

## ФОРМАЦИЯ УРАНОНОСНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ НАТРИЕВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА: КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ ОБРАЗОВАНИЯ

Б.Н. Иванов<sup>1</sup>, Л.М. Степанюк<sup>2</sup>, Н.А. Донской<sup>2</sup>, Л.В. Сёмка<sup>2</sup>, С.Н. Бондаренко<sup>2</sup>, А.Ю. Шевела<sup>2</sup>

*1 – ПСЭ № 46, КП «Кировгеология»  
55222, пгт Подгородная, Николаевская обл., Украина*

*2 – Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины  
03142, просп. акад. Палладина, 34, Киев, Украина*

Ураноносные щелочные натриевые метасоматиты, широко распространенные в Кировоградском и Криворожском рудных районах (центральная часть Украинского щита), принадлежат к единой рудной формации. По поводу природы растворов, формирующих щелочные натриевые метасоматиты, и урана, связанного с ними, предлагались самые разнообразные гипотезы: метаморфическая, ультраметаморфическая, магматическая, латераль-секрционная и ближней или дальней (глубинной) мобилизации. Уровень современных знаний позволяет отказаться от точек зрения, опирающихся в построениях на внутрикоровые процессы (первые четыре из перечисленных гипотез). Оставшиеся мантийная и «мобилизационная» гипотезы признают подкоровую природу рудоформирующих растворов. Первая из них исходит из наличия единого глубинного источника как флюидов, так и связанного с ними урана. Основой «мобилизационной» гипотезы служит идея о существовании восходящих потоков мантийных растворов, изначально не несущих урана и становящихся ураноносными за счёт экстракции последнего из вмещающих пород. *Ключевые слова:* уран, альбитит, щелочной натриевый метасоматоз, формация, Центральноукраинская урановорудная провинция, генезис.

**Вступление.** Проявления формации щелочных натриевых метасоматитов (ЩНМ) с сопровождающим их урановым оруденением сосредоточены в центральной части Украинского щита (УЩ) на территории размером 190 × 230 км.

Проявления формации ЩНМ в пределах указанной площади представлены двумя районами: Кировоградским и Большого Кривого Рога (Криворожским). Кировоградский район приурочен к Ингульскому мегаблоку палеопротерозойского возраста (рис. 1 и 2). В его пределах наиболее детально изучены возрастные взаимоотношения

щелочных натриевых метасоматитов с сопряжённым урановым оруденением и вмещающими геологическими комплексами. Нижний структурный этаж Ингульского мегаблока сложен породами ингуло-ингулецкой серии, претерпевшей региональный метаморфизм амфиболитовой фации, с последующей мигматизацией и ультраметаморфическим гранитообразованием, приведшим к формированию гранитоидов кировоградского и новоукраинского комплекса. На завершающих этапах эндогенного развития Ингульского мегаблока был сформирован Корсунь-Новомиргородский плутон габбро-анортозитов и гранитов рапакиви. Формирование щелочных метасоматитов и сопряжённого с ними уранового оруденения происходило после образования гранитоидов кировоградского и

© Иванов Б.Н., Степанюк Л.М., Донской Н.А., Сёмка Л.В., Бондаренко С.Н., Шевела А.Ю., 2018

новоукраинского комплексов, но не позже Корсунь-Новомиргородского плутона. Криворожский рудный район связан с Кременчугско-Криворожским глубинным разломом, по которому палеопротерозойский Ингульский мегаблок граничит со Среднеприднепровским мегаблоком архейского возраста. В зоне глубинного разлома развивалась узкая сложно построенная синклиновая структура, прослеженная по простиранию в субмеридиональном направлении на 230 км. Структура выполнена железно-сланцевыми породами криворожской серии (PR<sub>1</sub>), на которые накладывались процессы щелочного натриевого метасоматоза с сопряженным урановым оруденением.

Щелочные метасоматиты обоих районов принадлежат к единой рудной формации. Её впервые выдвинул Ю.П. Егоров под названием «нижнепротерозойской ураноносной натровой формации зон глубинных разломов» [26, с. 124]. В ходе дальнейших исследований совокупность щелочных пород и связанная с ними урановая минерализация центральной части УЩ всегда рассматривалась в качестве геологической формации [13, 46]. В этой связи можно добавить, что гидротермальные урановые месторождения других регионов СССР также классифицировались по формационным признакам и относились к аргиллизитовой, березитовой, гумбеитовой и эйситовой формациям [50].

Почти все исследователи, изучавшие урановорудные объекты формации ЩНМ, признавали их гидротермальную природу. Но по поводу источника рудоформирующих растворов, также как и источника связанного с ними урана, предлагались самые разнообразные гипотезы. Основными среди них – метаморфическая, ультраметаморфическая, магматическая, латераль-секретионная, мантийная и ближней или дальней (глубинной) мобилизации урана.

**Цель статьи** – характеристика ураноносных ЩНМ центральной части УЩ, обоснование их принадлежности к единой рудной формации; рассмотрение существующих гипотез образования названной формации.

**Материал и методика исследований.** Сравнительная характеристика геологических особенностей формации щелочных натриевых метасоматитов Кировоградского и Криворожского рудных районов. Сбор литературных данных о существующих гипотезах образования формации ЩНМ, их критический анализ и выбор оптимального варианта.

*Краткая геологическая характеристика формации щелочных натриевых метасоматитов.* История изучения щелочных натриевых метасоматитов в центральной части УЩ началась в начале XX века, а поиски промышленных месторождений урана – в конце 1944 г. [13]. К настоящему времени здесь выявлено значительное количество урановорудных объектов, относящихся к формации ЩНМ. В геологической литературе эту формацию рассматривали под разными наименованиями: железо-урановая [4, 14, 26], уран-альбититовая [5], натрий-урановая [13], ураноносных альбититов [37], ураноносных натровых метасоматитов [33], щелочных натриевых метасоматитов [28]. Последнее название принято в данной работе. Промышленные урановорудные объекты формации ЩНМ образуют в центральной части УЩ два рудных района: Кировоградский и Большого Кривого Рога (Криворожский). Ещё один район проявления описываемой формации приурочен к Тальновско-Мироновскому глубинному разлому, проходящему по границе Ингульского и Росинско-Тикичского мегаблоков (за пределами рис. 2 на запад). Это наименее изученная часть площади. Здесь выявлены единичные мелкоштабные проявления урановой минерализации и ряд незначительных по интенсивности радиометрических аномалий [28].

Кировоградский урановорудный район расположен в центральной части Ингульского мегаблока. Первое промышленное урановое месторождение (Мичуринское) на его площади было открыто в 1964 г. На сегодняшний день их количество достигает 19.

Все указанные месторождения объединяются в шесть рудных полей, связанных с Анновско-Звенигородской, Новоконстантиновской и Кировоградской зонами глубинных разломов, ориентированных в субмеридиональном направлении. К Анновско-Звенигородской зоне приурочено Ватутинское рудное поле. В пределах Новоконстантиновской зоны и ее ближайшего западного обрамления расположены Новоконстантиновское и Партизанское рудные поля. Кировоградская зона контролирует Лелековское, Мичуринское и Юрьевское (Компанеевское) рудные поля.

Центральная часть Ингульского мегаблока представлена Корсунь-Новомиргородским плутоном гранитов рапакиви и основных пород на севере, Новоукраинским гранитным массивом, сложенным породами одноименного комплекса, – на юге. Вместе они образуют «меридиональную

цепь» вдоль трансрегиональной зоны раздвига Херсон – Смоленск [37]. Новоконстантиновская зона, прослеженная внутри Новоукраинского массива, приурочена к стержневой части упомянутой «меридиональной цепи».

Площадь за пределами Новоукраинского массива и Корсунь-Новомиргородского плутона сложена метаморфитами ингуло-ингулецкой серии и гранитоидами кировоградского комплекса.

Последовательность геологических событий Кировоградского района отражает возрастной ряд пород, млн лет: 1) гнейсы ингуло-ингулецкой серии 2500–2300 [13], 2670–2500 [15]; 2) гранитоиды кировоградского и новоукраинского комплексов 2070–2025 [13, 15]; 3) щелочные натриевые метасоматиты и связанная с ними урановая минерализация  $1810 \pm 5$  и  $1835 \pm 25$  [13], 1840–1800 [15],  $1806 \pm 84$  [57],  $1752,4 \pm 0,6$  и  $1740,2 \pm 5,9$  млн лет [8]; 4) граниты-рапакиви и основные породы Корсунь-Новомиргородского плутона 1770–1720 [13], 1750–1720 [15], 1800–1740 [65]. Из всей совокупности данных наибольшее количество вопросов вызывает неоднородность возрастных датировок в группе ЩНМ. Вероятнее всего, это обусловлено наличием нескольких разорванных во времени стадий уранового рудогенеза.

Щелочные метасоматиты Кировоградского района развиваются в породах алюмосиликатного состава: гранитах, гранитных мигматитах и в различной степени гранитизированных гнейсах. Метасоматиты обычно образуют устойчивые ореолы протяженностью до нескольких километров. В их строении имеет место не всегда четко проявленная горизонтальная зональность. В общем виде метасоматический ореол включает внешнюю, промежуточную и внутреннюю зоны [21, 50]. Внешняя зона – зона диафтореза – представлена слабо измененными, хлоритизированными, гематитизированными породами в отдельных участках с неравномерно раскисленным плагиоклазом. Химизм пород в ряду неизменный → диафторированный гранит существенно не меняется [31].

Существует также мнение, что диафторированные породы никак не связаны со щелочным метасоматозом, а образовались на этапе дислокационного регрессивного зеленосланцевого метаморфизма, проявленного вдоль зон глубинных разломов [38, 59, 60, 63].

Обсуждение указанной проблемы не было целью данной публикации. Но в этой связи необходимо отметить две особенности диафторированных пород.

Во-первых, диафторические изменения в абсолютном большинстве случаев развиваются за счет пород, не затронутых тектоническими процессами. При этом диафториты образуют огромные ореолы, площадь которых в сотни и тысячи раз превышает размеры линейных зон как регрессивного метаморфизма, так и щелочных натриевых метасоматитов [31].

Во-вторых, в ряду неизменный → диафторированный гранит происходит незначительный рост содержания урана. Указанное повышение связано, вероятнее всего, с новообразованием его вторичных миграционно способных форм. Эту особенность описываемого процесса отмечали В.К. Титов и Ю.А. Фомин [59, 64]. В частности Ю.А. Фомин писал, что «будучи безрудными диафториты, тем не менее, часто содержат уран в повышенных количествах – первые десятки г/т – причем уран таких зон характеризуется увеличением доли подвижных форм» [64, с. 133].

Две следующие зоны метасоматической колонки – промежуточная и внутренняя – представлены соответственно сиенитоподобными метасоматитами («сиенитами») и альбититами.

«Сиениты» – двуполевошпатовые породы, содержащие до 90 % калиевого полевого шпата и альбита. Около 10–15 % объема «сиенитов» приходится на кварц, карбонат, биотит, хлорит, эпидот, реже рибекит и эгирин.

Стержневые части колонок сложены альбититами. Промышленное урановое оруденение приурочено только к альбититам. По минеральному составу описываемые породы относятся к однополевошпатовым образованиям. Объемная доля альбита колеблется в них от 85 до 95 %. Остальное занимают кварц, карбонат и темноцветные минералы. Среди последних преобладают рибекит и эгирин. Альбититы с иным набором темноцветных минералов (хлорит, эпидот, андрадит, диопсид, актинолит) имеют подчиненное значение.

Формирование рудных альбититов происходило в две стадии [13]. В раннюю стадию возникали альбититы с тонковкрапленным, прожилково-вкрапленным бедным и рядовым урановым оруденением. Вторая (рудная) стадия связана с углекислым (калий-углекислым) метасоматозом. В ходе этой стадии формировались магнетит-карбонат-флогопитовые метасоматиты, отличающиеся повышенным содержанием не только калия и углекислоты, но и урана. Карбонат-флогопитовые метасоматиты второй стадии чаще всего накладываются на рибекит-эгириновые альбититы с бедным

и рядовым урановым оруденением и, скорее всего, являются продуктами его преобразования [13].

Один из таких участков преобразований обнаружен на глубоких горизонтах Ватутинского месторождения. Здесь на глубине 540 м в крупном (мощность 50, протяженность 600 м) теле безрудных рибекит-эгириновых альбититов оконтурена залежь с содержанием урана 0,19–1,2 %. Форма рудной залежи линзовидная, мощность её колеблется от 10 до 35 м, протяженность достигает 80–85 м. Состав альбититов рибекит-эгириновый, с наложенной позднее карбонат-флогопитовой ассоциацией. В состав последней, кроме флогопита и карбоната, входят сфен, магнетит, уранинит. Агрегат перечисленных минералов имеет чётко наложенный характер, часто развивается вдоль зоннок микрократклаза, иногда нарастает в виде каймы на зерна эгирина или занимает по отношению к нему секущее положение.

В местах широкого развития карбонат-флогопитовой ассоциации появляются участки, обогащенные уранинитом. Содержание урана в их пределах достигает 3 %. Форма таких участков линзовидная, мощность колеблется от первых сантиметров до 8–10 см, протяженность не превышает первых десятков сантиметров. Переходы во вмещающие менее рудные альбититы постепенные. Уранинит внутри линзовидных участков распределяется в виде тонкой вкрапленности и маломощных (до 5 мм) прожилков. Возраст уранинита  $1752,4 \pm 0,6$  и  $1740,2 \pm 5,9$  млн лет [8].

Таким образом, минеральный состав описываемых метасоматитов, их наложенный характер по отношению к вмещающим альбититам однозначно указывает на принадлежность карбонат-флогопитовой ассоциации ко второй углекислого калиевой стадии щелочного процесса.

В связи со сказанным становится понятной неоднородность возрастных датировок урановой минерализации всего Кировоградского района. Выше отмечалось, что её возраст меняется от 1720 до 1840 млн лет. Не исключено, что «молодые значения», как и в случае с Ватутинским месторождением, относятся у урановому оруденению калий-углекислой стадии. Что касается более древних датировок (1800 млн лет), то они, скорее всего, связаны с первой стадией, в ходе которой формировалось рядовое вкрапленное и прожилково-вкрапленное урановое оруденение.

Элементы-спутники урановорудного процесса Кировоградского района – TR, P, V, Sc, Be, Zr. Некоторые из них (TR, P, Zr) связаны с акцес-

сорными минералами: ортитом, монацитом, апатитом, цирконом. V и Sc концентрируются чаще всего в эгирине. Минеральная форма Be не установлена.

Криворожский рудный район выявлен в 1945–1946 гг. Он связан с Криворожско-Кременчугским глубинным разломом, Ингулецко-Криворожской шовной зоной, отделяющей Ингульский мегаблок (PR) на западе от Среднеприднепровского мегаблока (AR–PR) на востоке. В зоне глубинного разлома развивается узкая сложно построенная синклиновая структура, прослеженная по простиранию в меридиональном направлении на 230 км. Структура выполнена железо-сланцевыми породами криворожской серии (PR<sub>1</sub>).

Криворожская серия разделяется на четыре свиты. Самая древняя подстилающая (новокриворожская) свита представлена амфиболитами и амфиболовыми сланцами. Нижняя (скелеватская) свита сложена амфибол-биотитовыми гнейсами, слюдяными кварцитами с линзовидными прослоями конгломератов мощностью 0,3–2,5 м. С ними связано одно непромышленное Николо-Козельское месторождение урана, четыре рудопроявления и большое количество разномасштабных проявлений урановой минерализации (см. рис. 1) [46]. Все они имеют осадочно-метаморфогенный генезис. По возрасту это наиболее древнее проявление урановой минерализации на УЩ. Средняя саксаганская свита состоит из нескольких горизонтов джеспилитов и железистых роговиков, ритмично переслаивающихся с пластами амфиболовых и магнетит-амфиболовых сланцев. Верхняя гданцевская свита сложена метапесчаниками, конгломератами, биотит-мусковитовыми сланцами, доломитами, биотитовыми и графитовыми гнейсами.

С процессом щелочного метасоматоза в Криворожском районе связано два месторождения урана (Первомайское, Желтореченское) и большое количество разномасштабных проявлений урановой минерализации. Щелочные метасоматиты развивались здесь чаще всего по высокожелезистым породам саксаганской свиты, за счет чего возникали мартит-карбонатные, магнетит-рибекитовые, рибекит-эгириновые метасоматиты и эгириниты. Реже щелочные метасоматиты проявлялись в кварц-слюдистых и кварц-биотитовых сланцах гданцевской свиты. В этом случае возникали альбититы, не отличающиеся от однотипных пород Кировоградского района.

Изотопный возраст уранового оруденения Криворожья и вмещающих его метасоматитов составляет 1720–1820 [2], 1745–1845 млн лет [13].

Урановые месторождения Криворожского района обладают двумя особенностями.

Во-первых, здесь широко развиты существенно карбонатные метасоматиты, в состав которых, кроме сидерита и доломита, входят альбит, флогопит, магнетит, уранинит. Возраст карбонатных метасоматитов более молодой, чем остальной массы щелочных пород Криворожья. Основные запасы урана последнего связаны с описываемыми карбонатсодержащими разностями [33].

Во-вторых, в ореолах щелочных метасоматитов широко развиты малакон-апатитовые руды. С ними иногда пространственно совмещены жильные, гнездо- и линзообразные тела амфибол-эгириновых метасоматитов с промышленным содержанием Zr, V, Sc, TR. В указанных метасоматитах весь скандий сконцентрирован в эгирине, во вмещающих малакон-апатитовых рудах носителем скандия служит апатит [58]. Ванадий во всех случаях связан с эгирином, в меньшей мере — со щелочным амфиболом [13]. Кроме перечисленных элементов, в урановых рудах Криворожья встречается Be, минеральная форма которого не установлена [61].

Урановорудные проявления Криворожья с самого начала их изучения относились к железо-урановой формации, а щелочные метасоматиты и сопровождающее их урановое оруденение рассмотрено ранее Кировоградского района — к натрий-урановой формации [4]. Причем криворожские и кировоградские объекты связывались с различными процессами: региональным метаморфизмом в первом случае и ультраметаморфизмом — во втором. В наиболее завершенном виде эта точка зрения нашла отражение в монографии, посвященной ураноносности Украины [13].

В эти же годы другая группа специалистов разрабатывала идею о единой формации щелочных метасоматитов и сопряженного с ней уранового оруденения [7, 33, 70, 71]. Наиболее последовательным защитником этой точки зрения был В.И. Казанский. Он считал, что «железо-урановые месторождения представляют один из типов внутри особой формации среднетемпературных ураноносных натровых метасоматитов» [33, с. 58]. Эту точку зрения признают на сегодняшний день многие специалисты, изучающие металлогению УЩ. В обобщающей коллективной монографии, посвященной полезным ископаемым Украины,

отмечено существование единой ураноносной формации, «представленной месторождениями урановых и комплексных руд, приуроченных к гранитоидам в центральной части провинции и железистым породам в ее восточном крыле» [46, с. 666].

На правомерность такого вывода указывают несколько геологических фактов: 1) процесс щелочного метасоматоза с сопряженным урановым оруденением обоих районов протекал в один промежуток времени (1750–1840 млн лет); 2) щелочной метасоматоз во всех случаях имел одинаковую направленность: при замещении алюмосиликатных пород Криворожья возникали альбититы, аналогичные одноименным породам Кировоградского района; 3) наиболее богатые пересечения по содержанию урана в обоих районах связаны с натрий-углекислой (карбонатной) стадией, более поздней, чем основная масса ЩНМ и альбититов; 4) элементы-спутники урановорудного процесса как Криворожья, так и Кировоградщины представлены одним набором геохимических элементов (фосфор, цирконий, редкие элементы, ванадий, скандий, бериллий).

*Обзор гипотез образования урановорудных объектов, относящихся к формации щелочных натриевых метасоматитов.* Почти все исследователи, изучавшие урановорудные объекты, относящиеся к формации ЩНМ, признавали их гидротермальную природу [7, 13, 26, 48, 59, 63 и др.]. Но по поводу источника рудоформирующих растворов и связанного с ними урана предлагались самые разнообразные гипотезы. Основными среди них — 1) метаморфическая; 2) ультраметаморфическая; 3) магматическая; 4) латераль-секреционная; 5) мантийная; 6) ближней или дальней (глубинной) мобилизации урана. Краткая характеристика перечисленных гипотез приведена в [27].

1. Гипотеза о связи ураноносных щелочных метасоматитов с процессом регионального метаморфизма относится к самой ранней. Эта точка зрения разрабатывалась применительно к урановым месторождениям Криворожского района [1, 4, 13, 14, 26, 62]. Наиболее полное освещение описываемой гипотезы принадлежит А.И. Тугаринову и Я.Н. Белевцеву.

А.И. Тугаринов считал, что формирование щелочных метасоматитов Криворожья «наступает на ранней стадии регрессивного метаморфизма в области предшествующего ему активно прошедшего прогрессивного метаморфизма» [62, с. 111]. Указанные процессы захватывали криворожскую серию, в т. ч. скелеватскую свиту, содержащую

прослой конгломератов с осадочно-метаморфогенной сингенетической урановой минерализацией. В результате процесса метаморфизма произошло ее перераспределение в более высокие стратиграфические горизонты саксаганской и гданцевской свит, где были сформированы железо-урановые объекты Криворожского района.

Метаморфический генезис железо-урановых месторождений Криворожья последовательно отстаивал Я.Н. Белевцев и многочисленные представители его школы [4, 13, 14, 26]. Они рассматривали региональный метаморфизм как «мощный фактор рудообразования, могущий при благоприятных условиях привести к созданию промышленных скоплений урана путем мобилизации рудного вещества метаморфическими растворами из пород, подвергшихся метаморфическому изменению» [14, с. 165].

По мере изучения Криворожского рудного района стало очевидным, что между региональным метаморфизмом и урановорудным процессом в щелочных метасоматитах существует возрастная перерыв, составляющий не менее 230–250 млн лет [2]. Позже наличие указанного перерыва отмечал также Д.Н. Щербак [13, с. 211].

Но главное обстоятельство, поставившее под сомнение описываемую гипотезу, — открытие Кировоградского рудного района. Стало очевидным, что щелочной метасоматоз и региональный метаморфизм — это разновозрастные процессы, никак не связанные между собой. Поэтому в Кировоградском районе региональный метаморфизм перестали рассматривать как рудогенерирующий механизм. Роль такого механизма начали приписывать другому региональному процессу — ультраметаморфическому гранитообразованию. Так появилась ультраметаморфическая гипотеза.

2. Наиболее последовательными сторонниками ультраметаморфической гипотезы были Я.Н. Белевцев и многочисленные представители его школы [5, 13, 14, 19, 36, 38, 53 и др.]. Я.Н. Белевцев полагал, что в области, охваченной ультраметаморфизмом, образовывались остаточные растворы. Они обогащались как за счет элементов, не вошедших в кристаллическую решетку минералов кристаллизующихся гранитов, так и путем мобилизации урана из ураноносных толщ, подвергшихся процессу гранитизации.

Близкой точки зрения придерживался А.Н. Комаров, считавший ураноформирующий процесс генетически связанным с развитием очагово-купольных гранитных структур [13, 38]. В их

ядрах формировались автохтонные и параавтохтонные гранитные массивы. Эволюционный путь развития таких массивов представляли так. В момент зарождения и нарастания объемов гранитного материала образовывались тектониты стадии пластических деформаций (прогрессивный этап). Следующий (регрессивный) этап связан с процессом кристаллизации гранитных массивов. В результате последней возникали тектониты стадии хрупких деформаций и происходило накопление остаточных растворов с рудной нагрузкой. В последующем такие растворы поступали «в зоны трещиноватости и катаклаза с формированием щелочных метасоматитов с урановой минерализацией» [13, с. 77]. В рамках рассматриваемой гипотезы была высказана еще одна точка зрения, согласно которой натрий выносился из субстрата в процессе региональной гранитизации (микроклинизации) [20]. В этой же статье утверждалось, что в гранитных массивах, окаймленных ураноносными разломами, калий-натриевое отношение закономерно увеличивалось от ранних фаз к поздним. Из чего сделано заключение о накоплении натрия и урана в остаточных расплавах. В ходе последующей эволюции указанных расплавов уран и натрий отделялись в постмагматические растворы. Эту точку зрения не подтвердили более поздние исследования.

Во-первых, А.В. Кузьмин в результате обработки большого массива петрохимических данных доказал, что при образовании гранитоидов Кировоградского района привнос калия и кремнезема не сопровождался выносом натрия [41].

Во-вторых, В.И. Казанский установил, что в промежутке между застыванием гранитов и натриевым метасоматозом по разломам, накладываемым на внутренние структуры гранитных массивов, происходили неоднократные движения в условиях амфиболитовой и зеленосланцевой фаций [33, с. 69–70]. Т. е. впервые в Кировоградском районе был отмечен временной перерыв между становлением гранитных массивов и проявлением ЩНМ. Такой перерыв протяженностью 200 млн лет отчетливо документируется между новоукраинскими гранитами и щелочными метасоматитами с сопровождающим их урановым оруденением [13, 15].

К указанному промежутку времени приурочено внедрение даек диабазов. Их взаимоотношение с новоукраинскими гранитами и ЩНМ детально изучено в пределах Апрельского месторождения [29, 30, 49].

Здесь встречаются крутопадающие и субгоризонтальные дайки «свежих» и метасоматически измененных, альбитизированных диабазов, залегающие в неизмененных гранитах, их диафторированных аналогах, а также внутри альбититовых тел.

Метасоматические преобразования диабазов обладают всеми признаками, характерными для пород формации ШНМ. Они же определяют относительный возраст диабазовых даек, внедрившихся в период между становлением Новоукраинского гранитного массива (2000 млн лет) и формированием щелочных натриевых метасоматитов (1800 млн лет).

Наличие дорудных даек основных пород характерно для многих урановорудных районов с метасоматитами и урановым оруденением иных формационных типов [51, 52].

3. В 1980-ые годы появилась магматическая гипотеза о связи формации ШНМ и уранового

оруденения с Корсунь-Новомиргородским плутоном гранитов рапакиви и основных пород. Впервые эту точку зрения высказал в 1982 г. А.В. Кузьмин, считавший, что урано-натриевые метасоматиты парагенетически связаны с синхронными гранитоидами плутона, при формировании которых максимально активизировался глубинный очаг (отчетные данные).

Значительно позже к этой же идее вернулись Е.Б. Глевасский и О.А. Крамар, обратившие внимание на частичное совпадение изотопного возраста уранового оруденения с датировкой самых ранних магматитов плутона [17]. Они утверждали, что возраст альбититов и уранового оруденения практически совпадают с датировками магматитов Корсунь-Новомиргородского плутона. По результатам последующих исследований было установлено, что времени образования плутона скорее соответствует возраст «молодого» (1740–

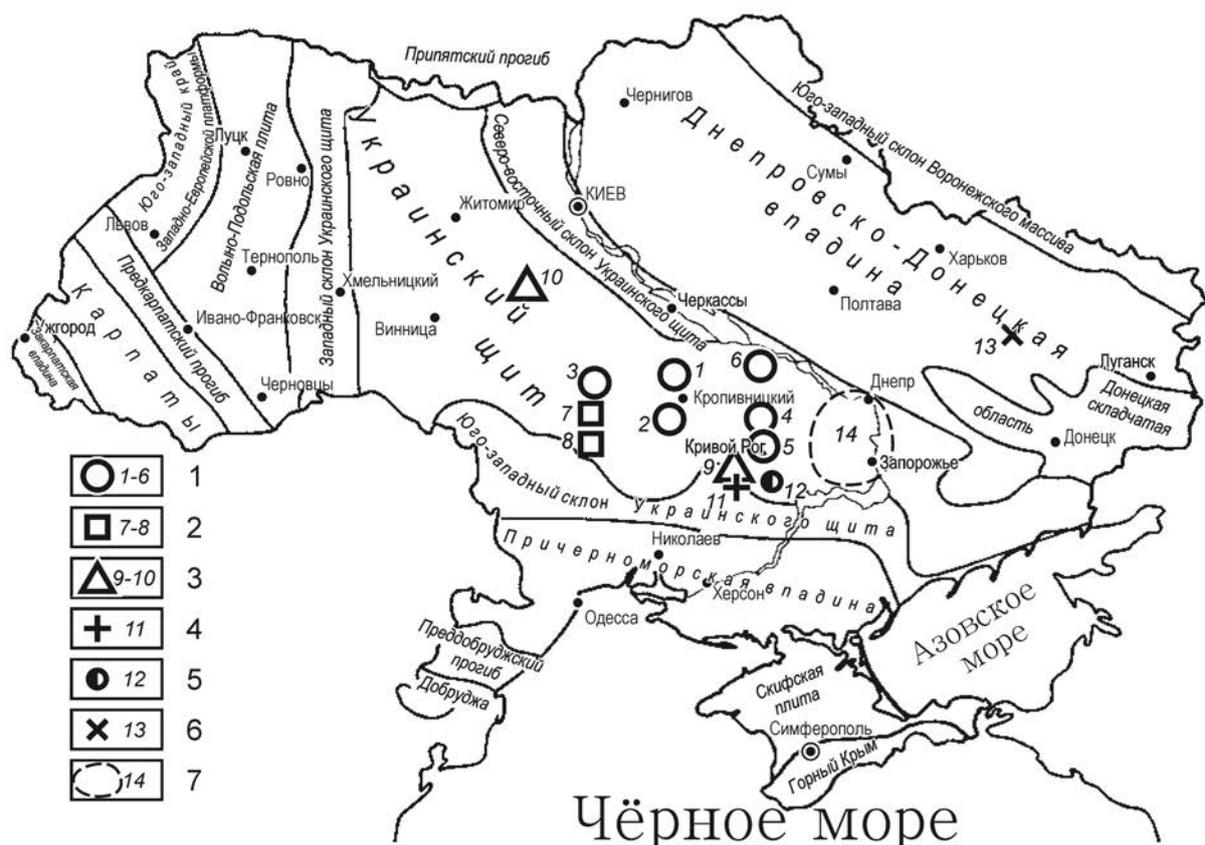


Рис. 1. Схема размещения рудопоявлений и месторождений урана на территории Украины [46]: 1–3 – эндогенный генетический тип (метасоматиты и гидротермалиты): 1 – натрий-урановая (месторождения: 1 – Севериновское, 2 – Мичуринское, 3 – Ватутинское) и железо-урановая формация (месторождения: 4 – Желтореченское, 5 – Первомайское, 6 – Кременчугское проявление); 2 – калий-урановая формация (проявления: 7 – Калиновское и Лозоватское, 8 – Южное); 3 – жильная урановая минерализация (проявления: 9 – Красный Шахтер, 10 – Северная Березка); 4 – полигенная урановая минерализация (11 – Михайловское проявление); 5 – докембрийские ураноносные конгломераты (12 – Никольско-Козельское проявление); 6 – уранобитумные месторождения солянокупольного типа (13 – Адамовское, Краснооскольское, Берекское); 7 – гидрогенные месторождения и проявления в палеодолинах (14 – Днепровский урановорудный р-н)

1750 млн лет) уранинита, относящегося к более поздней калий-углекислой стадии. На возможную парагенетическую связь последней с интрузивными породами Корсунь-Новомиргородского плутона указывал Л.М. Степанюк и др. [54]. В то же время значительная часть определений возраста уранинита из рудных альбититов Кировоградского района попадает в интервал 1800–1840 млн лет и более, что никак не соответствует возрасту Корсунь-Новомиргородского плутона. Поэтому считать формацию ЩНМ продуктом деятельности последнего не следует. Корсунь-Новомиргородский плутон сформировался после формации ЩНМ, но, вероятно, местами мог воздействовать на более древние щелочные метасоматиты и сопряженное с ними урановое оруденение.

Выше указано, что по геологическим данным внедрение плутона также произошло после обра-

зования формации ЩНМ. В Кировоградском районе эту точку зрения подтверждают два факта.

Во-первых, субмеридиональные структуры и сопровождающие их щелочные метасоматиты Новокопачевского месторождения обрываются в южной части Корсунь-Новомиргородского плутона не проникая вглубь последнего.

Во-вторых, процесс ороговивания, проявившийся в южном и юго-западном экзоконтактах Корсунь-Новомиргородского плутона, накладывается не только на вмещающие граниты и гнейсы, но и на щелочные натриевые метасоматиты [67–69]. Альбититы при этом подвергаются процессу перекристаллизации, приобретая призматически-зернистую гранобластовую, мостовую структуру. Такие перекристаллизованные альбититы по химическому составу не отличаются от обычных «метасоматических» разновидностей [28].

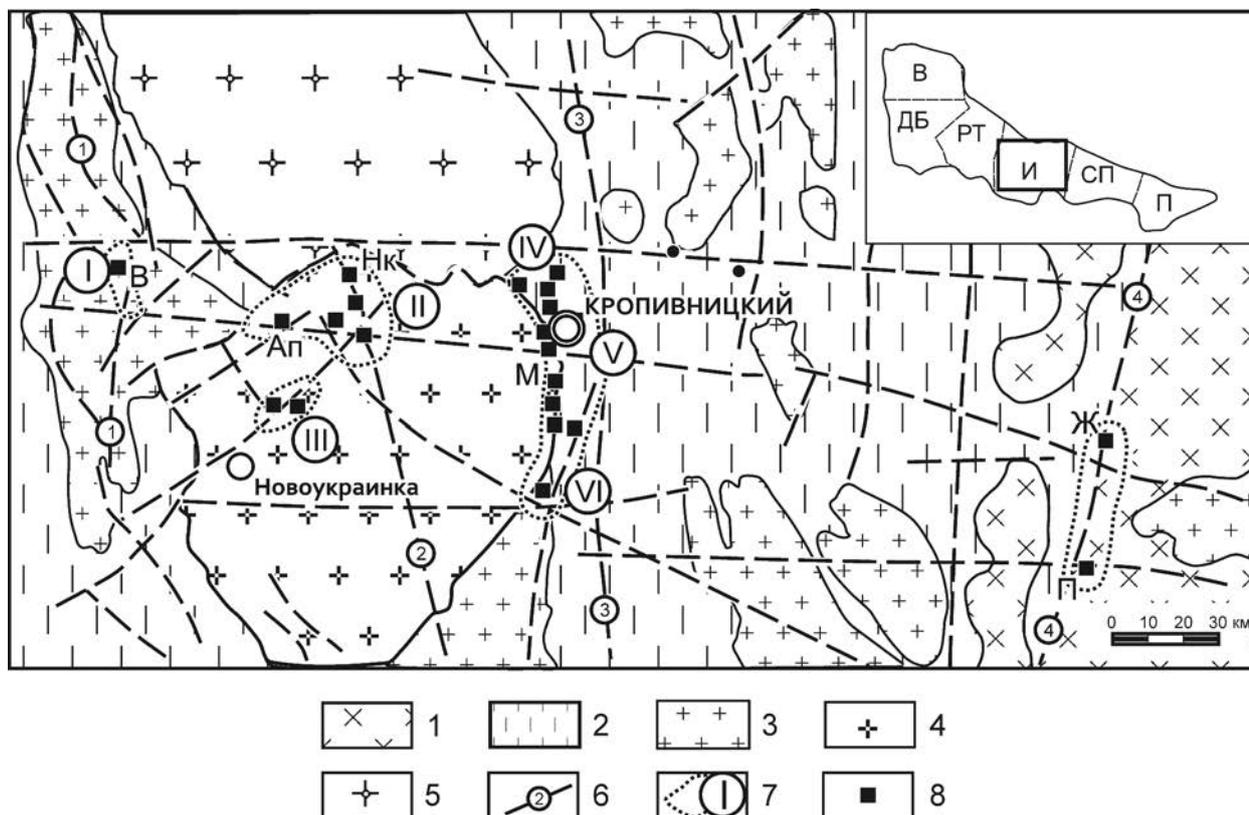


Рис. 2. Схема распространения формации щелочных натриевых метасоматитов и связанных с ними урановых месторождений центральной части Украинского щита: 1 – метаморфические и ультраметаморфические породы, AR–PR<sub>1</sub>; 2 – метаморфические породы ингуло-ингулецкой серии, AR(?)–PR; 3 – гранитоиды кировоградского комплекса, PR<sub>1</sub>; 4 – гранитоиды новоукраинского комплекса (Новоукраинский массив), PR<sub>1</sub>; 5 – гранитоиды и основные породы корсунь-новомиргородского комплекса (Корсунь-Новомиргородский плутон), PR<sub>1</sub><sup>2</sup>; 6 – глубинные разломы (1 – Тальновско-Мироновский; 2 – Первомайский; 3 – Анновско-Звенигородский; 4 – Новокопачевский; 5 – Кировоградский; 6 – Ингулецкий; 7 – Криворожско-Кременчугский); 7 – Кременчугско-Криворожский и Кировоградский рудные районы (рудные поля: I – Ватутинское, II – Новокопачевское, III – Партизанское, IV – Лелековское, V – Мичуринское, VI – Юрьевское); 8 – месторождения урана, в том числе упомянутые в тексте: Ап – Апрельское, В – Ватутинское, Ж – Желтореченское, М – Мичуринское, НК – Новокопачевское, П – Первомайское. На врезке в правом верхнем углу схемы изображен УЩ с описываемым районом, мегаблоки: В – Волынский, ДБ – Днестровско-Бугский, РТ – Росинско-Тикичский, И – Ингульский, СП – Среднеприднепровский, П – Приазовский

Наконец, магматическая гипотеза с самого начала своего существования имела «географическое» ограничение, поскольку с Корсунь-Новомиргородским плутоном пространственно сближены только урановородные поля Кировоградского района. Но в случае с Кривым Рогом и западной частью площади (Тальновско-Мирановский глубинный разлом) такая близость отсутствует. Расстояние от указанных объектов до Корсунь-Новомиргородского плутона достигает 100 и более километров (см. рис. 2).

4. Рудные объекты, согласно латераль-секреционной гипотезе, формируются за счет гидрогеологических потоков поверхностного (метеорного, вадозного) происхождения. Такие потоки в районах с высоким геотермическим градиентом подогревались и приобретали свойства, сходные с гидротермальными растворами. Последние, просачиваясь через вмещающие породы, извлекали из них полезную рудную нагрузку [16].

Указанную точку зрения разрабатывал В.Г. Кушев применительно к урановородным объектам Кривого Рога [42, 43]. По его мнению, источником рудообразующего вещества, в том числе урана и натрия, были вмещающие породы, через которые происходила фильтрация растворов, имеющих метеорную и лишь частично ювенильную природу.

Позже Ю.А. Борщевский также объяснял генезис Новоконстантиновского месторождения [9].

Вероятно, к этой же гипотезе следует отнести оригинальные идеи В.А. Кудрявцева, считавшего, что ураноносные альбититы Кировоградского района образовались в результате деятельности трещинных, поверхностных и грунтовых вод. Последние обогащены ураном и железом. «Химическое взаимодействие этих существенно различающихся по составу и свойствам вод в дренажных трещинах и околотрещинных пространствах должны были приводить к возникновению новых минеральных парагенезисов» [40].

В рамках латераль-секреционной гипотезы, видимо, следует рассмотреть идею Р.Я. Белевцева [3]. Последний отказался от традиционной точки зрения о формировании ЩНМ с сопутствующим урановым оруденением из восходящих гидротермальных растворов. В качестве альтернативы он предложил противоположный механизм, суть которого состоит в инфильтрационном просачивании сверху вниз богатых кислородом метеорных вод. Такими водами, по мнению Р.Я. Белевцева, были воды мирового океана. Они прони-

кали в разломные зоны и извлекали при движении вниз из вмещающих гранитов натрия, калий, кальций и уран.

Цитируемая точка зрения полностью игнорирует известные положения о связи урановых месторождений формации ЩНМ с особенностями глубинного строения Кировоградского района, его рудной специализацией и металлогенической эволюцией [37].

Кроме сказанного, имеется одно конкретное соображение, не позволяющее согласиться с доводами Р.Я. Белевцева. Имеется в виду поведение отдельных элементов, в первую очередь натрия. Его баланс следует рассмотреть на примере северо-западной части Новоукраинского массива, сложенного в основном гранат-биотитовыми гранитами, обладающими невысокими (до-кларковыми) содержаниями натрия. В то же время, строго подсчитанное количество альбититов только одного Новоконстантиновского месторождения составляет 0,5 км<sup>3</sup>, а всего рудного поля – 1,7 км<sup>3</sup> (отчётные данные). Объем переработанных пород в этом случае должен был многократно превышать объём собственно альбититов. Другими словами, если бы процесс выноса натрия существовал, то в относительно хорошо изученной северо-западной части Новоукраинского массива, он не мог остаться незамеченным.

Вообще проблема натрия неразрешима не только для рассмотренной концепции Р.Я. Белевцева, но и всей латераль-секреционной гипотезы. В этой связи уместно вспомнить одно давнишнее высказывание Б.Л. Рыбалова и Б.И. Омеляненко: «Формирование из метеорных вод растворов, привносящих огромные количества натрия, глинозёма и целиком превращающих породы первичного гранитного состава в альбититы, вряд ли возможны» [52, с. 20].

5. Гипотеза мантийного источника растворов и рудного вещества появилась в начале 1980-х годов и с тех пор ее поддерживают многие исследователи [10, 12, 34, 35, 37, 39, 52, 55, 56, 61, 69 и др.].

Наиболее обоснованный вывод о глубинном (мантийном) источнике альбитизирующих растворов и одновременном переносе ими урана, натрия и стронция сделан Л.М. Степанюком [55]. Основанием для этого заключения послужили результаты изучения рубидий-стронциевых изотопных отношений в ряду гранит-альбитит. В указанном ряду установлены высокие значения парных коэффициентов корреляции между: а) содержанием урана в породе и породообразующем аль-

бите; б) содержанием урана в альбитите и значениями отношения изотопов стронция в апатите и альбите.

Детально описываемая гипотеза разработана В.А. Крупенниковым. По его мнению, мантийные флюиды возникали в результате тех же процессов, которые вызывали образование щелочных магм. Форма связи уранового оруденения с глубинными процессами была названа «мантийно-парагенетической» [39]. В качестве доказательства мантийного источника щелочных растворов В.А. Крупенников приводит: а) огромную протяженность ореолов ураноносных натриевых метасоматитов; б) выдержанный характер геохимической специализации последних (U, Th, Zr, Bi, Ti, Be, Sc, TR), независимой от фации метаморфизма, возраста и состава вмещающих структурно-формационных комплексов докембрийских пород, а также типа, строения и мощности земной коры; в) постоянную приуроченность к зонам глубинного проникновения разломов подкорового заложения; г) существенно восстановительный характер альбитизирующих растворов, содержащих в заметных количествах водород и углеводороды; д) глубинный источник углерода и серы, подтвержденный данными изотопно-геохимических исследований; ж) отсутствие у альбитизирующих флюидов физико-химической специализации, свойственной постмагматическим растворам.

Основным аргументом против мантийной гипотезы с самого момента её зарождения было соображение об «отсутствии реальных данных, по которым можно было бы судить о привносе урана из подкоровых глубин при образовании таких месторождений, так как вещества нижней коры и верхней мантии, очевидно, очень бедны ураном» [14, с. 238].

Позже всесторонней критике мантийную гипотезу подвергли Б.Л. Рыбалов и Б.И. Омеляненко [52]. В целом, авторы цитируемой работы не отрицали подкорового (мантийного) происхождения рудоформирующих флюидов, но считали, что последние не были ураноносными с самого начала их зарождения. Ураноносными описываемые флюиды становились по пути миграции за счёт глубинной мобилизации урана из урансодержащих закристаллизовавшихся гранитоидных очагов земной коры.

Но это уже совсем другая гипотеза. Её характеристика приводится ниже.

б. Согласно гипотезе ближней или дальней (глубинной) мобилизации, формирование урано-

ворудных объектов формации ЩНМ происходило в течение нескольких этапов, разорванных во времени. С самым ранним из них связано образование пород, специализированных на уран.

Дальнейшую историю формирования урановорудных объектов формации ЩНМ все сторонники рассматриваемой концепции связывали с более поздним этапом извлечения урана из радиогеохимически специализированного (подготовленного) субстрата [18, 45, 47, 52, 59, 63, 66 и др.].

Взгляды учёных по этому поводу разделились. Одни считали, что такими специализированными породами были гранитоиды нижней части земной коры (дальняя или глубинная мобилизация). Сторонниками этой идеи являлись Б.Л. Рыбалов и Б.И. Омеляненко [52]. Они доказывали, что мобилизация урана осуществлялась высокотемпературными активными флюидами из глубинных закристаллизовавшихся гранитных очагов. В состав флюидов входили  $\text{CO}_2$ , K, Na, P, Zr, V, TR и др. Радиоактивные элементы в таких флюидах отсутствовали или находились в ничтожно малых количествах. Ураноносными описываемые флюиды становились только за счёт глубинной мобилизации урана из урансодержащих гранитоидных пород земной коры.

Другие учёные считали источником урана породы, непосредственно слагающие площади урановорудных объектов (ближняя мобилизация). Это могли быть как обычные гранитоиды, так и их диафторированные аналоги, а также породы, претерпевшие зеленокаменные изменения в зонах дислокационного метаморфизма [59, 60, 63, 66 и др.]. Неизменённые породы и их диафторированные аналоги в качестве источника урана рассматривали Я.Н. Белевцев и его последователи, установившие совпадение изотопного состава Pb, S, S в системе вмещающая порода — зона натриевого метасоматоза — рудный альбитит [6, 11, 22–25]. На этом основании делался вывод о выносе урана, свинца и стронция из вмещающих пород, а рудообразующему флюиду приписывалась смешанная глубинно-поверхностная или коровая природа [44]. В более поздней работе по этому поводу В.Б. Коваль писал: «Можно сделать вывод о формировании урановых месторождений при извлечении урана из вмещающих пород хлоридными и карбонатными растворами переменного состава. Изменение химического состава растворов обусловлено не только составом вмещающих пород, но и поступлением летучих  $\text{CO}_2$ , F, Cl из глубинных источников» [13, с. 207].

В.К. Титов и Т.В. Билибина в качестве источника урана рассматривали зеленокаменно изменённые породы зон дислокационного метаморфизма. По мнению В.К. Титова, миграционно-способные формы урана, возникающие в таких породах, легко могли вовлекаться в рудный процесс более поздними гидротермальными растворами [59, 60]. Т.В. Билибина так же полагала, что уран извлекали из радиогеохимически подготовленных (изменённых) пород гидротермальные растворы. Но в этом случае подчеркивалось, что экстракция урана происходила ниже уровня самих месторождений [63].

Принимая идею ближней мобилизации урана, исследователи неизбежно сталкиваются с вопросом о появлении в непосредственной близости или на глубине под урановорудными объектами, принадлежащими к формации ЩНМ, зон выноса (дефицита) урана. С этой точки зрения ЩНМ не изучали. В геологической литературе, посвященной ураноносности Кировоградского района, имеется одно упоминание о «размазанном» ореоле дефицита урана вокруг Мичуринского месторождения [47].

Документально подтверждённые ореолы выноса (дефицита) урана установлены на глубоких горизонтах Новокоптяковского месторождения [32]. Здесь зоны щелочных натриевых метасоматитов с сопряжённым урановым оруденением прослежены по падению почти на 2000 м от поверхности кристаллического основания (+120 ... +130 м) до места их выклинивания на высотной отметке 1750 м. Ниже указанной отметки колонна щелочных метасоматитов резко обрывается и на её продолжении по падению фиксируются обычные гранат-биотитовые граниты, закономерно перемежающиеся с плагиогранитами и чарнокитами.

Все «глубинные» гранитоиды, кроме неравномерно проявленного диафтореза, не подвергаются метасоматическим процессам. Их отличительная особенность – поведение радиоактивных элементов.

Во-первых, колебания содержания тория отличаются здесь самой высокой (для всего Новоукраинского массива) дисперсией распределения, и общая доля проб с нарушенным балансом названного элемента составляет не менее 40 %. Можно предположить, что это обусловлено локальным перераспределением тория за счёт разрушения и перекристаллизации акцессорных минералов.

Во-вторых, с этими же породами связано несколько ореолов выноса (дефицита) урана. Неполная ширина наиболее масштабного из них достигает 700–750 м. Среднее содержание урана в гранитоидах внутри указанного ореола составляет 0,9 г/т, то есть уменьшается более чем в два раза по сравнению с аналогичными породами других частей Новокоптяковского месторождения. Вероятнее всего, что отмеченное обеднение ураном обусловлено его выносом. Происходит это, прежде всего, за счёт его легкоподвижных, миграционно-способных форм. Количество последних по сравнению с гранитоидами безрудных участков Новокоптяковского рудного поля сокращается здесь в 3,5–4,0 раза [32].

Остаётся неясным, весь ли уран поступал в систему из аналогичных близко расположенных зон дефицита или какая-то его часть привносилась из более глубоких уровней земной коры?

**Выводы.** Ураноносные натровые щелочные метасоматиты с сопряжённым урановым оруденением, широко развитые в пределах Кировоградского и Криворожского рудных районов (центральная часть УЩ), принадлежат к единой рудной формации.

Почти все исследователи, изучавшие урановорудные объекты формации ЩНМ, признавали их гидротермальную природу. Но по поводу источника растворов, а также связанного с ними урана, предлагались самые разнообразные гипотезы: метаморфическая, ультраметаморфическая, магматическая, латераль-секреционная, мантийная и ближней или дальней (глубинной) мобилизации.

Первые четыре из перечисленных точек зрения опираются в своих построениях на внутрикоровые процессы метаморфизма, ультраметаморфизма, корсунь-новомиргородского магматизма и деятельность поверхностных (метеорных и океанических) вод.

Возрастной перерыв между региональным метаморфизмом, ультраметаморфизмом и щелочным метасоматозом с сопряжённым урановым оруденением является непреодолимым препятствием для метаморфической и ультраметаморфической гипотез.

Магматическая гипотеза также не может считаться состоятельной, так как формирование Корсунь-Новомиргородского плутона по геологическим данным произошло после образования формации ЩНМ. Кроме этого, с Корсунь-Новомиргородским плутоном пространственно

сближены только урановорудные поля Кировоградского района. Этого не скажешь о Криворожье и западной области развития формации ЩНМ. Расстояние от указанных объектов до Корсунь-Новомиргородского плутона превышает 100 км.

Латераль-секреционная концепция не в силах обосновать огромный объем щелочных метасоматитов, в первую очередь альбититов. Образование последних должно было происходить за счёт выноса натрия из вмещающих пород. В пределах детально изученных Новоконстантиновского и Партизанского рудных полей зоны выноса натрия не установлены.

Таким образом, уровень современных знаний позволяет отказаться от всех гипотез, опирающихся в своих построениях на внутрикоровые процессы. Оставшиеся две гипотезы исходят из мантийной, мантийно-коровой природы рудоформирующих флюидов и связанного с ними урана. В рамках мантийной гипотезы развивалась идея о едином глубинном источнике как флюи-

дов, формирующих щелочные метасоматиты, так и сопряженного с ними урана.

Гипотезой ближней или дальней (глубинной) мобилизации урана признавалась подкоровая (мантийная) природа рудоформирующих флюидов, но считалось, что радиоактивные элементы в таких флюидах отсутствовали или находились в ничтожно малых количествах. Ураноносными описываемые флюиды становились только за счёт экстракции урана из вмещающих пород. Это могли быть как закристаллизовавшиеся гранитоиды нижних и средних уровней земной коры (дальняя мобилизация), так и близко расположенные граниты подрудных и боковых флангов урановорудных месторождений (ближняя мобилизация).

Обе «глубинные» гипотезы имеют право на существование. Наличие зон выноса (дефицита) урана в гранитах глубоких горизонтов Новоконстантиновского месторождения позволяет признать «мобилизационную» гипотезу наиболее предпочтительной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И.В. Геохимия щелочного метасоматоза. М.: Изд.-во АН СССР, 1963. С. 74–151.
2. Андерсон Е.Б., Тарханов А.В., Никитин С.А. Возрастное соотношение уранового рудообразования и регионального метаморфизма на Желтореченском месторождении. *Сов. геология*. 1987. №12. С. 64–69.
3. Белевцев Р.Я., Белевцев А.Р., Спивак С.Д. и др. Генезис и прогнозирование золотого и уранового оруденения в докембрии Украинского щита. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2011. №1 (11). С. 66–78.
4. Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Домарев В.С. и др. Основы теории метаморфогенного рудообразования. *Геол. журн.* 1984. №3. С. 1–42.
5. Белевцев Я.Н., Стрыгин А.И., Коваль В.Б. Генетическая модель месторождений уран-альбититовой формации. *Геол. журн.* 1985. № 6. С. 45–51.
6. Белевцев Я.Н., Гнатенко О.В. Источники вещества метасоматических и рудогенных растворов Желтореченского месторождения урана ( по данным изотопного состава S, C и O). *Материалы по геологии урановых месторождений*. 1986. № 99. С. 120–137.
7. Библина Т.В., Ермолаев Б.А., Терентьев В.М. и др. Принципы и методика составления прогнозных карт ураноносности различных структур земной коры. Л., 1975. 195 с.
8. Бондаренко С.М., Степанюк Л.М., Иванов Б.Н. та ін. Типоморфізм та вік уранініту з глибких горизонтів Ватутинського родовища. *XI Міжнар. наук.-практична конф. «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців»*. Кривий Ріг, 26–28 березня 2015 р. С. 122–127.
9. Борщевский Ю.А., Швалов В.М., Усинов В.И. и др. Изотопные соотношения региональных щелочных метасоматитов докембрия. *Сов. геология*. 1976. № 5. С. 95–102.
10. Величкин В.И., Власов Б.П. Особенности формирования гидротермальных месторождений палеозойских складчатых областей и проблемы их связи с магматизмом. *Основные проблемы уранового оруденения*. М., 1981. С. 64–71.
11. Ветштейн В.Е., Шербак Д.Н. Особенности распределения изотопов водорода газовой-жидких включений в натриевых метасоматитах. *Докл. АН УССР, сер. Б*. 1981. С. 3–6.
12. Вольфсон Ф.И., Королёв К.Г. Условия формирования урановых месторождений. М.: Недра, 1990. 288 с.
13. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Ред. Я.Н. Белевцев. Киев: Наук. думка, 1995. 395 с.
14. Геология и генезис месторождений урана в осадочных и метаморфических толщах / Ред. Я.Н. Белевцев, В.И. Данчев. М.: Недра, 1980. 270 с.
15. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой / Ред. Н.П. Шербак. Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.
16. Германов А.И. О возможном участии подземных вод в гидротермальном рудообразовании. *Изв. АН. СССР, серия геол.* 1953. № 6. С. 26–39.
17. Глевасский Е.Б., Крамар О.А. Геодинамическая обстановка и металлогения урана центральной части Украинского щита. *Зб. наук. пр. ІГНС НАН та МНС України*. 2002. Вип. 5/6. С. 227–244.
18. Готман Я.Д. Главнейшие месторождения урана щитов докембрийских платформ. М., 1984. 211 с.

19. Гречишников Н.П. Основные региональные факторы формирования докембрийских редкометалльных метасоматитов центрального района Украинского щита. *Геол. журн.* 1990. № 2. С. 98–109.
20. Егоров Ю.П., Сухинин А.Н. Некоторые закономерности формирования и размещения метасоматических месторождений урана в докембрии. *Геол. журн.* 1969. № 2. С. 49–57.
21. Жариков В.А., Русинов В.Л., Маракушев А.А. и др. Метасоматизм и метасоматические породы. М.: Науч. мир, 1998. 489 с.
22. Жуков Ф.И., Гнатенко О.В., Лапуста В.Ф. Источники вещества рудогенных растворов на месторождении урана альбититового типа по данным изотопного состава S, C, O, Pb. *Материалы по геологии урановых месторождений.* 1981. № 68. С. 118–123.
23. Жуков Ф.И., Гнатенко О.В., Савченко Л.Г. Факторы формирования урановых концентраций в щелочных метасоматитах докембрия (по термобарогеохимическим и изотопным данным). *Докл. АН УССР, сер. Б.* 1981. № 2. С. 20–23.
24. Жуков Ф.И., Гнатенко О.В. Вариации изотопного состава серы сульфидов месторождений урана в альбититах. *Докл. АН УССР, сер. Б.* 1981. № 4. С. 9–14.
25. Жуков Ф.И., Фомин Ю.А. Изотопно-геохимическая зональность урановых месторождений в докембрийских натриево-карбонатных метасоматитах Украинского щита. *Геол. журн.* 1992. С. 44–53.
26. Закономерности образования и размещения урановых месторождений Украины / Ред. Я.Н. Белевцев. Киев, 1968. 764 с.
27. Иванов Б.Н. Анализ гипотез образования урановорудных объектов формации щелочных натриевых метасоматитов центральной части Украинского щита. *Минерал. журн.* 2014. № 1. С. 74–81.
28. Иванов Б.Н., Макивчук О.Ф., Михальченко И.И. и др. Формация щелочных натриевых метасоматитов центральной части Украинского щита (минералого-петрографические типы и структурно-тектоническая позиция). *Зб. наук. пр. УкрДГПІ.* 2011. № 2. С. 43–55.
29. Иванов Б.Н., Михальченко И.И., Морозенко В.Р. и др. О взаимоотношении даек диабазов с натриевыми метасоматитами на примере Апрельского месторождения (западная часть Новоконстантиновского урановорудного узла). *Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд (до 70-річчя В.С. Монахова):* Тез. доп. наук. конф. Київ, 2012. С. 35–36.
30. Иванов Б.Н., Михальченко И.И., Синицин В.О. та ін. Речовинне перетворення дайок діабазу в ореолі апогранітних лужних натрієвих метасоматитів. *Допов. НАН України.* 2013. №9. С. 122–128.
31. Иванов Б.Н., Михальченко И.И. Минералого-геохимическая характеристика и особенности пространственного распространения диафорированных пород центральной части Украинского щита. *Мінеральні ресурси України.* 2015. № 2. С. 39–44.
32. Иванов Б.Н., Степанюк Л.М., Донской Н.А. и др. Зоны дефицита (выноса) урана и их возможная связь с процессом уранового рудогенеза на примере Новоконстантиновского месторождения формации щелочных натриевых метасоматитов (Кировоградский урановорудный район). *Геохімія та рудоутворення.* 2016. Вип. 37. С. 74–85.
33. Казанский В.И., Лаверов Н.П., Тугаринов А.И. Эволюция уранового рудообразования. М.: Атомиздат, 1978. 208 с.
34. Калашник А.А. Геолого-структурные особенности проявления эндогенного уранового оруденения в западном Приазовье и Орехово-Павлоградской минерагенической зоне Украинского щита. *Зб. наук. пр. УкрДГПІ.* 2011. № 2. С. 56–72.
35. Калашник А.А., Москаленко Г.М. Геолого-структурные особенности пространственного размещения кимберлитопоявлений и урановорудных объектов в Кировоградском рудном районе Украинского щита. *Минер. ресурси України.* 2010. № 2. С. 8–17.
36. Каляев Г.И. Геодинамические обстановки формирования и размещения урановых месторождений Украинского щита. *Аспекты минерагении Украины.* Киев, 1998. С. 157–172.
37. Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых / Ред. В.И. Старостенко, О.Б. Гинтов. К.: Прастыи луды, 2013. 500 с.
38. Комаров А.Н., Черкашин Л.М. Редкометалльные тектоно-метасоматические зоны Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1991. 180 с.
39. Крупенников В.А., Толкунов А.Е., Хорошилов Л.В. и др. Геологические структуры эндогенных урановых рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1986. 232 с.
40. Кудрявцев В.Е., Алексеев А.Л., Мельников Е.К. Гипергенные процессы в формировании ураноносных альбититов. *Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов.* 1990. №126. С. 92–101.
41. Кузьмин А.В., Анисимов В.А., Махницкая Т.П. и др. Урановое рудообразование в истории формирования Украинского щита. *Геол. журн.* 2005. № 1. С. 68–79.
42. Кушев В.Г. Щелочные метасоматиты докембрия. Л.: Недра, 1972. 189 с.
43. Кушев В.Г. Об источниках растворов и причинах металлогенической специализации рудоносных щелочных метасоматитов. *Метаморфогенное рудообразование.* Киев: Наук. думка, 1972. Ч. 1. С. 125–135.
44. Лапуста В.Ф. Закономерности формирования месторождений уран-альбититового типа центральной части Украинского щита (по изотопно-геохимическим данным): автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук. Киев, 1988. 30 с.
45. Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щёточкин В.Н. Эволюционная модель эндогенного уранового рудообразования и перспективы выявления новых рудных районов. *Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений (к 100-летию академика Н.А. Шило):* Тез. докл. 2013. С. 48.

46. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / Ред. Н.П. Щербак, А.Б. Бобров. Киев-Львов: Центр Европы, 2005. 783 с.
47. Мигута А.К. Ведущие типы ураноносных месторождений докембрийских щитов и перспективы выявления высокорентабельных рудных объектов. *Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов*. 1991. № 132. С. 32–38.
48. Мигута А.К., Модников И.С. Историко-геологическая модель эндогенного уранового рудообразования. *Отеч. геология*. 1995. № 1. С. 28–35.
49. Михальченко І.І., Синицин В.О. Актинолітова фація апобазитових лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів. *Геохімія та рудоутворення*. 2012. № 31–32. С. 77–87.
50. Омеляненко Б.И. Околорудные гидротермальные изменения пород. М.: Недра, 1978. 214 с.
51. Пакульнис Г.В. О роли эндогенных и экзогенных факторов в формировании масштабных гидротермальных месторождений урана. *Отеч. геология*. 2001. № 4. С. 15–21.
52. Рыбалов Б.Л., Омеляненко Б.И. Источники рудного вещества эндогенных урановых месторождений. М.: Наука, 1989. 280 с.
53. Соломатин Ю.П. К вопросу о генетической связи месторождений уран-альбититовой формации с некоторыми типами калиевых гранитов и обоснование геохимических и геофизических критериев для их выявления. *Материалы по геологии урановых месторождений*. 1981. № 68. С. 80–96.
54. Степанюк Л.М., Бондаренко С.М., Иванов Б.Н. та ін. Геохронологія Ватутинського уранового родовища (Інгульський мегаблок Українського щита). *Геохімія та рудоутворення*. 2014. Вип. 34. С. 18–25.
55. Степанюк Л.М., Бондаренко С.М., Сьомка В.О. та ін. Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів (на прикладі Докучапського родовища Інгульського мегаблоку Українського щита). *Геохімія та рудоутворення*. 2012. № 31–32. С. 99–104.
56. Тарханов А.В. Условия формирования крупных месторождений урана в докембрии и принципы их прогнозирования на территории СССР: автореф. дис. ...д-ра геол.-минерал. наук. М., 1985. 57 с.
57. Тарханов А.В., Бугриева Е.П. Крупнейшие урановые месторождения мира. М.: ВИМС, 2012. 118 с.
58. Тарханов А.В., Кудлаев Л.Р., Петрин А.В. Желтореченское ванадий-скандиевое месторождение. *Геология рудн. месторождений*. 1991. № 6. С. 50–56.
59. Титов В.К. Дислокационный метаморфизм и рудообразование. *Материалы по геологии урановых месторождений*. 1983. № 84. С. 17–28.
60. Титов В.К. Геохимические аспекты металлогении урана щитов древних платформ СССР: автореф. дис. ...д-ра геол.-мин. наук. Л., 1986. 61 с.
61. Тишкин А.И., Тарханов А.В., Стрельцов В.А. Урановые месторождения древних щитов. М.: Недра, 1990. 144 с.
62. Тугаринов А.И. Уран в метасоматических процессах. *Основные черты геохимии урана*. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 110–138.
63. Урановорудные формации Украинского и Алданского щитов и вопросы прогнозирования уранового оруденения / Т.В. Билибина, Б.А. Ермолаев, А.К. Прусс и др. Л., 1977. 250 с.
64. Фомин Ю.А., Демихов Ю.Н., Лазаренко Е.Е. Особенности рудообразующего флюида Новоконстантиновского месторождения урана. *Допов. НАН України*. 2009. № 4. С. 130–136.
65. Шестопалова О.Є. Геохронологія Корсунь-Новомиргородського плутону: автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.02. Київ, 2017. 21 с.
66. Шмариович Е.М., Модников И.С. К проблеме источника урана при рудообразовании. *Геология рудн. месторождений*. 1988. № 5. С. 5–16.
67. Шмураева Л.Я. Новые данные о генетических взаимоотношениях натриевых метасоматитов в гранитах рапакиви и во вмещающих породах. *Материалы по геологии урановых месторождений*. 1981. № 68. С. 131–134.
68. Шмураева Л.Я. Формационная принадлежность альбититов из экзоконтакта Корсунь-Новомиргородского плутона рапакиви. *Материалы по геологии урановых месторождений*. 1983. № 84. С. 63–70.
69. Шмураева Л.Я. Формационная самостоятельность двух типов натриевых метасоматитов. *Сов. геология*. 1985. № 7. С. 94–101.
70. Шувалов Ю.М. (научный редактор) Бузовкин С.В., Булычёв А.В. и др. Промышленные типы урановых месторождений и методика их поисков. Л.: Недра, 1984. 263 с.
71. Шувалов Ю.М., Колесов М.В., Нехорошев Г.В. Среднемасштабное прогнозирование и составление прогнозных на уран карт. Л., 1988. 188 с.

#### References

1. Aleksandrov, I.V. (1963). Geochemistry of alkaline metasomatism. Publishing house of AN SSSR, p. 74–151 [in Russian].
2. Anderson, E.B., Tarkhanov, A.V. and Nikitin, S.A. (1987). Age ratio uranium ore genesis and regional metamorphism at the Zheltorechenskoe deposit. *Soviet geology*, No. 12, p. 64–69 [in Russian].
3. Belevtsev, R.Ya., Belevtsev, A.R., Spivak, S.D. et al. (2011). Genesis and prediction of gold and uranium mineralization in Precambrian of the Ukrainian Shield. *Exploration and environmental geochemistry*. No. 1(11), p. 66–78 [in Russian].
4. Belevtsev, Ya.N., Koval, V.B., Domarev, V.S. et al. (1984). Basics of the theory on metamorphogenic ore genesis. *Geol. Journ.* No. 3, p. 1–42. [in Russian].
5. Belevtsev, Ya.N., Strygin, A.I. and Koval, V.B. Genetic model of deposits of the uranium albitite rock association. *Geol. Journ.*, No. 6, p. 45–51 [in Russian].

6. Belevtsev, Ya.N. and Gnatenko, O.V. (1986). Sources of the matter of metasomatic and ore solutions in the Zheltorechenskoe uranium deposit (based on isotopic composition of S, C and O). *Proceedings on geology of uranium deposits*. No. 99, p. 120-137 [in Russian].
7. Bilibina, T.V., Ermolaev, B.A., Terent'ev, V.M. et al. (1975) The principles and technique of making maps on uranium mineralization of different structures of Earth's crust. Leningrad [in Russian].
8. Bondarenko, S.M., Stepanyuk, L.M., Ivanov B.N. et al. (2015). Typomorphism and age of uraninite from deep horizons of the Vatutinka deposit. *Modern geologic science and practice in the researchers of students and young researchers, Proceedings of XI International conference, Kryvyi Rih, March 26–28, 2015*, p. 122-127 [in Ukrainian].
9. Borshchevskii, Yu.A., Shvalov, V.M., Usinov, V.I. et al. (1976). Isotopic ratios of Precambrian regional alkaline metasomatites. *Soviet geology*. No. 5, p. 95-102 [in Russian].
10. Velichkin, V.I. and Vlasov, B.P. (1981). Features of formation of hydrothermal deposits of Paleozoic folded areas and their relation with magmatism problems. *Main issues of uranium ore genesis*. Moscow, p. 64-71 [in Russian].
11. Vetshtein, V.E. and Shcherbak, D.N. (1981). Hydrogen isotopes distribution features in gaseous and liquid inclusions in sodium metasomatites. *Proceedings of the USSR Academy of Sciences, B Series*. p. 3-6 [in Russian].
12. Volfson, F.I. and Korolev, K.G. (1990). Formation conditions of uranium deposits. Nedra. Moscow. 288 p. [in Russian].
13. Belevtsev, Ya.N. (Ed.) (1995). Genetic types and regularities of distribution of uranium deposits in Ukraine. Naukova dumka. Kiev [in Russian].
14. Belevtsev, Ya.N., Danchev, V.I. (Eds.) (1980). Geology and genesis of uranium deposits in sedimentary and metamorphic sequences. Nedra. Moscow [in Russian].
15. Shcherbak, N.P. (Ed.) (2008). Geochronology of early Precambrian of the Ukrainian Shield. The Proterozoic. Naukova dumka. Kiev [in Russian].
16. Germanov, A.I. (1953). On probable involvement of underground waters in hydrothermal ore genesis. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences, Geology Series*. No. 6, p. 26-39.
17. Glevasskii, E.B. and Kramar, O.A. (2002). Geodynamic setting and uranium metallogeny of the central part of the Ukrainian Shield. *Zb. nauk. pr. IGNS NAN ta MNS Ukraini*, Issue 5/6, p. 227-244 [in Russian].
18. Gotman, Ya.D. (1984). Major uranium deposits of the shields of Precambrian platforms. Moscow [in Russian].
19. Grechishnikov, N.P. (1990). Main regional factors of formation of Precambrian rare metal metasomatites of the central part of the Ukrainian Shield. *Geol. Journ.* No. 2, p. 98-109 [in Russian].
20. Egorov, Yu.P. and Sukhinin, A.N. (1969). Some regularities of formation and distribution of uranium metasomatic deposits in Precambrian. *Geol. Journ.* No. 2, p. 49-57 [in Russian].
21. Zharikov, V.A., Rusinov, V.L., Marakushev, A.A. et al. (1998). Metasomatism and metasomatic rocks. Nauchnyi mir. Moscow [in Russian].
22. Zhukov, F.I., Gnatenko, O.V. and Lapusta, V.F. (1981). Sources of the matter of ore solutions in uranium deposits of albitite type using S, C, O, Pb isotopic data. *Proceedings on geology of uranium deposits*. No. 68, p. 118-123 [in Russian].
23. Zhukov, F.I., Gnatenko, O.V. and Savchenko, L.G. (1981). Factors of formation of uranium grades in Precambrian alkaline metasomatites (on thermobarogeochemistry and isotopic data). *Bulletin of the USSR Academy of Sciences, ser. B*. No. 2, p. 20-23 [in Russian].
24. Zhukov, F.I. and Gnatenko, O.V. (1981). Variation of isotopic sulfur composition in sulfides of albitite uranium deposits. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences, ser. B*. No. 4, p. 9-14 [in Russian].
25. Zhukov, F.I. and Fomin, Yu.A. (1992). Isotopic and geochemical zoning of uranium deposits in the Precambrian sodium-carbonate metasomatites of the Ukrainian Shield. *Geol. Journ.* p. 44-53 [in Russian].
26. Belevtsev, Ya.N. (Ed.) (1968). The regularities of formation and distribution of uranium deposits of Ukraine. Naukova dumka. Kiev [in Russian].
27. Ivanov, B.N. (2014). Analysis of the hypotheses of formation of uranium-bearing objects of the alkaline sodium metasomatites rock association in the central part of the Ukrainian Shield. *Mineral. Journ.* 36, No. 1, p. 74-81. [in Russian]
28. Ivanov, B.N., Makivchuk, O.F., Mihalchenko, I.I. et al. (2011). The alkaline sodium metasomatites rock association in the central part of the Ukrainian Shield. *Scientific proceedings of UkrSGRI*. No. 2, p. 43-55 [in Russian].
29. Ivanov, B.N., Mihalchenko, I.I., Morozenko, V.R. et al. (2012). On a relationship of diabase dykes with sodium metasomatites – Evidence from the Aprelskoe deposit, Eastern part of the Novokonstantinovka ore hub. *Theoretical issues and practice of research of metasomatic rocks and ores. The conference is dedicated to 70<sup>th</sup> anniversary of Victor S. Monakhov, Book of abstracts of the conference*. Kiev, March 14–16, 2012, IGMOF NAS of Ukraine, p. 35-36 [in Russian].
30. Ivanov, B.N., Mihalchenko, I.I., Sinitsyn, V.O. et al. (2013). The matter alteration of diabase dykes in reaction ream of the apogranitic alkaline sodium metasomatites. *Dopov. Nac. Acad. nauk Ukr.* No. 9, p. 122-128 [in Ukrainian].
31. Ivanov, B.N. and Mihalchenko, I.I. (2015). Mineralogical and geochemical characteristic and distribution features of diaphthoritic rocks in the central part of the Ukrainian Shield. *Mineral resources of Ukraine*. No. 2, p. 39-44 [in Russian].
32. Ivanov, B.N., Stepanyuk, L.M., Donskoy, N.A. et al. (2016). Depletion zones of uranium and their probable linkage to uranium ore genesis: the case of the Novokonstantinovka deposit of alkaline sodium metasomatite rock association of the Kirovograd uranium area. *Geochemistry and Ore Formation*. Iss. 37, p. 74-85 [in Russian].
33. Kazansky, V.I., Laverov, N.P. and Tugarinov, A.I. (1978). The evolution of uranium ore genesis. Atomizdat. Moscow [in Russian].
34. Kalashnik, A.A. (2011). Geological and structural features of endogenic uranium mineralization in the Western Azov region and the Orekhovo-Pavlogradskaya mineragenetic zone of the Ukrainian Shield. *Scientific proceedings of UkrSGRI*. No. 2, p. 56-72 [in Russian].

35. Kalashnik, A.A. and Moskalenko, G.M. (2010). Geological and structural features of special distribution kimberlite occurrences and uranium-bearing objects in the Kirovograd region of the Ukrainian Shield. *Mineral resources of Ukraine*. No. 2, p. 8-17 [in Russian].
36. Kalyaev, G.I. (1998). The geodynamic settings of formation and distribution of uranium deposits of the Ukrainian Shield”, Aspects of minerageny of Ukraine. *Collection of papers, ONZ*. Kiev, p. 157-172 [in Russian].
37. Starostenko, V.I. and Gintov, O.B. (Eds.) (2013). The Kirovograd ore region: Deep structure. Tectonic and physical analysis. Ore deposits. Prastyi ludy. Kiev [in Russian].
38. Komarov, A.N. and Cherkashin, L.M. (1991). The rare-metal tectonometasomatic zones of the Ukrainian Shield. Naukova dumka. Kiev [in Russian].
39. Krupennikov V.A., Tolkunov, A.E., Khoroshilov, L.V. et al. (1986). The geological structures of endogenous uranium ore fields and deposits. Nedra. Moscow [in Russian].
40. Kudryavtsev, V.E., Alekseev, A.L. and Mel’nikov, E.K. (1990). The supergenous processes in formation of uranium-bearing albitites. *Proceedings on geology of uranium, rare and REE metals deposits*. No. 126, p. 92-101 [in Russian].
41. Kuzmin, A.V., Anisimov, V.A., Makhnitskaya, T.P. et al. (2005). The uranium ore genesis under history of the Ukrainian Shield formation. *Geol. Journ.* No. 1, p. 68-79 [in Russian].
42. Kushev, V.G. (1972). The Precambrian alkaline metasomatites. Nedra. Moscow [in Russian].
43. Kushev, V.G. (1972). On sources of solutions and causes of metallogenic trend of alkaline metasomatites. *Metamorphogenic ore genesis*, Part I, Naukova dumka, Kiev, p. 125-135 [in Russian].
44. Lapusta, V.F. (1988). Regularities of formation of the albitite-type uranium deposits in the central part of the Ukrainian Shield on isotopic and geochemical evidence, Abstract of Ph.D. dissertation, Kiev [in Russian].
45. Mashkovtsev, G.A., Miguta, A.K. and Shchetochkin, V.N. (2013). Evolution model of endogenous uranium ore genesis and prospects of new ore regions. *Rudobrazuyushchie protsessy: ot geneticheskikh kontseptsii k prognozu i otkrytiyu novykh rudnykh provintsi i mestorozhdenii (K 100-letiyu akademika N.A. Shilo)*, Book of abstracts of the conference. October 29 – November 1, 2013, Moscow, p. 48 [in Russian].
46. Shcherbak, N.P., Bobrov A.B. (Eds.) (2005). The metallic and non-metallic raw materials of Ukraine. Vol. I. Metallic raw materials. Kyiv-Lviv [in Russian].
47. Miguta, A.K. (1991). Main types of the uranium-bearing deposits of the Precambrian shields and detection prospects of highly-profitable ore objects. *Proceedings on geology of uranium, rare and REE metal deposits*. No. 132, p. 32-38 [in Russian].
48. Miguta, A.K. and Modnikov, I.S. (1995). Historic and geological model of endogenous uranium ore genesis. *Otechestvennaya Geologiya*. No. 1, p. 28-35 [in Russian].
49. Mihalchenko I.I., and Sinityn, V.O. (2012). The actinolite facie of apobasitic alkaline sodium metasomatites of deep fault zones. *Geochemistry and Ore Formation*. No. 31-32, p. 77-87 [in Ukrainian].
50. Omelyanenko, B.I. (1978). The hydrothermal alterations of rock adjacent to ore. Nedra, Moscow [in Russian].
51. Pakulnis, G.V. (2001). On role of endogenous and exogenous factors in formation of large hydrothermal uranium deposits. *Otechestvennaya Geologiya*. No. 4, p. 15-21 [in Russian].
52. Rybalov, B.L. and Omel’yanenko, B.I. (1989). Sources of ore matter of endogenous uranium deposits. Nauka. Moscow [in Russian].
53. Solomatin, Yu.P. (1981). Towards the issue of genetic relation of the albitite-type uranium deposits with some types of potassium granites. Grounding of geochemical and geophysical criteria for their detection. *Proceedings on geology of uranium deposits*. No. 68, p. 80-96 [in Russian].
54. Stepanyuk, L.M., Bondarenko, S.M., Ivanov, B.N. et al (2017). Geochronology of the Vatutinka uranium deposit (Ingul megablock of the Ukrainian Shield). *Geochemistry and Ore Formation*. No. 34, p. 18-25 [in Ukrainian].
55. Stepanyuk, L.M., Bondarenko, S.M., Syomka, V.O. et al. (2012). Source of sodium and uranium of uranium-bearing albitites — Evidence from the Dokuchaevka deposit of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield. *Geochemistry and Ore Formation*. No. 31-32, p. 99-104 [in Ukrainian].
56. Tarkhanov, A.V., (1985). Formation conditions of large uranium deposits under Precambrian and principles of a prognosis for USSR area, Abstract of Doctorate dissertation, Moscow [in Russian].
57. Tarkhanov, A.V. and Bugrieva, E.P. (2012). The largest uranium deposits of the world. VIMS. Moscow [in Russian].
58. Tarkhanov, A.V., Kudlaev, L.R. and Petrin, A.V. (1991). The Zheltorechenskoe vanadium-scandium deposit. *Geology of ore deposits*. No. 6, p. 50-56 [in Russian].
59. Titov, V.K. (1983). The dislocational metamorphosis and ore genesis. *Proceedings on geology of uranium deposits*. No. 84, p. 17-28 [in Russian].
60. Titov, V.K. (1986). Geochemical aspects of uranium metallogeny of ancient platform shields, Abstract of Doctorate dissertation, Leningrad [in Russian].
61. Tishkin, A.I., Tarkhanov, A.V. and Strel’tsov V.A. (1990). The uranium deposits of the ancient shields. Nedra. Moscow [in Russian].
62. Tugarinov, A.I. (1963). Uranium in metasomatism processes. *Main characteristics of uranium geochemistry*, Publishing house of the USSR Academy of Sciences, Moscow, p. 110-138 [in Russian].
63. Bilibina, T.V., Ermolaev, B.A., Pruss, A.K. et al. (1977). The uranium-bearing rock associations of the Ukrainian and Aldanian Shields and the issues of uranium mineralization prognosis. Leningrad [in Russian].
64. Fomin, Yu.A., Demikhov, Yu.N. and Lazarenko, E.E. (2009). Features of the ore-bearing fluid of the Novokonstantinovka uranium deposit. *Dopov. Nac. Acad. nauk Ukr.* No. 4, p. 130-136 [in Russian].

65. Shestopalova, O.E. (2017). Geochronology of the Korsun-Novomirgorod pluton, Abstract of Ph.D. dissertation, Geochemistry, IGMOF NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].
66. Shmarivich, E.M. and Modnikov, I.S. (1988). On the uranium source problem during orogenesis. *Geology of ore deposits*. No. 5, p. 5-16 [in Russian].
67. Shmuraeva, L.Ya. (1981). New data on the genetic relationship of sodium metasomatites in rapakivi-granites and host rocks. *Proceedings on geology of uranium deposits*. No. 68, p. 131-134 [in Russian].
68. Shmuraeva, L.Ya. (1983). Rock association attribution of the albitites from exocontact of the Korsun-Novomirgorod rapakivi pluton. *Proceedings on geology of uranium deposits*. No. 84, p. 63-70 [in Russian].
69. Shmuraeva, L.Ya. (1985). Formational independency of two types of the sodium metasomatites. *Soviet geology*. No. 7, p. 94-101 [in Russian].
70. Shuvalov, Yu.M. (Ed.), Buzovkin, S.V., Bulychev, A.V. et al. (1984). The industrial types of the uranium deposits and technique for their exploration. Nedra. Leningrad [in Russian].
71. Shuvalov, Yu.M., Kolesov, M.V. and Nekhoroshev G.V. (1988). Middle-scale prognosis and making of map for uranium. Leningrad [in Russian].

**Іванов Б.Н.**

**ПЗЕ №46, КП «Кіровогеологія»**

**Степанюк Л.М., Донський М.О., Сьомка Л.В., Бондаренко С.М., Шевела А.Ю.**

**Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененко НАН України**

**Формация лужних натрієвих метасоматитів і пов'язане з нею уранове зруденіння**

**у Центральній частині Українського щита: стисла геологічна характеристика, основні гіпотези утворення**

Ураноносні лужні натрієві метасоматити, поширені у Кіровоградському і Криворізькому рудних районах (центральна частина Українського щита), належать до єдиної рудної формации. Стосовно природи розчинів, що формують лужні натрієві метасоматити, і урану, пов'язаного з ними, існують найрізноманітніші гіпотези: метаморфічна, ультраметаморфічна, магматична, латераль-секреційна і ближньої або дальньої (глибинної) мобілізації. Рівень сучасних знань дає змогу відмовитися від точок зору, що спираються у побудовах на внутрішньокорові процеси (перші чотири з названих гіпотез). Ті, що залишилися, – мантійна і «мобілізаційна» гіпотези, – визнають підкорову природу рудоформівних розчинів. Перша з них виходить із наявності єдиного глибинного джерела як флюїдів, так і пов'язаного з ними урану. Основою «мобілізаційної» гіпотези є ідея про існування висхідних потоків мантієвих розчинів, які початково не несуть уран і стають ураноносними за рахунок екстракції останнього з вмісних порід.

**Ключові слова:** уран, альбітит, лужний натрієвий метасоматизм, формация, Центральноукраїнська урановорудна провінція, генезис.

**Ivanov B.N.**

**Exploration Survey Company No. 46, «Kirovgeologia» State Enterprise**

**Stepanyuk L.M., Donskoy N.A., Syomka L.V., Bondarenko S.M., Shevela A.Yu.**

**M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Science of Ukraine**

**The U-bearing Alkaline Sodium Metasomatites in the Central Part of the Ukrainian Shield:**

**the Brief Geological Characteristics, Main Hypotheses of their Origin**

Uranium-bearing alkaline sodium metasomatites are widespread in the Kirovograd and Krivoy Rog ore districts (the central part of the Ukrainian Shield) and belong to the only one ore rock association. On the origin of alkaline sodium metasomatites' solutions and related uranium, the different hypotheses have been presented, such as metamorphic, ultrametamorphic, magmatic, lateral-secretional, close distance mobilization and far distance one. Current knowledge allows dismissing the hypotheses based on crust processes (the first four mentioned above). The rest of them, magmatic and mobilization ones are agreed with under-crust nature of ore-bearing solutions. The first one descends from that: there is one single deep source of the fluids and uranium related to them. The idea of the mobilization hypothesis is there are ascending flows of mantle solutions without uranium, but they get it due to extraction from host rocks.

**Keywords:** uranium, albitite, alkaline sodium metasomatism, the Central Ukraine Uranium Province, genesis.

**Поступила 23.03.2018.**