

А. А. Калашник, д-р геол. наук, главный геофизик ГРЭ-37 (КП “Кировгеология”)

НОВЫЕ ПРОГНОЗНО-ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Представлен комплекс новых прогнозно-оценочных критериев, отражающих специфику формирования промышленного оруденения на основе использования современных представлений о металлогении урана с позиции глубинных факторов рудогенеза. Рассмотрены результаты практического применения нового подхода в технологии прогнозирования и поиска эндогенных промышленных месторождений урана Украинского щита, разработанного на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудогенных компонентов.

Ключевые слова: прогнозно-оценочные критерии, эндогенные промышленные месторождения урана, технология прогнозирования.

Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями

По существующим прогнозам мировое производство электроэнергии в ближайшие 20 лет может вырасти на 60 % [18]. При этом действенной альтернативы использованию атомной энергетики для обеспечения потребностей в электроэнергии пока не существует. Отработка урановых ресурсов в мировых масштабах ведется нерационально, с преимущественной эксплуатацией высокорентабельных месторождений. Прогнозируемый суммарный дефицит между производством урана за счет разведанных запасов и его потреблением до 2050 года составит 850 тыс. т даже при средних темпах развития ядерной энергетики [18]. Поэтому на современном этапе наиболее остро стоит проблема обнаружения крупного по запасам и богатого оруденения, выявления условий формирования крупных урановорудных районов. Учитывая низкую результативность интенсивно проведенных специализированных на уран геологоразведочных работ в мире за последние годы,

для изменения ситуации необходимо усовершенствование методики прогноза и поиска промышленных месторождений урана. Повышение эффективности прогнозных построений возможно при учете специфики всех стадий рудообразующего процесса [1], при объективной переоценке укоренившихся ранее представлений об условиях образования и факторах формирования крупных эндогенных месторождений урана в связи с появившимися новыми фактами, полученными в процессе проведения поисково-разведочных работ. Выявление новых особенностей формирования крупных эндогенных месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах Украинского щита (УЩ) на основе использования концепции первичного астеносферного концентрирования рудогенных компонентов может стать основой для смены технологии прогнозирования и поиска промышленных типов месторождений урана и в других регионах планеты. С этим согласуются особенности глубинного строения урановорудной провинции

Украинского щита, проявленность физических и химических неоднородностей мантии, изотопно-геохимические данные, которые подтверждают мантийный источник вещества растворов, формировавших урановорудные натриевые метасоматиты ряда месторождений Кировоградского рудного района [20]. Накопленный в процессе проведения работ КП “Кировгеология” фактический материал подтверждает важную роль глубинных факторов в формировании промышленных месторождений урана [10]. В связи с этим исследования проводились нами целенаправленно для наработки новых эффективных критериев, отражающих специфику формирования промышленного оруденения на основе использования современных представлений о металлогении урана с позиции глубинных факторов рудогенеза.

Обзор публикаций и нерешенные части общей проблемы

Согласно укоренившимся представлениям метаморфогенной модели уранового рудообразования крупные месторождения и рудные районы пространственно ассоциируют с гранитизированными блоками докембрийских щитов и срединных массивов, неоднократно претерпевшими тектонотермальные активизации (ТТА), которые сочетают два фактора: тепловые купола и зоны глубинных разломов [5]. При этом первым отводится роль источника и генератора рудоносных флюидов, а вторым – путей движения восходящих термальных растворов, обеспечивавших необходимые РТ-условия, условия для выщелачивания, регенерации, миграции и рудоотложения урана в породах верхних структурных этажей земной коры [5]. В цепи геологических событий по отношению к рудообразованию выделяют несколько типов процессов, ведущих к направленной миграции и концентрации рудных компонентов. К первому из них относятся процессы, протекавшие задолго до оруденения, имевшие рудоподготовительное значение (полихронная гранитизация и связанная с ней пневмато-

лито-гидротермальная деятельность, регрессивный катакластический метаморфизм). Полагают [5], что многократное гранитообразование в длительные рудоподготовительные этапы сопровождалось перемещением огромных масс различных компонентов, среди которых главнейшими, привносимыми в область гранитизации, являлись кремний, калий, редкие и радиоактивные элементы. Регрессивный и катакластический метаморфизм способствовали переводу накопившегося урана в подвижную форму. Таким образом, согласно метаморфогенной модели рудообразования, развитие рудоподготовительных процессов определило формирование специализированных на уран формационных комплексов, служивших потенциальными источниками урана при последующем рудообразовании. Отметим, что метаморфические породы амфиболитовой фации занимают порядка 60 % площади УЩ [23], такую же по размерам площадь занимают и гранитоиды.

Исходя из мантийно-флюидной модели рудообразования [1, 14, 15], процесс рудообразования 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 [15]. Это один из важнейших факторов, приводящих к формированию геохимических неоднородностей в коре и мантии. Из флюидной модели Ф. А. Летникова [15] вытекает, что 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 и тория, уменьшалась концентрация Na, Ca, Mg и Fe, вследствие чего порода приближалась по составу к гранитам. Такой подход относительно образования гранитоидных пород можно объяснить лишь значительным энергопереносом из мантии (астеносферы) потоков 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 по запасам промышленных месторождений.

Анализ связи особенностей строения литосферы и астеносферы УЩ и закономерностей формирования промышленных эндогенных месторождений урана на базе концептуально новой идеи масштабного инициального концентрирования урана на определенных глубинных уровнях астеносферы (по Ф. А. Летникову [15]) путем мантийной сепарации урана при определенных термобарогradientных условиях (по И. И. Абрамовичу [1]), выполненный нами, позволил определить глубинные факторы эндогенного уранового рудообразования УЩ [11]. Имея наложенный эпигенетический характер по отношению к структурно-формационным комплексам земной коры, эндогенные крупные по запасам месторождения урана на УЩ проявляют выраженную связь с особенностями строения глубинных оболочек Земли [10]. Это позволяет разработать новые региональные критерии формирования промышленных месторождений урана эндогенного класса для выполнения обоснованных прогнозных оценок потенциальной уранорудопродуктивности сегментов литосферы УЩ и значительно минимизировать площади для дальнейших поисковых работ с целью наращивания промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины.

Цель статьи

Выявление действенного комплекса региональных прогнозно-оценочных кри-

териев и выделения разноранговых объектов, перспективных на обнаружение промышленного, в первую очередь крупного по запасам уранового оруденения, учитывающих современные представления о значительной роли верхней мантии в поставке рудных компонентов при их формировании.

Методика исследований

Для решения поставленных задач использовался комплекс геофизических, петрологических, изотопно-геохимических, радиогеохимических и структурно-геологических методов исследований. Выделение перспективных объектов осуществлялось с соблюдением принципов системности, последовательных приближений и соответствия изучаемых объектов масштабам исследований.

Новые прогнозно-оценочные критерии в технологии прогнозирования формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита

Разработка региональных критериев возможна лишь на основе используемой генетической концепции. Формирование крупных по запасам месторождений урана УЩ обусловлено сочетанием ряда установленных нами благоприятных глубинных факторов [11]. Исходя из гипотезы мантийной природы ураноносных флюидов, вследствие возможности их эффективной сепарации возможности миграции в мантии при определенных термобарогradientных условиях в виде оксигаллоидных комплексов [15], ряда установленных закономерностей формирования и локализации эндогенных промышленных месторождений урана на УЩ [10, 11], действенными региональными прогнозно-оценочными критериями для выделения потенциальных уранорудных областей и районов с вероятным крупномасштабным эндогенным урановым рудогенезом являются (рис. 1): 1) мощность литосферы, которая, исходя из экспериментальных и петрологических данных по глубине возможного масштабного инициального концентрирования урана,

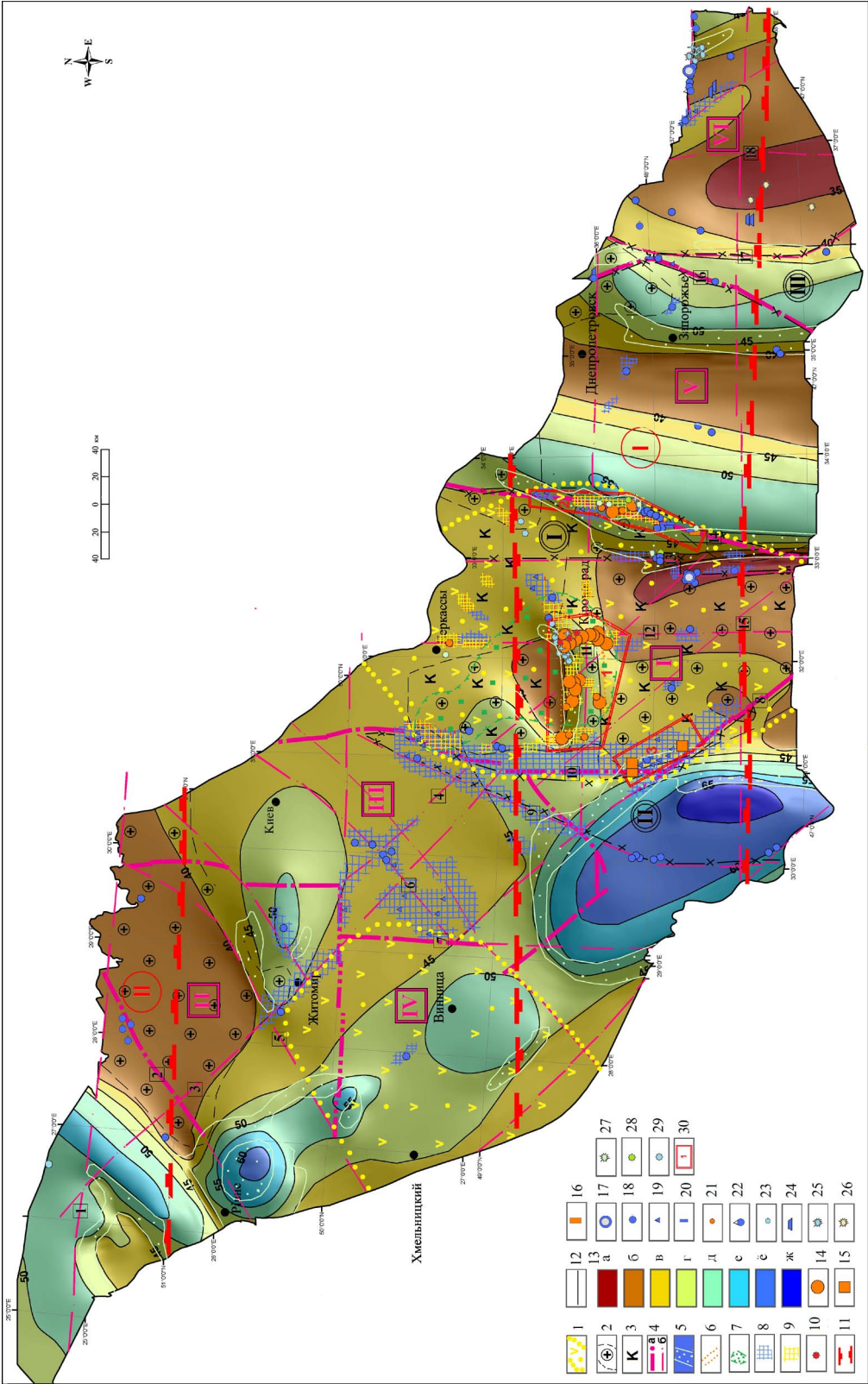


Рис. 1. Схема прогноза ендогенних месторождений урана в породах фундамента УЩ, совмещенная со схемой рельефа поверхности Моху Украинского щита (схема рельефа поверхности М по Ю. И. Федоришину и др. [24])

1–11 – глубинные критерии промышленного эндогенного уранового оруденения: 1 – аномальные литосферные сегменты с мощностью литосферы >160 км (по данным глубинного сейсмического зондирования (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 метаморфического субстрата верхней части земной коры; 4 – осевые линии разломов мантийного проникновения: а – межмегаблоковые, б – иные; 5 – градиентные зоны поверхности Мохо (с углом наклона (27,8–54,3°)); 6 – участки разломных структур с высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями поверхности Мохо и региональными зонами смены мощности земной коры вдоль них; 7 – зоны аномально низкой плотности вещества верхней мантии по результатам расчета гравитационного потенциала; 8–9 – ореолы радиогеохимических аномалий, связанных с привнесом урана в эпохи: 8 – 2 000–1 900 млн лет в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза, 9 – 1 850–1 700 млн лет в связи с развитием среднетемпературного карбонатно-натриевого метасоматоза (по результатам свинцово-изотопных исследований, В. А. Анисимов, КП “Кировгеология”); 10 – кимберлитопроявления дайковой фации, значительно обогащенные ураном; 11 – границы мегазон активизации (по данным Л. С. Галецкого и др. [4]): I – Централно-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; е – 61–65; ж – 66–70; месторождения урана: 14 – в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах, 15 – калий-урановой формации; 16–24 – рудопроявления урана эндогенного класса различных генетических групп; 25 – кимберлитовые трубки, 26 – лампроитовые трубки, 27 – трубки кимберлитоподобных пород, 28 – проявления кимберлитоподобных пород дайковой фации; 29 – лампроитопроявления дайковой фации; 30 – урановорудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Кировоградский, 3 – Алексеевско-Лысогорский

должна быть 160–180 и более километров; 2) наличие гранитогнейсового слоя высокой (более 15 км) или повышенной (10–15 км) мощности; 3) аномально выраженная радиогеохимическая калиевая специализация метаморфического субстрата верхней части земной коры; 4) наличие глубинных проницаемых разломных структур, которые способны достигать гипсометрического уровня астеносферных областей масштабной генерации ураноносных флюидов и которые характеризуются высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями вдоль них границы Мохо, наличием резко выраженных градиентных зон углов наклона поверхности Мохо (до 27,8–54,3°); 5) наличие участков аномально низкой эффективной плотности вещества мантии по результатам расчета гравитационного потенциала; 6) проявление в пределах глубинных разломов ультраосновного щелочного магматизма, прежде всего кимберлитов с высоким (до 18–20 г/т) содержанием в них урана, которые, по сути, являются петролого-геохимическими индикаторами проницаемых зон, дренировавших аномальные участки мантии с характерной дифференциацией и сепарацией урана; 7) все урановорудные районы Украинского щита контролируются глобальной трансмегаблоковой сквозной широтной Централно-Украинской мегазоной активизации (по Л. С. Галецкому и др. [4]), которая выступает как главнейшая глубинная эндогенная структура, которая служила каналом для выведения потоков мантийных ураноносных флюидов, прежде всего в узлах пересечения с мантийными разломами различных простираний в аномальном сегменте литосферы высокой степени зрелости центральной части УЩ; 8) в пределах аномальных участков литосферы для уранового оруденения на УЩ перспективными являются площади радиогеохимических аномалий, связанных с привнесом урана в эпоху 2 000–1 900 млн лет в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза и эпоху 1 800–1 750 млн лет в связи с развитием средне-

температурного карбонатно-натриевого метасоматоза.

Таким образом, важнейшим региональным поисково-оценочным критерием перспектив тех или иных рудных провинций на обнаружение крупных месторождений урана эндогенного класса выступают аномальные литосферные сегменты высокой степени зрелости, способные привести к созданию петрологических условий масштабной мантийной сепарации урана и натрия и переносу их в составе флюидов к верхним горизонтам земной коры по разломам транслитосферного проникновения (рис. 1).

Исходя из астеносферного концентрирования урановорудных компонентов, первый этап прогнозирования был ориентирован на оценку потенциальной уранорудопродуктивности литосферных сегментов УЩ по совокупности структурно-геологических, петрологических и геофизических данных. Результатом этих исследований стала оценка основных благоприятных для инициального концентрирования урана характеристик структуры литосферы УЩ (вариации глубины залегания кровли астеносферы, мощность литосферы, откорректированная по результатам петрологических исследований ксенолитов мантийных пород, мощность гранитогнейсового слоя, аномальные плотностные неоднородности вещества верхней мантии по вариациям значений гравитационного потенциала, наличие градиентных зон поверхностей М, базальтового и диоритового слоев), региональная радиогеохимическая и металлогеническая зональность отдельных сегментов литосферы УЩ и наличие транслитосферных разломных зон для возможной транспортировки ураноносных флюидов на верхние структурные этажи земной коры. На этом этапе была оценена принципиальная возможность перспектив обнаружения крупных эндогенных месторождений урана на УЩ в пределах отдельных литосферных сегментов.

Максимальное проявление всех выявленных прогнозно-оценочных критериев

формирования продуктивного эндогенного уранового оруденения характерно лишь для Кировоградской урановорудной металлогенической области, в пределах которой сосредоточены все известные промышленные месторождения урана УЩ эндогенного класса (рис. 1) и эта исключительная продуктивность подтверждается многолетними интенсивными, но безрезультатными специализированными поисками аналогов ее рудных районов в других частях УЩ.

На следующем этапе был выполнен анализ особенностей глубинного строения УЩ и связи общих особенностей металлогении урана и урановой геохимической специализации УЩ с его основными структурными элементами с целенаправленным изучением возможных рудо локализирующих структур земной коры, благоприятных для формирования эндогенных месторождений урана на верхних структурных этажах. При этом использовался весь имеющийся комплекс информации: геолого-геофизической, петрологической, геохимической. Особое внимание уделялось зонам глубинных разломов, способным достичь гипсометрического уровня астеносферных областей масштабной генерации ураноносных флюидов и обеспечить выполнение условий изменения степени проницаемости в разнoglobинных слоях земной коры, необходимых для формирования масштабного уранового оруденения. Такие зоны разломов фиксируются в физических полях наличием градиентных зон поверхности Мохо, высокоамплитудных смещений поверхности Мохо вдоль них, с разрастанием градиентных зон, пространственным смещением зон проникновения от поверхности Мохо к “базальтовому” слою и выше к “диоритовому”. Особое внимание уделялось проявлению радиогеохимических аномалий привноса урана, метасоматических урановорудных формаций, а также ультраосновного щелочного магматизма, в первую очередь, кимберлитовой группы с повышенным содержанием урана. Привнос урана фиксировался как

непосредственно минерализованными объектами (месторождения, рудопроявления), так и результатами радиогеохимических и изотопных исследований. По материалам свинцово-изотопных исследований (В. А. Анисимов, КП “Киров-геология”) на прогнозную карту были нанесены радиогеохимические аномалии с привносом и перераспределением урана в наиболее продуктивные для УЩ эпохи – 2000–1900 млн лет, в том числе в связи с развитием высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитов, и 1800–1750 млн лет, в том числе в связи с развитием среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитов. В совокупности это дало возможность оценить региональную металлогеническую специализацию разломных структур, выявить проявление региональной унаследованности урановорудного металлогенического профиля, формирование региональных зон метасоматоза различных групп, локальных концентраций проявления геолого-структурных, химических и прочих неоднородностей, которые необходимы для локализации крупных урановорудных концентраций.

Урановорудные карбонатно-натриевые метасоматиты являются самостоятельной группой эндогенных образований, сформированных в этап активизации 1,8–1,75 млрд лет и одним из многочисленных представителей группы разнородных эндогенных образований, в которую входят кимберлиты, пикриты, слюдяные щелочные лампрофиры, разнообразные щелочные метасоматиты различной металлогенической специализации – продукты астеносферы в подошве литосферного сегмента высокой степени зрелости центральной части Украинского щита (рис. 1). Пространственная сопряженность проявлений урановорудного натриевого метасоматизма и кимберлитопроявлений обусловлена общим мантийным источником полезных компонентов (в первую очередь, углекислоты и некогерентных элементов) и линейным характером структур локализации мантийного

проникновения, вскрывавшими аномальные очаги астеносферы, продуцировавшей ураноносные флюиды и кимберлитовые магмы.

Геохимическая связь кимберлитопроявлений и гидротермальных месторождений урана заключается в наличии источника углекислотных мантийных флюидов, необходимых для их формирования на разных структурных горизонтах (кимберлитов – в верхних частях мантии, урановорудных объектов – на внутрикоровом уровне) из рудогенных компонентов мантийной природы. Углекислота является важнейшим компонентом и в процессе формирования гидротермальных месторождений уран-натровой формации и в процессе генерации спектра ультраосновных щелочных магм в ряду от пикритовых до кимберлитовых и в этом заключается геохимическая связь этих разнородных процессов. Для различных фациальных типов урановорудных альбититов УЩ характерно устойчиво высокое содержание в них CO_2 , достигающее для хлорит-гематитовых альбититов 10–17 мас. % [9] содержание CO_2 в кимберлитах, выявленных в урановорудных районах УЩ, достигает 22,34–25,4 мас. %. В неизменных вмещающих альбититы и кимберлиты породах содержание CO_2 не поднимается выше 0,1–0,2 мас. %. Установленная прямая связь между содержанием CO_2 и ураном в урановорудных альбититах и увеличение ее концентрации в ряду “бедная-рядовая-богатая” руда обусловлены уранил-карбонатной формой привноса урана перед финальной стадией рудоотложения (рис. 2).

Изотопный состав углерода из кальцита кимберлитов различных регионов планеты варьирует от –0,27 до –0,9 ‰, что свидетельствует о его мантийной природе [3]. В продуктивных зонах уран-натровых месторождений Кировоградского рудного района УЩ для флогопит-карбонатных прожилков из урановорудных альбититов также характерны глубинные значения $\delta^{13}\text{C}$ (от –7,9 до –6,9 ‰) [5, 13].

В разломах кимберлитопрооявления и урановорудные объекты пространственно ассоциируют друг с другом в самостоятельных соподчиненных минералогических зонах (рис. 3), взаимосвязанных линейным характером структур рудолокализации мантийного проникновения над активными мантийными структурами в сегменте литосферы высокой степени зрелости центральной части УЩ.

Их совместное проявление в верхних структурных горизонтах обусловлены наличием в астеносфере, подстилающий Ингульский мегаблок, аномальной зоны масштабной мантийной генерации ураноносных флюидов, совмещенной с очагом генерации кимберлитовых магм. Это объясняется физико-химической связью процессов их рудогенерации, вызванной, в частности, возникновением в астеносфере, при определенных РТ-условиях, мощного источника углекислотных мантийных флюидов, а в литосфере – проницаемых зон, по которым с мантийных глубин периодически осуществлялся подъем ураноносных флюидных пото-

ков и кимберлитовых флюидо-магматических колонн (рис. 4).

Таким образом, проявление в разломных зонах кимберлитов, значительно обогащенных ураном, является петролого-геохимическим показателем аномальных проницаемых участков мантии с характерным концентрированием урана и может дополнительно учитываться в комплексе критериев для оценки возможности обнаружения гидротермального уранового оруденения в промышленных концентрациях в других потенциальных урановорудных районах, узлах, зонах, в первую очередь для метасоматизма натриевой линии.

В 2012 году в Институте геологических наук (ИГН) НАНУ под руководством профессора Л. С. Галецкого была завершена комплексная научно-исследовательская работа “Металлогения Украины”, в которой, в частности, выделен новый тип основных рудоносных структур Украины, к которым отнесены субширотные трансблоковые мегазоны активизации (Северно-, Центрально- и Южно-Украинская) и субмеридиональные межблоковые

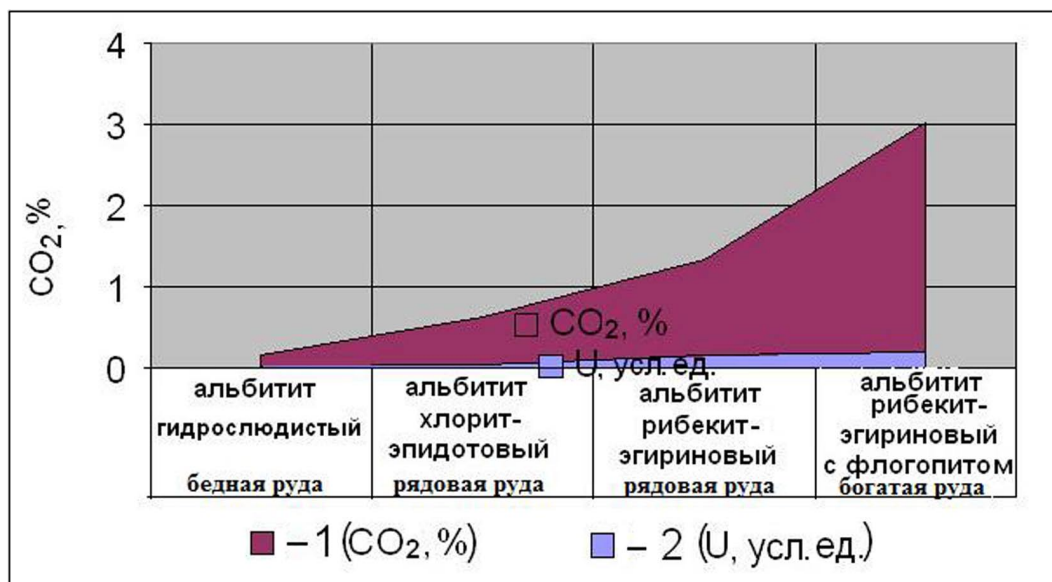


Рис. 2. Характер связи содержаний CO₂ и урана в рудных альбитах в ряду “бедная-рядовая-богатая руда” (Кировоградский урановорудный район) (по материалам КП “Кировогеология”)

шовные зоны, которые являются структурами направленного эволюционного развития (Немировско-Кочеровская, Ингулецко-Криворожско-Кременчугская, Орехово-Павлоградская, Голованевско-Трактемировская), узлы пересечения которых формируют основные рудные

районы и поля, в частности, под влиянием знакопеременных процессов растяжения и сжатия (Л. С. Галецкий и др. [4]).

Промышленное эндогенное урановое оруденение Кировоградского и Криворожского рудных районов УЩ в средне-температурных карбонатно-натриевых

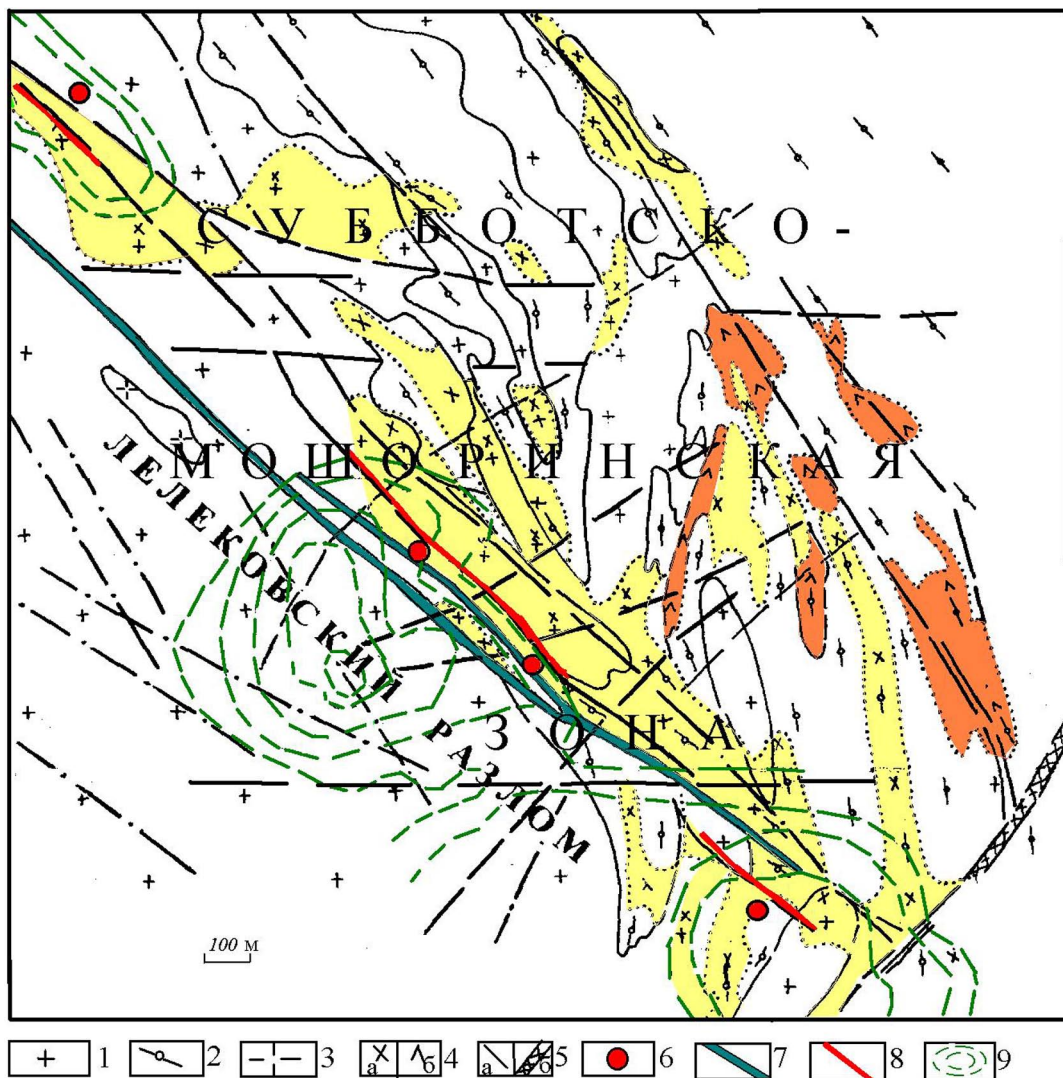


Рис. 3. Геолого-структурная позиция кимберлитовых даек Лелековского урановорудного поля

1 – граниты лелековские, мелко- и среднезернистые (PR_1); 2 – мигматиты порфиroidные (PR_1); 3 – граниты пегматоидные (PR_1); 4 – щелочные натриевые метасоматиты (PR_1^2): а – альбититы, б – десилицированные породы; 5 – а – тектонические нарушения, б – кварцевые брекчии; 6 – положение устья скважины, вскрывшей кимберлитовые дайки; 7 – дайки пикритов (внемасштабные) (PR_1); 8 – кимберлитовые дайки (внемасштабные) (PR_1^2); 9 – отрицательные аномалии поля силы тяжести, контролирующие кимберлитопроявления

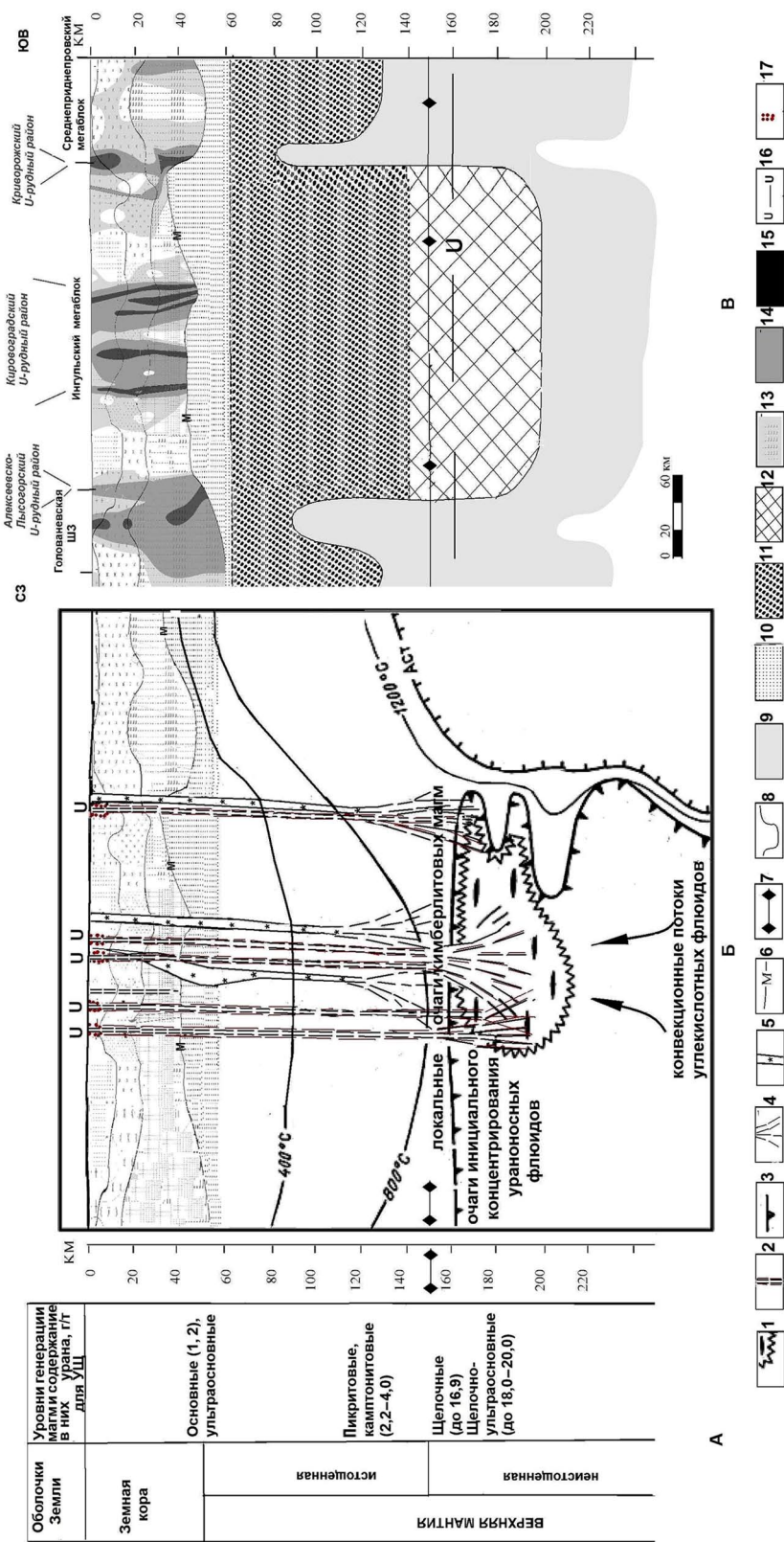


Рис. 4. Принципиальная модель эндогенного уранового рудообразования на Украинском щите (с использованием материалов В. А. Крупенникова [14], С. Н. Дымбала и др. [26] (А), К. Н. Никишова [17] (Б), разрез литосферы в пределах центральной части Украинского щита (по материалам Ю. И. Федоришина [24], В. Б. Соллогуба (В) [19]) с дополнениями автора)

1 – очаги инициального концентрирования ураноносных флюидов, 2 – приразломные потоки щелочных ураноносных флюидов, 3 – граница аномальной верхней мантии; Аст – граница астеносферы, 4 – предполагаемые пути подъема протокимберлитовой магмы; 5 – каналы внедрения кимберлитов дайковой фации, 6 – граница Мохо; 7 – граница стабильности графит-алмаз; 8 – граница литосфера-астеносфера; 9 – астеносфера; 10 – железистые ультрабазиты (железистые дуниты, ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы); 11 – амфиболовые и пироксеновые глиниты, шинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 12 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур, гранатовые лерцолиты с реликтами деформированных структур; зоны дислокаций с различной степенью проницаемости; 13 – низкой, 14 – средней, 15 – высокой, 16 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных трансмагматических флюидов, 17 – карбонатно-натриевые метасоматиты

метасоматитах контролируется субмеридиональными разломными структурами – Кировоградской, Новоконстантиновской, Звенигородско-Анновской, Криворожско-Кременчугской и Адабашской (аз. СВ 55°), в узлах пересечения с Субботско-Мошоринской и Девладовской широтными разломными зонами, которые являются составными частями сквозной широтной Центрально-Украинской мегазоны активизации (рис. 5). В целом месторождения урана контролируются участками осложнения, сочленения, пересечения, перегибов осевых поверхностей субмеридиональных и диагональных разломных зон субширотными разрывными структурами, обуславливающими особенности локализации оруденения. В слагающих структурные ловушки нарушениях выклинивание метасоматитов и оруденения по восстанию определяется постепенным ослаблением энергии формирующих их эндогенных процессов снизу вверх при сохранении проводящих зон катаклаза. По своему строению структурные ловушки слабо эродированных месторождений (Северинского, Подайцевого, Ватутинского, Северно-Коноплянского, Южно-Коноплянского, Новоконстантиновского, Первомайского) не отличаются от таковых, вмещающих значительно эродированные объекты (Мичуринское, Западно-Коноплянское месторождения) и в локализации рудоносных метасоматитов месторождений урана разрывы субширотного простирания, являющиеся составными частями Субботско-Мошоринской и Девладовской зон разломов играли важнейшую роль независимо от степени эродированности месторождений. Это свидетельствует о том, что структурные ловушки Кировоградского и Криворожского рудных районов в целом являются сквозными. А узлы пересечения широтных, диагональных и субмеридиональных разломов обеспечивали максимальную проницаемость и были путями движения мантийных ураноносных флюидов, выступали агентами связи верхней части земной коры с астеносферными источниками рудогенных компонентов.

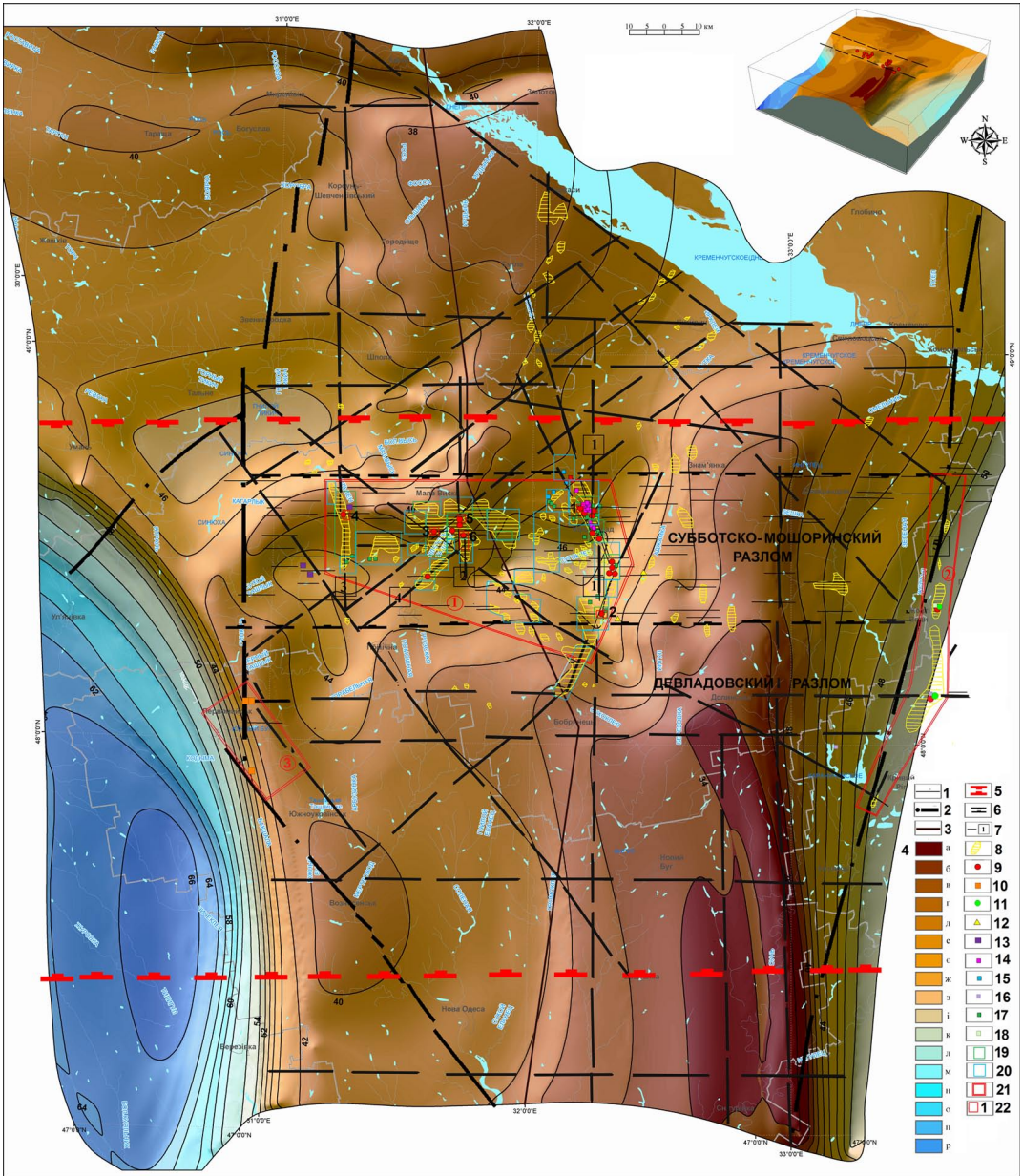


Рис. 5. Структурная схема размещения объектов промышленного эндогенного уранового оруденения Кировоградской урановорудной металлогенической области, совмещенная со схемой глубины залегания поверхности М (схема поверхности М по Ю. И. Федоришину [25])

1 – линейные элементы Субботско-Мошоринского разлома по данным гравитационного и магнитного полей, 2 – межмегаблоковые разломы, 3 – осевые линии разломов, 4 – шкала глубин залегания поверхности М, км: а – $\geq(-34)$; б – $(-35)-(-36)$; в – $(-37)-(-38)$; г – $(-39)-(-40)$; д – $(-41)-(-42)$; е – $(-43)-(-44)$; е – $(-45)-(-46)$; ж – $(-47)-(-48)$; з – $(-49)-(-50)$; и – $(-51)-(-52)$; к – $(-53)-(-54)$; л – $(-55)-(-56)$; м – $(-57)-(-58)$; н – $(-59)-(-60)$; о – $(-61)-(-62)$; п – $(-63)-(-64)$; р – $(-65)-(-66)$; 5 – границы Центрально-Украинской мегазоны активизации (по Л. С. Галецкому и др. [4]), 6 – положение границы Субботско-Мошоринской разломной зоны, 7 – осевые линии разломных зон, в том числе контролирующих промышлен-

ное урановое оруденение (цифры в квадратиках): 1 – Кировоградская, 2 – Новокопстантиновская, 3 – Звенигородско-Анновская, 4 – Адабашская, 5 – Криворожско-Кременчугская; 8 – региональные зоны развития натриевых метасоматитов; 9–12 – месторождения: 9 – урана в карбонатно-натриевых метасоматитах, 10 – урана калий-урановой формации, 11 – скандий-ванадий-редкоземельных руд, 12 – золота, 13 – лития, 14 – кимберлитопоявления дайковой фации, 15 – автолитовые брекчии кимберлитов, 16 – дайки кимберлитоподобных пород, 17 – дайки пикритов, 18 – проявления лампроитов; 19–20 – границы участков с масштабом специализированной изученности: 19 – 1:10 000, 20 – 1:25 000; 21 – контуры урановорудных районов (в кружках): 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 22 – перспективные участки для наращивания промышленного потенциала урана Украины: геолого-экономический анализ с переувязкой рудных зон пересчетом запасов по новым кондициям: 1 – Щорсовский, 2 – Юрьевский, поисково-оценочные и разведочные работы на флангах месторождений: 3 – Ватутинского, 4 – Докучаевского, 5 – Новокопстантиновского

На Новокопстантиновском месторождении данные бурения в интервалах глубин 1 600–2 300 м от поверхности позволили констатировать, что огромные альбититовые тела, достигающие по вертикали в среднем уровне этого месторождения по мощности несколько сот метров, на глубине испытывают резкое выклинивание и вниз по разрезу сменяются узкими 5–20 м линейными зонами слабо измененных пород (слабо десилицированных, изредка десилицированных), приуроченных к системам разломов, отражающим положение флюидоподводящих каналов, что свидетельствует о том, что огромные объемы гидротермальных растворов, перемещаясь вдоль этих узких зон с огромной скоростью, практически не взаимодействовали с породами (рис. 6).

Резкая смена по вертикали узких зон слабо проявленного натриевого метасоматоза мощными зонами объемного катаклаза с наложенным оруденением, по мнению В. А. Крупенникова [14], является доказательством тектонического взрывного формирования таких катаклазитов за счет высокого давления самих флюидов, вследствие их дегазации и последующему рудоотложению в условиях сформировавшейся декомпрессии. Это обусловлено главным образом структурными условиями и эволюцией фазового состояния ураноносного флюида при подъеме с мантийных глубин на пути миграции, связанной с изменением состава, свойств, падением температуры, давления флюида. Таким образом, форма тел с ту-

пым выклиниванием, характерная для месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах, обусловлена взрывными процессами гидрогазоразрыва.

Глубина распространения промышленного уранового оруденения в пределах объектов Новокопстантиновского рудного узла составляет не менее 1 000 м. Особенно показательно в этом смысле Новокопстантиновское месторождение. В его пределах кондиционное урановое оруденение оконтурено на глубине 1 500 м от поверхности современного рельефа (рис. 6). Близким по этому показателю является Докучаевское месторождение, в пределах которого урановое оруденение выклинивается в 900–1 000 м от дневной поверхности. На Северинском месторождении (Кировоградский рудный узел) промышленное урановое оруденение прослежено до глубины 1 200 м от дневной поверхности. Величина вертикального размаха уранового оруденения и его концентрация в приповерхностных слоях земной коры, несомненно, определялась главным образом структурными факторами, в том числе осложнениями структурных элементов, неоднородной их проницаемостью и за счет образования коротких фаз сжатия надвиговых структур [6]. Но наряду с этим важнейшим фактором являлся масштаб эндогенного процесса, определяемый характеристиками астеносферной ловушки в подстилающем урановорудный район слое верхней мантии, кинетической энергией подъема ураноносного флюида, зависящей от степени насыщен-

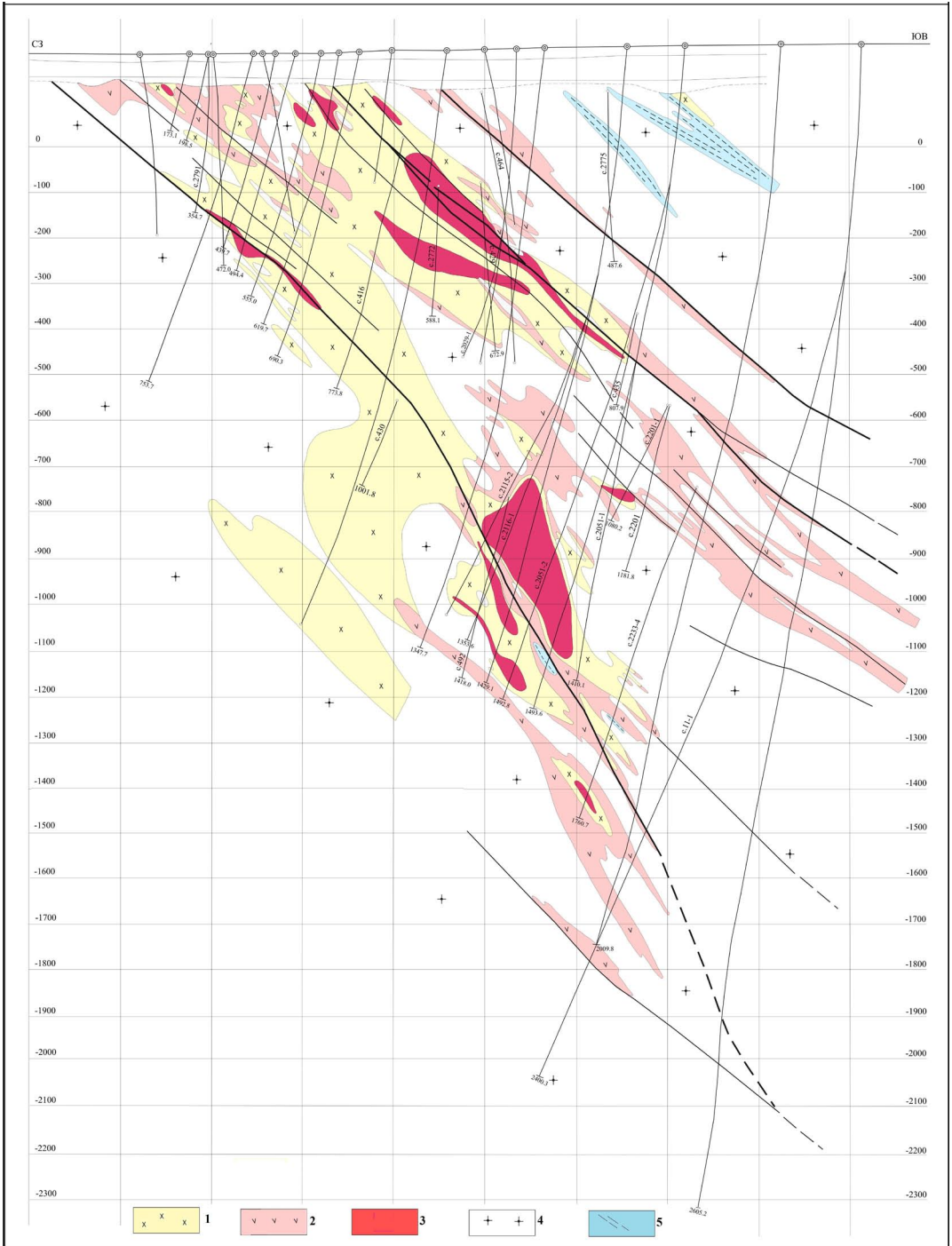


Рис. 6. Геологический разрез по профилю XXV (Новокопстантиновское месторождение) (по материалам КП “Кировгеология”)

1 – альбититы (PR_1^2), 2 – десилицированные породы (PR_1^2), 3 – рудные тела (PR_1^2), 4 – граниты новоукраинские порфиروبластические, трахитоидные (PR_{1nu}), 5 – гнейсы биотитовые (PR_{1cc})

ности CO_2 концентрация которой играла значительную роль в осуществлении механизма гидрогазоразрыва с последующим скоротечным рудоотложением (по В. А. Крупенникову [14]) в структурах с неоднородной проницаемостью в верхней части земной коры.

Субботско-Мошоринская широтная зона разломов является региональной рудовмещающей все рудные поля Кировоградского рудного района разломной структурой, фиксируется широтными зонами градиентов гравитационного поля. Сквозные и поперечные (субмеридиональные) разломные зоны (Кировоградская, Новокопчанская, Звенигородско-Анновская), Адабашская (северо-восточного простирания) контролируют урановорудные объекты Кировоградского рудного района исключительно в пределах Субботско-Мошоринской разломной зоны (рис. 5). Субмеридиональная Кировоградская зона разломов регионально контролирует положение урановорудных объектов Мичуринского, Лелековского и Юрьевского рудных полей Кировоградского рудного района. Ее особенностью является широкое проявление натриевого метасоматоза на всём ее протяжении (рис. 5). Морфологически она представляет собой сложно построенную зону разломов восточного падения ($50-85^\circ$), в состав которой входят разрывные структуры (с севера на юг): Родниковский, Восточный, Кушевский, Мичуринский и другие разломы. Структура Новокопчанского рудного поля определяется узлами пересечения меридионального Новокопчанского, Глодосского (аз. 45°), Центрального (аз. 315°) разломов и широтных разрывов Субботско-Мошоринского разлома, которые контролируют размещение промышленных урановорудных объектов. Новокопчанская зона разломов меридионального простирания пространственно совпадает с гравитационной ступенью, ограничивающей с южной стороны часть Кировоградского минимума поля силы тяжести [8]. Имеет дугообразную форму. Разделяет

разные по морфологии магнитные поля: спокойные безаномальные на востоке и резко дифференцированные с большим количеством аномалий разной формы и интенсивности на западе. Отдельные ветви Новокопчанского разлома прослеживаются цепочками положительных магнитных и отрицательных локальных гравитационных аномалий. Ватулинское рудное поле является участком пересечения Звенигородско-Анновской близмеридиональной и дизъюнктивов Субботско-Мошоринской широтной разломных структур (рис. 6).

Звенигородско-Анновская структура выделяется в западном борту зоны разуплотнения, осложняя гравитационную ступень западного крыла Кировоградского минимума. С востока и запада эта структура ограничивается зонами повышенных градиентов. Кировоградский минимум поля силы тяжести, вероятнее всего, контролирует астеносферную ловушку, которая являлась областью масштабного скопления ураноносных флюидов с последующим формированием из привнесенных с ними рудогенных компонентов в верхних слоях земной коры целого ряда крупных объектов оруденения (10 месторождений) Кировоградского урановорудного района.

Криворожский урановорудный район, включающий Первомайское и Желтореченское месторождения урана в средне-температурных карбонатно-натриевых метасоматитах, контролируется Криворожско-Кременчугским разломом, к которому пространственно тяготеет региональная положительная магнитная аномалия шириной, достигающей 30 км [7]. И в поле силы тяжести, и в магнитном поле Криворожско-Кременчугский разлом выделяется ступенеобразным градиентом. Породам криворожской серии соответствует интенсивная магнитная аномалия и хорошо выраженная положительная гравитационная аномалия. Желтореченское месторождение урана находится в узле пересечения широтной Субботско-Мошоринской минерагенической разломной

зоны с Криворожско-Кременчугским разломом, Первомайское – в узле пересечения Девладовского широтного разлома с Криворожско-Кременчугской зоной [7].

Кора играла рудоконцентрирующую функцию, которая определялась структурно-литологическими ловушками и геохимическими барьерами. Литологические факторы контроля оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах заключаются в исключительной приуроченности уранового оруденения к альбититам [2, 6, 16, 21 и др.]. Основная масса оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах месторождений урана Кировоградского и Криворожского рудных районов связана с зонами предрудного объемного катаклаза, формирование последних обусловлено процессами эксплозивного гидрогазоразрыва вследствие эволюции щелочного гидротермального ураноносного раствора (флюида) [14], который приводил к масштабному скоротечному массовому рудоотложению. Форма урановорудных тел пластообразная, столбообразная, линзовидная с характерным резким выклиниванием (рис. 6). Рудные альбититы формируют вдоль рудоконтролирующих разломов эшелонированные залежи, размещение которых с позиции мантийной природы рудогенных компонентов обусловлено высокой степенью проникновения разломов, транспортирующих ураноносные флюиды на глубинных горизонтах и относительной закрытостью на верхних горизонтах земной коры, что создавало условия для быстрого подъема газонасыщенного мантийного ураноносного флюида и последовательного возникновения на верхних структурных горизонтах земной коры процессов эксплозивного гидрогазоразрыва, масштабного формирования зон объемного катаклаза, декомпрессии флюида, массового рудоотложения. При отсутствии условий для эксплозивного гидрогазоразрыва уран рассеивался с формированием безрудных альбититов.

Между формированием альбититов и урановым оруденением существовал

некоторый временной разрыв, устанавливаемый по предрудному катаклазу в альбититах. Несмотря на это, результаты изотопно-геохимических исследований указывают, что рудоотложение является естественным результатом эволюции тех же растворов, которые производили натриевый метасоматоз [20]. Л. М. Степанюк и коллеги выявили прямую зависимость между содержанием урана в альбититах и его содержанием в плагиоклазах этих альбититов. Зависимость линейная и описывается уравнением $Y = 0,0859x - 1,612$, коэффициент корреляции $R^2 = 0,9818$, что указывает на общую миграцию урана, натрия и стронция в метасоматизирующем растворе. Это, с учетом дискретного характера формирования промышленно-урановорудных альбититов на фоне развития значительных по простиранию ореолов развития ураноносных альбититов, свидетельствует о том, что мантийные ураноносные флюиды не только приносили рудогенные компоненты, но и существенным образом влияли на морфологию рудных тел непосредственно над проницаемыми каналами привноса ураноносных флюидных потоков с астеносферного очага их первичной масштабной генерации при их дискретном экранировании на верхних структурных этажах. Спорадическое экранирование разломов могло быть обусловлено смещением и усложнением конфигурации фрагментов зон проницаемости от поверхности М к дневной поверхности, что наблюдается по данным ГСЗ [10].

Формация натриевых метасоматитов имеет крайне ограниченное распространение на УЩ по сравнению с другими метасоматическими формациями и характерна лишь для центральной части Украинского щита. Форма ореолов этой формации линейная, с раздувами и пережимами. Размеры ореолов от 1–2×3–8 км до 15×30 и даже 5×70 км в Кировоградской разломной зоне (рис. 5). Наиболее полное проявление натриевого метасоматоза выражено в образовании альбититовых тел. Тела альбититов чаще жило- и линзовидные, иногда

пластообразные, неправильной формы. Они имеют сложную конфигурацию и зональность, обусловленную развитием микроклиновых и альбит-микроклиновых зон. Внутренние части тел представлены собственно альбититами. Наиболее протяжённый (12,5 км) ореол альбититов прослеживается в Ингульском мегаблоке вдоль Лелековского разлома (Кировоградский рудный узел) (рис. 6). Здесь процессы метасоматического изменения накладываются на породы обрамления (метаморфиты ингуло-ингулецкой серии, гранитоиды кировоградского комплекса). По минеральному составу альбититы Кировоградского рудного района подразделяются на: 1) хлорит-эпидотовые, эпидот-хлоритовые; 2) рибекит-эгириновые, эгирин-рибекитовые; 3) актинолитовые, родуситовые, диопсидовые (эгирин-диопсидовые); 4) флогопитсодержащие; 5) биотит-гидробиотитсодержащие; 6) андрадитсодержащие.

Большинством исследователей в Кировоградском рудном районе выделяют две стадии урановорудного процесса [6, 2, 16, А. В. Кузьмин, КП “Кировгеология”]: а) стадия прожилково-вкрапленного оруденения, наиболее близкая по времени к альбититам; б) стадия карбонатно-магнезиально-кальциевая, пострудная с преобразованием первичного оруденения.

В Криворожско-Кременчугской зоне выделяются следующие последовательные стадии метасоматоза: 1) магнезиально-железистый (железородный), 2) щелочной (натриевый), 3) карбонатный. 4) окварцевание. Проявленность щелочного метасоматоза в различной степени в Криворожско-Кременчугской зоне почти повсеместна. Он приурочен преимущественно к железисто-кремнистым породам и представлен эгиринизацией, формированием щелочных амфиболов – рибекита, родусита и альбитизацией.

Состав рудных альбититов Криворожского урановорудного района существенным образом отличается от альбититов Кировоградского рудного района того же возраста и генезиса широчайшим спек-

тром элементов примесей, достигающих промышленных содержаний – скандия, ванадия, повышенным содержанием меди, германия, золота, серебра, циркония, ниобия, фосфора и других элементов. Геологические наблюдения на Желтореченском и Первомайском месторождениях позволили наметить, как минимум три этапа в формировании урановорудных тел в их пределах [12]. На этапе раннего щелочного метасоматоза выделено две сближенные самостоятельные фазы: 1) ощелачивание куммингтонита с перетотложением железа и образованием новой генерации магнетита; 2) малакон-апатитовая с выделением эгирина 1 по рибекиту и куммингтониту, а в микросланцах альбита 1 в парагенезисе с малаконом и апатитом. В этот период жильные тела лампроитов вовлекаются в процессы складкообразования, в Ольховской залежи формируются настуранные и уранинитовые тела субширотного простирания с богатыми (более 1 %) рудами. По данным А. В. Тарханова, абсолютный возраст уранинита, настурана, урановых руд и малакона Желтореченского месторождения, определенный уран-свинцовым методом, составляет 1 770 млн лет [21] (PR_1). Далее проходит этап карбонатного метасоматоза, в котором выделено две стадии: 1) образование ферро-доломита и доломита, замещающих выделенные минералы (безрудная), 2) доломитовая рудная с образованием рудных тел, с уранинитовой минерализацией. По данным изучения газово-жидких включений обе стадии проходили в период 1 750–1 700 млн лет. Третий этап – формирование жильно-прожилкового сульфидно-настуранового оруденения с выполнением полостей в метасоматитах и структурных осложнениях пород саксаганской свиты настураном, коффинитом, уранинитом в ассоциации с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, борнитом. Этот тип оруденения наиболее обширно проявлен в Кольцевой зоне Желтореченского месторождения, в меньшей мере на Первомайском месторождении. Прожилки и жилы сульфидно-

настуранового оруденения мощностью до нескольких сантиметров, как правило, группируются в столбообразные крутопадающие тела мощностью до нескольких метров и протяженностью десятки метров (А. В. Кузьмин, КП “Кировгеология”). Вертикальный размах этого оруденения на Желтореченском месторождении достигает 1500 м (Ф. Р. Польской и др., КП “Кировгеология”). Основным рудным минералом является настуран. Общее содержание сульфидов не превышает первых процентов. Следующая вспышка тектонической активности с интенсивными подвижками, брекчированием и объемной трещиноватостью фиксируется в период 940–1150 млн лет. Последующая тектоническая вспышка датируется возрастом 700 млн лет. Кроме минеральных образований этих основных этапов, незначительным площадным распространением пользуются сульфидно-смолковые богатые руды с возрастом 200–300 млн лет [21]. На Первомайском месторождении абсолютный возраст уранинита (U-Pb метод) по определению лабораторий ГЕОХИ, РИАН и ВСЕГЕИ составляет 1800–1760 млн лет. Геохимические исследования зон щелочного метасоматоза по всему простиранию Криворожской структуры позволили выделить в них повышенные содержания Sr, Ba, Zr, Sc, P, V, Ge, Au, Ag, Pt и др. элементов. Возрастной диапазон урановой минерализации Криворожско-Кременчугской разломной зоны составляет от 2400 до 290 млн лет [21], однако формирование промышленных месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах как и в месторождениях урана Кировоградского рудного района того же возраста и генезиса связано лишь с эпохой уранового рудообразования 1800–1750 млн лет, которая была крупнейшим минерагеническим импульсом планетарного масштаба.

По результатам исследований специалистами КП “Кировгеология” был выделен комплекс локальных критериев и признаков промышленного уранового

оруденения альбититового типа, который был нами расширен и видоизменен с учетом того, что основным источником рудного вещества урановорудных районов и эндогенных месторождений урана УЩ является мантия, а разломы мантийного проникновения при рудообразовании являются транспортными каналами флюидной фазы и связанных с ней урановорудных компонентов, контролируют интенсивность, направление потоков мантийного вещества.

Комплекс локальных поисковых критериев и признаков промышленного уранового оруденения используется для оконтуривания площадей, перспективных на выявление месторождений урана и их обоснованное выделение производится с учетом обнаружения проявлений уранового оруденения и других прямых признаков.

На этапе поиска месторождений урана альбититового типа тектонические критерии сохраняют ведущее значение, изменяется только масштаб их проявления. Если все рудные поля находятся в сложно построенных тектонических узлах пересечения региональных разломов субмеридионального и диагонального простираний с широтными разрывами в пределах зон интенсивной перестройки мантии и земной коры, районов высокоамплитудных перемещений поверхности Мохо в сегментах литосферы высокой степени зрелости, то отдельные месторождения – в пределах фрагментов этих зон и узлов.

Основными поисковыми критериями месторождений урана альбититового типа являются также наличие тел альбититов и прямых признаков уранового оруденения. Десилицированные породы и диафториты отнесены нами к косвенным признакам возможного обнаружения альбититов, в том числе рудных.

С укрупнением масштабов исследований возрастает значение геохимических и локальных геофизических критериев, связанных с локальным аномальным эффектом рудного объекта на фоне вмещающих пород.

Анализ проявленности натриевых метасоматитов, вмещающих оруденение, показал, что последние надежно выделяются положительными магнитными аномалиями определенной формы и интенсивности. Форма магнитных аномалий, обусловленных метасоматитами, обычно сложная (седловидная), реже – изометричная, интенсивность аномалий – в пределах 10–80 нТл (О. Ф. Макивчук и др., материалы КП “Кировгеология”, [22]). В поисковом отношении первостепенную значимость имеют положительные магнитные аномалии, пространственно приуроченные к осложнениям в пределах тектонOMETасоматических зон.

Магнитность натриевых метасоматитов обуславливается их обогащенностью магнетитом. Магнитными могут быть как рудные, так и безрудные альбититы. В пределах рудных тел обычно существует прямая корреляционная связь между содержанием магнетита и урана. Это позволяет предполагать, что магнетит образовался как в дорудную, так и в рудную стадию натриевого метасоматоза. Процесс образования магнетита в метасоматических зонах, согласно исследованиям М. Е. Коцена и В. Н. Тюленева [22], обусловлен переходом железа из закисной формы в окисную, с выделением магнетита при замещении биотита хлоритом и рибекитом.

Дополнительным локальным петролого-геохимическим критерием оруденения является проявление ультраосновных щелочных пород, существенно обогащенных ураном, в первую очередь, кимберлитовой группы. В качестве примера, на участке локализации Щорсовского месторождения урана (рис. 7) при проведении алмазопромышленных работ нами выявлена масштабная проявленность кимберлитового магматизма дайковой фации с существенным (до 20 г/т) обогащением кимберлитов ураном. Кимберлитовые дайки в районе Щорсовского участка были выявлены в восьми скважинах (31 пересечение), в 22 скважинах установлены также 32 пересечения пикритовых даек с повышенным

содержанием урана, что свидетельствует о высокой мантийной проницаемости разломных структур, вмещающих промышленное оруденение над активным мантийным очагом.

На основании изучения характера распределения рядовых элементов в породах и рудах и проявленности месторождений и рудопроявлений урана на поверхности кристаллического фундамента в геохимических полях этих элементов установлено, что в альбититах и рудах увеличиваются концентрации преимущественно трех элементов: бериллия, ванадия, свинца (рис. 8).

Бериллий и ванадий образуют аномальные ореолы, пространственно совпадающие с урановой минерализацией в альбититах. Концентрации бериллия в альбититах по сравнению с вмещающими гранитами увеличиваются в среднем в 1,5 раза, а в рудных апогранитных альбититах – в 3–9 раз. Здесь бериллий обнаруживает устойчивые положительные корреляционные связи с ванадием. На поверхности кристаллического фундамента аномальными ореолами бериллия проявляются только значительно эродированные рудные объекты. При этом площадь аномальных ореолов бериллия меньше размеров тел альбититов в среднем в 1,5 раза. Концентрация ванадия в альбититах увеличивается в 1,5–2 раза, а в рудных апогранитных альбититах в 2–7 раз. Здесь он обнаруживает устойчивые положительные корреляционные связи с бериллием. Аномальные концентрации ванадия наблюдаются как в рудных, так и в нерудных альбититах (Б. Н. Иванов, КП “Кировгеология”).

Все месторождения и рудопроявления урана альбититовой формации в Кировоградском рудном районе проявляются аномальными ореолами ванадия интенсивностью $(3-30) \cdot 10^{-3} \%$: на фоне $(1-4) \cdot 10^{-3} \%$, по площади большей частью близки к размерам альбититов (О. Ф. Макивчук и др., материалы КП “Кировгеология”, [22]). На основании анализов было установлено, что корреляционные связи бериллия и ванадия с ураном неустойчивые

или незначимые. При этом бериллий и ванадий имеют между собой прочные положительные корреляционные связи. Это можно объяснить одновременным приносом данных элементов с образованием их минералов в единую стадию минералообразования, видимо, разобщенную во времени с урановой минерализацией, хотя пространственно приуроченную к одним тектонометасоматическим узлам. Так как бериллий и ванадий образуют

аномальные ореолы, пространственно совпадающие с урановой минерализацией, их можно использовать как геохимические признаки проявленности уранового оруденения в альбититах.

Свинец является радиогенным элементом и непосредственно связан с ураном, образуя геохимические аномалии над рудными телами.

Цирконий в метасоматитах образует устойчивые корреляционные связи с вана-

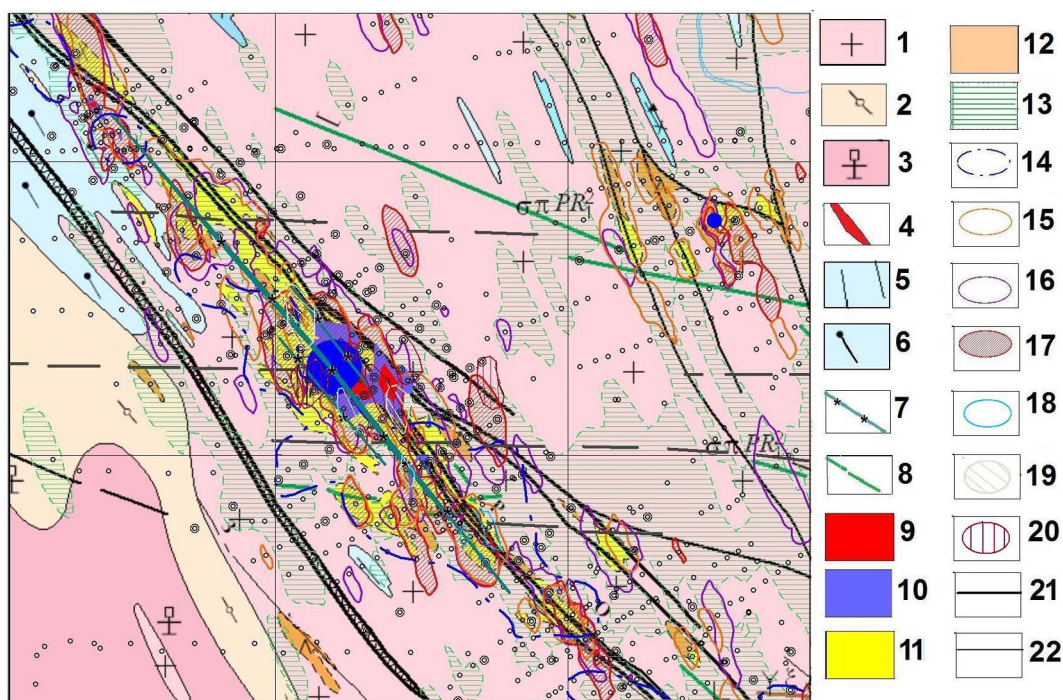


Рис. 7. Геологическая схема Щорсовского месторождения, совмещенная с элементами локального прогноза уранового оруденения (с использованием материалов КП “Кировгеология”)

Кировградский комплекс (PR_{Ikg}): 1 – граниты биотитовые средне-мелкозернистые (лелековские), 2 – мигматиты порфиробластические и теньевые; *новоукраинский комплекс (PR_{Iuv}):* 3 – граниты гранат-биотитовые, трахитоидные, порфиробластические, 4 – граниты аплит-пегматоидные; *чечелевская свита (PR_{Icc}):* 4 – гнейсы биотитовые, 5 – гнейсы гранат-биотитовые; *дайковский комплекс (PR_{Ij}):* 7 – кимберлиты, 8 – диабазы, 9–11 – прямые гидротермально-метасоматические признаки оруденения: 9 – урановорудные альбититы балансовые, 10 – альбититы забалансовые, 11 – альбититы безрудные, 12–13 – косвенные гидротермально-метасоматические признаки обнаружения альбититов, в том числе рудных: 12 – десилицированные породы, 13 – хлоритизация, 14–20 – геофизические и геохимические признаки: 14 – положительные геомагнитные аномалии, 15 – аномалии $Na_2O > 5\%$, 16 – радиометрические аномалии $> 3\delta$; 17 – аномалии содержания урана > 3 фоновых, 18 – аномалии содержания свинца > 20 г/т, 19 – аномалии содержания бериллия > 20 г/т, 20 – аномалии содержания бериллия > 20 г/т; осевые линии разломных структур: 21 – первого порядка, 22 – второго порядка

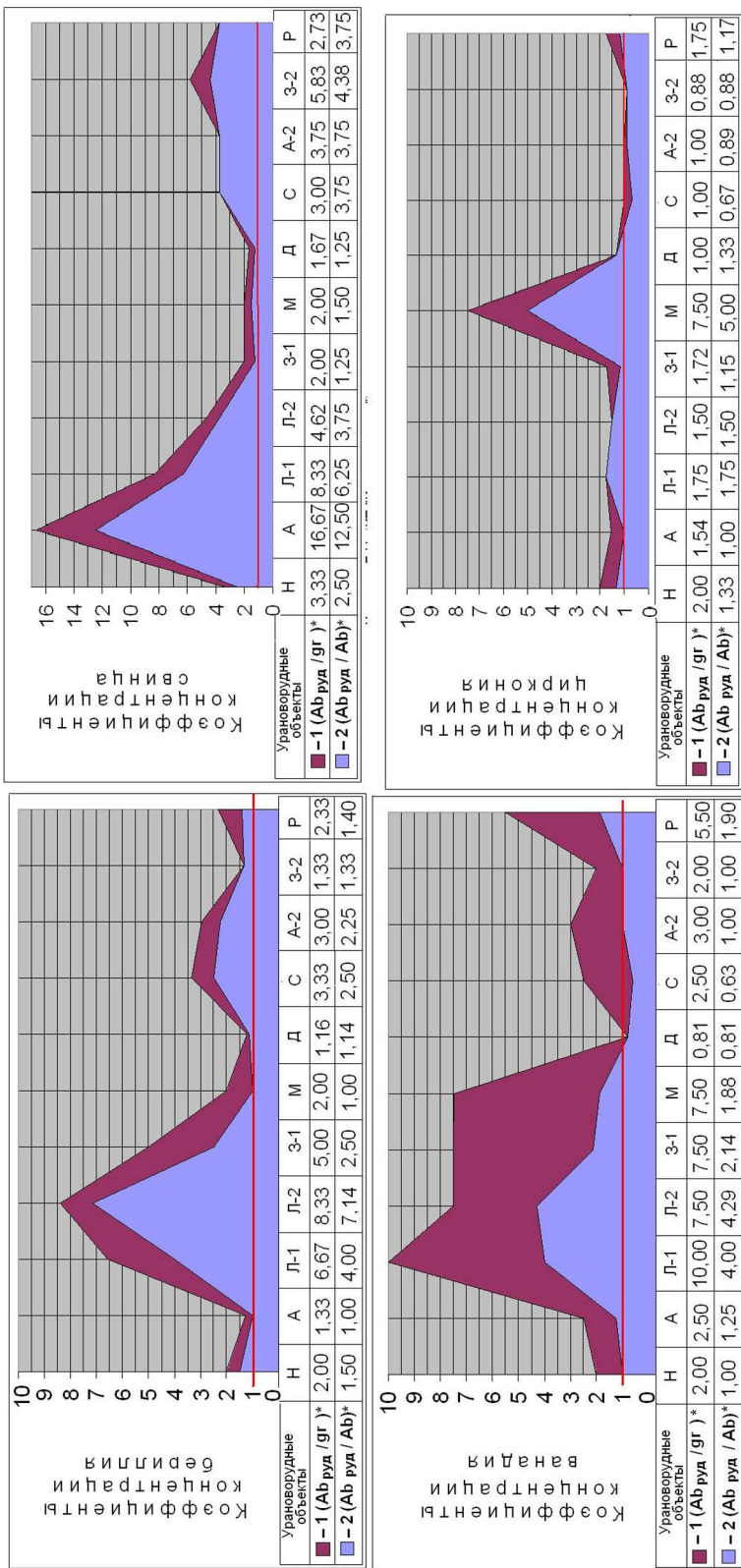


Рис. 8. Диаграммы коэффициентов концентрации бериллия, ванадия, свинца, цинка для урановых объектов Кировоградского рудного района

1 – в рудных альбитах относительно вмещающих гранитов, 2 – в рудных альбитах относительно безрудных альбитов (* данные Б. Н. Иванова, КП “Кировгеология”)

дием и бериллием, а в рудных альбититах – дополнительно с иттрием и иттербием [22]. Учитывая аномальные повышения содержаний циркония только в рудных альбититах и усиление в них положительных корреляционных связей циркония с иттрием и иттербием, можно предполагать, что основная масса акцессорных цирконов образуется в рудную стадию, т. е. привнос циркония проходил одновременно с ураном (рис. 8).

Геохимическими поисковыми признаками являются также аномальные ореолы локального привноса урана по данным свинцово-изотопных исследований, ореолы повышенных значений коэффициента окисленности железа и повышенных концентраций карбонатной углекислоты (О. Ф. Макивчук и др., материалы КП “Кировгеология”, [22]).

В альбититах содержание Na_2O резко увеличивается до 8–12 %, а K_2O резко уменьшается до первых десятых долей процентов, соответственно, резко уменьшается калий-натриевое отношение (до 0,1 и менее) (О. Ф. Макивчук и др., материалы КП “Кировгеология”, [22]). Это определяет возможность использования данных геохимических показателей для выявления участков проявления натриевого метасоматоза.

В целом все месторождения и рудопроявления урана в Кировоградском рудном районе, в том числе слабопроявленные и “слепые”, на поверхности кристаллического фундамента проявляются радиоактивными аномалиями, превышающими по площади размеры рудных тел в 2–30 раз и размеры тел альбититов в 1,1–5 раз, что позволяет уверенно применять данный прямой признак радиоактивной минерализации при поисках промышленных месторождений урана в альбититах (О. Ф. Макивчук и др., материалы КП “Кировгеология”).

Таким образом, расширенный и уточненный комплекс локальных поисковых критериев и признаков промышленного уранового оруденения гидротермально-метасоматического типа в карбонатно-натриевых метасоматитах имеет следующий вид.

Основные:

1. *Тектонические.* Сложно построенные тектонические узлы пересечения региональных разломов субмеридионального и диагонального простираний с широтными разрывами в пределах зон интенсивной перестройки мантии и земной коры, районов высокоамплитудных перемещений поверхности Мохо в сегментах литосферы высокой степени зрелости с масштабно проявленным в их пределах формированием зон объемного катаклаза вследствие процессов эксплозивного гидрогазоразрыва.

2. *Минералогические.* Прямые признаки уранового оруденения.

3. *Литологические.* Наличие тел альбититов.

Вспомогательные:

1. *Геофизические.* Локальные положительные магнитные аномалии (20–80 нТл).

2. *Геохимические.* Аномальные ореолы элементов-спутников (Be, V, Zr, Pb и др.). Ореолы аномального содержания натрия и пониженных значений калий-натриевого отношения $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 0,1$. Ореолы аномального содержания CO_2 .

3. *Радиогеохимические.* Аномальные ореолы привноса и перераспределения урана в эпоху 1800–1750 млн лет, в том числе в связи с развитием среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитов. Радиоактивные аномалии $> 3\delta$ (необходима разбраковка – зачастую связаны с зонами диафтореза).

4. *Петролого-геохимический.* Проявления ультраосновного щелочного и субщелочного магматизма дайковой фации с повышенным и высоким содержанием урана, являющиеся петролого-геохимическими индикаторами пространственно-временной активизации участков мантии, обогащенных ураном – потенциальных источников урано-рудообразующих флюидных потоков.

Ведущим генетическим типом уранового оруденения, определяющим промышленный потенциал минерально-сырьевой базы урана Украины, как в настоящее время, так и в обозримом будущем,

является гидротермально-метасоматический тип в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах. По проявлению комплекса прогнозно-оценочных критериев промышленного эндогенного уранового оруденения, расширенного и уточненного комплекса поисковых локальных критериев и признаков промышленного уранового оруденения альбититового типа с учетом степени специализированной изученности задача наращивания промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины объектов эндогенного класса может быть решена только в процессе проведения работ в Кировоградском урановорудном районе (рис. 1, 5).

Исходя из характера проявления расширенного комплекса локальных поисковых критериев и признаков промышленного уранового оруденения, степени изученности, из экономических соображений наращивание промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины может быть осуществлено за счет увеличения запасов разведанных и прошедших стадию оценочных работ (Щорсовского, Юрьевского, Партизанского) месторождений, проведения поисково-оценочных работ на флангах основных эксплуатируемых месторождений – Ватутинского, Новоконстантиновского и разведанных и переданных в эксплуатацию (Докучаевское).

Разработанный рациональный комплекс прогнозно-оценочных критериев на основе выделенных глубинных факторов формирования промышленных месторождений урана УЩ, исходя из мантийной природы урановорудных компонентов, позволяет не только выполнить оконтуривание площадей в ранге рудных и потенциально рудных областей, рудных и потенциально рудных районов, но и обоснованно оценить перспективы выявления крупного уранового оруденения, выполнить прогнозирование, ориентированное на оценку потенциальной ураноруднопродуктивности литосферных сегментов, петрологических предпосылок

формирования рудоподготовительного процесса, обеспечивающего масштабное инициальное концентрирование урана в мантии и формирование ураноносных мантийных флюидов только в определенных геодинамических и термобароградиентных условиях, создание условий для доставки мантийных специализированных на уран флюидов на верхние структурные этажи по наиболее проницаемым зонам разломов, дренирующим аномальный участок астеносферы, генерировавшей флюиды и на заключительном этапе прогнозно-металлогенических исследований выполнить целенаправленное выявление возможных рудо локализирующих структур земной коры, обеспечивающих благоприятные условия для формирования месторождений на финальной стадии рудогенеза – осаднения рудогенных компонентов на геохимических барьерах.

Такая прогнозная оценка позволяет на научной основе объективно минимизировать территории для проведения дальнейших специализированных на уран геолого-разведочных работ, поскольку позволяет существенно ограничить площади, где возможно формирование крупного по запасам эндогенного уранового оруденения. Эффективность прогнозно-металлогенических построений существенно возрастает при последовательном анализе всех стадий рудообразующего процесса, что предполагает расширение спектра используемых критериев рудоносности за счет петролого-геохимических и геофизических индикаторов режима начального концентрирования рудных компонентов в астеносфере [11], что и было нами использовано для выявления особенностей формирования промышленных месторождений урана на УЩ.

Последовательное использование нового комплекса региональных прогнозно-оценочных критериев и расширенного комплекса локальных критериев и признаков промышленного эндогенного уранового оруденения дает возможность поэтапно с соблюдением принципов системности, последовательных приближений и соответствия объектов масштабам исследований

выполнить: 1) оценку зональности и потенциальной уранорудопродуктивности сегментов литосферы, 2) научно обосновать перспективы территорий на возможность формирования промышленных месторождений урана, 3) с выделением площадей наиболее вероятной их локализации.

Глубинные факторы уранового оруденения, которые ранее не принимались во внимание для оценки уранорудопродуктивности, являются главными для формирования промышленно значимых урановорудных объектов. Только при обеспечении глубинных петрологических условий образования уранорудогенерирующей системы, которая способна сепарировать уран на мантийном уровне, генерировать ураноносные флюиды, транспортировать их к месту локализации по глубинным разломам и влиять на их локализацию на верхних структурных этажах, происходило формирование крупных эндогенных месторождений урана и урановорудных районов вне зависимости от вещественно-структурного состава и геохимической специализации вмещающих урановорудные районы УЩ пород за счет мантийного источника урана, что доказано геохимически, структурно, и учитывая степень специализированной изученности, это позволяет рассматривать как благоприятную для локализации и поиска новых промышленных урановорудных объектов узлы пересечения зон глубинных разломов мантийного проникновения, в пределах литосферного сегмента высокой степени зрелости центральной части Украинского щита.

Отметим в связи с анализом глубинного строения литосферы, что Кировоградский и Криворожский рудный районы контролируются отрезками субмеридиональных разломов мантийного проникновения (Кировоградским, Новоконстантиновским, Звенигородско-Анновским, Криворожско-Кременчугским, отстоящих друг от друга в плане на расстоянии 50–90 км, Адабашским с азимутом простирания СВ 55°) в пределах узлов пересечения с широтными Субботско-Мошоринским и Девладовским

разломами, и, возможно, промышленные урановорудные концентрации в их пределах на верхних структурных этажах поступали из одной и той же области неистощенной мантии, генерировавшей ураноносные флюиды на глубине предполагаемой сепарации урана (для Ингульского мегаблока – более 250 км), с вероятным формированием разобщенных астеносферных ловушек в отдельных ее сегментах, имевших специфические особенности при первичной генерации рудных компонентов (термобароградиентные, геодинамические и др.). Это, вероятно, привело к формированию однокомпонентных урановых руд в Кировоградском рудном районе и комплексных – в Криворожском. Узлы пересечения разломов, в которых локализованы месторождения урана альбититового типа фиксируют транслитосферные каналы разобщенных астеносферных ловушек единого аномального участка астеносферы, подстилающей Ингульский литосферный сегмент высокой степени зрелости. В любом случае синхронный масштабный размах формирования промышленного уранового оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском и Криворожском рудных районах, проявленная эволюция уранового оруденения в Кировоградской урановорудной металлогенической области в различные эпохи уранового оруденения, подчас телескопированно на протяжении 2 млрд лет (Криворожский рудный район) в пределах разломов мантийного проникновения, обусловлены связью с активизацией единой аномальной глубинной структуры астеносферы, длительно контролировавшей в условиях стабильно возбужденной мантии интенсивно функционировавшие флюидные мантийные системы на протяжении ряда металлогенически специализированных эпох уранового рудообразования, с периодической проявленностью продуктов дифференциации мантийного вещества в различные эпохи тектономагматических активизаций на верхних структурных горизонтах земной коры. Первопричиной формирования

масштабного промышленного уранового оруденения Кировоградской металлогенической урановорудной области стали глубинная литосферная (астеносферная) неоднородность в центральной части УЩ и специфическая зональность мантии, обусловившая петрологические предпосылки для первичного концентрирования урана (рис. 1, 4). В пределах этой глубинной литосферной (астеносферной) неоднородности астеносферные ловушки были более локальными образованиями, в которых вариации РТ-условий приводили к масштабному скоплению флюидов и связанных с ними рудогенных компонентов, и в верхних слоях земной коры их функционирование привело при активизации транслитосферных разломов в период мощного тектонического импульса 1 800–1 750 млн лет к формированию Кировоградского и Криворожского урановорудных районов.

Выводы и перспективы дальнейшего развития в данном направлении

Таким образом, практическое использование созданного комплекса прогнозно-оценочных критериев на основе генетической концепции мантийно-флюидной модели эндогенного уранового оруденения позволило выполнить оценки возможности обнаружения промышленных объектов эндогенного уранового оруденения в пределах литосферных сегментов урановорудной металлогенической провинции Украинского щита. Результаты проведенных исследований существенно уточнили представления об особенностях связи глубинного строения литосферы УЩ, подстилающей астеносферы, и перспективности частей Украинского щита на определенные геолого-промышленные типы уранового оруденения, а также региональные и локальные критерии их выявления и отражения в геолого-геофизических материалах. Выполнена новая комплексная прогнозная оценка потенциала формирования промышленного уранового оруденения основных геолого-промышленных типов для УЩ, выделен ряд наиболее перспективных объектов, что позволяет целена-

правленно и эффективно проводить дальнейшие работы по наращиванию промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины.

Разработанный в процессе исследования комплекс региональных прогнозно-оценочных критериев формирования промышленного уранового оруденения и предложенный принципиально новый подход прогнозирования и поиска крупных месторождений урана, основанный на идее первичного масштабного концентрирования рудогенных компонентов в астеносфере при определенных РТ-условиях применимы к оценке перспектив уранорудопродуктивности любых металлогенических провинций в пределах щитов. Новый подход может стать основой для смены технологии прогнозирования и поиска крупных рудных месторождений различной металлогенической специализации в тесной связи с особенностями строения литосферы и геохимическими свойствами различных элементов, определяющими термобароградные условия их масштабного концентрирования на определенных уровнях мантии с последующим формированием месторождений различных рудноформационных типов на верхних структурных горизонтах земной коры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович И. И.* Металлогения / И. И. Абрамович. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. 328 с.
2. *Билибина Т. В.* Урановорудные формации Украинского и Алданского щитов и вопросы прогнозирования уранового оруденения / Т. В. Билибина. М.: Изд-во ВИМС, 1977. 365 с.
3. *Ваганов В. И.* Термобарометрия ультраосновных парагенезисов / В. И. Ваганов, С. В. Соколов. М.: Недра, 1988. 149 с.
4. *Галецький Л. С.* Причини розміщення родовищ і рудопроявів у шовних зонах Українського щита / Л. С. Галецький, О. В. Орлінська, Д. С. Пікареня та ін. // Геол. журнал. 2010. № 2. С. 14–21.
5. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Я. Н. Белевцев, В. Б. Коваль, А. Х. Бакаржиев и др.; под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Коваля. К.: Наукова думка, 1995. 376 с.

6. *Гинтов О. Б.* Взбросы и надвиги в земной коре Кировоградского рудного района и связь с ними уранового оруденения//О. Б. Гинтов, С. В. Мычак//Геофиз. журнал. 2012. Т. 34, № 3. С. 84–91.
7. *Калашиник А. А.* Источники рудных компонентов Криворожско-Кременчугской минерагенической зоны Украинского щита. Статья 1. Пространственная и геохимическая связь ураново-, железорудных объектов и кимберлито-(лампроито-)проявлений в пределах Криворожско-Кременчугской зоны//А. А. Калашиник//Мінеральні ресурси України. 2011. № 3. С. 14–23.
8. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности пространственного размещения кимберлитопоявлений и урановорудных объектов в Кировоградском рудном районе Украинского щита//А. А. Калашиник, Г. М. Москаленко//Мін. ресурси України. 2010. № 2. С. 8–18.
9. *Калашиник А. А.* Минерагенический потенциал широтных разломных зон Украинского щита//А. А. Калашиник//Мінеральні ресурси України. 2010. № 3. С. 24–36.
10. *Калашиник А. А.* Новые закономерности размещения и особенности формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита//А. А. Калашиник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. 2014. № 1. С. 68–88.
11. *Калашиник А. А.* Роль глубинных факторов в формировании промышленного эндогенного уранового рудообразования УЩ//Зб. наукових праць УкрДГРІ. 2013. № 3. С. 33–48.
12. *Коваль В. Б.* О перспективах выявления в Криворожско-Кременчугском железорудном поясе месторождений в карбонатах, кимберлитах и лампроитах//В. Б. Коваль, А. В. Плотников, И. Ю. Петрусенко//Геохімія та екологія. К.: ДНУ РНС НАН та МНС України, 2000. Вип. 2. С. 6–19.
13. *Кривдик С. Г.* Типы лужных метасоматитов Украинского щита та фації їх глибинності//С. Г. Кривдик, В. Г. Моргун, О. В. Дубина//Геохімія та рудоутворення. 2012. Вип. 31–32. С. 4–11.
14. *Крупеников В. А.* Мантийный щелочно-флюидно-магматический петрогенезис как основной рудообразующий процесс//В. А. Крупеников//Матер. II Межд. симпозиума “Уран-ресурсы, производство” (Москва, 26–28 ноября 2008 г.). М.: Из-во ФГУП ВИМС. С. 28–31.
15. *Летников Ф. А.* Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования//Ф. А. Летников//Глубинные условия эндогенного рудообразования. М.: Наука, 1986. С. 16–24.
16. *Мигута А. К.* Рудоконтролирующие структуры и минеральные типы руд урановых месторождений Центрально-Украинской металлогенической области//А. К. Мигута//Сборник ВИМС. 1980. Вып. 87. 112 с.
17. *Никишов К. Н.* Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса//К. Н. Никишов. М.: Наука, 1984. 112 с.
18. *Синчук В. В.* Взаимосвязь технологий добычи и переработки урановых руд и состояния балансовых запасов//В. В. Синчук//Доклады Межд. научно-практ. конф. “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых”. (Симф.–Судак, 27 сент.–3 окт. 2010 г.). К.: Академперіодика, 2011. С. 118–123.
19. *Соллогуб В. Б.* Литосфера Украины//В. Б. Соллогуб. К.: Наукова думка, 1986. 184 с.
20. *Степанюк Л. М.* Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгільського мегаблока УЩ//Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка та ін. Тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд”. (Київ, 14–16 березня 2012 р. ИГМР, 2012. С. 78–80.
21. *Тарханов А. В.* Желтогореченское ванадий-скандиевое месторождение//А. В. Тарханов, А. Р. Кудлаев, А. В. Петрин и др.//Геология рудных месторождений. 1991. № 6. С. 50–56.
22. *Титов В. К.* Специализированное глубинное геологическое картирование Кировоградско-Новоукраинского урановорудного района масштаба 1:50 000 с целью повышения эффективности поисково-разведочных работ и совершенствования методики прогнозирования//В. К. Титов, М. Е. Коцен, В. Н. Тюленев. М.: Изд-во ВИМС, 1981. 366 с.
23. *Усенко И. С.* Метаморфизм Украинского щита//И. С. Усенко, И. Б. Щербаков, И. Р. Сироштан и др. Киев: Наукова думка, 1982. 306 с.
24. *Федоришин Ю. І.* Просторова модель глибинної будови літосфери Українського щита у зв'язку з перспективами промислової алмазності//Ю. І. Федоришин, О. В. Фесенко, О. Б. Денегал//Мін. ресурси України. 2006. № 3. С. 8–12.
25. *Федоришин Ю. І.* Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазності і її реалізація на території Українського щита: Дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.01/Федоришин Юрій Іванович. К., 2007. 408 с.
26. *Цымбал С. Н.* Особенности вещественного состава кимберлитов Украины//С. Н. Цымбал, С. Г. Кривдик//Матер. наук.-

техн. наради “Стан, перспективи та напрямки геологорозвідувальних робіт на алмази в Україні” (Київ, 19–22 мая 2003 г.). К.: УкрДГПІ, 2003. С. 22–31.

REFERENCES

1. *Abramovich I. I.* Metallogeny. M.: GEO-KART-GEOS, 2010. 328 p. (In Russian)
2. *Bilibina T. V.* Uranium ore formation of the Aldan and Ukrainian shields and questions prognostication of uranium mineralization. M.: Izd-vo VIMS, 1977. 365 p. (In Russian).
3. *Vaganov V. I., Sokolov S. V.* Thermobarometry of ultramafic parageneses. M.: Nedra, 1988. 149 p. (In Russian).
4. *Galetsky L. S., Orlinska O. V., Pika-rynya D. S.* та in. Reasons for placing deposits and occurrences in the suture zone of the Ukrainian Shield//*Geol. zhurn.* 2010. № 2. P. 14–21. (In Ukrainian).
5. Genetic types and regularities of location Uranium of deposits in Ukraine/Ja. N. Belevtsev, V. B. Koval, A. H. Bakarzhiev i dr.; pod red. Ja. N. Belevtseva, V. B. Kovalya. K.: Naukova dumka, 1995. 376 p. (In Russian).
6. *Gintov O. B., Mychak S. V.* Reverse faults and thrusts in the crust of the Kirovograd ore district and linking with uranium mineralization//*Geofiz. zhurn.* 2012. V. 34, № 3. P. 84–91. (In Russian).
7. *Kalashnik A. A.* Sources of ore components in the KrivoyRog-Kremenchug mineragenous zone of the Ukrainian shield. Article 1. Spatial and geochemical connections of uranium-ore, iron-ore objects and kimberlitic-(lamproitic-) magmatism within the Krivoy Rog-Kremenchug zonell//*Mineralni resursy Ukrayiny.* 2011. № 3. P. 14–23. (In Russian).
8. *Kalashnik A. A., Moskalenko G. M.* Geological and structural features of the spatial distribution of uranium ore and kimberlitic objects in Kirovograd ore district of the Ukrainian Shield// *Mineralni resursy Ukrayiny.* 2010. № 2. P. 8–18. (In Russian).
9. *Kalashnik A. A.* Mineragenous potential of latitudinal fault zones of the Ukrainian shield// *Mineralni resursy Ukrayiny.* 2010. № 3. P. 24–36. (In Russian).
10. *Kalashnik A. A.* The new conformities to law of placement and features of formation of industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield//*Zb. naukovykh prats UkrDGRI.* 2014. № 1. P. 58–78. (In Russian).
11. *Kalashnik A. A.* The role of the depth factors in the formation of endogenous industrial uranium ore formation of the UkrSh//*Zb. naukovykh prats UkrDGRI.* 2013. № 3. P. 33–48. (In Russian).
12. *Koval V. B., Plotnikov A. V., Petrusenko I. Ju.* About perspectives of discovering in Krivoy Rog-Kremenchug iron ore deposits in the belt of carbonatites and kimberlites lamproites// *Geohimiya ta ekologiya.* K.: DNU RNS NAN ta MNS Ukrayiny, 2000. Vyp. 2. P. 6–19. (In Russian).
13. *Krivdik S. G., Morgun V. G., Dubina O. V.* Types of alkaline metasomatites of the Ukrainian Shield and facies of their depth formation//*Geohimija ta rudoutvorennya.* 2012. Vyp. 31–32. P. 4–11. (In Ukrainian).
14. *Krupennikov V. A.* Mantle alkaline fluid-magmatic petrogenesis as the main ore-forming process//*Mater. II Mezhd. Simpoziuma “Uran-resursy, proizvodstvo”* (Moskva, 26–28 noyabrya 2008). M.: Iz-vo FGUP VIMS. P. 28–31. (In Russian).
15. *Letnikov F. A.* Maturity of lithospheric blocks and problems of endogenous mineralization//*Glubinnye usloviya endogennogo rudobrazovaniya.* M.: Nauka, 1986. P. 16–24. (In Russian).
16. *Miguta A. K.* Ore-controlling structure and mineral ore types of uranium deposits in the Central Ukrainian metallogenic region//*Sbornik VIMS.* 1980. Vyp. 87. 112 p. (In Russian)
17. *Nikishov K. N.* Petrological, mineralogical model of kimberlite process. M.: Nauka, 1984. 112 p. (In Russian).
18. *Sinchuk V. V.* Interconnection technologies for the extraction and processing of uranium ores and the state of balance reserves//*Doklady Mezhd. nauchno-prakt. konf. “Aktualnye problemy geologii, prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdeniy tverdyh poleznyh iskopaemyh”* (Simf.–Sudak, 27 sent.–3 okt. 2010). K.: Akadempriodika, 2011. P. 118–123. (In Russian).
19. *Sollogub V. B.* Lithosphere of the Ukraine. K.: Nauk. dumka, 1986. 184 p. (In Russian).
20. *Stepanjuk L. M., Bondarenko S. M., Somka V. O.* i dr. Source of sodium and uranium of uraniumiferous albitites on the example of Dokuchaievsk field of the Ingulsky megablock of the UkrSh//*Tezy dopovidey naukovoyi konferentsiyi “Teoretychni pytannya i praktyka doslidzhennya metasomatichnyh porid i rud”*. (Kyiv, 14–16 bereznya 2012). IGMR, 2012. P. 78–80. (In Ukrainian).
21. *Tarhanov A. V., Kudlaev A. R., Petrin A. V.* i dr. Zheltorechenskoe vanadium-scandium deposit//*Geologiya rudnyh mestorozhdeniy.* 1991. № 6. P. 50–56. (In Russian).
22. *Titov V. K., Kotsen M. E., Tyulenev V. N.* Specialized deep geological mapping of the Kirovograd-Novoukrainsky uranium ore district scale 1:50 000 to improve the efficiency of exploration and improve prognostication techniques. M.: Izd-vo VIMS, 1981. 366 p. (In Russian).

23. *Usenko I. S., Shcherbakov I. B., Siroshitan I. R. i dr. Metamorphism of the Ukrainian Shield. K.: Nauk. dumka, 1982. 306 p. (In Russian).*

24. *Fedoryshin Ju. I., Fesenko O. V., Deneга O. B. The spatial model of the deep structure of the lithosphere of the Ukrainian shield at the prospect of industrial diamond//Mineralni resursy Ukrayiny. 2006. № 3. P. 8–12. (In Ukrainian).*

25. *Fedoryshin Ju. I. Model of forecast and prospecting of primary diamondiferous-*

ness sources and its realization in the Ukrainian Shield: Dis... doktora geol. nauk: 04.00.01 K., 2007. 408 p. (In Ukrainian).

26. *Tsybal S. N., Krivdik S. G. Material composition of kimberlites of the Ukraine//Mater. nauk.-tehn. narady "Stan, perspektyvy ta napryamky geologorozviduvalnyh robot na almazy v Ukrayini" (Kyiv, 19–22 maya 2003). K.: UkrDGRI, 2003. P. 22–31. (In Russian).*

Рукопис отримано 15.02.2014.

Г. А. Калашник, д-р геол. наук, головний геофізик, геологорозвідувальна експедиція № 37 Казенного підприємства "Кіровгеологія" (ГРЕ № 37 КП "Кіровгеологія"), e-mail: kalashnik Anna1@mail.ru

Представлений комплекс нових прогностико-оціночних критеріїв, які відображають специфіку формування промислового зруденіння на основі використання сучасних поглядів на металогенію урану з позиції глибинних чинників рудогенезу. Розглянуто результати практичного застосування нового підходу в технології прогнозування і пошуку ендегенних промислових родовищ урану УЩ, розробленого на базі концепції первинного астеносферного зосередження рудогенних компонентів.

Ключові слова: прогностико-оціночні критерії, ендегенні промислові родовища урану, технологія прогнозування.

G. A. Kalashnyk, Doctor of Geological Sciences (Sc.D.(G)), Chief Geophysicist, Exploration expedition № 37, State enterprise "Kirovgeologiya" (EE № 37, SE "Kirovgeologiya"), e-mail: kalashnik Anna1@mail.ru

Complex of new prognostic-evaluation criteria is presented in the paper. It reflects the peculiarities of industrial uranium deposits formation based on the modern information about significant role of the depth factors in uranium metallogenesis. A principally new approach to technology prognosis and search of endogenous industrial uranium deposits proposed in the article. It is based on concept of primary concentration uranium ore components on the mantle level and on the investigation of variation of parameters of deep structure of the lithosphere, including its thickness and maturity. These parameters determine potential preconditions for the generation of uranium-bearing mantle fluid flows in certain segments of anomalous asthenosphere at the consistently active geodynamic setting and the formation of uranium deposits on the upper floors of the structure of the crust from the mantle ore components in close connection with deep faults that serves as transport channels for mantle uranium-bearing fluids. The results of practical application this method of prognosis and search endogenous industrial uranium deposits in the Ukrainian Shield was considered in the article. The effectiveness of the proposed method is confirmed by an a significant amount of factual material and practical results of specialized studies of uranium in well-studied and drilled objects and areas of the Ukrainian Shield. Reasonable estimates for localization of perspective areas for identify of endogenous industrial uranium deposits of the basic in the UkrSh are made. The most promising areas and sites for further increasing of the industrial potential mineral resources of uranium Ukraine defined. The results can be used to search for new uranium ore objects in similar geological and structural conditions.

Keywords: prognostic-evaluation criteria, endogenous industrial uranium deposits, technology of prognosis.