

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 550.83: 550.3: 553.495
 DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.92.10>

А. Калашник, д-р геол. наук, ст. науч. сотр., проф.,

E-mail: kalashnik_anna1@ukr.net;

Летная академия Национального авиационного университета,
 ул. Добривольского, 5, г. Кропивницкий, 25001, Украина;

А. Кузьмин, вед. геолог,

E-mail: avkuzmin@ukr.net;

Казенное предприятие "Кировгеология",
 ул. М. Бойчука, 8/9, г. Киев, 01103, Украина

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УРАНОВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ДОНО-ДНЕПРОВСКОЙ ПОТЕНЦІАЛЬНОЙ УРАНОВОРУДНОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВІНЦІЇ В СВЯЗІ С ГЛУБИННИМ СТРОЕНИЕМ ЛІТОСФЕРЫ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.М. Загініком)

Целью проведеної роботи є виявлення основних закономерностей розміщення урановорудних об'єктів в Доно-Дніпровській потенційальній урановорудній провінції в зв'язку з глибинним строєнням літосфери.

Виконано аналіз геофізичної, геологічної, петрологічної, радіогеохімічної інформації по особливостям формування, розміщення уранопроявлень різних генетических типів в Дніпровсько-Донецькому авлакогені в тесній зв'язку з особливостями глибинного строєння літосфери, астеносфери, разломної тектоніки.

Виявлені особливості глибинного строєння літосфери та їх фізичні параметри, які впливають на умови інтенсивного рудогенезу при формуванні основних геологічно-промислових типів місцероджень урана в районі дослідження. По результатам аналізу геологічних матеріалів (ураноносність, особливості залягання осадочно-вулканогенних та, в меншій мірі, кристалічних пород, рознообразіє разривної тектоніки на різних рівнях геологічного разреза, умов циркуляції підземних вод та ін.) виділені найбільш перспективні для виявлення нових уранових місцероджень горизонти та товщі, віднесені до ураноносним геологічним формуванням району дослідження. На основі спільного аналізу геологічних обстановок локалізації відомих місцероджень, рудопроявлень та проявлень уранової мінералізації, виділених геологічних ураноносних формувань, їх розповсюдженості та глибини залягання останніх в Дніпровсько-Донецькому авлакогені виділені чотири найбільш перспективні для відкриття в районі дослідження промислових типів місцероджень урана.

Практическое значение проведенного исследования состоит в повышении эффективности металлогенических прогнозов за счет расширения глибинных факторов и региональных критеріев уранового рудогенеза различных генетических типов, характерных для региона исследований. Это позволяет обоснованно определять перспективы территории на возможность формирования промышленных рудоконцентраций урана с выделением площадей их наиболее вероятной локализации.

Ключевые слова: уран, літосфера, ураноносна геологіческая формація, геологічно-промисловий тип, місцеродження, Доно-Дніпровська потенційальна урановорудна провінція.

Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями. В последние годы наблюдается тенденция сокращения ежегодного прироста запасов урана по промышленным категориям на месторождениях Украины по сравнению с его добычей, что идет в разрез с принятой "Энергетичною стратегією України на період до 2030 р.". Доно-Дніпровская потенциальная урановорудная металлогеническая провинция характеризуется относительно слабой изученностью на уран по сравнению с Украинским щитом, за исключением Складчатого Донбасса, хотя изученность на нефть и газ глибинным бурением в этом регионе считается одной из лучших в мире. Одновременно эта урановорудная провинция является весьма перспективной на обнаружение новых месторождений урана, учитывая насыщенность минерализованными объектами на слабо изученных территориях и наличие предпосылок выявления новых объектов уже установленных типов промышленного уранового оруднения.

Интерес к глибинному строению літосфери Дніпровско-Донецького авлакогена (ДДА), в пределах которого расположена Доно-Дніпровська провінція (ДДП), прежде всего, был связан с оценкой перспектив нефтегазоносности. Получены подтверждения идеи геологов-нефтяников В.Б. Порфирьева, Н.А. Кудрявцева, А.И. Тимурзиеva и др., о связи большинства месторождений углеводородов ДДА с глибинными разломами (Лукин, 2009; Пашкевич и др., 2014, 2018). В пределах северного борта ДДА обнаружены промышленные скопления углеводородов глибинного происхождения в породах кристаллического фундамента,

часть их входит в контуры выделенных урановорудных районов ДДП.

Исследования закономерностей размещения урановорудных об'єктів Доно-Дніпровської потенційальної урановорудній провінції з урахуванням особливостей глибинного строєння літосфери раніше не проводились. Їх результати можуть в значительній ступені доповнити інформацію про умови формування вже виявлених місцероджень урана та інших корисних іскопаемих цього регіону, а також обґрунтувати перспективи пошуку нових, що підвищить ефективність проведення геологоразведочних робіт.

Обзор публикаций и нерешенные части проблемы. Изучению связи формирования промышленного уранового оруднения с особенностями глибинного строения літосфери до последнего времени уделялось недостаточно внимания. Особенности глибинного строения территорий урановорудных провінцій чаше всего ограничивались сведениями о строении земной коры, что объясняется распространенным предубеждением, что земная кора является единственным источником этого металла при формировании урановой минерализации. В последние годы появляется все больше доказательств мантийной природы рудогенных компонентов при формировании месторождений урана различного генезиса (Абрамович, 2010; Степанюк та ін., 2012). Рассматривая мантию как основной источник рудогенных компонентов при формировании крупных рудных концентраций различной металлогенической специализации на верхних

структурных этажах земной коры, нами выявлен ряд глубинных факторов формирования крупных месторождений урана (Калашник, 2014), U-V-TR-Sc руд (Калашник, 2015) на Украинском щите (УЩ), определены закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с глубинным строением литосфера УЩ (Калашник, 2016). Также нами изучены и установлены основные факторы металлогенического разнообразия и интенсивного рудогенеза Волновахской металлогенической зоны, приуроченной к сочленению Донецкого складчатого сооружения и склона северо-восточной части Приазовского мегаблока УЩ и с учетом глубинного строения литосферы (Калашник и Кузьмин, 2018). На основе изучения геолого-структурных особенностей локализации экзогенно-инфилтратационных месторождений урана в Южно-Бугском, Ингуло-Ингулецком, Саксаганско-Сурском рудных районах Бугско-Днепровской металлогенической зоны нами установлены

основные благоприятные факторы для формирования промышленных месторождений урана экзогенно-инфилтратационного типа в Днепробасе УЩ (Калашник, 2013). Однако исследование влияния глубинного строения литосферы на формирование оруденения промышленных концентраций различных урановорудных провинций Украины, включая Доно-Днепровскую потенциальную урановорудную провинцию, заслуживает дальнейшего изучения.

В состав Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции входят следующие геотектонические подразделения Украины: Днепровско-Донецкая впадина (ДДВ), Донецкое складчатое сооружение (ДСС), юго-западный склон Воронежского кристаллического массива (ВКМ). На юге она граничит с урановорудной провинцией "Украинский щит", на западе и севере ее контур в общих чертах совпадает с государственной границей Украины (рис. 1).

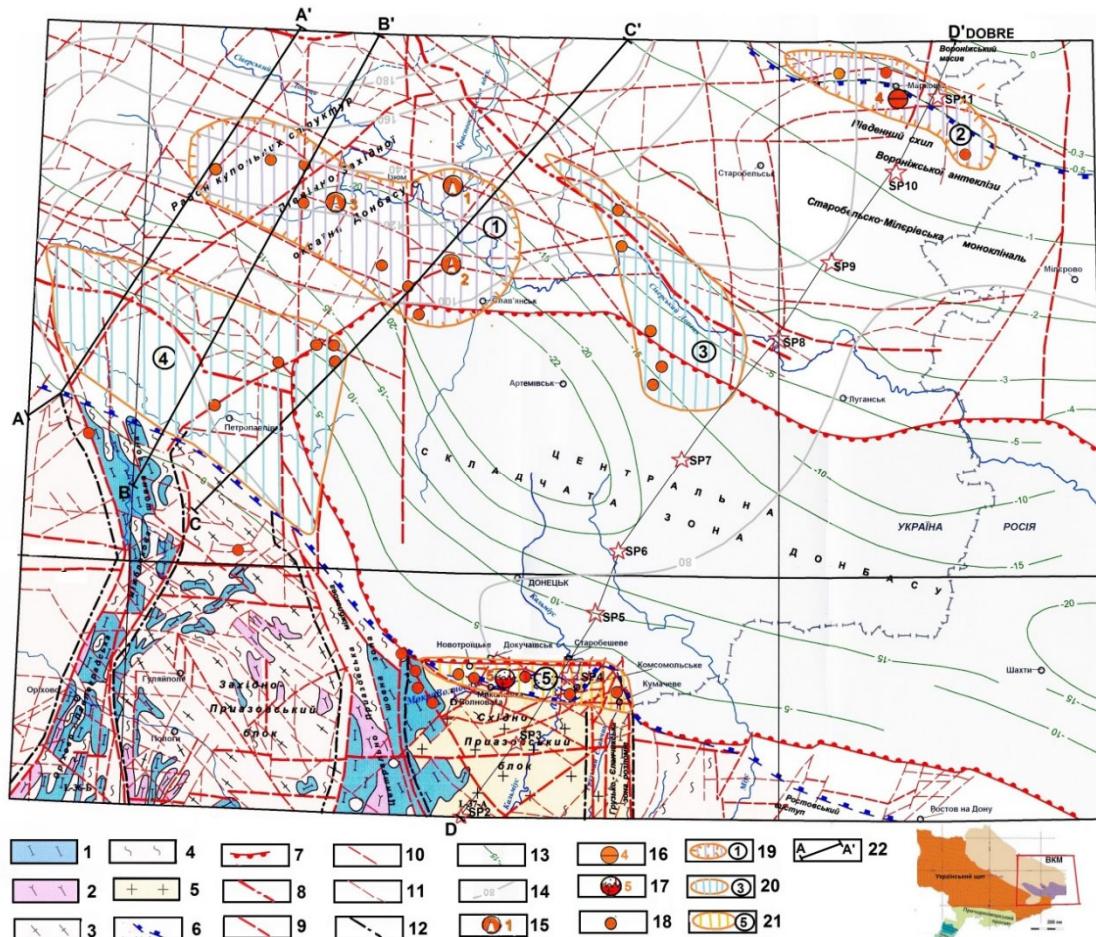


Рис. 1. Схема размещения урановорудных объектов юго-восточной части Доно-Днепровской потенциальной урановорудной металлогенической провинции:

- 1 – гнейсо-гранулитовый комплекс (центрально-приазовская серия); 2 – гнейсо-гранулитовый комплекс (западно-приазовская серия); 3 – мигматит-плахиогранитовый комплекс (восточно-приазовский комплекс); 4 – мигматит-гранитовый комплекс (западно-приазовская серия); 5 – гранитовый комплекс (западно-приазовская серия); 6 – условная граница Доно-Днепровского прогиба; 7 – краевые тектонические границы складчатого Донбасса; линии разломов: 8 – краевые разломы грабена Днепровско-Донецкой впадины; 9 – глубинные мантийные разломы первого ранга; 10 – мантийные и коровые разломы второго ранга; 11 – разломы третьего ранга; 12 – границы шовных межблоковых зон; 13 – изогипсы кристаллического фундамента ДДВ, в км; 14 – глубина залегания (км) подошвы сейсмической литосферы в ДДВ (по данным (Старостенко и др., 2017а)); 15 – месторождения урана уран-битумного типа в отложениях нижнего триаса (1 – Краснооскольское, 2 – Адамовское, 3 – Берекское); 16 – Марковское месторождение урана осадочно-диагенетического типа в угленосных и содержащих обугленную органику толщах карбона; 17 – Николаевское месторождение урана гидротермального типа в минерализованных зонах дробления терригенных и карбонатных толщ; 18 – рудопроявления урана различного генетического типа; 19 – урановорудные районы (в породах мезозоя): 1) – Славянский (T₁) (Полтавская металлогеническая область); 2) – Марковский (T₂) (Троицко-Стрельцовская металлогеническая зона); 20 – потенциальные урановорудные районы (в породах палеозоя): 3) – Лисичанский (C₂₋₃) (Донецкая металлогеническая область); 4) – отдельный Павлоградский (C₁); 21 – Волновахская металлогеническая зона (D₃) (зона сочленения Донбасса с северо-восточной частью Приазовского мегаблока УЩ); 22 – линии разрезов

В Доно-Днепровской потенциальной металлогенической провинции выделены крупные по размерам (тысячи и первые десятки тысяч квадратных километров) Лохвицкая, Полтавская и Донецкая металлогенические области, Троицко-Стрельцовская металлогеническая зона, а в их пределах более мелкие подразделения: Славянский и Марковский урановорудные, Лисичанский и Павлоградский потенциально урановорудные районы (рис. 1), Черниговская рудоперспективная территория. Из других полезных ископаемых для Доно-Днепровской провинции характерны каменный уголь, газ и нефть. Кроме них, здесь разведаны и открыты месторождения ртути, фосфоритов, бурых углей, флюорита, каменной соли, строительных материалов, а также выявлены крупные рудопроявления полиметаллов. ДДП отличается слабой специализированной изученностью на уран, однако в ее пределах установлены в разной мере проявленные предпосылки для выявления промышленного уранового оруднения нескольких генетических типов.

По современным представлениям Днепровско-Донецкая впадина представляет собой палеорифт. В прибрежных частях ДДВ осадочно-вулканогенные породы залегают на древнем кристаллическом фундаменте. В

центральном грабене мощность осадочно-вулканогенных отложений достигает 12–15 км, но однозначно не установлено на чем они залегают. В целом, ДДВ представляет собой симметричную структуру, в тоже время Донбасс характеризуется явной асимметрией относительно Центральнодонецкого разлома. Глубина до фундамента постепенно увеличивается в восточном направлении и приобретает максимальное значение в 21 км в районе профиля DOBRE (Пашкевич и др., 2018). Под осадочной толщей ДДВ и Донбасса наблюдается уменьшение мощности консолидированной коры почти в два раза, чем в пределах УЩ и ВКМ с минимальным ее значением 17 км в осевой части Донбасса. Ее утонение происходило в период девонского рифтогенеза (Старостенко и др., 2017, а). Кристаллическая кора по значению скорости и плотности пород разделена на верхнюю, среднюю, нижнюю (Корчин и др., 2013). Консолидированная кора Донбасса также как и перекрывающая осадочная толща является асимметричной. Кроме асимметрии, для нее отмечается наличие высокоскоростного линзовидного пласта, который залегает на поверхности Мохо (рис. 2).

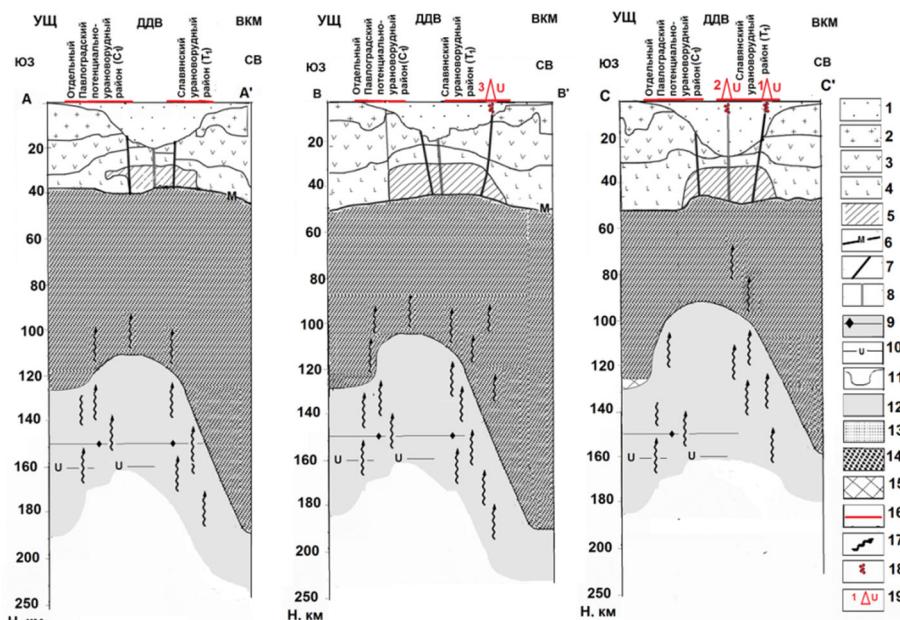


Рис. 2. Генерализованные разрезы земной коры и литосферы вкрест ДДВ вдоль профилей А-А', В-В', С-С' (положение профилей на рис. 1) с использованием материалов (Пашкевич и др., 2018; Старостенко и др., 2017, а, б):

слои земной коры: 1 – осадочный; 2 – "гранитный"; 3 – "диоритовый"; 4 – "базальтовый";

5 – коромантийная смесь; 6 – положение разделя Мохом; 7 – краевые разломы осевой части рифта; 8 – ось рифта;

9 – граница стабильности графит-алмаз; 10 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных транслитосферных флюидов; 11 – граница литосфера-астеносфера; 12 – астеносфера; 13 – железистые ультрабазиты

(железистые дуниты, ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы; 14 – амфиболовые и пироксеновые глимериты, шпинель-гранатовые, гранатовые перцолиты; 15 – хромшпинелевые гарцбургит-перцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур, гранатовые перцолиты с реликтами деформированных структур;

16 – проекции контуров урановорудных районов на дневную поверхность; 17 – астеносферные флюидопотоки;

18 – зоны уранового оруднения в приразломных зонах; 19 – месторождения уран-битумного типа

в отложениях нижнего триаса (1 – Краснооскольское, 2 – Адамовское, 3 – Берекское)

В западной части ДДВ по сейсмическим данным линзовидный пласт не фиксируется. Рельеф границы М северного и южного бортов ДДВ резко отличается. Мощность земной коры на бортах ДДВ колеблется от 40 до 48 км. Однако поверхность М в ДДВ имеет более простое строение, чем в Донбассе, где она осложнена линзовидным коровьим пластом, которая рядом исследователей (Старостенко и др., 2017, а; Стоуба и Стивенсон, 2000) рассматривается как коровый пласт, утяжеленный за счет мантийных составляющих в период пермского орогенеза, который практически не затронул

ДДВ, но уплотнил осадочную толщу в Донбассе (Пашкевич и др., 2014; Старостенко и др., 2017, б). В Донбассе глубина залегания подошвы коры приближается к 50 км, при этом прогиб разделя М не согласован с авлакогеном (Пашкевич и др., 2018), что, по мнению ряда исследователей (Пашкевич и др., 2018; Старостенко и др., 2017, а), свидетельствует о более активных преобразованиях коры северного борта ДДА, чем южного борта, где УЩ был упором при растяжении коры в процессе формирования рифта.

История ДДВ начинается с позднепротерозойского рифтинга и в докембрии она претерпела тафрогенез,

инверсионное валообразование, стадию пострифтогенной синеклизы, возможно стадию инверсионного тектогенеза. В палеозойско-мезозойский магаэтап произошла реактивация рифейских рифтогенов, которая имела скрытый характер на фоне обширного синеклизыного прогиба. В ДДВ эта предрифтовая стадия началась в среднем частично в верхнем девоне. С начальным горстообразованием связан оливиново-базальтоидный трапповый вулканизм, сменяемый щелочно-базальтоидным. Широко развиты шельфовые известняки. В каменноугольный период происходят новые обширные прогибания, с осцилляционным режимом осадконакопления, с частыми изменениями климата от гумидного до аридного. Это обусловило заполнение прогиба карбонатно-терригенными угленосными отложениями. Интересен факт присутствия в наиболее выдержаных угольных пластах, которые образовались в переломные моменты (смена сжатий и растяжений) повышенного количества пирокластического материала – тонштейна. Также присутствуют в угольных пластах примеси пеплов, соответствующих по составу средним и кислым эфузивам. Это свидетельствует о проявлении в течение каменноугольного периода среднего и кислого магматизма. В предмоловое время в части синеклизы, соответствующей Складчатому Донбассу, образовалась миогеосинклинальная область (Донецкий кряж) (Лукин, 2009).

В пределах Днепровского грабена, как и в пределах Донецкого складчатого сооружения, наблюдается резкое утонение земной коры по сравнению с УЩ и Воронежским массивом и значительный подъем верхней мантии. В связи с наличием глубинных разломов, достигающих верхней мантии, эта территория, по мнению В.А. Шумлянского, является зоной высокой проницаемости для мантийных и коровых флюидов (Шумлянский, 1981). Складчатый Донбасс отделен от Миллеровской моноклинали, расположенной на склоне Воронежского массива, Придонецкой зоной шириной до 20 км, ограниченной с внешней стороны Краматорским сбросом. Главная складчатость Донбасса и поперечные структуры являются отражением глубинных разломов, зарождение и становление которых связано с поздним протерозоем, средним–поздним девоном. Тектоно-магматическая активизация связана со складчатостью и воздыманием Донбасса и отчленением от Днепровского грабена в конце карбона–перми. Тектоническая активизация в раннем мелу перед обширной меловой трансгрессией и в конце мела–пaleоцена обусловлена общим сжатием Донецкого прогиба (Шумлянский, 1981). Результатом последней явилось подновление древних надвигов, завершение формирования всех типов складчатости и формирование наложенных депрессий в зонах глубинных разломов.

В пределах ДДА широко проявлена разломная тектоника. Выделяется ряд субширотных разломов – Краматорский, Петровско-Кременской, Артемовский, Горловский, Байракский и др. Краматорский разлом разделяет области распространения соленосной и терригенно-вулканогенной формации девона, ограничивая с севера площадь, на которой развиты каменноугольные отложения максимальной мощности. Он отделяет также Днепровско-Донецкую впадину от инверсионного блока Донецкого складчатого сооружения. Из субмеридиональных глубинных разломов уверенно прослеживается только Криворожско-Кременчугский, который пересекает весь авлакоген и фиксируется возле г. Сумы.

В 1976–1990 гг. В.А. Шумлянский и др. на основе историко-геологического анализа развития главных тектонических структур и условий уранового рудообразования в пределах Днепровско-Донецкого авлакогена ранее

указали на наличие следующих установленных и предполагаемых эпох уранового рудообразования (Шумлянский и др., 1995): 1) девонскую (D₁₋₂) с полигенным оруденением (гидротермально-осадочным) в терригенной формации северо-восточного склона УЩ; 2) каменноугольную (C₁₋₃) с диагенетическим оруденением в карбонатно-терригенном угленосном комплексе юго-восточной части ДДВ; 3) раннепермскую (P₁) с экзодиагенетическим оруденением в пестроцветной терригенной формации в Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинах; 4) пермитриасовую (P₂–T₁ – предполагаемая) с эпигенетическим оруденением в галогененно-карбонатном и терригенно-угленосном комплексах северо-восточного борта ДДВ; 5) позднетриасовую-раннеюрскую с эпигенетическим (уранобитумным) оруденением в разнообразных формациях (D, C, P, T₁₋₂) в связи с зонами разломов; 6) позднеюрскую (J₃–K₁ – предполагаемая) с экзодиагенетическим оруденением в фосфоритах на всей территории впадины; 7) неоген-четвертичную (N–Q) с эпигенетическим оруденением грунтовой окислительной зональности в терригенно-глауконитовом угленосном комплексе ДДВ.

Выявленные по состоянию на текущий момент урановорудные объекты ДДА встречаются в кристаллических породах архея и протерозоя, коре выветривания этих пород, а также в осадочных и осадочно-вулканогенных породах верхнего палеозоя, осадках мезозоя и кайнозоя. Урановорудные объекты (месторождения, рудопроявления, проявления урановой минерализации и радиоактивные аномалии) этого региона были разбракованы согласно принятой в КП "Кировгеология" методике, которая сводилась к определению природы радиоактивности и отнесению к определенному генетическому типу. Также были использованы результаты гидролитохимического картирования и детальные специализированные работы последних лет по Днепровско-Донецкой впадине, выполненные КП "Кировгеология". Новые данные по геологическому строению и урановому оруденению, полученные за последние годы, позволяют по новому выполнить выделение основных ураноносных формаций региона исследований по всему геологическому разрезу, включая древние породы архея и протерозоя, что является одной из нерешенных частей проблемы изучения пространственно-временных закономерностей формирования и размещения урановорудных объектов в ДДП.

Общая характеристика особенностей глубинного строения ДДА по данным ГСЗ, сейсмомагнитографии, 3D магнитного и гравитационного моделирования на основе многолетних исследований представлена в ряде работ (Соллогуб, 1986; Ильченко, 1992; Корчин и др., 2013; Пашкевич и др., 2014, 2018; Старостенко и др., 2017, а, б), по данным магнитотеллурического и аудиомагнитотеллурического зондирования – представлена в работе (Шеремет и др., 2017). Это позволило выполнить комплексный анализ неоднородностей различных этажей литосферы этого региона (Пашкевич и др., 2018), на основании чего выделен ряд перспективных участков для поисков промышленных скоплений углеводородов. На данном этапе исследований нерешенной частью проблемы является выявление закономерностей формирования и размещения месторождений урана в ДоноДнепровской потенциальной урановорудной металлогенической провинции с учетом особенностей глубинного строения литосферы. Подобные исследования ранее не проводились, однако выявление таких закономерностей может стать научной основой, позволяющей определить предпосылки обнаружения богатых урановых рудоконцентраций различных генетических типов.

Изложение основного материала. В Днепровско-Донецком авлакогене породы отличаются значительной насыщенностью радиоактивными объектами. Урановые объекты различного ранга, начиная от месторождений, крупных рудопроявлений, проявлений и до радиоактивных аномалий, встречены в кристаллических породах архея, протерозоя, коре выветривания по этим породам, в осадочно-вулканогенных образованиях рифея и венда, в осадочной и частично в осадочно-вулканогенной толще верхнего палеозоя (девон, карбон и пермь), осадках мезозоя (триас, юра и мел) и кайнозоя (палеоген, неоген, антропоген). На сегодняшний день при проведении поисковых, съемочных и разведочных работ в ДДА выявлено и в различной степени оценено пять месторождений, 26 рудопроявлений, 48 проявлений урановой минерализации и 1350 радиоактивных аномалий.

Все выявленные в пределах ДДА урановые объекты относятся к двум основным генетическим классам: эндогенному и экзогенному. К эндогенным концентрациям урана отнесены: магматические в интрузивных массивах сиенитов, гранитов, карбонатитов; пегматитовые; гидротермальные в минерализованных зонах дробления пород кристаллического фундамента вне связи с вулканогенно-интрузивными образованиями; гидротермальные в зонах дробления осадочных пород. К экзогенным скоплениям урана отнесены: осадочно-диагенетические в фосфоритах и в фосфоритсодержащих породах, в угленосных толщах; осадочные в битуминозных известняках; эпигенетические инфильтрационные в пестроцветных проницаемых осадках в зонах окисления-восстановления.

Анализ имеющихся геологических материалов (уреноносность, особенности залегания осадочно-вулканогенных и, в меньшей мере, кристаллических пород, разнообразие разрывной тектоники на различных уровнях геологического разреза, условия циркуляции подземных вод и т.д.) позволил нам выделить наиболее перспективные на выявление урановых месторождений горизонты и толщи, отнесенные нами к ураноносным геологическим формациям в пределах Доно-Днепровской ураноносной металлогенической провинции (от более древних к молодым): 1) кристаллические породы (AR-PR) основания впадины с присущим для них урановым оруденением; 2) верхнепротерозойская (рифей-венская – PR₃) с предполагаемым оруденением в эфузивах и вмещающих их толщах; 3) верхнедевонская (D₃) с гидротермальным оруденением в терригенной толще; 4) каменноугольная (C₁₋₃) с осадочно-диагенетическим и эпигенетическим инфильтрационным оруденением в угленосных осадочных породах; 5) нижнетриасовая (T₁) с гидротермальным оруденением в различных по составу осадках, содержащих окисленные твердые битумы, в связи с тектоническими зонами; 6) мел-палеогеновая (K-P) с осадочно-диагенетическим оруденением в фосфоритах терригенно-глауконитовой толщи и эпигенетическим инфильтрационным оруденением в содержащих обугленную органику в проницаемых осадках; 7) кайнозойская (палеоген-неогеновая) с эпигенетическим оруденением грунтовой окислительной зональности буроугленосного комплекса.

В формации кристаллических пород и коре выветривания встречены признаки уранового оруденения самых различных генетических типов. Однако доступны для описания лишь узкие полосы этих пород вдоль склонов Украинского щита и ВКМ. Значительных рудопроявлений здесь не встречено. Учитывая весьма слабую изученность и громадные глубины залегания кристаллических пород на большей части описываемого

региона, эту формацию мы относим к малоизученным с ограниченными перспективами.

Предполагаемая верхнепротерозойская формация, выделенная здесь В.А. Шумлянским и др. (Шумлянский, 1981; Шумлянский и др., 1995) по косвенным геологическим данным: по наличию эфузивов, вулканического пепла и жерловой фации древних вулканов, может быть отнесена только к категории, представляющей интерес для последующего накопления данных в процессе проведения массовых поисков.

В породах верхнедевонской формации открыты объекты с промышленными параметрами (Николаевское месторождение, ряд перспективных рудопроявлений), которые приурочены к зонам глубинных разломов и узлов их пересечения в пределах Волновахской металлогенической зоны. Урановая минерализация Николаевского месторождения урана представлена настураном и в меньшей мере урановыми чернями, а также сорбцией на окислах и гидроокислах железа, марганца, гидрослюдах, монтмориллоните и углистом веществе. Ториевые минералы представлены уранотитом, феррититом и монацитом. Породы, вмещающие оруденение, катализированы, подоблены, брекчированы, милонитизированы, изменены наложенными процессами окварцевания, карбонатизации, хлоритизации, серицитизации, аргиллитизации, баритизации, гематитизации, альбитизации и пиритизации. Урановое оруденение относится к гидротермальному типу в минерализованных зонах дробления терригенных и карбонатных толщ. Возраст уранового оруденения Николаевского месторождения составляет 340 ± 60 млн лет (по величине $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$) и соответствует времени внедрения кимберлитовых трубок и субвулканических щелочных пород покрово-киреевского комплекса. Металлогенический облик Волновахской металлогенической зоны сочленения северо-восточной части Приазовского мегаблока УЩ и Донецкой складчатой структуры в связи с особенностями глубинного строения литосферы охарактеризован нами в работе (Калашник и Кузьмин, 2018). Исходя из связи мощности литосферы и металлогенической специализации в зоне сочленения Приазовского мегаблока и ДСС, отсутствуют условия для формирования крупных рудоконцентраций урана, однако имеются предпосылки для формирования значительных концентраций титана, меди, ванадия, бериллия, олова, марганца, TR, ниобия и масштабных скоплений флюоритовых руд (Калашник и Кузьмин, 2018). Кроме того, в связи с тем, что отложения девона в регионе залегают на значительных глубинах (800 м и более), за исключением горстового поднятия этих пород на границе Складчатого Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ (Волновахская металлогеническая зона), перспективы открытия новых месторождений урана в этих отложениях за пределами указанной металлогенической зоны крайне ограничены.

Каменноугольная формация с осадочно-диагенетическим и эпигенетическим инфильтрационным оруденением в угленосных породах характеризуется большой насыщенностью радиоактивными объектами. Подавляющее большинство открытых в регионе уранопроявлений приурочены к угленосным и углесодержащим осадкам карбона. Особенно насыщены ими породы Донецкого складчатого сооружения, Самаро-Торецкого поднятия и Старобельско-Миллеровской моноклиниали. Руды с промышленными параметрами установлены на Марковском месторождении урана и целом ряде рудопроявлений. Урановая минерализация в углях представлена настураном и урановой чернью. Часть урана

находится в тонкодисперсной минералогической недиагностируемой форме. Урановое оруденение в углях сопровождается повышенным содержанием ванадия, хрома, свинца, цинка, меди, кроме того, встречено свинцово-цинковое оруденение прожилкового типа. Средний возраст уранового оруденения Марковского месторождения составляет 200 ± 30 млн лет (Шумлянский и др., 1995), напложенной полиметаллической гидротермальной минерализации – 200 млн лет (Шумлянский и др., 1995). Урановые руды отнесены к осадочно-диагенетическому типу в угленосных и содержащих обугленную органику толщах карбона. В позднекиммерийское время 200 млн лет назад оруденение переработано, возможно с дополнительным привносом урана с гидротермальными растворами.

Для карбоновой ураноносной углесодержащей формации характерны также концентрации урана гидротермального происхождения, локализованные в минерализованных зонах разломов среди песчаников, алевролитов, песчано-глинистых сланцев; в районах северо-западного замыкания линейных антиклиналей Донбасса и на их границах с Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинами; в Волновахской металлогенической зоне.

Оруденение гидротермального типа карбоновой ураноносной углесодержащей формации, как и в пределах нижнетриасовой пестроцветной ураноносной формации, для части уранопроявлений отличается присутствием ураноносных битумов. Однако значительная часть уранопроявлений ураноносных битумов не содержат, а их рудная минерализация представлена настуритом. Изотопный возраст урановых руд, представленных настуритом, для трех рудопроявлений составляет: для Сватовского – 220 млн лет, для Артемовского – 200 млн лет, для Горского глубокого – 110 млн лет (Шумлянский и др., 1995). Это подтверждает эпигенетическую, по отношению к вмещающим породам, природу оруденения и указывает на его преимущественную связь с киммерийской тектоно-термальной активизацией. Учитывая все это, карбоновая углесодержащая геологическая формация оценивается нами как одна из наиболее перспективных ураноносных формаций ДДП, особенно в районе сочленения Днепровско-Донецкой впадины с Донецкой складчатой областью, а также в южной и северной периферии последней у границ с Украинским щитом и Воронежским кристаллическим массивом.

Наиболее перспективной в описываемом регионе является нижнетриасовая формация с уран-битумным оруденением. Урановые объекты с промышленными концентрациями данного типа оруденения выявлены в центральной части ДДВ и в зоне сочленения последней с Донецкой складчатой областью на глубинах от 200–500 м до 2000 м. Основное оруденение приурочено к песчаникам, реже – алевролитам и глинам дроновской свиты нижнего триаса (Адамовское, Краснооскольское и Берекское месторождения). Рудными телами являются скопления ураноносного битума (керита, антроксолита) в песчаниках и алевролитах в виде рассеянных включений в цементе или густой пропитки породы. Кроме того, отмечаются выделения урана в виде собственно урановых минералов (настурита, коффинита, урановых черней). Фиксируется на этих объектах и сорбция урана глинистым веществом, наличие окислов урана в сростках с пиритом. В урановых рудах отмечаются повышенные концентрации молибдена, скандия, свинца, цинка, бария, ванадия. В породах, вмещающих урановое оруденение, отмечается повышенная трещиноватость, интенсивное дробление, брекчирование, а также напложенные процессы в виде обеления (аргиллитизация?), карбонатизация, окварцевание, гематитизация, пиритизация. Ряд исследователей (Шумлянский и др., 1995) указывают на

наличие в пределах уранопроявлений данного типа вертикальной зональности. В частности, урановое оруденение на Адамовском и Краснооскольском месторождениях размещено на верхних горизонтах месторождений (носит вкрапленный, прожилковый или гнездообразный характер), тогда как ртутно-полиметаллическое – на более значительных глубинах. При этом характерной особенностью является то, что урановая, полиметаллическая, ртутная, флюоритовая и другие виды минерализации локализованы только в пределах гидротермально аргиллизованных пород, площадь которых, как указывают эти специалисты, в 10 раз превышает площадь оруденения. Единого мнения о возрасте уран-битумного оруденения нет. Различными методами определено три различных возраста: 107–160 млн лет (средний 140 млн лет) (по величине $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$), 170–206 млн лет (средний 195 ± 5 млн лет), 136–254 млн лет (средний 220 ± 10 млн лет) (Шумлянский и др., 1995). По геологическим данным наиболее уверенное время рудообразования отвечает нижнему триасу (в дроновской свите до отложения серебрянской свиты), менее уверенное – верхнему триасу (до отложения протопивской свиты). Радиологические данные позволяют отнести оруденение к раннему триасу – поздней юре (Шумлянский и др., 1995). В целом этот тип оруденения в ДДП имеет много общего с промышленными месторождениями района Амброзия Лейк Трансильванской впадины, образование которых связано с киммерийской фазой диастрофизма.

С мел-палеогеновой геологической формацией в основном связано комплексное уран-фосфорное оруденение осадочно-диагенетического типа в терригенно-глауконитовой толще на всей территории ДДП. Однако из-за убогого содержания можно говорить лишь о возможности попутного извлечения урана при отработке фосфорных руд.

Определенные перспективы мы связываем с кайнозойской (палеоген-неогеновой) формацией. Инфильтрационное урановое оруденение приурочено к угленосным отложениям бересковской и полтавской свит и локализовано на относительно небольшой глубине от поверхности. Учитывая значительную площадь распространения угленосных кайнозойских отложений в пределах впадины и очень слабую изученность данного типа оруденения этого типа, можно ожидать выявления в этом регионе достаточно крупных скоплений руд, пригодных для отработки методом подземного выщелачивания.

В процессе проведения исследований нами была установлена определенная зависимость формирования объектов уранового оруденения различного генетического типа Доно-Днепровской потенциальной ураново-рудной провинции от ряда факторов, связанных с особенностями глубинного строения литосфера, разломной тектоникой, проявлениями мантийного магматизма. При этом мы основывались на представлении, что приповерхностное строение коры, ее состав, геологические особенности, геодинамика, магматизм есть следствие глубинных процессов (Соллогуб, 1986).

На представленных разрезах литосфера, секущих ДДА в различных частях, видна неоднотипность, дифференциация мощности земной коры отдельных областей ДДА (рис. 2). Связь уранового оруденения в регионе с особенностями строения земной коры крайне неравнозначная.

На стыке северо-восточной части Приазовского мегаблока УЩ с Донбассом проявлен щелочно-базальтоидный мантийный магматизм, характеризующийся повышенной основностью, титанистостью и щелочностью. Он приурочен к Волновахской металлогенической зоне, протягивающейся в широтном направлении на

80 км от с. Новотроицкое до с. Покрово-Киреевское (Нечеев, 1970; Калашник и Кузьмин, 2018). Вулканиты принаследуют к щелочно-ультраосновной и щелочно-ультрабазальтоидной формациям. Геологический возраст соответствует среднему девону. Отмечаются четыре магматические фазы. В Волновахской зоне разломов вскрыто шесть кимберлитопроявлений – Петровское, Петровское восточное, Горняцкое, трубка "Надия", трубка "Южная", трубка "Новоласпинская". Исследованные нами мантийные ксенокристы из девонских кимберлитовых трубок Новоласпинская, Южная, Петровская Волновахской металлогенической зоны дают низкотемпературную геотерму по гранатовой мономинеральной термобарометрии (рис. 3) (Ashchepkov *et al.*, 2020).

Мантийная литосфера в районе Волновахской металлогенической зоны резко разделена на уровне 4,2 гПа, судя по присутствию эклогитовой линзы и хромитов на этом уровне и изменению тренда для ильменитов с образованием Cpx-Ilm-Phl жил в верхней части (рис. 3). Выделено 7 слоев (рис. 3): слой I – 2,5–1 гПа обогащен Gar-пироксенитами и Sp-перидотитами ($Fe\#Ol \sim 0,11\text{--}0,14$); слой II – 2,5–3,2 гПа – Gar-Sp перидотиты ($Fe\#Ol \sim 0,08\text{--}0,10$); слой III – 4,3–3,2 гПа разнообразные перидотиты ($Fe\# \sim 0,07\text{--}0,095$); слой IV содержит пироксенитовые пиропы с наивысшим La, эклогиты и перидотиты с реакционными Cpx ($Fe\#Ol \sim 0,10\text{--}0,125$); слой V – 5,8–5 гПа – гарцбургиты субкальциевые, высокохромистые хромиты и Mg-ильмениты; слой VI – 5,8–6,8 гПа содержит обогащенные Fe пиропы типа деформированных перидотитов, Mg-эклогиты и Cr-Mg ильмениты; слой

VII – это более 6,8 гПа, представлен реакционными высокотемпературными перидотитами, судя по железистым гранатам. Пиропы обогащаются LREE, LILE и Hf, Zr при понижении давления от 6 до 3 гПа. Примитивные гранаты в нижней части литосферной мантии имеют округлые спектры REE, TRE; субкальциевые пиропы имеют REE спектры S-типа с перегибом на Nd. Перидотитовые клинопироксены имеют наклонные линейные спектры REE со снижением от Pr к La и высокими уровнями LILE и HFSE. Обогащенная Fe пироксенитовая группа с колоколообразными неправильными спектрами и LILE близкими к уровням LREE, вероятно, образовалась при реакции с Fe-богатыми эклогитами. Возможной причиной HFSE и LILE обогащения верхней части субкратонной литосферной мантии (СКЛМ) является субдукция фрагментов континентальной коры или осадков в раннем-среднем архее с образованием метасоматитов Amph-Phl типа. В дальнейшем преимущественно океаническая субдукция сопровождалась гибридным метасоматизмом в нижней части активированным пллюмом 1,8 Ga, который сгенерировал сфокусированный поток расплава с переплавлением слюдисто-амфиболовых метасоматитов и непрерывным обогащением TRE и LILE в интервале от 6 до 3 гПа. В палеозойское время мантийные геотермы ближе к 38–40 мВт/м², а континентальная субдукция сопровождалась ультракалиевым вулканизмом. В позднедевонский период кимберлитовый магматизм сопровождался пллюмовыми щелочными пикритами (Ashchepkov *et al.*, 2020).

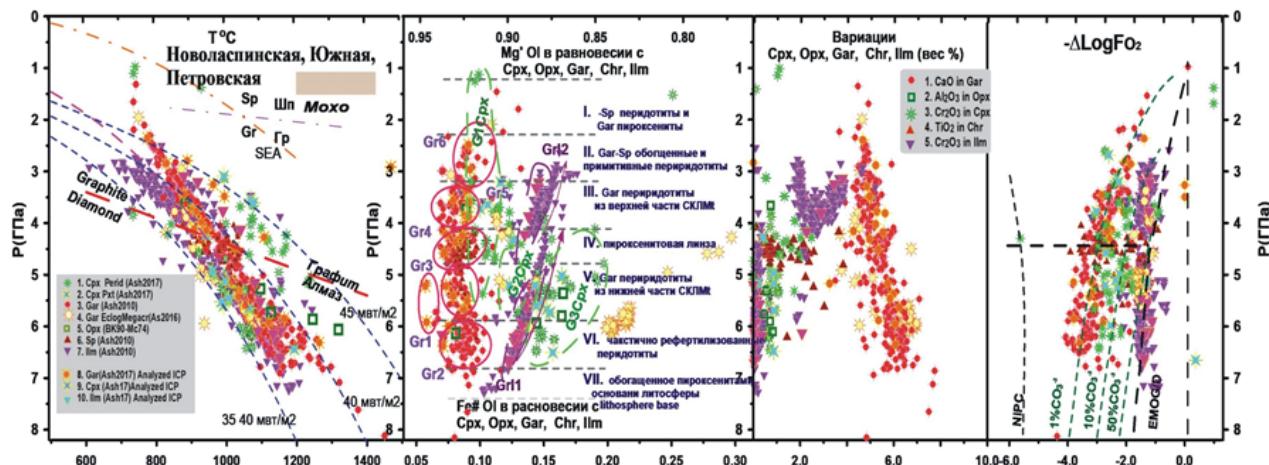


Рис. 3. Диаграмма PTXFO₂ для минералов из концентратов, демонстрирующая строение мантии и слоистость субкратонной литосферной мантии под Волновахской металлогенической зоной (зона сочленения северо-восточной части Приазовского мегаблока УЩ с Донбассом (для ксенокристов из кимберлитов трубок Новоласпинская, Южная, Петровская) (Ashchepkov *et al.*, 2020).

- Условные обозначения: 1. Клинопироксены: $T^{\circ}\text{C} - P$ (гПа) (Ashchepkov *et al.*, 2017, а);
 2. Тоже самое для безхромистых клинопироксенов; 3. Гранаты: $T^{\circ}\text{C} (O'Neil and Wood, 1979) - P$ (гПа) (Ashchepkov *et al.*, 2017);
 4. Гранаты из эклогитов (Ashchepkov *et al.*, 2010, 2017, а); 5. Ортопироксены: $T^{\circ}\text{C} - P$ (гПа) (McGregor, 1974);
 6. Хромиты: $T^{\circ}\text{C} (O'Neil and Wood, 1979) - P$ (гПа) (Ashchepkov *et al.*, 2010); 7. Ильмениты: $T^{\circ}\text{C} (Taylor *et al.*, 1998) - P$ (гПа) (Ashchepkov *et al.*, 2010); 8. Гранаты, проанализированные ICP-MS; 9. Клинопироксены, проанализированы LA ICP-MS4; 10. Ильмениты, проанализированы ICP-MS

Рудопроявления урана и Николаевское месторождение, связанные с Волновахской металлогенической зоной, зоны сочленения Приазовского мегаблока и Донбасса, приурочены к району развития пространственно и временно сопряженного гидротермального уранового оруденения и кимберлитового магматизма в районе размещения трубок Южная, Новоласпинская. Структура мантии здесь сильно изменчива. Гранаты относятся к низкотемпературной геотерме в нижней СКЛМ, в то время как пироксеновые и хромитовые, а также жилы Ilm-Cpx-Phl соответствуют более высокотемпературным

условиям. Пиропы гарцбургитового парагенезиса алмаз-пироповой фации глубинности встречаются крайне редко (Гейко и др., 2006). Однако единичные находки пиропов и хромшпинелидов алмазной ассоциации, мелких алмазов позволяют предполагать мелкие локальные очаги генерации кимберлитовых магм на границе алмаз и графит-пироповой фации глубинности на глубине до 250 км (рис. 3). По данным интерпретации СЭМЭЗ (метод спонтанной электромагнитной эмиссии Земли) под Донбассом и северо-восточной частью Приазовского мегаблока верхняя граница астеносферы находится на глубине около

140 км (Пашкевич и др., 2018) (рис. 3). Мантийный разрез под Волновахской металлогенической зоной в позднедевонское время состоял из семи слоев с резкой границей между нижней и верхней частью СКЛМ при 4,2 гПа.

На левобережье Днепра в бассейне р. Ворскла в юго-восточной части ДДП выявлена Краснокутская алмазоносная россыпь. Предполагается, что коренным источником алмазов Краснокутской россыпи располагается в районе Воронежского кристаллического массива. По данным интерпретации СЭМЭЗ в зоне сочленения Донбасса и ВКМ верхняя граница астеносферы находится на глубине около 170–180 км (Пашкевич и др., 2018) (рис. 4).

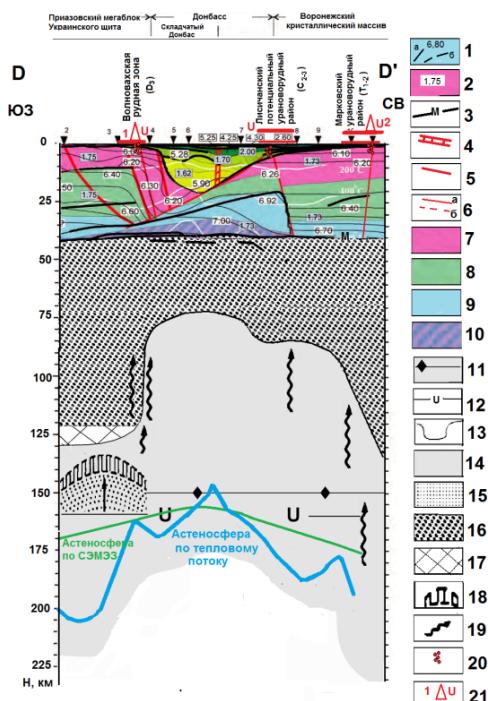


Рис. 4. Скоростная сейсмическая модель P-волн коры и верхней мантии и петрологическая модель литосферы вдоль профилей DOBRE'99, DOBRE'2000 (по материалам Пашкевич и др., 2018; Старостенко и др., 2017, а; Lyngsie et al., 2002) (положение профиля D-D' на рис. 1):

1 – изолинии скорости продольных сейсмических волн (а), предполагаемые (б); 2 – величина отношения V_p/V_s ; 3 – положение границы Мохо; разломная тектоника: 4 – шовные зоны, 5 – разломы первого ранга, 6 – разломы более высоких рангов (а), предполагаемые (б); состав кристаллической коры: 7 – гранитный слой, 8 – средняя кора, 9 – нижняя кора, 10 – коромантийная смесь; 11 – граница стабильности графит-алмаз; 12 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных транслитосферных флюидов; 13 – граница литосфера-астеносфера; 14 – астеносфера; 15 – железистые ультрабазиты (железистые дуниты, ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы); 16 – амфиболовые и пироксеновые глиссериты, шпинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 17 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серия с реликтами деформированных структур, гранатовые лерцолиты с реликтами деформированных структур; 18 – термобароградиентный фронт глобальной астеносферной ловушки, сформированный вследствие импульсной дегазации ядра и мантии; 19 – астеносферные флюидопотоки; 20 – зоны уранового оруденения в приразломных зонах; 21 – месторождения урана: 1 – Николаевское гидротермального типа в минерализованных зонах дробления терригенных и карбонатных толщ, 2 – Марковское осадочно-диагенетического типа в угленосных и содержащих обугленную органику в толщах карбона.

В Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции отмечается закономерная связь урановых

объектов с зонами резкого изменения мощности литосферы и формированием бароградиентных зон в астеносфере, в процессе эволюции Земли в прислоновых частях Приазовского литосферного сегмента северо-восточного склона Украинского щита и литосферного сегмента юго-западного склона ВКМ, обеспечившим изменения составов мантийных флюидов и инверсию форм переноса рудогенных компонентов к верхним горизонтам земной коры по разломам транслитосферного проникновения.

Размещение подавляющего большинства урановорудных объектов в Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции контролируют протяженные глубинные разломные зоны. Такие протяженные нарушения сплошности литосферы являются типичными для рифтогенеза. При этом обращает на себя внимание то обстоятельство, что подавляющее большинство выявленных уранопроявлений ДДП располагаются группами, тяготеющими к краевым шовным зонам ДДА, к глубинным региональным разломам, пересекающим всю территорию ДДВ, и к узлам их пересечения, а также к зоне сочленения центрального грабена Днепровской впадины и ДСС, характеризующейся крайне сложным планом разрывной тектоники.

Общей является закономерность положительных результатов поисков объектов уранового оруденения района исследований в зонах нарушения гомогенности среды, ее расслоенности (изменение количества и качества отражающих сейсмических границ, деформированность поверхности Мохо), с которыми, как правило, связаны глубинные разломные структуры, узлы пересечения разнонаправленных тектонических зон с проявленными гидротермальными процессами. Кроме того, гидротермальное урановое оруденение с промышленными рудоконцентрациями, как правило, приурочено к разломам, секущим всю осадочную толщу региона и в различных концентрациях локализовано в разных стратиграфических горизонтах от карбона до юры, что свидетельствует о многоэтажности оруденения. Это можно объяснить наиболее благоприятным структурным положением зон оруденения в определенных структурных горизонтах в приразломных зонах в определенный период рудообразования.

Основная причина отсутствия крупномасштабного уранового рудогенеза в регионе, вероятно, заключается в отсутствии длительного существования особо благоприятных петрологических условий для первичной аккумуляции рудоносных ураноносных флюидов в мантии и соответствующей этому мощности литосферы, а также из-за отсутствия длительной транслитосферной проницаемости флюидопроводимых каналов.

Эволюционные металлогенические тренды регионального уровня для ДДА отличаются большим разнообразием (урановая, полиметаллическая, ртутная, флюоритовая и другие виды минерализации), что, вероятно, обусловлено влиянием ряда глубинных факторов, таких как резкое изменение мощности литосферы в прислоновых частях УЩ, ВКМ и формирование бароградиентных зон в астеносфере в процессе эволюции Земли, что приводило к формированию различных РТ-условий в астеносфере, обеспечивавших изменения составов мантийных флюидов и инверсию форм переноса рудогенных компонентов к верхним горизонтам земной коры по разломам транслитосферного проникновения. На финальную стадию рудоотложения на верхних структурных горизонтах земной коры также оказывали влияние эволюция магматических очагов, постмагматических растворов в подкоровых очагах, эволюция гидротермальных растворов и т.д., непосредственно связанных с глубинными процессами.

Таким образом, металлогенический облик Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции определяется следующими пространственно-временными закономерностями формирования и размещения урановорудных объектов:

- связью с очаговыми структурами многократно проявленного магматизма различного состава, гидротермальной деятельностью, ореолами вторичных метасоматических изменений вмещающих пород в пределах глубинных разломов и узлов их пересечения над зонами резкого изменения мощности литосферы и формирования бароградиентных зон в астеносфере в процессе эволюции Земли, проявленных в присклоновых частях Приазовского литосферного сегмента северо-восточного склона Украинского щита и литосферного сегмента юго-западного склона ВКМ, а также в зоне сочленения центрального грабена ДДВ и Донецкого складчатого сооружения в периоды тектономагматических и тектонометасоматических активизаций.

- связью уранопроявлений различного ранга с длительно существовавшими флюидопроводимыми каналами транслитосферного проникновения, приуроченными к краевым шовным зонам восточного склона УЩ и юго-западного склона Воронежского кристаллического массива, к глубинным региональным разломам, пересекающим всю территорию ДДВ, а также к зоне сочленения центрального грабена Днепровской впадины и ДСС, которые обеспечивали привнос рудообразующих компонентов в периоды активизации мантии, а также эволюцию ураноносных растворов и многоэтапность переотложения урана при гидротермальных и инфильтрационных процессах;

- в пределах Складчатого Донбасса, его сочленении с Приазовским мегаблоком и Днепровским грабеном отмечается четко выраженный структурный контроль уранового, сурьмяно-рутного, полиметаллического и флюоритового оруденений, которые часто сопряжены, что особенно характерно для узлов пересечения разнонаправленных разломов, поскольку им присущи наиболее интенсивная дислокированность пород, интрузивный магматизм и рудоносность;

- пространственная приуроченность уранопроявлений с промышленными параметрами к зонам глубинных разломов, секущих кристаллический фундамент и весь перекрывающий его чехол. Данная закономерность позволяет предположить, что оруденение в зонах влияния таких разломов относится к гидротермальному типу в минерализованных зонах дробления и играет, на наш взгляд, ведущую роль в формировании урановорудных объектов Днепровско-Донецкой впадины и Складчатого Донбасса;

- подавляющее большинство выявленных уранопроявлений ДДП приурочено к отложениям карбона и нижнего триаса;

- наибольшая насыщенность уранопроявлениями отмечается в разломных зонах в центральной части ДДВ и в зоне сочленения последней с Донецкой складчатой областью, на Самарско-Торецком поднятии;

- самые крупные урановые объекты региона приурочены к отложениям триаса – это основные руды Адамовского, Краснооскольского и Бересского месторождений, залегающие в песчаниках и алевролитах, реже глинах дроновской свиты нижнего триаса, связанные с урановыми битумами в пределах разломных зон.

Полтавская металлогеническая область относится к одной из самых перспективных частей Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции, где урановое оруденение с промышленными параметрами отличается значительным размахом и масштабами про-

явления. В ее пределах открыто и разведано три месторождения урана (Краснооскольское, Береское, Адамовское), оценено в различной степени семь крупных рудопроявлений (Петровское, Картамышевское, Бантышевское, Троицкое, Ново-Дмитриевское, Степковское, Беляевское), выявлено 11 проявлений урановой минерализации и 95 радиоактивных аномалий. Указанные месторождения и крупные рудопроявления локализованы в Славянском урановорудном районе (рис. 1) Полтавской металлогенической области. Характерной особенностью этих рудных объектов является их приуроченность к купольным структурам, расположением их в пределах тектонических зон различного ранга или в непосредственной близости от них. Недостаточной изученностью бурением в Славянском урановорудном районе отличаются шесть перспективных площадей, представляющих собой группы сближенных поднятий и куполов, где на доступную для описывания глубину выведены породы ураноносной нижнетриасовой пестроцветной геологической формации с признаками уранового оруденения: Алексеевско-Лозовенковская, Беляевская, Волченковско-Спиваковская, Новомечиболовская, Карнауховская, Святогорская.

В пределах Лохвицкой металлогенической области выявлено четыре крупных рудопроявления урана: Погаршинское, Качановское, Рыбальское, Чернухинское, два из которых (Погаршинское и Качановское) по масштабам оруденения близки к месторождениям, но отличаются очень большой глубиной залегания урановых руд (1600–1900 м), что не позволяет отнести их к рангу перспективных объектов для первоочередных исследований.

В пределах Донецкой металлогенической области ведущими генетическими типами уранового оруденения являются: гидротермальный – в зонах дробления осадочных толщ и осадочно-диагенетический – в углистых и содержащих обугленную органику породах. С ними здесь связаны основные перспективы открытия месторождений урана с контрастными рудами. Здесь выделен Лисичанский потенциальный урановорудный район (рис. 1), на территории которого выявлено три рудопроявления урана (Врубовское, Привольное, Шахты 6-7-17), шесть проявлений урановой минерализации и 62 радиоактивные аномалии.

Троицко-Стрельцовская металлогеническая зона (рис. 1) находится в пределах Старобельско-Миллеровской моноклинали. Здесь выявлены два месторождения урана: Марковское на Украине и Шептуховское в РФ, три рудопроявления (Донцовско-Каменское, Терновское-1, Новострельцовское) и 30 радиоактивных аномалий. Все выявленные месторождения и рудопроявления отнесены к осадочно-диагенетическому типу в углях и углистых породах и приурочены к узлам пересечений зон северо-западного, близмеридионального и субширотного направлений. В пределах Троицко-Стрельцовской металлогенической зоны выделен Марковский урановорудный район (рис. 1). Кроме урана, на Марковском месторождении встречено свинцово-цинковое оруденение прожилкового типа в афанитовых известняках, которое осталось неоцененным. Урановые руды Марковского месторождения и выявленных рудопроявлений отнесены к осадочно-диагенетическому типу в углях и углистых породах. На выявленных рудопроявлениях богатого оруденения не выявлено. Степень специализированной на уран изученности различная, однако значительные перспективы обнаружения новых месторождений отсутствуют.

Павлоградский отдельный потенциально урановорудный район занимает особое место в ДДП и не входит в состав ни одной из выделенных здесь металлогенических областей или зон. Его своеобразие заключается в том,

что он располагается на стыке собственно Днепровской впадины со Складчатым Донбассом. Здесь выявлено два крупных рудопроявления (Петропавловское, Шестаковское), шесть проявлений урановой минерализации, около 200 радиоактивных аномалий. Для большинства из них отмечается пространственная связь с разрывными нарушениями различных направлений. В пределах Павлоградского потенциально уранового района выявление промышленных месторождений мы связываем с двумя типами оруденения: гидротермального – в зонах дробления терригенных толщ и осадочно-диагенетического – в углях, угленосных и содержащих обугленную органику породах.

Черниговская отдельная рудоперспективная территория пространственно совпадает с Брагинско-Лоевским (Черниговским) выступом. Урановых объектов ранга месторождение, рудопроявление и проявление урановой минерализации здесь пока не обнаружено, однако выявлены 11 радиоактивных аномалий. Преобладающим генетическим типом скоплений урана является осадочно-диагенетический в углесодержащих и углистых породах. Специализированная на уран изученность очень слабая. Однако положительным фактором является наличие обширных площадей с аномальным содержанием урана как в водах, так и в донных отложениях рек в северной и южной частях Черниговской рудоперспективной территории.

Выводы и направление дальнейших исследований. Региональный металлогенический тренд Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции определяется в основном геологической предисторией и закономерной сменой геодинамических событий, которые тесно связаны с глубинными процессами и перестройками литосферы. В пределах Складчатого Донбасса, в зоне его сочленения с Приазовским мегаблоком и Днепровским грабеном отмечается четко выраженный структурный контроль уранового, сурьмяно-рутного, полиметаллического и флюоритового оруденений, которые часто сопряжены. Положение установленных здесь урановорудных районов, вероятнее всего, указывает на положение астеносферных каналов, обогащенных ураном – потенциальных источников рудообразующих флюидных потоков. Установленные минеральные парагенезисы урана с ртутью в регионе свидетельствуют о том, что расположение мантийных корней ртутных формаций, контролируемое почти исключительно структурными неоднородностями глубин, совпадает с локализацией ловушек первичной мантийной аккумуляции различных рудогенных компонентов, включая уран. Промышленно ртутноносными на определенной стадии развития могли стать лишь те части ДДА (Никитовское рудное поле), в которых возникла высокая локальная транслитосферная проницаемость, сочетающаяся с надвигами, которые экранировали ртутные мантийные флюиды и создавали благоприятные условия для ее аккумуляции в проникаемых пластиах осадочных пород.

Следует особо отметить пространственную приуроченность уранового оруденения к зонам разломов, рассекающих кристаллический фундамент и весь перекрывающий его осадочный чехол. Данная закономерность позволяет предположить, что оруденение в зонах влияния таких разломов относится к гидротермальному типу в минерализованных зонах дробления и играет, на наш взгляд, ведущую роль в формировании рудных объектов Днепровско-Донецкой впадины и Складчатого Донбасса.

На основании совместного анализа особенностей глубинного строения и геологических обстановок локализации известных месторождений, рудопроявлений и проявлений урановой минерализации, выявленных геологических ураноносных формаций, распространенности и глубины залегания последних в Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции, следует ожидать открытия новых месторождений урана в районе исследований следующих четырех типов (в порядке убывания перспективности):

1) гидротермального в минерализованных зонах разломов с прожилково-вкрашенными рудами в песчаниках и алевролитах нижнего–среднего триаса; в песчаниках, песчано-глинистых сланцах и известняках карбона, реже в песчаниках и алевролитах нижней перми (руды этого типа, как правило, представлены ураносодержащими твердыми битумами, реже настураном, и сопровождаются сульфидами меди, свинца, цинка, железа);

2) осадочно-диагенетического в угленосных и содержащих обугленную органику толщах карбона;

3) экзогенно-эпигенетического инфильтрационного с вкрашенными рудами в пестроцветных песчаниках с обугленной растительной органикой карбона;

4) осадочно-диагенетического с вкрашенными рудами в фосфоритах и фосфоритсодержащих песчаниках мела.

Полтавская металлогеническая область относится к одной из самых перспективных частей Доно-Днепровской потенциальной урановорудной провинции, где урановое оруденение с промышленными параметрами отличается значительным размахом и масштабами проявления. В Славянском урановорудном районе выделены шесть перспективных площадей для выявления новых месторождений урана: Алексеевско-Лозовеньковская, Беляевская, Волченковско-Спиваковская, Новомечиловская, Карнауховская, Святогорская.

В пределах Донецкой металлогенической области ведущими генетическими типами уранового оруденения являются гидротермальный – в зонах дробления осадочных толщ и осадочно-диагенетический – в углистых и содержащих обугленную органику породах. С ними здесь связаны основные перспективы открытия новых месторождений урана с контрастными рудами в пределах Лисичанского потенциального урановорудного района.

В пределах Павлоградского потенциально уранового района перспективы выявления промышленных месторождений мы связываем с двумя типами оруденения: гидротермального – в зонах дробления терригенных толщ и осадочно-диагенетического – в углях, угленосных и содержащих обугленную органику породах.

Кроме того, существует ряд территорий, где имеются предпосылки для выявления уранового оруденения промышленных типов, но они имеют весьма слабую геологическую и специальную на уран изученность, в частности Черниговская уранорудоперспективная территория в пределах ДДВ, в рамках которой необходимо сосредоточить дальнейшие исследования на наиболее перспективных площадях, выделенных по результатам более детального прогнозирования.

Список использованных источников

- Абрамович, И.И. (2010). Металлогения. Москва : ГЕОКАРТ; ГЕОС.
- Ильченко, Т.В. (1992). Сейсмическая модель земной коры по профилю ГСЗ Приазовский массив-Донбасс-Воронежский массив. Геофизический журнал, 5(14), 50–59.
- Калашник, А.А.(2013). Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Ингуле-Ингулецком рудном районе Украинского щита. Науковий вісник НГУ, 3, 11–18.
- Калашник, А.А. (2015). Глубинные факторы формирования крупных U-TR-Sc месторождений в метасоматитах на Украинском щите. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 2, 68–72.

geophysical heterogeneity of the Dnieper-Donets basin lithosphere. *Dopovidy natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny*, 9, 84–94. [in Russian]

Stepanjuk, L.M., Bondarenko, S.M., Somka, V.O., Kotvitska, I.M., Andreev, O.V. (2012). Source of sodium and uranium of uraniferous albites on the example of Dokuchaievsk field of the Ingulsky megablock of the UkrSh. *Tezy dopovidей naukovoyi konferentsiyi "Teoretychni pytannya i praktika doslidzhennya metasomatichnyh porid i rud"*, March 14–16, 2012, Kyiv, 78–80. [in Ukrainian]

Stovba, S.N., Stephenson, R.A. (2000). Comparative analysis of the structure and history of the formation of the southersten part of the Dnieper-

Donets Basin and Donets Fold Structure. *Geophysical Journal*, 22(4), 37–61. [in Russian]

Taylor, W.R., Kammerman, M., Hamilton, R. (1998). New thermometer and oxygen fugacity sensor calibrations for ilmenite and chromium spinel-bearing peridotitic assemblages. *Extended abstracts of the 7th International Kimberlite Conference, Cape Town*, 891–901.

Надійшла до редколегії 30.06.2020

G. Kalashnyk, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher, Prof.,
E-mail: kalashnik_anna1@ukr.net;
Flight Academy of National Aviation University,
1 Dobrovolskogo Str., Kropyvnytskyi, 25005, Ukraine;
A. Kuzmin, Leading Geologist,
E-mail: avkuzmin@ukr.net;
State enterprise "Kirovgeology",
8/9 M. Boychuk Str., Kyiv, 01103, Ukraine

PATTERNS OF URANIUM-ORE LOCALIZATION IN THE DONO-DNIPROVSKA POTENTIAL URANIUM-ORE METALLOGENIC PROVINCE IN ASSOCIATION WITH LITHOSPHERE'S DEEP STRUCTURE

The objective of the study is to identify the main patterns of uranium-ore localization in the Dono-Dniprovska potential uranium-ore province in association with lithosphere's deep structure.

The analysis of geophysical, geological, petrological, radiogeochimical information on the features of the formation, placement of uranium occurrences of the different genetic types in the Dnieper-Donets aulacogen in close connection with the features of the deep structure of the lithosphere, asthenosphere, fault tectonics was carried out.

The features of the deep structure of the lithosphere and their physical parameters that affect the conditions of intensive uranium ore genesis in the formation of the main geological industrial types of uranium deposits in the research area were revealed. According to analysis of geological materials (uranium bearing, features of sedimentary-volcanogenic and, to a lesser extent, crystalline rocks occurrence, variety of breaking tectonics at various levels of the geological section, groundwater circulation conditions, etc.) the most perspective for discovering of new uranium deposits horizons and strata assigned to uranium-bearing geological formation in this region were identified. Based on a joint analysis of the geological conditions of localization of uranium deposits, ore occurrences and manifestations of uranium mineralization, geological uranium-bearing formations, their prevalence and depth occurrence in the Dnieper-Donets aulacogen, the four most perspective for this region industrial types of uranium deposits have been identified.

The practical significance of this research is to increase the efficiency of metallogenetic forecasts by expanding the deep factors and regional criteria for uranium ore genesis of various genetic types specified to the study area. This makes it possible to reasonably determine the prospects of the territories for the possibility of forming uranium industrial ore concentration with the allocation of areas of their most probable localization.

Keywords: uranium, lithosphere, uranium-bearing geological formation, geological-industrial type, deposit, Dono-Dniprovska potential uranium-ore province.

Г. Калашник, д-р геол. наук, ст. наук. співроб., проф.,
E-mail: kalashnik_anna1@ukr.net;
Льотна академія Національного авіаційного університету,
вул. Добропольського, 1, м. Кропивницький, 25005, Україна;
А. Кузьмін, пров. геолог.,
E-mail: avkuzmin@ukr.net;
Казенне підприємство "Кіровгеологія",
вул. М. Бойчука, 8/9, м. Київ, 01103, Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗМІЩЕННЯ УРАНОВОРУДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ДОНО-ДНІПРОВСЬКІЙ ПОТЕНЦІЙНІЙ УРАНОВОРУДНІЙ МЕТАЛОГЕНІЧНІЙ ПРОВІНЦІЇ У ЗВ'ЯЗКУ З ГЛИБИННОЮ БУДОВОЮ ЛІТОСФЕРИ

Метою проведеної роботи є виявлення основних закономірностей розміщення урановорудних об'єктів у Доно-Дніпровській потенційній урановорудній провінції у зв'язку з глибинною будовою літосфери.

Виконано аналіз геофізичної, геологічної, петрологічної, радіогеохімічної інформації щодо особливостей формування, розміщення уранопроявів різних генетичних типів у Дніпровсько-Донецькому авлакогені в тісному зв'язку з особливостями глибинної будовою літосфери, астеносфери, розломною тектонікою.

Виявлено особливості глибинної будової літосфери та її фізичні параметри, які впливали на умови інтенсивного рудогенезу при формуванні основних геологічно-промислових типів родовищ урану в районі дослідження. За результатами аналізу геологічних матеріалів (ураноносність, особливості залягання осадово-вулканогенних і, меншою мірою, кристалічних порід, різноманітність розривної тектоніки на різних рівнях геологічного розрізу, умови циркуляції підземних вод і т.д.) виділено найбільш перспективні для виявлення нових уранових родовищ горизонти і товщі, віднесені до ураноносних геологічних формаций району дослідження. На підставі спільногого аналізу геологічних ситуацій локалізації відомих родовищ, рудопроявів і проявів уранової мінералізації, виділених геологічних ураноносних формаций, їхньої поширеності й глибини залягання останніх у Дніпровсько-Донецькому авлакогені, виділено чотири найбільш перспективні для відкриття в регіоні дослідження промислових типи родовищ урану.

Практичне значення проведеного дослідження полягає в підвищенні ефективності металогенічних прогнозів за рахунок розширення глибинних чинників і регіональних критеріїв уранового рудогенезу різних генетичних типів, характерних для регіону дослідження. Це дозволяє обґрунтовано визначати перспективи територій на можливість формування промислових рудоконцентрацій урану з виділенням площ найбільш вірогідної їхньої локалізації.

Ключові слова: уран, літосфера, ураноносна геологічна формація, геологічно-промисловий тип, родовище, Доно-Дніпровська потенційна урановорудна провінція.