

*Геология*

УДК 553.462

С. В. ГРИГОРЯН, А. З. АДАМЯН, Л. В. АРУТЮНЯН, М. Э. КИРАКОСЯН

О РАЦИОНАЛЬНОМ КОМПЛЕКСИРОВАНИИ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО  
И ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ПОИСКОВ УРАНОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

По результатам изучения литогеохимических ореолов гидротермального уранового месторождения Пхрут установлено, что с помощью фазового химического анализа (определения в пробах содержания подвижного урана) можно выявить вторичные ореолы рассеяния урана, которые по размерам существенно превосходят ореолы, оконтуренные радиометрическим методом. Показано, что комплексирование этих двух методов существенно повышает надежность поисков уранового оруденения, особенно слепого.

Известно, что радиометрическая съемка была и продолжает оставаться основным методом поисков месторождений радиоактивного сырья. Преимуществом этого метода является оперативность в получении результатов непосредственно в поле, что предоставляет возможность корректировки площадей и направления радиометрических съемок, выполняемых в пределах районов поисковых работ. По мере накопления опыта радиометрических поисков стала очевидной необходимость усовершенствования методики поисков урановых месторождений путем разработки способов фиксации с поверхности не только вскрытых эрозией рудных тел и месторождений (эта задача успешно решается радиометрическим методом), но и слепых рудных тел, обычно пропускаемых радиометрическим методом.

Изучение особенностей окаймляющих слепые урановые рудные тела ореолов урана (радия), оконтуренных с помощью радиометрического метода, позволило установить, что они обычно не достигают поверхности из-за небольших размеров и, следовательно, не могут быть использованы в качестве надежного поискового признака слепых урановых рудных тел. Ограниченная глубинность радиометрических поисков побудила авторов при выборе методики поисковых работ на уран в пределах Пхрутского рудного поля Сюникского марза разработать рациональный комплекс поисковых методов, который был бы эффективен прежде всего при поисках именно слепых рудных тел, которые являются единственным реальным резервом прироста запасов в этом рудном поле. Выполненными в течение 30 лет геологоразведочными работа-

ми в этом районе обнаружены только мелкие слепые рудные тела преимущественно в пределах Охчинской зоны.

Детальное изучение факторов, контролирующих размеры первичных ореолов, позволило установить, что эти размеры определяются [1]:

– концентрацией ореолообразующего элемента в рудном теле (прямая зависимость);

– градиентом концентрации ореолообразующего элемента по мере удаления от рудного тела (обратная зависимость);

– величиной минимально-аномального содержания элемента (обратная зависимость).

Очевидно, что из перечисленных параметров только величина минимально-аномального содержания в какой-то степени зависит от исследователя: это величина рассчитывается статистически и может быть определена с различными уровнями значимости. В табл. 1 приведены параметры фонового распределения урана и величины минимально-аномальных значений радиоактивности, рассчитанные с различными односторонними уровнями значимости.

Таблица 1

| Среднее (С),<br>мкР/ч | Стандарт<br>распределения (S) | Минимально-аномальные значения радиоактивности, мкР/ч<br>(число измерений – 46) |                           |                            |
|-----------------------|-------------------------------|---|---------------------------|----------------------------|
|                       |                               | C+S=24,8<br>15,85% ур. зн.  | C+2S=31,2<br>2,3% ур. зн. | C+3S=37,6<br>0,14% ур. зн. |
| 18,4                  | 6,4                           |   |                           |                            |

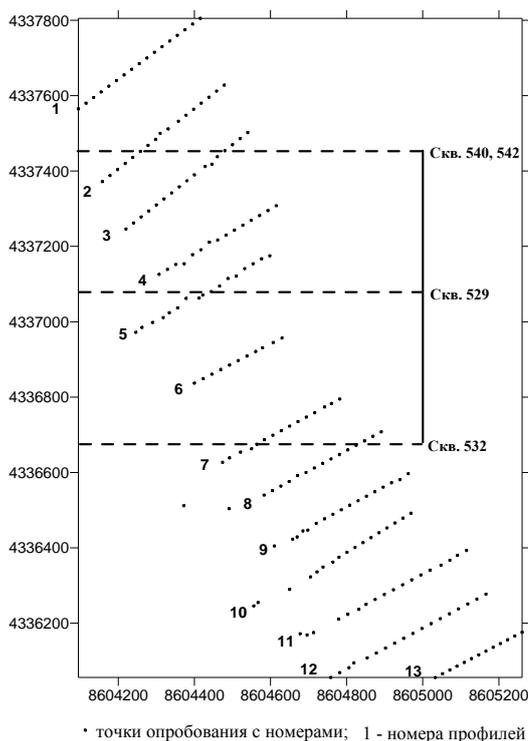
Как следует из табл. 1, снижение минимально-аномального значения радиоактивности приводит к резкому росту числа возможных ошибок (более 15% при C+S) и поэтому этот путь нельзя признать эффективным. Многолетний опыт геохимических поисков рудных месторождений позволяет нам считать, что минимально-аномальное значение C+2S является оптимальным.

Было установлено, что использование фазового химического анализа геохимических проб позволяет существенно снизить фоновое содержание интересующего элемента (в данном случае урана) во вмещающих породах и тем самым снизить величину его минимально-аномального содержания, что дает возможность выявлять и оконтуривать первичные ореолы подвижного урана, по размерам существенно превосходящие радиометрические, значительно увеличив (почти на порядок) глубинность геохимических поисков слепого уранового оруденения [1–3]. Этот успех был обусловлен преобладанием на фоновых участках рудовмещающих пород труднорастворимых форм урана: это в основном изоморфная примесь в решетках аксессуарных минералов. В отличие от этого, в рудах и окружающих их первичных геохимических ореолах уран содержится в основном в форме легкорастворимых окислов – настурана и урановых черней.

Рассмотренная выше методика увеличения глубинности поисков слепых урановых рудных тел гидротермального генезиса, как уже отмечалось, была разработана на примере первичных геохимических ореолов и поэтому применима исключительно в районах с хорошей обнаженностью коренных рудовмещающих пород. В пределах Пхрутского рудного поля и прилегаю-

щих площадей коренные рудовмещающие породы практически повсеместно перекрыты элювиально-делювиальными отложениями различной мощности, что исключает возможность применения для поисков слепых рудных тел и месторождений первичных ореолов урана и его элементов-спутников. В подобных условиях геохимические поиски проводятся по вторичным ореолам рассеяния соответствующих ассоциаций элементов-индикаторов.

Для выяснения возможности и эффективности использования вторичных ореолов рассеяния урана в ландшафтно-геохимических условиях Пхрутского рудного поля в соответствии



• точки опробования с номерами; 1 - номера профилей

Рис. 1. Карта литогеохимического опробования Охчинской зоны Пхрутского рудного поля.

с [4] в пределах Охчинской зоны нами были выполнены опытно-методические работы. На рис. 1 приведена карта опробования элювиально-делювиальных отложений на поверхности Охчинской зоны, в пределах которой работами прежних лет выявлен ряд мелких слепых рудных тел неглубокого залегания.

В пробах почвообразующих рыхлых отложений на приборе ICP MS в аналитической лаборатории компании «МЕТТА групп» были определены содержания подвижного урана методом фазового анализа с разложением материала проб царской водкой.

Для выявления и оконтуривания вторичных ореолов рассеяния урана были рассчитаны параметры фонового распределения урана и на этой основе значения его минимально-аномальных со-

держаний с различными односторонними уровнями значимости (табл. 2).

Таблица 2

| Среднее ( $C$ ),<br>$г/м$ | Стандарт<br>распределения ( $S$ ) | Минимально-аномальные содержания, $г/м$<br>(число измерений – 35) |                             |                              |
|---------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
|                           |                                   | $C+S=0,46$<br>15,85% ур. зн.                                      | $C+2S=0,54$<br>2,3% ур. зн. | $C+3S=0,62$<br>0,14% ур. зн. |
| 0,38                      | 0,08                              |   |                             |                              |

На рис. 2 приведены вторичные ореолы рассеяния подвижного урана, оконтуренные по величине минимально-аномального содержания  $C+2S$ . Как видно на рисунке, контрастные ореолы рассеяния подвижного урана занимают большую часть опробованной площади. При этом слепое оруденение фиксируется полями максимальных концентраций подвижного урана: на

рис. 2 полями максимальной интенсивности в пределах профилей 7,8 кв. 532 (рис. 1). Из приведенных данных однозначно следует, что слепое оруденение надежно фиксируется вторичными ореолами рассеяния подвижного урана. Иначе обстоит дело с результатами выполненной в пределах описываемой площади радиометрической съемки, приведенными на рис. 3. На участке слепого рудного тела (профили 7,8) установлено только одно аномальное значение радиометрического измерения, что не может быть принято в качестве надежного индикатора слепого оруденения.

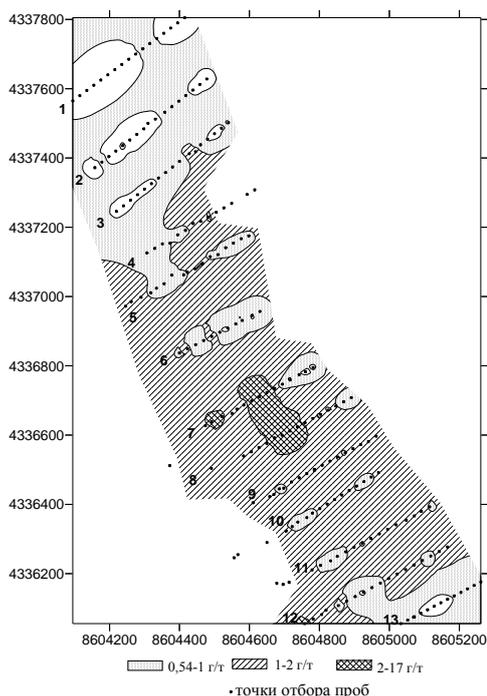


Рис. 2. Вторичные ореолы рассеяния урана на поверхности Охчинской зоны Пхрутского рудного поля.

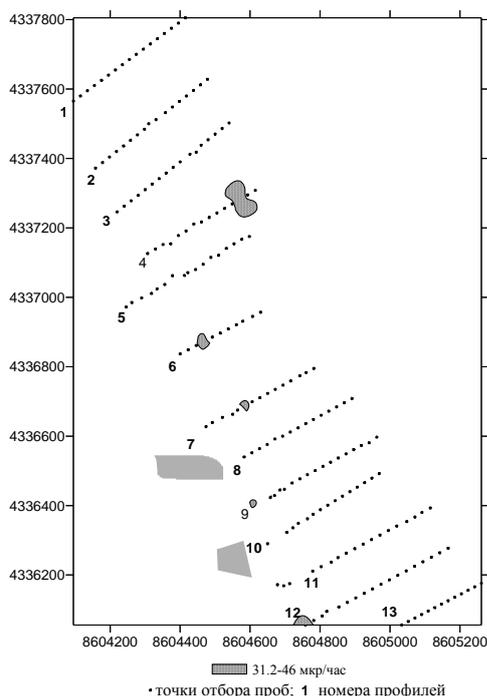


Рис. 3. Вторичные радиометрические аномалии Охчинской зоны Пхрутского рудного поля.

Приведенные выше данные однозначно свидетельствуют о том, что вторичные ореолы рассеяния подвижного урана, как и первичные ореолы, характеризуются значительной глубиной поисков слепого оруденения, тогда как радиометрическая съемка такой глубиной не отличается. Этот вывод опровергает следующее утверждение А.Б. Каждана и Н.Н. Соловьева: «Размеры радиоактивных ореолов превышают размеры всех других ореолов, что облегчает возможность их выявления радиометрическими методами» ([5], стр. 83). Как показано выше, ореолы подвижного урана по размерам существенно превосходят радиометрические (рис. 2, 3). Отметим, что процитированное утверждение не обосновано какими-либо фактическими данными.

Анализ возможностей сравниваемых методов позволяет рекомендовать следующие принципы их рационального комплексирования при поисках урановых месторождений. Учитывая сравнительную простоту и оператив-

ность радиометрической съемки, можно рекомендовать ее тесное комплексирование с геологическими, геохимическими и, прежде всего, литогеохимическими методами, т.е. рекомендуется производить отбор литогеохимических проб (в основном из рыхлых отложений) на точках повышенной (аномальной) радиоактивности. Это позволяет не только выявить и оконтурить радиоактивные аномалии, но и определить их природу с помощью комплекса литогеохимических критериев, выявленных в результате трехмерного литогеохимического моделирования известных гидротермальных месторождений различных формационных типов. Подобная оценка достигается путем определения рудно-формационного типа и уровня эрозионного среза геохимических аномалий с помощью разработанных геохимических критериев. Предварительно проводится «разбраковка» не имеющих промышленного значения многочисленных аномалий, которые представлены зонами рассеянной рудной минерализации [2, 6, 7]. Работами последних лет доказана высокая эффективность приведенной методики литогеохимических поисков слепых и слабоэродированных рудных тел и месторождений. Особо следует отметить надежность оценки уровня эрозионного среза литогеохимических аномалий с помощью критерия вертикальной геохимической зональности первичных ореолов [1, 7].

*Кафедра поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых*

*Поступила 26.01.2010*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян С.В. Атомная энергия, т. 18, вып. 1, 1965.
2. Григорян С.В. Рудничная геохимия. М.: Недра, 1992.
3. Beus A.A., Grigorian S.V. Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits. Wilmette, Illinois, USA: Applied Publishing Ltd, 1977.
4. Григорян С.В., Соловов А.П., Кузин М.Ф. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983.
5. Каждан А.Б., Соловьев Н.Н. Поиски и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов. Учебное пособие. М.: Недра, 1982.
6. Янишевский Е.М., Григорян С.В. и др. Эндогенные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1963.
7. Grigorian S.V. Intern. Geology Rev., 1974, v. 16, № 1.

Ս. Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. Զ. ՍՂԱՍՅԱՆ, Լ. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ս. Է. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ  
ՈՒՐԱՆԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՈՐՈՆՈՒՄՆԵՐԻ ՌԱԳԻՈՉԱՓԱԿԱՆ ԵՎ  
ԼԻԹՈՆԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՌԱՅԻՈՆԱԼ ՀԱՍՏԱՏԵՂՍԱՆ  
ՄԱՍԻՆ

#### Ամփոփում

Փխրուտի հիդրոթերմալ ծագում ունեցող հանքավայրի ուրանի լիթո-երկրաքիմիական պատկերի ուսումնասիրության արդյունքներով հաստատված է, որ ֆազային քիմիական անալիզի օգնությամբ կարելի է հայտնաբերել

ուրանի երկրորդային ցրված պսակները, որոնք չափերով էապես գերազանցում են ռադիոչափական մեթոդով եզրագծված պսակները: Պարզվել է, որ այս երկու մեթոդների համադրումը էապես բարձրացնում է ուրանի հանքավայրերի որոնումների հուսալիությունը՝ հատկապես կույր հանքային մարմինների որոնման դեպքում:

S. V. GRIGORYAN, A. Z. ADAMYAN, L. V. ARUTYUNYAN, M. E. KIRAKOSYAN

ON RATIONAL COMBINATION OF RADIOMETRIC AND LITHO-GEOCHEMICAL METHODS OF URANIUM DEPOSITS EXPLORATION

Summary

According to the results of haloes litho-geochemical studies of Pkhrut hydrothermal uranium deposit, is established that the application of phase chemical analysis (the detection of content of mobile uranium in samples) allows to determine secondary haloes of uranium deposits, which in sizes significantly exceed haloes delineated by radiometric method. It is established that the combined use of these two methods significantly increases the reliability of uranium mineralization prospecting (especially blind one).