

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КРУПНЫХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УРАНА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ
УКРАИНСКОГО ЩИТА****А. А. Калашник***Геолого-разведочная экспедиция № 37 КП «Кировгеология», Кировоград (Украина)*

Поступила в редакцию 7 февраля 2014 г.

Аннотация: рассмотрены результаты поиска новых закономерностей размещения крупных эндогенных месторождений урана Украинского щита (УЩ) в связи с особенностями глубинного строения литосферы. Обоснован комплекс новых региональных прогнозно-поисковых критериев промышленного уранового оруденения, разработанный на основе представлений о первичном астеносферном концентрировании рудных компонентов – новый подход к прогнозу и поискам эндогенных промышленных месторождений урана УЩ.

Ключевые слова: технология прогнозирования и поиска, крупные эндогенные месторождения урана, мантийные рудные компоненты.

Abstract: the results of studies of new regularities in distribution of major endogenous uranium deposits of the Ukrainian shield (UkrSh) were envisaged in close connection to the features of the lithosphere deep-seated structure. The principally new complex of regional prognoses-search criteria of industrial uranium ore objects is presented. New approach to technology of the UkrSh endogenous industrial uranium deposits prognoses and search based on the concept of primary components of asthenosphere concentration is expounded.

Key words: technology prognostication and search, major endogenous uranium deposits, mantle ore-forming components.

Общая постановка проблемы

Разработка технологий прогнозирования и поиска промышленных месторождений полезных ископаемых с целью выделения и оценки первоочередных перспективных площадей – одна из важных современных задач геологии, в связи с этим месторождения урана заслуживают особого внимания. По прогнозам Агентства ядерной энергетики (NEA), к 2050 г. количество ядерных энергоблоков в мире вырастет с 439 до 1400 [1]. Между тем мировая промышленность обеспечена разведанными на сегодняшний день запасами урана лишь на 35–40 лет [2]. Изменить положение может лишь открытие крупных месторождений с относительно низкой себестоимостью добычи. Отметим, что в течение 2004–2008 гг. в мире на геолого-разведочные работы на уран было израсходовано 3,2 млрд долларов [1]. Тем не менее не было открыто ни одного крупного месторождения урана. Выявление новых особенностей формирования крупных месторождений урана Украинского щита (далее – УЩ) на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудных компонентов может стать основой для смены технологии прогнозирования и поиска промышленных месторождений урана.

Согласно разработанной в 80-е гг. метаморфогенной модели промышленного уранового рудообразования, крупные месторождения пространственно ассоциируют с гранитизированными блоками докембрийских щитов, неоднократно претерпевшими тектоно-термальные активизации [3, 4]. В основе этой модели рассматривается коровый источник урана и его перераспределение в ходе метаморфизма, ультраметаморфизма. Накопленный при проведении работ КП «Кировгеология» фактический материал вступает в противоречия с упомянутой гипотезой генезиса уранового оруденения. В частности, промышленное оруденение в карбонатно-натриевых метасоматитах размещается среди пород, характеризующихся как региональным привносом, так и выносом урана (коэффициент миграции 0,8–1,1) [5]. При этом не имеет значения уровень содержания урана в гранитизированных породах. Подтверждением важной роли глубинных факторов в формировании промышленных месторождений урана стало выявление в Кировоградском рудном районе кимберлитопоявлений с высоким (до 18–20 г/т) содержанием урана, что свидетельствовало о существовании в мантии участков, где генерация кимберлитовых расплавов сопровождалась концентрацией ураном с содержанием, в десятки раз превышающих фоновые [5].

Исходя из мантийно-флюидной модели рудообразования [6–8] этот процесс контролируется законами поведения химических элементов, возможностями концентрированной формы их существования, определяющей формирование геохимических неоднородностей в пределах верхней мантии, формирования крупных месторождений и рудных районов, а также особенностей геохимической специализации пород верхней части земной коры. Рудные компоненты распределяются зонально, накапливаясь на разном расстоянии от областей экстремального давления и температуры [6]. Это один из важнейших факторов, приводящих к формированию геохимических неоднородностей в коре и мантии. Главная тенденция эволюции состава верхней части коры в процессе становления литосферы состояла в замещении протосубстрата, который имел натриевую специализацию, в направлении увеличения содержания в породах К и Si, увеличения содержания некогерентных элементов, в частности урана, уменьшалась концентрация Na, Ca, Mg и Fe, вследствие чего порода приближалась по составу к гранитам [8]. Такой подход относительно образования гранитоидных пород можно объяснить лишь значительным энергопереносом из астеносферы флюидов, обогащенных калием и другими компонентами, в частности ураном. Этим объясняется и относительно повышенное содержание урана в породах земной коры, но это не дает оснований рассматривать породы коры в качестве источников урана для формирования крупных месторождений. С этим выводом согласуются особенности глубинного строения урановорудной провинции УЩ, изотопно-геохимические данные, которые подтверждают мантийный источник вещества растворов, формировавших ураново-рудные метасоматиты Кировоградского рудного района. Отметим, что в изложенном в статье контексте связь формирования эндогенных месторождений урана УЩ с особенностями глубинного строения литосферы и астеносферы ранее не рассматривалась.

Задачи и методы исследований

Целью настоящей работы стало усовершенствование технологии прогнозирования и поиска промышленных, в первую очередь, крупных месторождений урана, наработка новых критериев, отражающих специфику формирования промышленного оруденения с позиции глубинных факторов рудогенеза. Для ее достижения использовался комплекс геофизических, петрологических, изотопно-геохимических, радиогеохимических и структурно-геологических методов исследований.

На территории Украины выделено 17 генетических типов концентрации урана, входящих в состав

трех классов: эндогенного, метаморфического и экзогенного. Однако как геолого-промышленные можно рассматривать лишь некоторые из них: из эндогенного класса – гидротермально-метасоматические в среднетемпературных карбонатно-натриевых (Кировоградский и Криворожский рудные районы) и в высокотемпературных кремний-калиевых (Алексеевско-Лысогорский рудный район) метасоматитах (рис. 1), из экзогенного класса – инфильтрационный эпигенетический в терригенных отложениях в связи с зонами окисления-восстановления. Запасы месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах составляют до 95 % общих балансовых запасов урана Украины.

Результаты изотопно-геохимических исследований

Учитывая широкое распространение представлений о концентрации урана в рудах путем его замещения из вмещающих пород, важнейшим этапом были изотопно-геохимические исследования. Л. М. Степанюк и другие, исследовав переданные ГРЭ-37 КП «Кировгеология» образцы рудных альбититов Новоукраинского, Докучаевского, Партизанского месторождений, получили прямые свидетельства участия мантийного вещества в их формировании [9]. Так, на Новоукраинском месторождении обнаружена устойчивая тенденция к снижению значения первичного $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношения от неизменных гранитов новоукраинского комплекса (0,725) до рудных альбититов (0,710). Первичные отношения изотопов стронция в апатитах из неизменных вмещающих Партизанское месторождение гранитов имеют значения (0,730–0,724), тогда как апатит из рудных метасоматитов – 0,710. Пробы Докучаевского месторождения показали обогащенность изотопом ^{87}Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,725$) апатита и собственно неизменных гранитов новоукраинского комплекса. В безрудном альбитите отмечено резкое снижение I^{Sr} до 0,7146 (в плагиоклазе 0,712). С ростом содержания урана в альбититах I^{Sr} постепенно снижается в апатитах и альбититах ниже 0,709. В процессе исследования выявлена линейная зависимость между содержаниями урана в альбититах и их плагиоклазах. Она описывается уравнением $Y = 0,0859 \times (-1,612)$, коэффициент корреляции $R^2 = 0,9818$, что указывает на общую миграцию урана, натрия и стронция в метасоматизирующем растворе [9].

Для карбонатов продуктивных зон урановых месторождений Кировоградского рудного района также характерны глубинные значения изотопного состава $\delta^{13}\text{C}$ (от $-7,9$ до $-6,9$ ‰), как и для пирита рудных зон – $\delta^{34}\text{S}$ (от $-1,1$ до $+3,3$ ‰) [3].

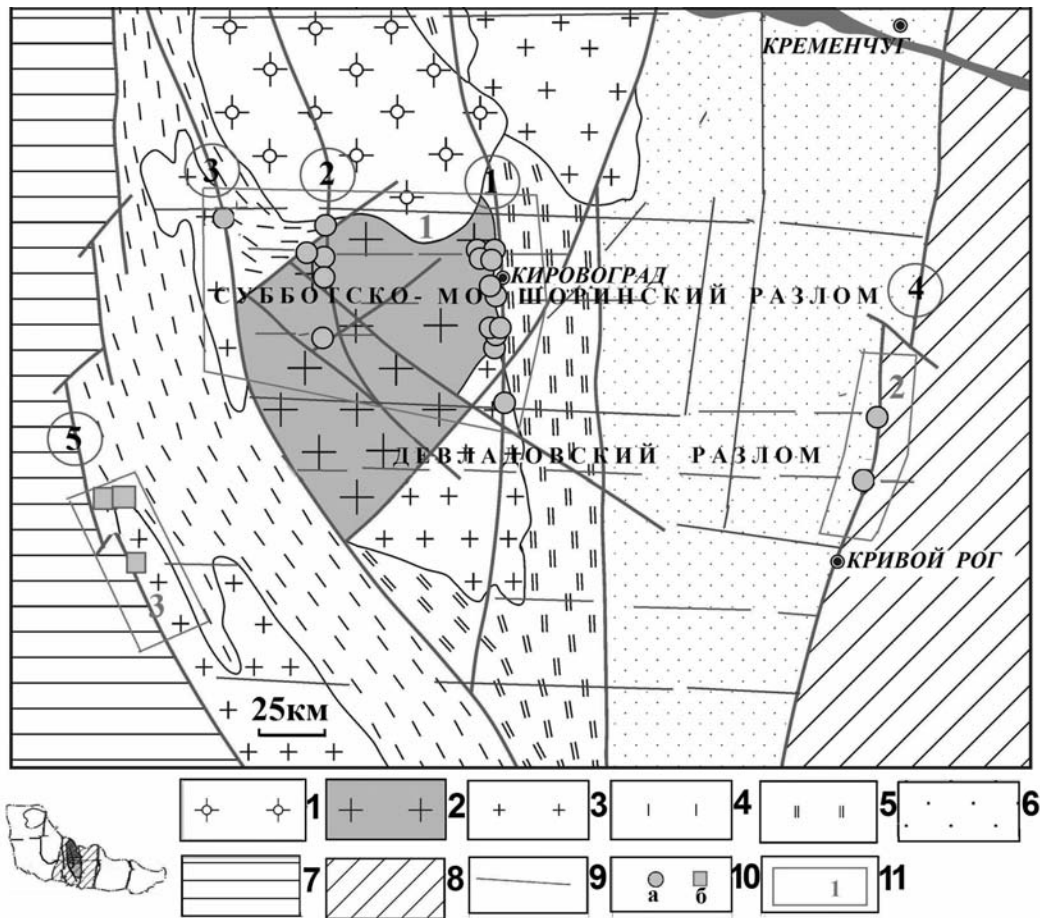


Рис. 1. Схема расположения ураново-рудных районов УЩ: 1 – граниты рапакиви и основные породы Корсунь-Новомиргородского плутона (PR_{2kn}); 2 – гранитоиды Новоукраинского массива (PR_{1nu}); 3 – граниты и мигматиты Кировоградского комплекса (PR_{1kg}); 4 – Братский синклиниорий; 5 – Ингулецкий синклиниорий; 6 – Западно-Ингулецкая полоса; 7 – Днестровско-Бугский мегаблок; 8 – Среднеприднепровский мегаблок; 9 – оси разломов, в том числе (цифры в кружках): 1 – Кировоградский, 2 – Новокопачинский, 3 – Звенигородско-Анновский, 4 – Криворожско-Кременчугский, 5 – Первомайско-Трактеевский; 10 – месторождения урана: а – в карбонатно-натриевых метасоматитах, б – в кремний-калийевых метасоматитах; 11 – ураново-рудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский

Связи строения литосферы и формирования промышленного уранового оруденения

Анализ строения литосферы УЩ для выявления перспектив на крупные эндогенные концентрации урана включал оценку связи эндогенного уранового оруденения с рядом параметров: мощность литосферы, дифференцированность отдельных структурных этажей литосферы, степень их неоднородности, пространственное размещение разломных структур мантийного заложения. Исследование литосферных блоков с разными уровнями зрелости и степени сродства элементов к кислороду и фтору позволило Ф. А. Летникову сделать вывод [8]: чем глубже размещаются рудоносные флюидные системы, тем более они обогащены элементами с высоким сродством к кислороду и фтору. Так как уран относится к элементам с высоким сродством к кислороду в составе группы Zr, Ta, Nb, TR, Be, U, Th, Y, F, B, масштабные

концентрации урана должны возникать на участках с наиболее зрелой литосферой, мощностью более 160–180 км и мощным гранитогнейсовым слоем.

Исходя из [10] мощность литосферы на архейском этапе ее эволюции составляла ~ 70 % от полной мощности, с конца палеопротерозоя состав и мощность литосферы в пределах докембрийских щитов не испытывали существенных изменений. Интенсивность флюидной дегазации от архея постепенно уменьшалась. Изменялся и ее характер: в архее она была площадной, в протерозое – ареально-линейной [8]. Такая специфика эволюционных преобразований, которая завершилась 1,8–1,7 млрд лет назад, обусловила разделение коры на блоки [8]. В дальнейшем подвижки и деформации возникали на границах дискретных изменений физических свойств межблоковых сред, флюидная дегазация в фанерозое стала дискретно-линейной [8].

Данные глубинного сейсмондирования (ГСЗ) вследствие погрешности метода могут давать значения мощности литосферы, завышенные на 10–30 % [11]. Для объективного анализа уранорудопроductивности литосферных сегментов УЩ нами использованы данные мощности литосферы по ГСЗ (рис. 2), откорректированной по результатам петрологических исследований глубинных ксенолитов и минералов-

спутников алмаза районов проявления мантийных пород [12] (рис. 3). Это позволило сделать вывод: соответствующая потенциальной промышленной уранорудопроductивности мощность литосферы (более 160–180 км) характерна только для Ингульского мегаблока (250 и более км) и Подольского блока Днестровско-Бугского мегаблока (до 200 км) (рис. 2, 3).

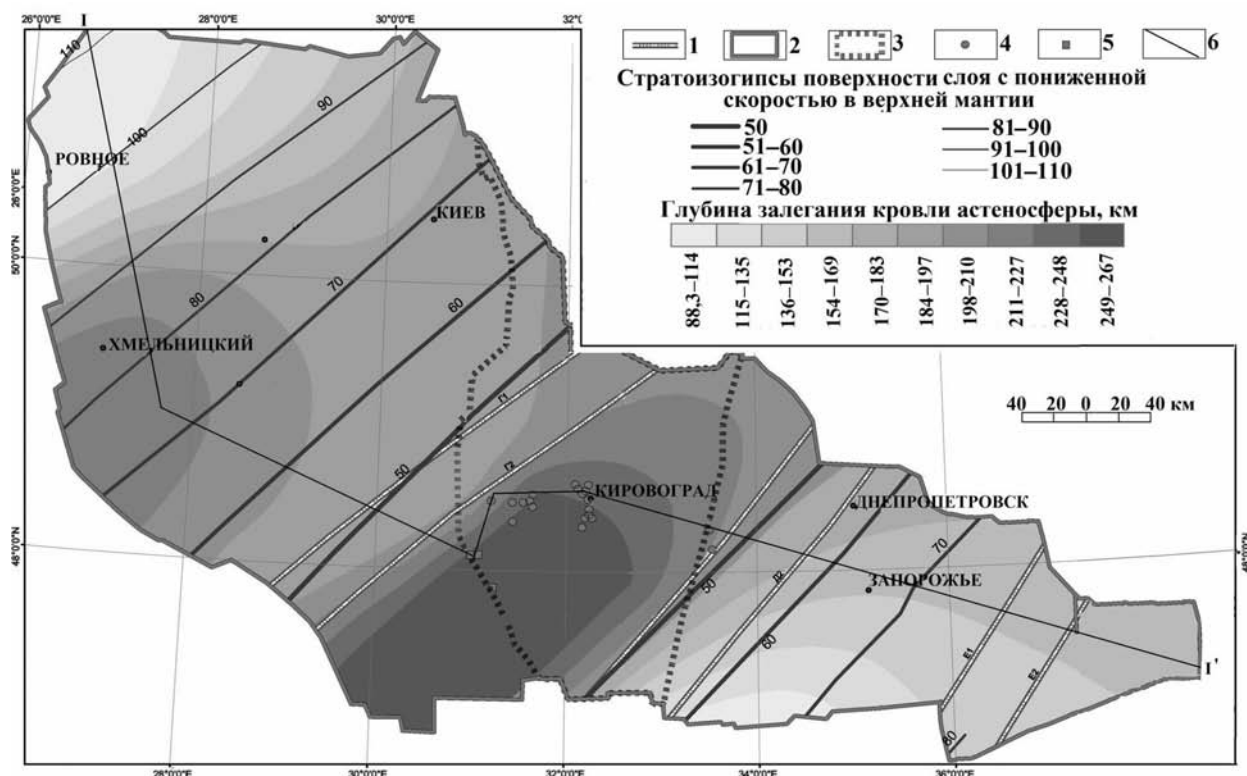


Рис. 2. Схема поверхности астеносферы в пределах УЩ по результатам ГСЗ (по [11]) с промышленными месторождениями урана: 1 – трансрегиональные мантийные линейаменты, 2 – контур УЩ, 3 – контур Ингульского мегаблока; месторождения урана: 4 – в карбонатно-натриевых метасоматитах, 5 – К-У формации, 6 – линия профиля

Пристальное внимание уделялось разломам транслитосферного проникновения, которые могли обеспечить привнос рудных компонентов из астеносферы. Выяснилось, что все выявленные промышленные эндогенные месторождения урана УЩ находятся в районах высокоамплитудных (от 4–5 до 10–15 км) смещений границы Мохо (М) вдоль глубинных региональных разломов с наличием резко выраженных градиентных зон углов наклона поверхности М до 27,8–54,3° (рис. 4, а). В пределах докембрийских щитов поверхность М относится к типу границ, которые наиболее достоверно определены по сейсмическим данным. Точность определения глубин поверхностей М, «базальтового» и «диоритового» слоев по данным ГСЗ составляет ± 5 % [11].

Основными путями движения потоков ураноносных флюидов при формировании месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах центральной части УЩ являлись узлы пересечений разломов субмеридионального (Кировоградский, Звени-

городско-Анновский, Криворожско-Кременчугский, Новоконстантиновский) и диагонального (Адабашский) простираний с широтными Субботско-Мошоринским и Девладовским разломами (рис. 1).

По мнению В. А. Крупенникова [7], основные растворопроводящие структурные элементы месторождений урана в альбититах – объемные катаклазиты – являются результатом последовательно сменявшихся друг друга импульсов взрывного гидрогазоразрыва пород. Последний производился ураноносными растворами в условиях относительно закрытого характера рудоконтролирующих разломов и градиентов между давлениями флюида и литостатическим. Взрывной механизм определялся высоким содержанием углекислоты и степенью закрытости рудоконтролирующих разломов. Следовательно, необходимым условием формирования промышленного уранового оруденения в альбититах при мантийном источнике рудных компонентов является высокая проницаемость разломных структур нижних горизон-

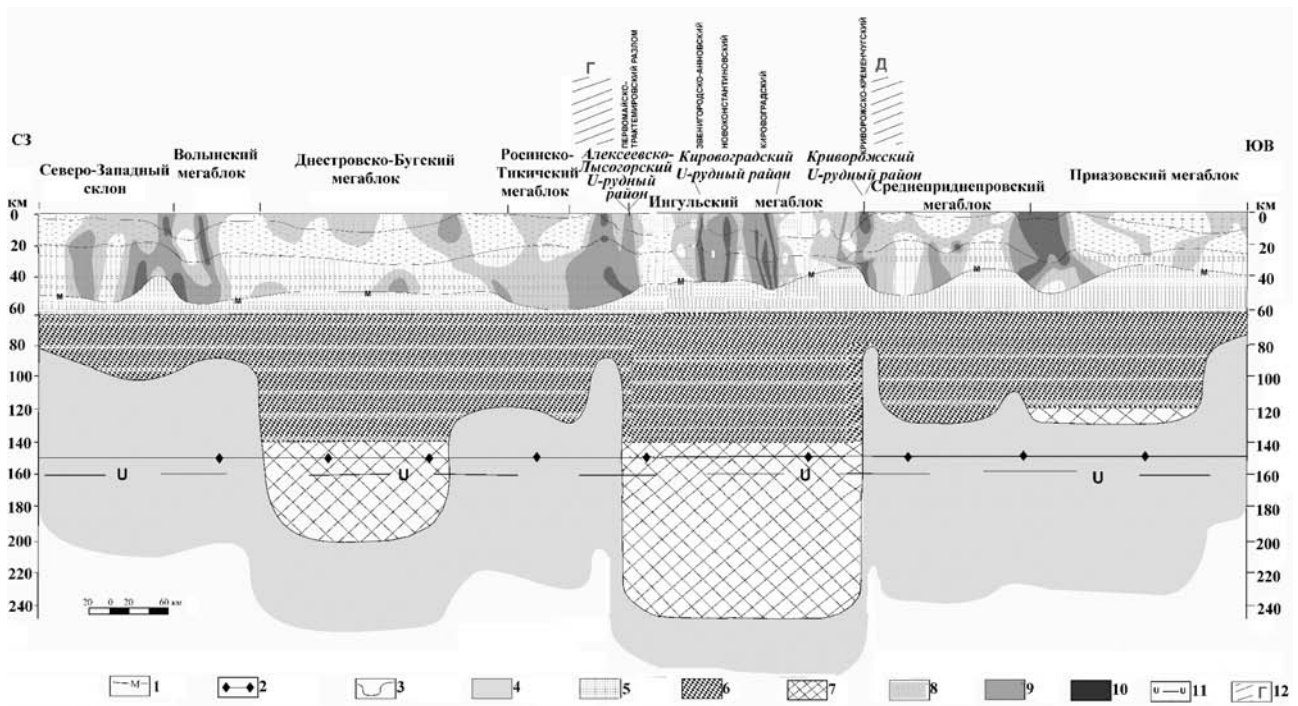


Рис. 3. Разрез литосферы в пределах УЩ по профилю I-I' (по [13], [11] с дополнениями автора): 1 – граница М; 2 – граница стабильности графит-алмаз; 3 – положение границы литосфера-астеносфера по данным ГСЗ с учетом петрологических исследований ксенолитов мантийных пород; 4 – астеносфера; 5 – железистые ультрабазиты; 6 – амфиболовые и пироксеновые глиммериты, шпинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 7 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии, гранатовые лерцолиты; 8 – низкой, 9 – средней, 10 – высокой, 11 – уровень формирования ураноносных флюидов, 12 – проекция положения литосферных линейментов

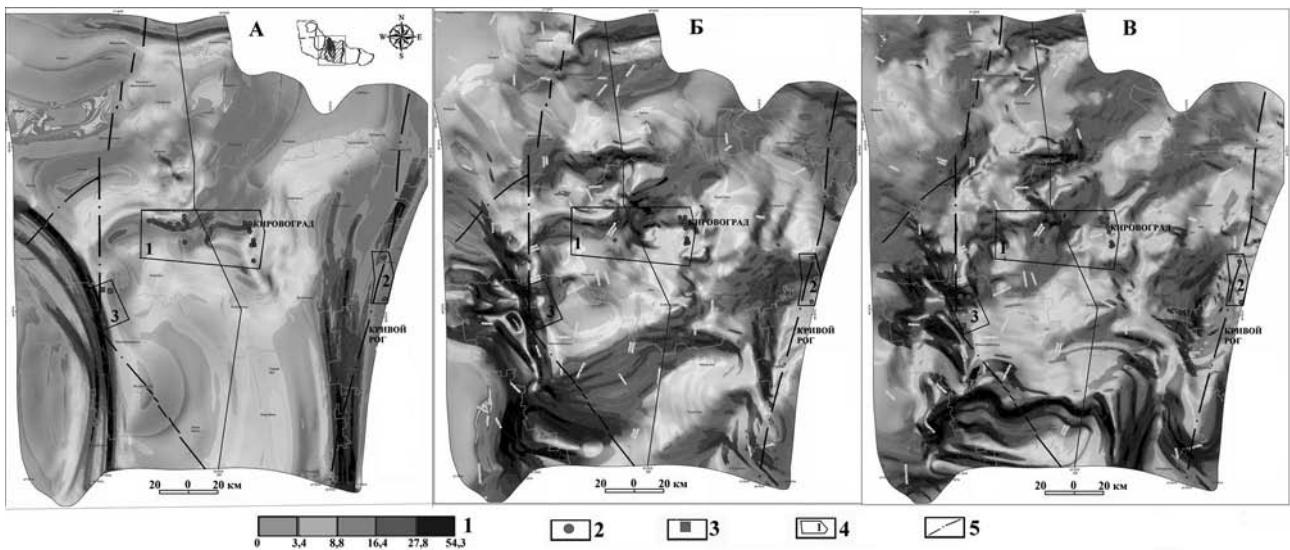


Рис. 4. Схема градиентных зон поверхностей М (А), «базальтового» (Б), «диоритового» (В) слоев Ингульского мегаблока УЩ (по [13]) с месторождениями урана: 1 – угол наклона поверхности М в градусах; месторождения урана: 2 – в карбонатно-натриевых метасоматитах, 3 – калий-урановой формации; 4 – ураново-рудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 5 – границы мегаблока

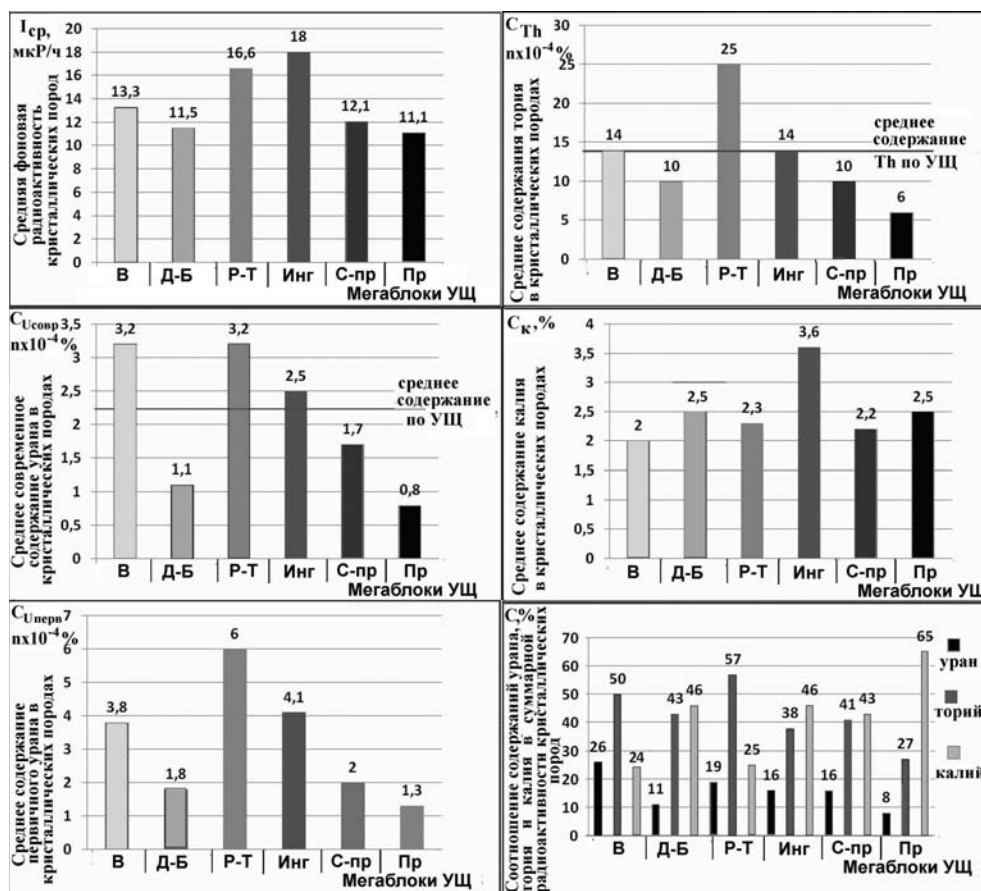
тов земной коры-мантии при относительной закрытости верхних.

Для Кировоградского, Криворожского, Алексеевско-Лысогорского ураново-рудных районов отчетливо выделяются разрастание градиентных зон, пространственное смещение зон проникновения, смена их формы, мощности от поверхности М к «базальтовому» слою и выше к «диоритовому» (рис. 4). Это свидетельствует об усилении дислокационных процессов в направлении к дневной поверхности и об образовании локальных зон проникновения сложной конфигурации со смещением отдельных фрагментов. В совокупности это обеспечивает изменения степени проницаемости разноглубинных слоев коры, необходимой для формирования масштабного уранового оруденения.

Максимальная и повышенная мощности гранито-гнейсового слоя отражают уровень энергомассопереноса и изменчивость степени зрелости коры. Этим признакам отвечают Ингульский мегаблок, а в контуре Коростенского плутона – фрагмент Волинского мегаблока.

Анализ радиогеохимической специализации пород верхней части земной коры УЩ осуществлен по результатам измерений их естественной гамма-активности по данным гамма-каротажа, пересчетов на долю урана, тория, калия в суммарной радиоактивности, выяснения первичных концентраций урана в породах УЩ. Установлено следующее: породы Ингульского мегаблока характеризуются повышенной радиоактивностью, но не самым высоким содержанием урана и тория в них (рис. 5). Они уступают по содержанию этих элементов породам Волинского и Росинско-Тикичского мегаблоков. Таким образом, масштабы уранового оруденения в натриевых метасоматитах не обнаруживают закономерной связи с содержанием урана во вмещающих породах.

При пестрой радиогеохимической специализации мегаблоков УЩ ураново-рудные метасоматиты встречаются лишь в Ингульском мегаблоке. Его породы верхней части земной коры характеризуются аномально высоким региональным содержанием калия, при-



Мегаблоки УЩ: В – Волинский, Д-Б – Днестровско-Бугский, Р-Т – Росинско-Тикичский, Инг – Ингульский, С-пр – Среднеприднепровский, Пр – Приазовский

Рис. 5. Диаграммы распределения средних значений фоновой радиоактивности, содержания урана (сингенетического и современного), тория, калия, радиогеохимической специализации пород фундамента УЩ (с использованием данных КП «Кировгеология»)

знак наиболее интенсивного энергомассопереноса в прошлом, привноса флюидов из астеносферы. Источники урана в породах земной коры исключены и по причине низкого сингенетического содержания урана в породах сенек всех аккумуляций радиоактивных элементов УЩ.

Для характеристики возможных рудо локализирующих структур, благоприятных для формирования месторождений урана, использованы геофизические, геологические, петрологические и радиогеохимические данные. Привнос урана фиксировался результатами радиогеохимических и изотопных исследований, в частности, в наиболее продуктивные для УЩ эпохи – 2000–1900 и 1800–1750 млн лет.

Так как формирование крупных месторождений урана обусловлено сочетанием ряда благоприятных глубинных факторов [12], то и разработка региональных критериев оруденения возможна лишь на генетической основе первичного мантийного концентрирования рудных компонентов. Принятая концепция учитывает мантийную природу ураноносных флюидов, их генерацию на глубинах более 160 км, геохимические особенности урана [8, 6], выявленные закономерности локализации крупных месторождений на УЩ. Таким образом, предлагаются новые региональные прогнозно-поисковые критерии для выделения потенциальных ураново-рудных областей и районов с вероятным крупномасштабным эндогенным урановым оруденением (рис. 6).

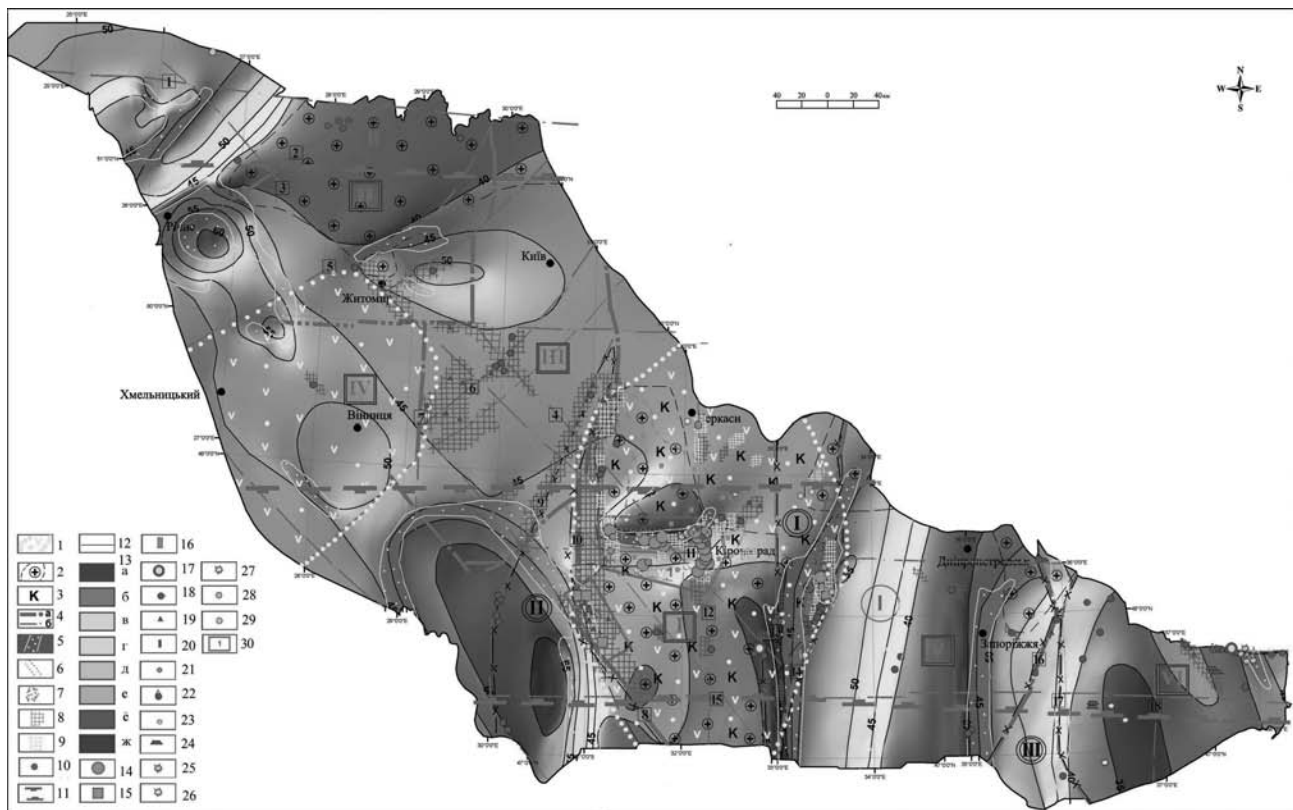


Рис. 6. Схема прогноза промышленных месторождений урана в породах фундамента УЩ, совмещенная со схемой рельефа поверхности М (схема рельефа поверхности М по [13]): 1–10 – региональные прогнозно-поисковые критерии промышленного эндогенного уранового оруденения: 1 – аномальные литосферные сегменты с мощностью литосферы >160–180 км (по данным ГСЗ, скорректированным по результатам петрологических исследований мантийных ксенолитов глубинных пород); 2 – области развития гранитогнейсового слоя повышенной (10–15 км) и высокой (>15 км) мощности; 3 – области с аномальной калиевой радиогеохимической специализацией пород верхней части земной коры; 4 – осевые линии разломов мантийного проникновения: а – межмегаблоковые, б – иные; 5 – градиентные зоны поверхности М с углом наклона 27,8–54,3°; 6 – участки разломных структур с высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями поверхности М; 7 – зоны аномально низкой плотности вещества верхней мантии по результатам расчета гравитационного потенциала; 8–9 – ореолы радиогеохимических аномалий, связанных с привносом урана в эпохи: 8 – 2000–1900 млн лет, 9 – 1800–1750 млн лет (по результатам свинцово-изотопных исследований КП «Кировгеология»); 10 – кимберлитопроявления дайковой фации, значительно обогащенные ураном; 11 – границы мезазон активизации (по [14]): I – Центрально-Украинская; II – Северно-Украинская; 12 – изолинии поверхности М, км; 13 – шкала глубин залегания поверхности М, км: а – 33–35; б – 36–40; в – 41–45; г – 46–50; д – 51–55; е – 56–60; ё – 61–65; ж – 66–70; месторождения урана: 14 – в карбонатно-натриевых метасоматитах, 15 – калий-урановой формации; 16–24 – рудопроявления урана эндогенного класса различных генетических групп; 25–29 – проявления ультраосновного щелочного магматизма кимберлитовой группы; 30 – ураново-рудные районы: I – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский

По особенностям глубинного строения УЩ лишь локально соответствует петрологическим предпосылкам для формирования уранорудогенерирующей системы, которая способна генерировать ураноносные флюиды на астеносферном уровне, транспортировать их к месту локализации по глубинным разломам и влиять на локализацию промышленных ураново-рудных концентраций на верхних структурных этажах (рис. б).

Так, Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока нельзя рассматривать потенциально уранорудопродуктивным по следующим критериям: 1) значительная мощность литосферы (~ 200 км) при совмещенности с троговой структурой поверхности М; 2) наличие подстилающей коромантийной смеси мощностью до 30 км; 3) низкая мощность гранито-гнейсового слоя; 4) результаты специализированной изученности на уран (только одно рудопроявление).

С учетом степени изученности задача наращивания промышленного потенциала урана Украины (эндогенные объекты) может быть решена только проведением работ на выявленных перспективных объектах Кировоградского ураново-рудного района.

Выводы

Имея наложенный эпигенетический характер по отношению к структурно-формационным комплексам земной коры, крупные месторождения урана на УЩ проявляют выраженную закономерную связь с особенностями строения глубинных оболочек Земли. Разработанный новый подход прогнозирования и поиска промышленных ураново-рудных объектов дал возможность выполнить оценку потенциальной уранорудопродуктивности сегментов литосферы УЩ, обосновать перспективы территорий на промышленные месторождения урана с выделением площадей вероятной локализации. Новый подход может стать основой для изменения технологии прогнозирования, поиска крупных рудных месторождений и иной металлогенической специализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синчук В. В. Взаимосвязь технологий добычи и переработки урановых руд и состояния балансовых запасов / В. В. Синчук // Докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых» (Симфе-

Геолого-разведочная экспедиция № 37 КП «Кировгеология», Кировоград (Украина)

Калашник А. А., доктор геологических наук, главный геофизик

E-mail: kalashnik_anna1@mail.ru

Тел.: +38-095-563-98-84

рополь; Судак, 27 сен. – 3 окт. 2010 г.). – Киев: Академперіодика, 2011. – С. 118–123.

2. Шумилин М. В. Ураново-рудные провинции мира и ресурсный потенциал урана: попытка количественного анализа / М. В. Шумилин // Отечественная геология. – 2007. – № 2. – С. 48–51.

3. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Я. Н. Белевцев [и др.]. – Киев: Наук. думка. – 1995. – 376 с.

4. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1: Металлические полезные ископаемые / Д. С. Гурский [и др.]. – Киев; Львов: Центр Европы, 2005. – 784 с.

5. Калашник А. А. Геолого-структурные особенности пространственного размещения кимберлитопрооявлений и ураново-рудных объектов в Кировоградском рудном районе Украинского щита / А. А. Калашник, Г. М. Москаленко // Мін. ресурси України. – 2010. – № 2. – С. 8–18.

6. Абрамович И. И. Металлогения / И. И. Абрамович. – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. – 328 с.

7. Крупенников В. А. Мантйный щелочной флюидно-магматический петрогенезис как основной рудообразующий процесс / В. А. Крупенников // Материалы II Междунар. симп. «Уран – ресурсы, производство» (г. Москва, 26–28 нояб. 2008 г.). – М.: ФГУП ВИМС, 2008. – С. 28–31.

8. Летников Ф. А. Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования / Ф. А. Летников // Вестник ОГГН РАН. – 1999. – № 4 (10). – 25 с.

9. Степанюк Л. М. Джерело натрію та урану ураноносних альбітітів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблоку УЩ / Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка // Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд: міжн. наук. конф. (Київ, 14–16 березня 2012 р.): тези доповідей / ИГМР. – Київ. – 2012. – С. 78–80.

10. Тейлор С. Р. Континентальная кора: ее возраст и эволюция / С. Р. Тейлор, С. М. Мак-Леннан. – М.: Мир, 1988. – 384 с.

11. Соллогуб В. Б. Литосфера Украины / В. Б. Соллогуб. – Київ: Наук. думка, 1986. – 184 с.

12. Калашник А. А. Роль глубинных факторов в формировании промышленного эндогенного уранового рудообразования УЩ / А. А. Калашник // Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2013. – № 3. – С. 33–48.

13. Федоришин Ю. І. Просторова модель глибинної будови літосфери Українського щита у зв'язку з перспективами промислової алмазоносності / Ю. І. Федоришин, О. В. Фесенко, О. Б. Денегга // Мін. ресурси України. – 2006. – № 3. – С. 8–12.

14. Галецький Л. С. Причини розміщення родовищ та рудопроявів в шовних зонах Українського щита / Л. С. Галецький [та ін.] // Геол. журн. – 2010. – № 2. – С. 14–21.

Exploration expedition № 37 State enterprise «Kirovgeology», Kirovograd (Ukraine)

Kalashnyk A. A., Doctor of Geological Sciences, Chief Geophysicist

E-mail: kalashnik_anna1@mail.ru

Tel.: +38-095-563-98-84