

ISOTOPIC-SOIL METHOD AND ITS MODIFICATIONS FOR URANIUM PROSPECTING

A. Bakhur, A. Starodubov, D. Zuev, A. Gulynin,
T. Ovsyannikova, L. Manuilova

Federal State Unitary Enterprise «VIMS» («All-Russian Scientific-Research Institute Of Mineral Resources Named After N.M. Fedorovsky»), Moscow, Russia, lab@u238.ru

Isotopic-soil method — it is a high sensitive method of deeply deposited uranium ore prospecting and localization by ratios between Po-210 and Pb-210 in subsoil layer.

Malyshev V., Sokolova Z., Bakhur A. developed Isotopic-soil method in All-russian scientific-research institute of mineral resources named after N. Fedorovsky at 1980 – 1986. In 1984 certificate of recognition for Isotopic-soil method was taken.

Now Isotopic-soil method successfully used for uranium ore prospecting in volkanogenic and disagreement types of deposits. And also in paleovalley deposits, located in Russian Federation.

ИЗОТОПНО-ПОЧВЕННЫЙ МЕТОД И ЕГО МОДИФИКАЦИИ ПРИ ПОИСКАХ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

А.Е. Бахур, А.В. Стародубов, Д.М. Зуев, А.В. Гулынин,
Т.М. Овсянникова, Л.И. Мануилова

ФГУП «ВИМС», Москва, Россия, lab@u238.ru

Изотопно-почвенный метод (ИПМ) разработан в 1980-1986 Лабораторией изотопных методов анализа ВИМСа [3, 6, 8, 9]. В 1984 году на метод было получено Авторское свидетельство на изобретение [8].

ИПМ позволяет выявлять глубокозалегающие урановые руды, локализовывать наиболее перспективные участки под горно-буровые работы, осуществлять разбраковку радиометрических и радиогидрогеологических аномалий, трассировать зоны эманулирующих тектонических нарушений.

Сущность ИПМ заключается в опробовании представительного иллювиального горизонта «В» почвы, количественном измерении удельных активностей ^{210}Po и ^{210}Pb (приведенных к моменту отбора), выявлении аномальных соотношений $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ (изотопный параметр ИП) в пределах участков, аномальных по содержаниям этих радионуклидов (мультипликативный параметр МП = $^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$).

Совпадающие аномалии ИП и МП являются признаком присутствия на глубине уранового оруденения.

Глубина отбора составляет не менее 30-40 см от дневной поверхности, чтобы исключить мешающее влияние ^{210}Po и ^{210}Pb , поступающих из атмосферы в результате распада ^{222}Rn и техногенного загрязнения [5].

Формирование аномальных ореолов радиоактивных изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb в иллювиальном горизонте почв происходит за счет двух основных механизмов:

1. В результате накопления ^{210}Po ($T_{1/2} = 138,4$ суток) и ^{210}Pb ($T_{1/2} = 21,3$ года) из короткоживущего газообразного ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3,82$ суток), постоянно поступающего из глубины к поверхности по ослабленным зонам перекрывающих толщ. Этот стационарный восходящий газовый поток на всем своем пути многие годы поддерживает процесс образования и накопления долгоживущих продуктов распада (^{210}Po и ^{210}Pb) в минеральных фазах с высокой сорбционной ёмкостью, в том числе и в иллювиальном горизонте «В» почвы. В этом случае образуются повышенные или аномальные концентрации ^{210}Po и ^{210}Pb , но при фоновых значениях соотношения

между ними ($^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb} \sim 1$). Таким образом, этот механизм формирует аномалии мультипликативного параметра (МП), обусловленные особенностями тектонического строения района, проницаемостью перекрывающих толщ. Аномалии могут быть как рудные, так и безрудные, являясь по существу экспозиционным аналогом эманационного метода, но с гораздо более высокой степенью осреднения потоков радона во времени (5 – 10 лет).

2. В результате самостоятельной миграции ^{210}Po и ^{210}Pb от мощного глубокозалегающего источника при наличии таких благоприятных факторов, как напорные подземные воды, гидравлическая взаимосвязь водоносных горизонтов, высокие коэффициенты фильтрации и капиллярно-диффузионного переноса, и других. При этом в силу радиационно-физических и геохимических особенностей происходит преимущественное выщелачивание подземными водами ^{210}Po по отношению к ^{210}Pb , и формирование ореола как аномальных концентраций (МП), так и аномально высоких изотопных соотношений (ИП > 1). Образование таких совпадающих аномалий ИП и МП возможно лишь в случае наличия крупного источника продуктов распада ^{238}U на глубине, то есть уранового рудного тела.

Аномалии ИП при фоновых значениях МП не являются информативными, так как обусловлены в большинстве случаев высокой погрешностью определения радионуклидов при их небольших содержаниях в пределах фоновых полей.

В зависимости от сочетания климатических и геологических условий, влияющих на условия миграции этих радионуклидов от рудного тела, подтвержденная глубинность изотопно-почвенного метода составляет до 350 метров.

В 80-е годы прошлого столетия ИПМ прошел широкую опытно-методическую апробацию на урановых объектах различных регионов: Украинского кристаллического щита (Юрьевское, Северинское, Лесное и др.), Витимского урановорудного района (Хиагдинское), Алданского щита (Северное), Адниконского поднятия (участок Крутой), Атасу-Моинтимского поднятия (Гранитное) и многих других [3, 6].

В эти же годы ИПМ был внедрен в экспедиционные лаборатории Кировского и Таежного ПГО и активно использовался для оценки поисковых площадей до конца 80-х годов.

Впоследствии метод был модернизирован в методическом плане и адаптирован под современную измерительную аппаратуру (низкофоновые альфа- бета- счетчики УМФ-2000, Berthold LB-770) [1, 2].

В обновлённом виде в 2002 - 2008 годах он был опробован на сложных для выявления урановых объектах типа «несогласия» и гидрогенного типа (захороненные палеодолины): в Карелии [4], Балковском (Калмыкия), Хохловском (Курганская область) и в Витимском урановорудном районе (Бурятия).

Для расширения сферы применения изотопно-почвенного метода за счёт объектов с плохо развитым почвенным слоем, а так же для повышения его эффективности и достоверности, нами апробированы различные модификации изотопно-почвенного метода и радиобиогеохимический метод [7].

Существенным ограничением ИПМ (в варианте $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$) является время от отбора пробы до ее измерения. Из-за относительно небольшого периода полураспада происходит постепенный распад избыточных по отношению к ^{210}Pb количеств ^{210}Po , формирующих аномалии ИП, и они со временем «угасают», так как ^{210}Po приходит в итоге в состояние радиоактивного равновесия с ^{210}Pb .

Нами было установлено, что в опробуемом почвенном горизонте над известными рудными телами палеодолинного типа формируются аномально высокие значения изотопного соотношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (от 2 до 4). Вероятно, это связано с более высокой миграционной способностью легкого изотопа урана (^{234}U) по сравнению с ^{238}U .

При использовании метода водных вытяжек подвижных форм урана полезный сигнал $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в этих пробах возрастает до 6. При этом типичное соотношение между ^{234}U и ^{238}U в почвах с заведомо фоновых участков профилей близко к ~ 1.

При поисках глубокозалегающего уранового оруденения в горно-таёжных и таёжно-мерзлотных районах радиобиогеохимический (флорометаллометрический) метод является очень перспективным, так как проблема с выбором представительного сорбирующего почвенного горизонта в этих условиях зачастую проблематична. По полученным нами данным [7] наилучшим растением-накопителем ^{210}Po является береза карликовая (*Betula pana*), что связано со способностью к поглощению этим растением селена (Se), биогенного аналога полония. В среднем активность ^{210}Po в карликовой березе (воздушно-сухая масса) в 8 раз выше, чем в почве, на которой она произрастает.

Для ^{210}Pb наиболее мощным растением-накопителем среди опробованных нами является багульник болотный (*Lédum palustre* L.): среднее значение коэффициента биологического поглощения для него составило 13.

Для изотопов урана значения коэффициента биологического поглощения больше 1 были обнаружены лишь в низших формах растительности - мхах и лишайниках.

Высшие формы растений накапливают уран слабо, с коэффициентами биологического поглощения $n \times 10^{-2} - n \times 10^{-3}$.

Из исследованных нами растительных форм наибольший практический интерес для поисков урановых руд в Витимском районе представляет берёза карликовая. Активность ^{210}Po и ^{210}Pb в багульнике и низших растениях не показывает достоверной корреляции с проекциями на дневную поверхность известных рудных тел.

Вероятно, это связано с преимущественными путями поступления радионуклидов в эти растения: аэральный для ^{210}Pb в багульник болотный, аэральный для ^{210}Po и ^{210}Pb во мхи и лишайники, непосредственно из субстрата для ^{234}U и ^{238}U во мхи и лишайники.

Аналитические определения ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{234}U и ^{238}U , суммарной α - и β -активности в пробах почв, грунтов, растений, природных вод выполнялись нами по собственным методикам выполнения измерений, аттестованным Госстандартом РФ [1, 2], с применением высокочувствительной аппаратуры (низкофоновый α - β -счётчик Berthold LB-770 с газопоточными пропорциональными детекторами, α -спектрометр OrtecOctete/Осрpl-U0600-PPS230 с полупроводниковыми детекторами, УМФ-2000 и др.).

В настоящее время ФГУП «ВИМС» совместно с ФГУП БФ Сосновгеология используют ИПМ при поисковых работах на месторождениях палеодолинного типа (Витимский урановорудный район), вулканогенно-осадочного типа (Акитканский участок), и совместно с ОАО «СосновГео» - на месторождении типа несогласия (участок Ничатка).

На поисковых участках этих объектов изотопно-почвенный метод показывает высокую эффективность при обнаружении и локализации уранового оруденения.

Даже в условиях, где традиционный поисковый метод выявления «слепых» рудных тел (САН – способ активного налета) неэффективен из-за изолирующего влияния перекрывающих базальтов и вечной мерзлоты, ИПМ способен зафиксировать «сигнал» от рудного тела на поверхности (рисунок 1).

Рис. 1. Пример использования ИПМ при поисках месторождений урана в захороненных палеодолинах. А - мультипликативный показатель МП ($^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$); Б - изотопный показатель ИП ($^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$). 1- граниты; 2- базальты; 3- туфогенно-осадочная толща; 4- тектонические нарушения; 5- рудное тело.

На рисунке 2 представлен пример применения ИПМ на объекте вулканогенно-

осадочного типа (участок Парусный, Ачиткан, 2007 г.). Специфика этой площади в том, что руды здесь локализованы достаточно близко к поверхности, поэтому изотопы ^{210}Po , ^{210}Pb не успевают фракционироваться, поэтому образуют аномальный ореол лишь по параметру МП. Тем не менее, они совпадают с проекцией известных рудных тел на дневную поверхность.

Рис. 2. Пример использования ИПМ при поисках месторождений урана вулканогенно-осадочного типа. А- мультипликативный показатель МП ($^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$); Б- рудные тела.

На участке Деканда (объект Ничатка) в 2007 году методом ИПМ был пройден разведочный профиль длиной 4 км (170 точек отбора). После лабораторных исследований почвенных проб и обработки результатов была выделена мощная аномалия в районе скважины № 701, которая сопровождается аномалиями ^{222}Rn (методы САН - способ активного налета и ЭТМ - эманационно-трековый метод).

Бурением установлено наличие уранового рудного тела на глубине около 100 метров (рисунок 3).

Рис. 3. Пример использования ИПМ при поисках месторождений урана типа несогласия. А- мультипликативный показатель МП ($^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$); Б- вскрытое бурением рудное тело.

В настоящее время ИПМ и его модификации предлагаются нами для поисковых и поисково-оценочных работ на уран.

К сожалению, на основании только данных ИПМ мы пока не можем достоверно судить о качестве или масштабах оруденения. В связи с этим предполагается дальнейшее совершенствование метода и расширение его возможностей за счет использования новых радиоизотопных признаков, комплексирования с методами структурной геофизики.

Литература

1. Бахур А.Е. и др. Методика выполнения измерений удельной активности ^{210}Po и ^{210}Pb в пробах почв альфа- бета- радиометрическим методом с радиохимической подготовкой. Свидетельство Госстандарта РФ № 49090.3Н621; Свидетельство НСАМ № 431-ЯФ, Москва, ВИМС.
2. Бахур А.Е. и др. Методика выполнения измерений удельной активности изотопов ^{234}U и ^{238}U в почвах, грунтах, горных породах и строительных материалах на их основе альфа- спектрометрическим методом с радиохимическим выделением / Свидетельство Госстандарта РФ № 49090.3Н627; Свидетельство НСАМ № 433-ЯФ, Москва, ВИМС.
3. Бахур А.Е. Научно-методические основы радиоэкологической оценки геологической среды: Диссертация на соискание ученой степени доктора геол.-мин. наук / - М. , ФГУП «ВИМС», 2008. - 297 с.
4. Бахур А.Е., Малышев В.И., Мануилова Л.И. Результаты опытно-методических работ изотопно-почвенным методом на участке месторождения Карку / Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов // Информационный сборник КНТС № 146. – М.: ВИМС, 2004.
5. Бахур А.Е., Мануилова Л.И., Овсянникова Т.М. Po-210 и Pb-210 в объектах окружающей среды. Методы определения. // АНРИ. – 2009. – № 1 (56).
6. Бахур А.Е., Малышев В.И., Салмин Ю.П., Машковцев Г.А. Изотопия радиоактивных элементов при поисках месторождений урана // Российский геофизический журнал. – 1999. – № 15-16.
7. Иванова Т.М., Бахур А.Е., Мануилова Л.И. и др. Радиобиогеохимические методы поисков урана: перспективы развития // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 6.
8. Малышев В.И., Соколова З.А., Бахур А.Е. и др. Способ поисков месторождений / Авторское Свидетельство СССР № 215783 с приоритетом от 23.04.84 г. – 1984.
9. Малышев В.И., Соколова З.А., Салмин Ю.П. и др. Способ оценки радиогидрогеологических аномалий / Авторское Свидетельство СССР № 182502 с приоритетом от 06.10.81 г. – 1982