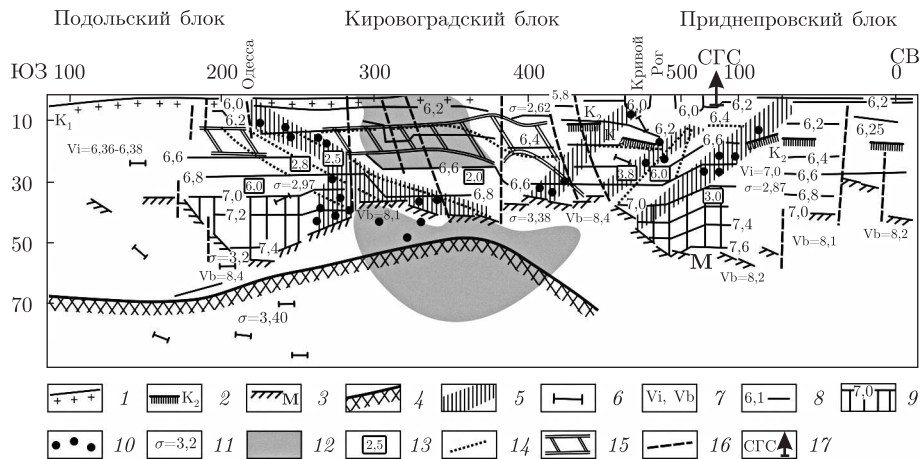


Рис. 4. Строение литосферы центральной части Украинского щита (Геотравверс VIII, комплексная геофизическая модель) (по [11], с изменениями): 1 — поверхность кристаллического субстрата; 2 — поверхность древнего протофундамент (?); 3 — граница М; 4 — протоастеносфера (?); 5 — сейсмические неоднородности, пологие нарушенные зоны в земной коре; 6 — отражающие площадки в земной коре; 7 — пластовые и граничные скорости сейсмических волн, км/с; 8 — изоскорости, км/с; 9 — комплекс в низах коры со скоростью волн 7 км/с и более (“базалы”); 10 — точки дифракции; 11 — плотность, г/см³; 12 — разуплотненные зоны; 13 — эффективная намагниченность, А/м; 14 — границы блоков с разной намагниченностью; 15 — зона повышенной электрической проводимости; 16 — разломы; 17 — Криворожская сверхглубокая скважина

торов гипогенного метасоматоза, включая барит, апатит, редкоземельные фосфаты (монацит, ксенотим и др.), сфен, циркон и разнообразные самородные металлы (интерметаллиды, природные сплавы) [9].

Наличие в рудоносных метасоматитах Новокопчанского рудного поля частиц самородных металлов, включая оксифильные, в частности, цинк (рис. 2, в), свидетельствует о восходящих потоках суперглубинных высокоэнтальпийных сухих водородно-метановых флюидов. В этом отношении особенно показательны присутствие самородного никеля (рис. 2, г).

Работы по дистанционному оконтуриванию рудных тел на основе географического комплекса “Поиск” (Севастопольский национальный университет ядерной энергии, Севастополь, 2008) позволили установить под рудными телами на глубинах 2300–2550 м аномалии, предположительно связанные с крупными газовыми и газоконденсатными скоплениями. Хотя сущность самой методики севавтопольских исследователей (специалистов по ядерной физике и приборостроению) авторам неизвестна, заслуживают внимания их данные о значительных объемах подрудных газоконденсатных скоплений (площадь ~1,56 км²; продуктивный интервал ~250 м). Особый же интерес представляет заключение о высоких (около 500 атм) пластовых давлениях.

По рекомендации одного из авторов в сентябре 2009 г. на соответствующем участке Новокопчанской рудной зоны были проведены также наземные геоэлектрические исследования, методика и результаты которых изложены в статье [10]. Они подтвердили наличие аномалий типа “залежь УВ”. Что касается моделей залежей в разрезе геоэлектрической аномалийной зоны (рис. 3), то они относятся, по-видимому, к ореолу вторжения высоконапорных флюидов по зонам катаклаза и повышенной трещиноватости. Здесь следует отметить, что сами рудоносные метасоматиты обладают неравномерно распределенной матричной

вторичной пористостью, кавернозностью и трещиноватостью. Поэтому, наряду с тонкими пластовыми залежами, здесь могут быть совсем другие формы скоплений (штокверковые, неравномерно-гнездообразные и т. п.). Основные же скопления УВ, по-видимому, находятся глубже. Более того, учитывая данные глубинного сейсмического и магнитотеллурического зондирования [11, 12], а также зараженность метасоматитов самородно-металлическими частицами и другие показатели восходящей миграции (супер)глубинных флюидов, можно предположить, что и результаты дистанционных исследований севастопольских специалистов (они оказались гораздо интереснее и перспективнее, чем геоэлектрические данные) тоже относятся к ореолу вторжения расположенных над более глубокими (3–5 км и глубже) и гораздо более крупными УВ скоплениями. Последние, по-видимому, формируются вследствие недавних и современных процессов взаимодействия восходящих (супер)глубинных флюидов с породами. В свете современных данных о строении литосферы Украинского щита [11, 12] и наличии здесь мощных зон разуплотнения в широком диапазоне глубин (рис. 4) это предположение приобретает особое значение.

Необходимо дальнейшее изучение газопроявлений на Новокопачевском рудном поле, включая изучение изотопного состава углерода и водорода газообразных УВ и конденсатов, содержания и изотопии гелия, минерального состава, геохимии и петрофизики коллекторов, морфологии газоносных резервуаров. Результаты этих исследований, с одной стороны, представляют первостепенный интерес для решения общих проблем теории нефтидогенеза и оценки углеводородного потенциала “гранитного слоя” (включая КФ), а с другой — могут способствовать открытию в Украине промышленных скоплений УВ нового типа.

1. Арешев Е. Г., Гаврилов В. П., Донг Ч. Л. и др. Геология и нефтегазоносность фундамента Зондского шельфа. – Москва: Нефть и газ, 1997. – 250 с.
2. Лукин А. Е. Контуры учения о нефтегазоносных кристаллических массивах // Геолог Украины. – 2005. – № 4. – С. 33–51.
3. Лукин А. Е. Проблема нефтегазоносности докембрийских комплексов Восточно-Европейской и других платформ // Докембрий Восточно-Европейской платформы: геология и нефтегазоносность. – Ст.-Петербург: Недра, 2002. – С. 6–95.
4. Лукин А. Е. Генетические типы вторичных преобразований и нефтегазонакопление. – Киев: ИГН АН УССР, 1989. – 52 с.
5. Лукин А. Е. Гипогенно-аллогенетическое разуплотнение – ведущий фактор формирования вторичных коллекторов нефти и газа // Геол. журн. – 2002. – № 4. – С. 15–32.
6. Донцов В. В., Лукин А. Е. Об эндогенных факторах формирования нефтяных залежей в кристаллическом фундаменте Кылуонгской впадины на шельфе Южного Вьетнама // Докл. АН. – 2006. – 407, № 1. – С. 64–67.
7. Чебаненко И. И., Краюшкин В. А., Клочко В. П. и др. Принципиально новый объект поисков нефти и газа Украины // Геол. журн. – 1994. – № 1. – С. 3–18.
8. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Ковалюка. – Киев: Наук. думка, 1995. – 396 с.
9. Лукин А. Е. Самородно-металлические микро- и нановключения в формациях нефтегазоносных бассейнов – трассеры суперглубинных флюидов // Геофиз. журн. – 2009. – 31, № 2. – С. 61–92.
10. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. и др. О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах // Геоинформатика. – 2010. – № 1. – С. 22–32.
11. Трипольский А. А., Шаров И. В. Литосфера докембрийских щитов северного полушария Земли по сейсмическим данным. – Петрозаводск: Изд-во Карельского научн. центра АН, 2004. – 157 с.
12. Логвинов И. М., Гордиенко И. В., Тарасов В. Н. Новые результаты геоэлектрических исследований Кировоградской аномалии электропроводности // Доп. НАН України. – 2009. – № 6. – С. 135–141.

*Институт геологических наук НАН Украины, Киев
ГП “Дирекция”, Кировоградская область, Украина*

Поступило в редакцию 17.03.2011

Corresponding Member of the NAS of Ukraine **A. E. Lukin, A. T. Yuzlenko**

Discovery of hypogene-metasomatic gas reservoirs in crystalline rocks of the Ukrainian shield

The paper deals with the discovery of gas reservoirs of the hypogene-metasomatic nature connected with uranium-bearing albitites of the Novokonstantinovka ore field (central part of the Ukrainian shield, the Kirovograd block). It is of great significance for the evaluation of the hydrocarbon potential both of "Granite Layer" (and its upper accretional edge — crystalline basement) as a whole and the Ukrainian shield, in particular.