

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОДИФИКАЦИЙ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОЙ И ЭМАНАЦИОННОЙ СЪЕМОК ПРИ ПОИСКАХ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Как известно, в районе г. Хмельник широко распространены радоновые воды, обнаруженные еще в 1935 году [1]. В течение длительного времени здесь, на бальнеологических курортах, ведется добыча минеральных радоновых вод в больших объемах. Источником образования радоновых вод, как известно, являются материнские радионуклиды в горных породах, в частности уран и радий. Однако промышленных урановорудных объектов в районе г. Хмельник до настоящего времени не обнаружено. Подобное широкое развитие радоновых вод имеет место на Кавказе, в районе г. Минеральные Воды. На это в свое время обратили внимание геологи, и в результате целенаправленных поисково-оценочных работ были выявлены промышленные месторождения урана (Быкогорское и др.), на сырьевой базе которых был создан и успешно работал Лермонтовский ГОК. Весьма вероятно, что в недрах района вокруг г. Хмельник также имеются промышленные урановорудные объекты.

Хмельникская площадь (450 км²) по результатам работ геологических партий №№ 32, 37, 49, проведенных в 1957–1972 годах, с учетом современных знаний, собственного и зарубежного опыта поисков урановых месторождений, а также указанной выше аналогии по широкому развитию радоновых вод в районе г. Минеральные Воды, определена как перспективная на выявление урановых месторождений гидротермального жильно-штоковеркового типа. В центральной части площади находится г. Хмельник (рис. 2).

Площадь имеет трехъярусное строение. Интенсивно дислоцированный комплекс докембрийского фундамента представлен глубоко метаморфизованными горными породами, которые сформированы, очевидно, в течение нескольких тектонических циклов. Осадочный комплекс вместе с практически повсеместно распространенной корой выветривания гранитоидов имеет мощность до нескольких десятков метров. Четвертичные отложения создают маломощный (первые десятки метров) чехол, в составе пород которого преобладают субаквальные и лессовые фациальные разновидности.

Кристаллические докембрийские породы являются потенциально урановорудными, они представлены кристаллосланцами, гнейсами, чарнокитами, эндербитами, мигматитами и гранитами, а также пироксенитами, горнблендитами и диоритами. Интрузивные образования представлены ультраосновными породами, лейко-гранитами и дайками основного состава (рис. 1).

Отложения палеогена (бучакская серия среднего эоцена) наблюдаются на отдельных участках в северо-западной части площади. Неогеновые отложения (глины, пески и алевроит) сплошным чехлом, за исключением речных долин, где они размыты, распространены на всей территории. Хмельникская площадь в структурно-геологическом плане находится в пределах Подольского блока Украинского щита (УЩ), на границе двух блоков высшего порядка – Винницкого и Бердичевского.

МАКАРЕНКО Н.

Главный гидрогеолог, кандидат геолого-минералогических наук. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

КАРЛЫ В.

Главный геолог. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

КОЛЯДА В.

Ведущий геолог экспедиции. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

ПАТАЛАХА М.

Главный геолог экспедиции, кандидат геолого-минералогических наук. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

ГУРИН А.

Ведущий гидрогеолог. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

СТЕПАНЮК М.

Гидрогеолог. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

КУПЕНКО И.

Ведущий геофизик. Казенное предприятие «Кировгеология» Государственной службы геологии и недр Украины

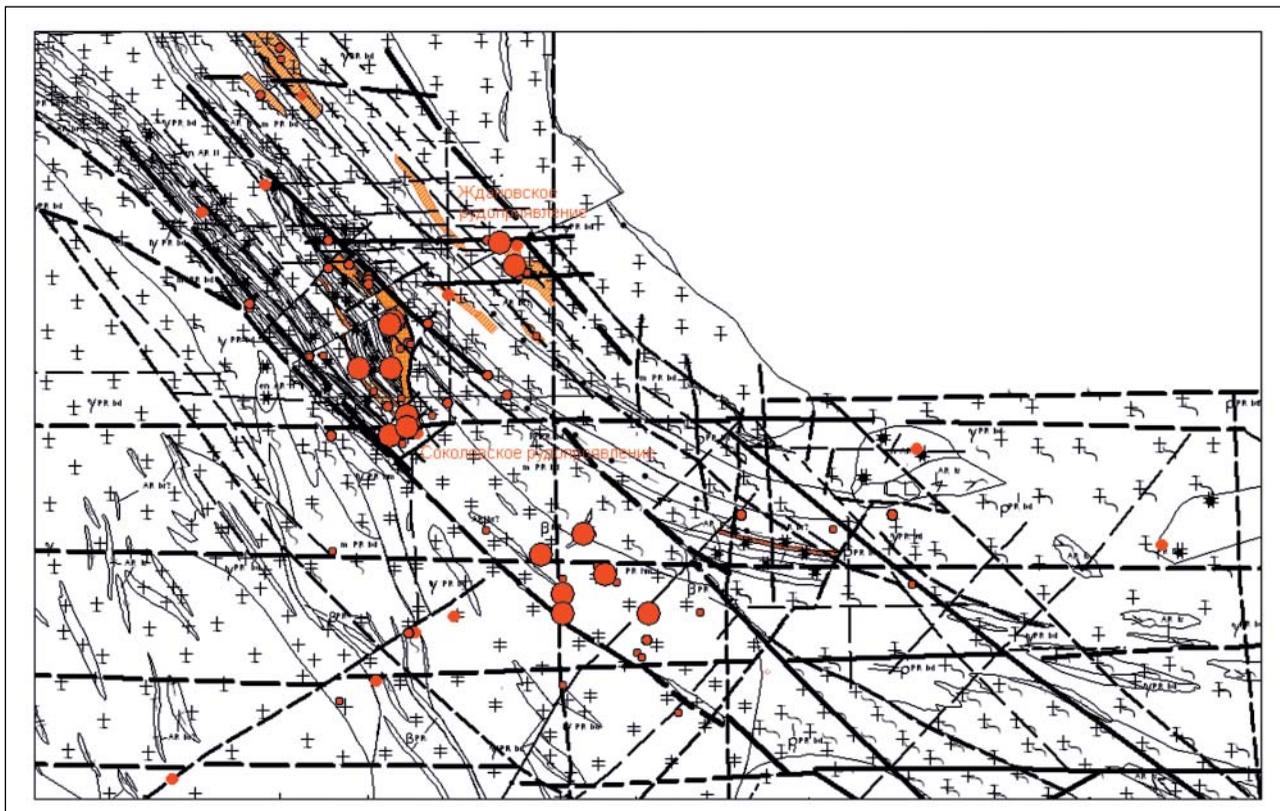


Рис. 1. Геологічна карта Хмельницької площі

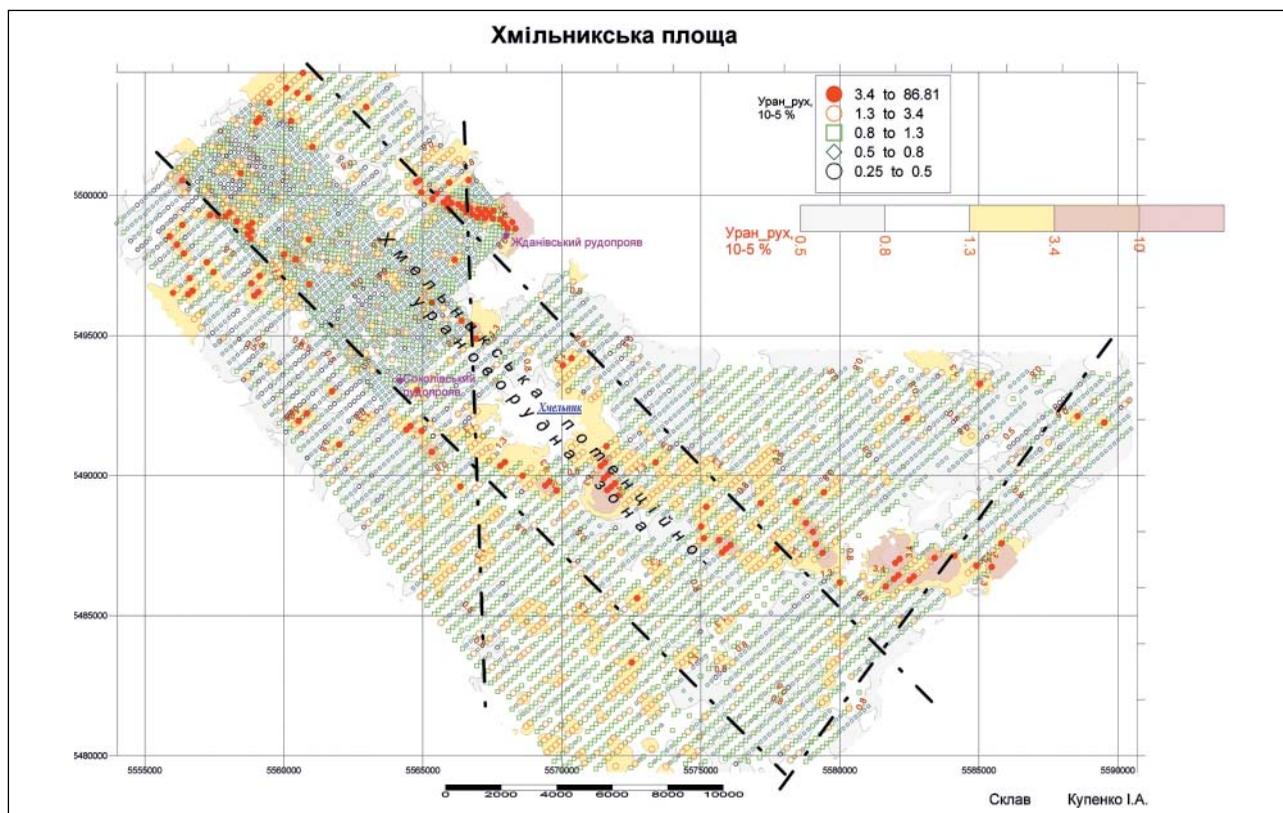


Рис. 2. Содержание подвижного урана ($U_{\text{подв.}}$) в горизонте грунтов «В»

Главной разрывной структурой района является Хмельникская зона разломов северо-западного направления (рис. 1), по которой вышеуказанные блоки контактируют. Состоит зона из многочисленных, относительно мелких, субпараллельных швов, общая ширина зоны достигает десяти километров. Отдельные тектонические нарушения в ее составе представлены разнообразными милонитами, катаклазитами, зонами смятия, брекчирования и трещиноватости. Хмельникская зона имеет длительную историю геологического развития, что подтверждается наличием в ее границах пегматоидов, даек основного состава, разнотемпературных метасоматитов. Внутреннее строение Хмельникской зоны очень сложное. Отдельные ее швы имеют прерывистый характер, часто с различными подворотами и созданием опережающих структур. Углы падения тектонических швов преимущественно крутые, субвертикальные. Разломы других направлений, которые, безусловно, существуют на Хмельникской площади, изучены значительно слабее и выделяются они преимущественно по геофизическим данным. Второй по размерам после Хмельникской зоны является зона широтных нарушений, параллельная известным Винницкому и Андрушевскому разломам. Полоса этих разрывных структур контролирует ряд ураново-рудных объектов, в том числе Северо-Березнянское и Ново-Фастовское.

На данный момент в пределах Хмельникской площади известны два перспективных рудопроявления урана, Ждановское и Соколовское, и больше десяти проявлений урановой минерализации, а также многочисленные радиоактивные аномалии. Размещение проявлений урана и аномалий в целом отвечает степени изученности площади бурением. По происхождению и условиям локализации урановой минерализации ее можно разделить на такие группы:

1. Ультраметаморфогенные в мигматитах и гранитоидах.

2. Гидротермальные:

- в минерализованных зонах дробления милонитизированных, брекчированных и катаклазированных гранитоидах, гнейсах и мигматитах, где урановая минерализация представлена чернями, уранинитом, настураном, коффинитом, сорбциями на гидроокислах железа и глинистых минералах.

- в связи с низкотемпературными метасоматитами апатит-карбонат-монтморилонитового состава с гематитом.

3. Неясного генезиса, предположительно, гидротермального жильно-штокверкового типа. К нему принадлежит лучшее на площади и по параметрам уранового оруденения Ждановское рудопроявление.

Хмельникская площадь находится в лесостепном ландшафте. По обе стороны реки Южный Буг, которая пересекает площадь в субширотном направлении, выделены (О. Маринич, 1994) две зоны ландшафтов второго порядка, а именно: лессовая волнообразная

расчлененная возвышенность на кристаллических породах с серыми и темно-серыми лессовыми почвами и лессовая плосковолнистая слабо расчлененная возвышенность на кристаллических породах с оподзолненными и типичными малогумусовыми черноземами.

Казенное предприятие «Кировгеология» применяет гидрогеохимический (с пятидесятих годов прошлого столетия) и геохимический (с семидесятых годов) методы поисков урановых месторождений. В последнее время в комплексе с этими методами стала применяться эманационная съемка в современном, модифицированном варианте. Литогеохимические поиски основаны на изучении закономерностей распределения определенных химических элементов в литосфере с целью выявления признаков рудных месторождений по их ореолам (первичных в рудовмещающих породах и вторичных, накопленных, благодаря потокам рассеивания, в осадочных горных породах или грунтах).

Геохимическими исследованиями на известных урановых месторождениях (рис. 4, 5) установлено широкое распространение как первичных, так и вторичных геохимических ореолов подвижного урана и других металлов, в продуктивном (докембрийском фундаменте или в «зоне несогласия»: архей+протерозой – рифей) и перекрывающих горизонтах (мезо-кайнозойские осадочные породы), включительно с подпочвенным слоем грунтов, где существует современный геохимический барьер (рис. 3). Подпочвенные ореолы урана и других редких металлов формируются за счет известного природного явления капиллярной диффузии – миграции водно-газовых флюидов из недр к дневной поверхности от рудных залежей, которые вмещают уран или другие металлы [3, 5, 9].

Детальными гидрохимическими и литогеохимическими – подпочвенной геохимической съемкой (ППГС) – исследованиями, выполненными на рудных полях месторождений урана в центральной части УЩ, установлены закономерности развития водных ореолов рассеяния естественных радионуклидов (урана, радия и радона) и литохимических ореолов урана, доказана их стабильность во времени. Эти закономерности используются при прогнозировании и поисках новых месторождений радиоактивного сырья. При региональных исследованиях – путем проведения гидрохимической съемки по стоку малых рек в летней межень (грунтовый сток) в масштабах: 1:1 000 000–1:500 000. При среднемасштабных и детальных поисках месторождений урана – путем опробования на уран, радий и радон подземных, в первую очередь наиболее доступного горизонта, грунтовых вод. Благодаря современным аналитическим возможностям, в частности, применению лазерно-люминесцентного анализа содержания урана общего и его подвижной формы в породах, грунтах и почвах, а также обработке информации (компьютер-

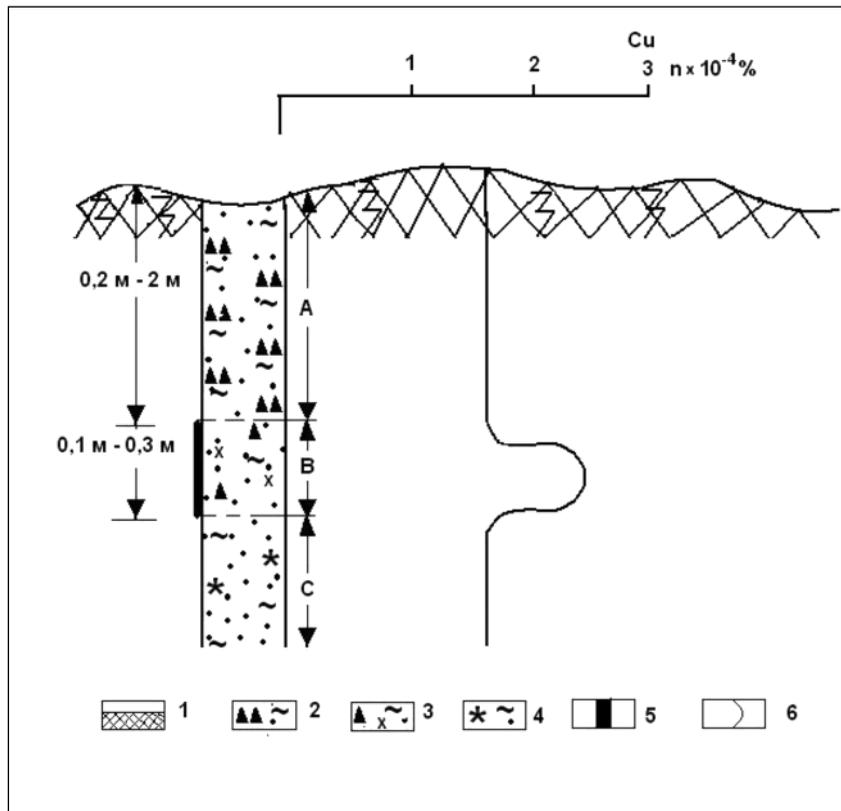


Рис. 3. Принципиальная схема формирования вторичных ореолов урана в грунтах (В.И. Малышев и др., 1986).

1 – дневная поверхность; 2 – гумусовый (плодородный) слой грунтов (горизонт А); 3 – переходная зона между гумусовым слоем грунтов и подстилающими окисленными породами (горизонт В); 4 – подстилающие окисленные породы (пески, глины, суглинки и др.) (горизонт С); 5 – интервал накопления урана и редких металлов из глубинных флюидов; 6 – график содержания урана в разрезе грунтов

ные технологии), стало возможным разработать и применять новую (современную) модификацию традиционного геохимического метода поисков урановых месторождений – подпочвенную геохимическую съемку (ППГС).

Эффективность литогеохимической съемки на уран доказана нами опытно-методическими работами на площади промышленных месторождений урана в центральной части УЩ (Н. Макаренко, К. Николенко, Н. Кирьянов и др., 2002). Установлено, что в подпочвенном горизонте «В» (рис. 3) фиксируются ореолы урана (содержание урана $1,6-2,6 \times 10^{-4}\%$ при фоновом – $0,5-0,8 \times 10^{-4}\%$); размеры ореолов в 3–5 и более раз превышают площади объединенных проекций рудных залежей на дневную поверхность (рис. 4). Таким образом, на фоновом уровне содержания урана урановый ореол надежно фиксируется, что дает возможность оперативно оценивать новые поисковые площади с выделением участков, перспективных на выявление в недрах урановорудных объектов.

Современная модификация съемки ППГС применяется нами при средне- и крупномасштабных поисках месторождений урана и при оценке отдельных перспективных участков, где известны рудопроявления урана или радиоактивные и радиогидрогеологические аномалии [2, 5].

Метод ППГС используется КП «Кировгеология» при поисках уранового оруденения и дает положительные результаты. Так, например, на поисковой площади в пределах южной части Кочеровского грабена на стыке Волинского и Белоцерковского блоков УЩ выполнена съемка ППГС по сети пунктов 500×500 м на площади 68 км^2 (М. Паталаха, В. Ващенко, Н. Макаренко, 2002). Съемкой выявлено несколько урановых ореолов, в т.ч. один комплексный с редкометаллической специализацией, что подтверждено бурением.

Размеры ореолов, а также содержание в подпочвенном слое урана на Хмельницкой площади достигают и даже превышают показатели, известные на участках промышленных урановых месторождений на УЩ, где была впервые апробирована современная модификация метода ППГС.

Современные аналитические возможности по определению содержания редких металлов методом атомной адсорбции вместо традиционного спектрального анализа и установленные закономерности накопления подвижных форм металлов в виде вторичных ореолов в подпочвенном слое (горизонт «В») позволяют применять метод ППГС при поисках не только урановых, но и редкометаллических, а также золоторудных месторождений. Опыт других стран, в частности Китая, с которым Н. Макаренко знакомился в провинции Юннань в 1995 году, свидетельствует, что китайские геологи успешно применяют подпочвенную геохимическую съемку, в частности, при поисках месторождений золота.

Доказательство эффективности широкомасштабного использования подпочвенной геохимической съемки при поисках урановых, редкометаллических и золоторудных месторождений в условиях Украины является актуальной задачей, потому что:

- во-первых – потенциально рудоносные горные породы перекрыты осадочными породами значительной мощности;

- во-вторых – плодородный (гумусовый) слой почв развит в Украине практически повсеместно, а именно он исполняет роль современного геохимического барьера, на котором благодаря поступлению из недр к дневной поверхности водно-газовых флюидов, вмещающих металлы, фиксируется, как «на промокашке», рудоносность недр (рис. 3);

- в-третьих – репрезентативный слой «В» почв (грунтов) легко доступен для опробования на определенные металлы, месторождения которых ищут геологи.

Следует также иметь в виду, что применение указанного комплекса методов не требует значительных трудозатрат по сравнению с другими и является экспрессным.

На основе изложенных выше исследований по оценке эффективности использования подпочвенной геохимической – ППГС (литогеохимической) съемки на отдельных полях известных урановорудных месторождений и участках, перспективных на выявление урановой минерализации, мы впервые применили широкомасштабные литогеохимические поиски уранового месторождения на Хмельникской площади. По основной сети пунктов 400x200 м и более детальной – 200x200 м (в северной части площади) было отобрано и проанализировано на содержание урана общего и урана подвижного около 7 тыс. проб из репрезентативного горизонта «В» – переходной зоны между растительным гумусовым слоем (почвенным) и подстилающими окисленными грунтами (рис. 3) преимущественно суглинистого состава. Анализы проб (из навесок по 10 г) на уран выполнены в Центральной лаборатории КП «Кировгеология» количественным лазерно-люминесцентным методом с чувствительностью определения его содержания $0,5 \times 10^{-5}\%$. В горизонте «В» грунтов Хмельникской площади содержание урана (подвижной формы) – $U_{\text{подв}}$ колеблется в пределах $(0,5-101) \times 10^{-5}\%$. По результатам статистического анализа содержания $U_{\text{подв}}$ по всем пробам определен фоновый $(0,5-1,3 \times 10^{-5}\%)$ уровень, повышенный (больше $1,3-3,4 \times 10^{-5}\%$) и аномальный (более $3,4 \times 10^{-5}\%$) уровни.

По таким уровням построены соответствующие карты (рис. 2, 6). Как видно, так называемая потенци-

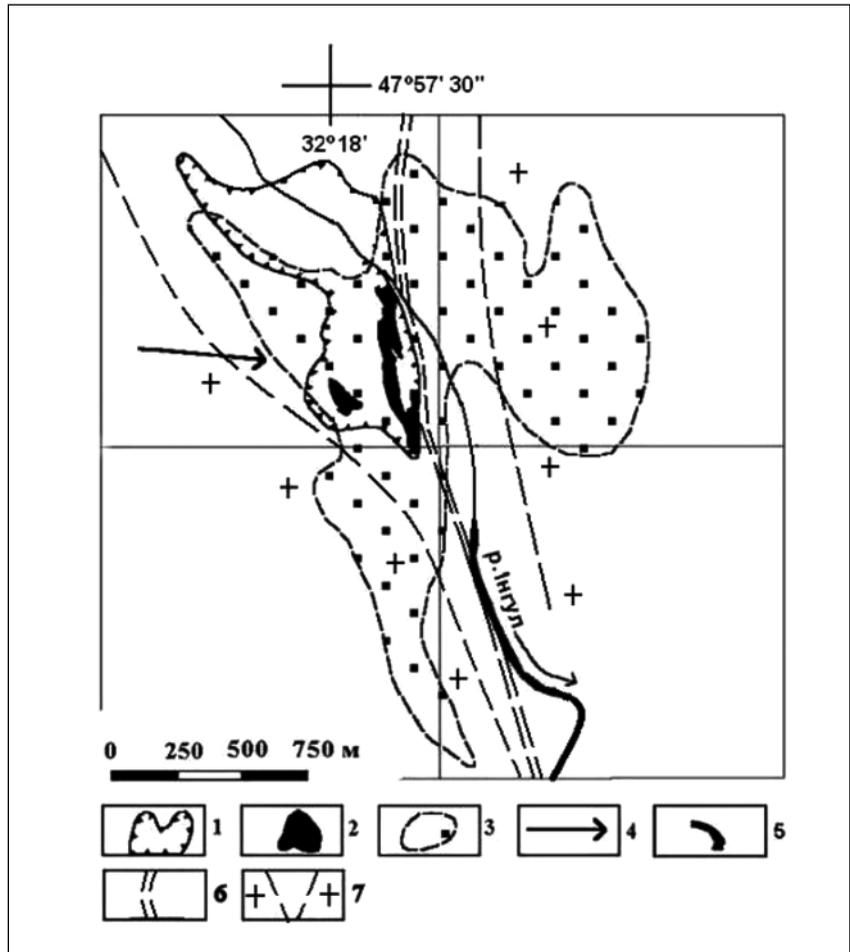


Рис. 4. Урановые ореолы в подпочвенном слое пород над Мичуринским месторождением урана (В.Г. Руткевич и др., 1970).
 1 – проекция балансовых урановых руд на дневную поверхность; 2 – участки выхода урановых залежей под осадочный чехол УЩ; 3 – урановый ореол в подпочвенном слое пород; 4 – направление потока подземных вод; 5 – речка; 6 – главный Мичуринский разлом; 7 – граниты

ально урановорудная Хмельникская зона северо-западного направления практически не фиксируется ореолами урана. В то же время в пределах изученной площади выделяются действительно ураноносные – потенциально ураново-рудные зоны субширотного направления. Относительно большая из них пересекает Хмельникскую площадь в центральной части, зона проходит южнее г. Хмельник, имеет ширину 2–3 км при длине более 23 км. С запада урановый ореол выклинивается, а на востоке изученной площади не оконтурен.

Вторая потенциально урановорудная зона обнаружена в северо-западной части площади, в непосредственной близости от перспективного Ждановского рудопроявления урана (рис. 2, 6). Урановый ореол по этой зоне имеет наибольшую из всех обнаруженных ореолов контрастность, хотя он и меньший по размерам площади. Здесь же выявлены ореолы радоновых и тороновых аномалий (рис. 7).

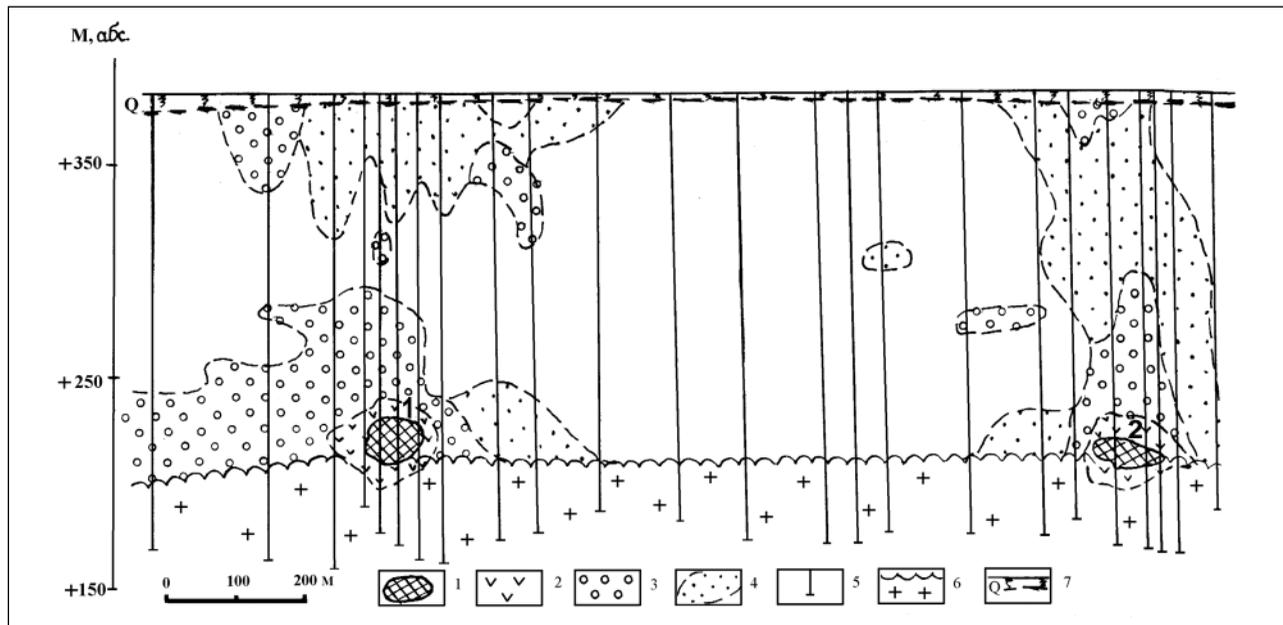


Рис. 5. Канада. Уран – редкометаллические месторождения типа «несогласия» Маклин (1 – Южный Маклин – Ю.М., 2 – Северный Маклин – С.М.):
 1 – рудные залежи (Ю.М. – запасы $U_3O_8 = 9,8$ тыс. т при $\bar{C} = 0,73\%$, С.М. – запасы 3,2 тыс. т, $\bar{C} = 2,5\%$); 2–4 – ореолы урана, в т.ч.: 2 – наиболее контрастные $C_u > 10 \cdot 10^{-4}\%$; 3 – $C_u = 3-10 \cdot 10^{-4}\%$; 4 – $C_u = 1-3 \cdot 10^{-4}\%$; 5 – скважины; 6 – поверхность несогласия пород осадочного чехла и кристаллического фундамента; 7 – слой современных четвертичных отложений; \bar{C} – среднее содержание урана в рудах; C_u – содержание урана в грунтах

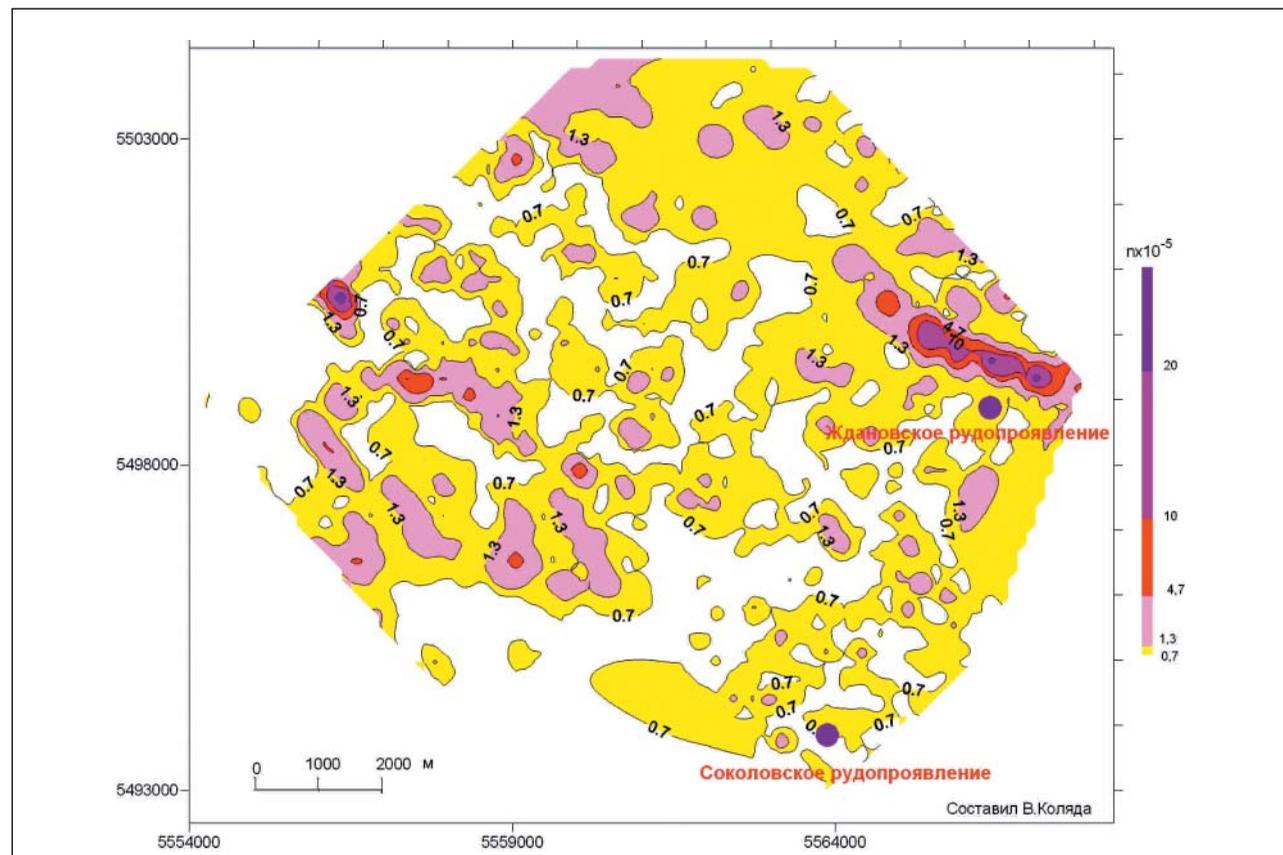


Рис. 6. Содержание подвижного урана в горизонте «В» грунтов по северо-западной части Хмельникской площади

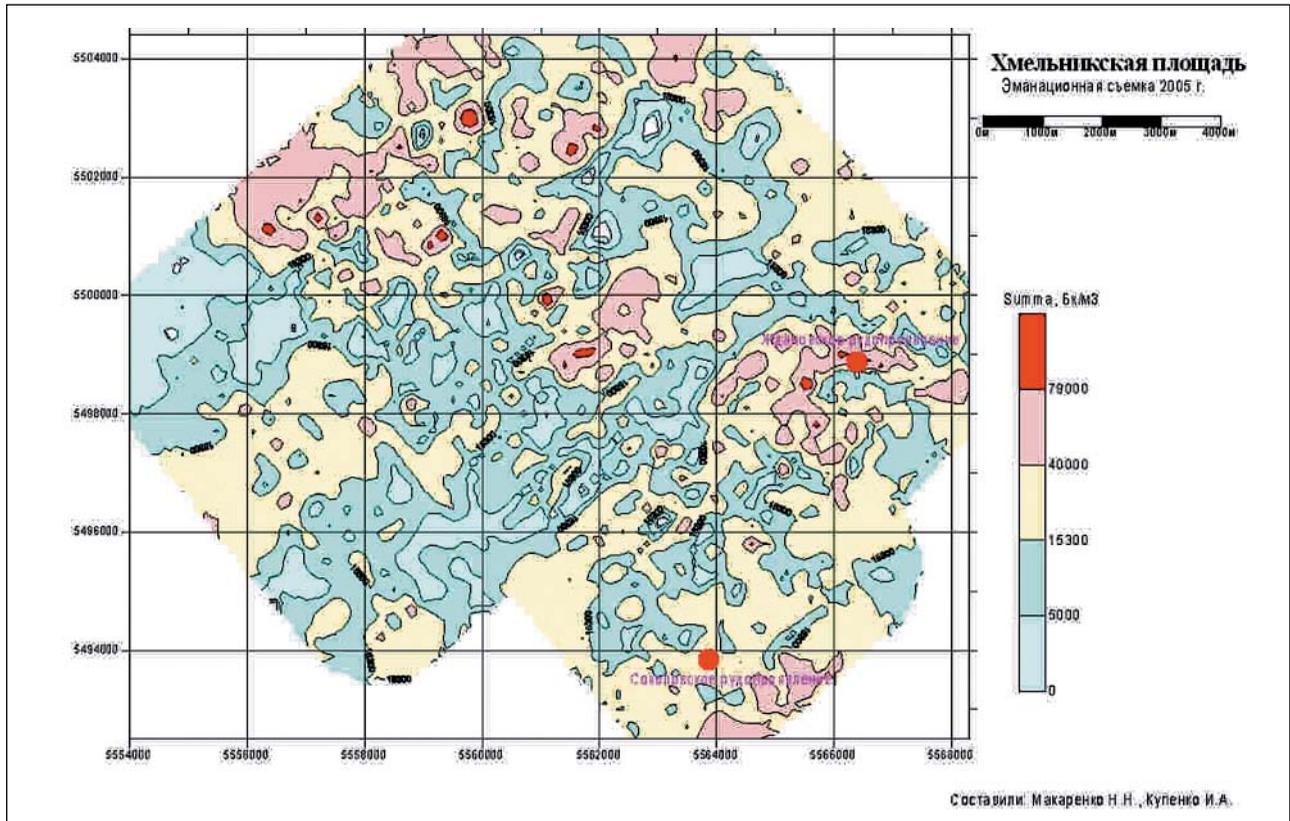


Рис. 7. Карта результатов эманационной съемки

Перспективные на выявление урановых месторождений участки, по данным литогеохимической съемки, определены нами в северной и северо-западной частях Хмельницкой площади, где также достаточно широко развиты ореолы урана (рис. 2, 6).

Таким образом, благодаря широкомасштабному применению литогеохимической, на основе подпочвенной геохимической съемки (ППГС) и эманационной (радон-тороновой) съемки в пределах потенциально урановорудной Хмельницкой площади сделана ее общая радиогеохимическая оценка, а главное, определены зоны (участки), которые выделяются прямыми признаками ураноносности недр – ореолами урана, а также радоновыми и тороновыми аномалиями. Именно в пределах этих зон (участков) на Хмельницкой площади могут быть обнаружены урановые месторождения. В качестве модельного

объекта-аналога, с учетом геологического строения Хмельницкой площади и тектоно-метасоматических изменений горных пород рудоперспективной толщи докембрийских гранитоидов, В.В. Шунько (геологический факультет Киевского национального университета им. Тараса Шевченко) предлагает принять промышленное урановое месторождение Мерис-Вейл в штате Юта, США. Таким образом, авторы считают, что дальнейшие целенаправленные поисково-оценочные работы на Хмельницкой площади для выявления промышленных урановых месторождений следует вести на участках развития литохимических ореолов урана и аномальных уровней объемной активности радиоактивных газов. На новых поисковых площадях, очевидно, следует применять описанные в данной статье современные модификации литогеохимической и эманационной съемок в обязательном порядке.

1. Бабинец А.Е., Гордиенко Е.Е., Денисова В.Р. Лечебные минеральные воды и курорты Украины. – Изд-во Академии наук УССР. – К., 1963, 165 с.

2. Макаренко М.М. та ін. Широкомасштабне застосування літогеохімічних пошуків уранових родовищ на Хмельницькій площі // Сучасні проблеми теорії і практики наук про Землю та перспективи їх розвитку: Доповідь на науково-практичній конференції КНУТШ (12–13 травня). – К., 2009.

3. Малышев В.И., Соколова З.А. и др. Комплексные изотопно-радиогеохимические исследования при поисково-оценочных ра-

ботах на уран: Отчет ВИМСа (Москва) по теме 42-79. – Фонды КП «Кировгеология»; Инв. № 11167, 1982, 294 с.

4. Новиков Ю.О., Новикова Л.М. Методика геохимических (литогеохимических) поисков рудных месторождений в условиях Украинского щита. – Симферополь, 2008. – 211 с.

5. Оценка перспектив ураноносности территорий модифицированными эманационной и подпочвенной геохимической съемками // Сборник научных трудов института геохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины / Н.Н. Макаренко,

М.Е. Паталаха, И.Л. Комов, П.И. Диденко. – 2006. – Вып.12. – С. 63–70.

6. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 241 с.

7. *Поликарпочкин В.В.* Вторичные ореолы и потоки рассеяния. Новосибирск: Наука, 1976. – 407 с.

8. *Поликарпочкин В.В.* Геохимическая съёмка и поиски по потокам рассеяния на территории Украинской ССР // Геохимия и рудообразование. – К.: Наукова думка, 1983. – Вып. 11. – С. 13–25.

9. *Сает Ю.Е.* Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. – М.: Наука, 1982. – 168 с.

У статті дається характеристика геологічної будови Хмельницької площі, перспективної на виявлення уранових родовищ жильно-штокверкового типу. Широкомасштабне застосування на цій площі вперше в Україні сучасних модифікацій літогеохімічної (підґрунтової геохімічної зйомки – ПГГЗ) і еманційної зйомок з опробуванням репрезентативного підґрунтового прошарку ґрунтів на уран, з визначенням уранових ореолів, а також вимірюванням об'ємної активності у ґрунтовому повітрі радіоактивних газів радону і торону, тобто на основі виявлення прямих ознак ураноносності надр, дозволило дати загальну радіогеохімічну оцінку площі (450 квадратних кілометрів) та – головне – визначити зони (ділянки), перспективні на виявлення уранового зруденіння.

The article presents the description of the geological structure of Chmelnik area which is promising for vein-stockwork uranium deposits. Use for the first time in Ukraine of large-scale lithogeochemical prospecting based on subsoil geochemical survey testing accompanied by representative soil layer allowed to generally estimate the area – 450 km² and determine the sites which show promise for uranium deposit detection.

Ключові слова: літогеохімія, уран, ґрунти, геохімічні ореоли, радіоактивні гази, Хмельницька площа, зйомка, родовища.

Ключевые слова: литогеохимия, уран, грунты, геохимические ореолы, радиоактивные газы, Хмельникская площадь, съёмка, месторождения.

Keywords: lithogeochemical, uranium, soils, geochemical aureole, radioactive gases, Chmelnik area, survey, deposits.