

## РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ФЛЮИДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРАДИОАКТИВНОГО СЫРЬЯ

**И.С. Соболев**

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия*

В статье обсуждаются вопросы использования радиоактивных элементов при картировании ореолов гидротермально-метасоматических изменений пород, происходящих в результате деятельности флюидогенных систем при формировании месторождений нерадиоактивных руд и нефтегазовых скоплений.

*радиоактивные элементы, флюидогенные системы, гидротермально-метасоматические изменения, месторождения нерадиоактивных руд, залежи нефти и газа*

## RADIOACTIVE ELEMENTS AS INDICATORS OF FLUIDGENE DEPOSITS OF NONRADIOACTIVE RAW

**I.S. Sobolev**

The report represents issues of the radioactive elements use in the mapping of halos of hydrothermal-metasomatic changes in rocks, occurring as a result of fluid systems activity during the formation of deposits of nonradioactive ores and oil-gas accumulations.

*radioactive elements, fluid systems, hydrothermal-metasomatic changes, deposits of nonradioactive ores, oil and gas deposits*

Благодаря геохимическим различиям калия, урана и тория, а также наличия высокочувствительных лабораторных и полевых средств определения их концентраций в природных образованиях, радиоактивные элементы широко используются при изучении разнообразных геологических процессов, особенно таких, где основным агентом массопереноса вещества является флюид/парогазовая смесь (водный раствор, насыщенный газовыми компонентами). Традиционно под флюидогенными месторождениями понимают промышленно значимые рудные концентрации, сформировавшиеся в результате гидротермально-метасоматических процессов. В последние два десятилетия активно развивается теория флюидодинамического нефтегазообразования, в какой-то мере являющаяся компромиссом представлений о биогенном и абиогенном происхождении нефти и газа [6, 19 и др.]. В учении о нафторудогенезе большая роль при формировании рудных месторождений и нефтегазовых залежей отводится флюидодинамическим системам и связанными с ними агрессивными флюидами [1, 4, 18 и др.]. Установлены минералого-геохимические признаки непосредственного участия в процессах нефтегазообразования флюидов, продуцируемых эндогенными структурами глубинного заложения [3, 7 и др.].

Примечательно, что в историческом аспекте наличие радиоактивных аномалий было отмечено в первую очередь на тех месторождениях нерадиоактивного сырья, возникновение которых прямо или опосредованно связано с деятельностью флюидогенных систем. К таким данным относится информация о результатах изучения радиоактивных эманаций на

нефтяных месторождениях Майкопское в Республике Адыгея [2] и Cordele в штате Техас [30], на гидротермальных месторождениях золота и меди в Канаде [25].

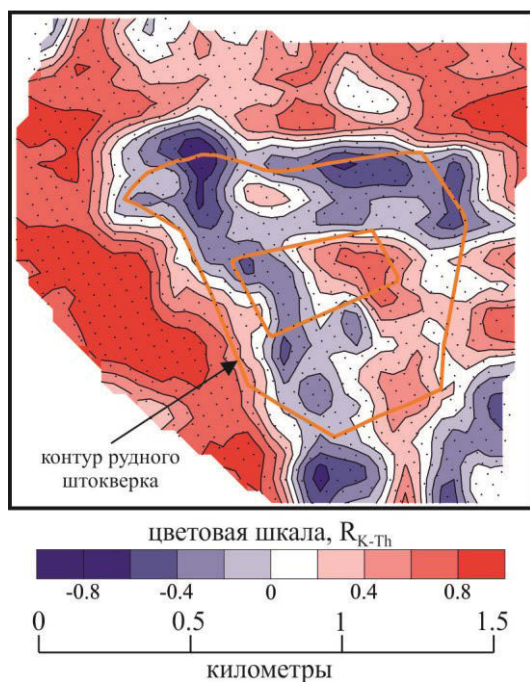
В настоящий момент имеется обширная информация об индикаторной способности радиоактивных элементов при поисках областей гидротермально-метасоматического воздействия флюидогенных систем в пределах эндогенных, метаморфогенных и экзогенных геологических образований. При этом для рудных месторождений продукты калиевого метасоматоза в основном ассоциируют с месторождениями халькофильных элементов. Для ряда месторождений литофильных металлов гидротермально-метасоматические процессы сопровождаются образованием минералов, преимущественно концентрирующих торий [11, 13, 15, 20, 24 и др.]. Для осадочных пород приповерхностного горизонта в контуре нефтегазоносности отмечается рост содержания калия, связанный с формированием иллита, а также вынос урана и возникновение кольцевой аномалии с его повышенным содержанием в зоне влияния водоуглеродного контакта [5, 10, 29 и др.].

Нередко из-за маскирующего влияния группы геологических факторов не столько уровни накопления радиоактивных элементов являются признаками проявления нерадиоактивного сырья, сколько характеристики рассеяния и особенности их соотношений. В качестве показателей состояния радиогеохимического баланса в горных породах часто используются  $K/Th$ ,  $Th/U$  и  $U/K$  отношения, отражающие различную подвижность радиоактивных элементов в геологических процессах. Однако, значения этих радиогеохимических критериев, в том числе, зависят и от типа горных пород, их минерального состава, возраста, уровня эрозионного среза и других геологических особенностей. Как следствие, диапазоны изменения соотношений между радиоактивными элементами в зонах проявления флюидогенной деятельности нередко взаимно перекрываются с интервалом варьирования этих же показателей в неизменных горных породах. Существуют варианты обработки гамма-спектрометрических данных, направленные на анализ особенностей трехмерного изменения концентраций радионуклидов ( $K - Th - U$ ), что позволяет получать более «тонкую» радиогеохимическую информацию. К таким приемам и расчетным показателям можно отнести: фильтрацию данных с определением доминант радиоактивных элементов в общем  $\gamma$  – излучении [11]; радиогеохимический показатель DRAD, представляющий собой разницу между отклонениями содержаний  $U$  и  $K$  от их фоновых значений, нормированных на торий [28]; оптический синтез в виде трех цветовых моделей [26, 27].

Собственный многолетний опыт радиогеохимических поисков углеводородных залежей и гидротермальных месторождений позволяет говорить о том, что весьма информативными признаками искомых объектов являются характеристики взаимных корреляционных связей и дисперсии распределения концентраций ЕРЭ. На индикаторную роль этих статистических показателей указывалось достаточно давно. Так, Ф.П. Кренделев с соавторами отмечал, что дисперсию в распределении содержания радиоактивных элементов можно рассматривать как реальную меру вероятности появления рудных концентраций [14]. Ослабление корреляционных взаимосвязей радиоактивных элементов в ореолах развития

гидротермальных пород отмечалось для многих гидротермальных месторождений различного температурного диапазона образования [12, 13].

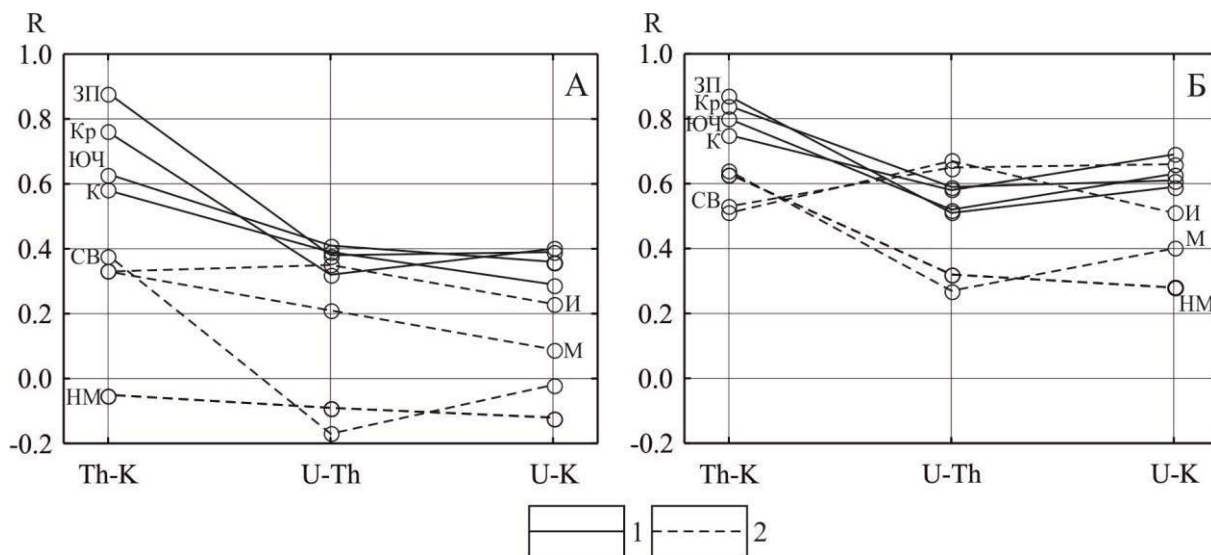
В настоящее время этим статистическим характеристикам радиогеохимического поля, на наш взгляд, уделяется недостаточно внимания. Накопленный эмпирический материал гамма-спектрометрических исследований при поисках флюидогенных месторождений в различных физико-геологических условиях Западной и Средней Сибири демонстрирует высокую поисковую устойчивость и информативность дисперсионной и корреляционной характеристик особенностей распределения ЕРЭ. В частности, флюидодинамическим влиянием глубинных эндогенных структур логично объясняется возникновение аномальных корреляционных ореолов, контролирующих пространственное положение урановорудных объектов различного ранга в горно-складчатых и платформенных областях [8], на медно-порфировых и золоторудных гидротермальных месторождениях (рис. 1). Постоянство, с которым фиксируются корреляционные аномалии в поверхностных отложениях над нефтегазовыми скоплениями [16, 17] и нефтегазоносными районами [9], приближает возникновение этого радиогеохимического эффекта к уровню закономерности (рис. 2).



**Рис. 1. План изолиний ранговой корреляции калия и тория в пределах Cu-Mo порфирового месторождения Аксуг, Республика Тува (по данным наземной гамма-спектрометрии).**

Дисперсионные ореолы распределения радиоактивных элементов, контролирующие структуры и зоны повышенной проницаемости, по которым осуществляется миграция флюидов, целесообразно выявлять по значениям локальных компонент их полей содержания. Вычитание из исходных полей содержания ЕРЭ индивидуальных компонент, полученных посредством низкочастотной фильтрации, позволяет в значимой степени ослабить влияние группы мешающих факторов приповерхностного строения территорий. Реализуемый алгоритм оценки неоднородности распределения радиоэлементов включает корреляционный анализ. Его проведение необходимо для оценки синхронности или антагонизма поведения радиоактивных элементов, а это особенно важно при поисках рудных гидротермальных месторождений. Исходя из характера взаимосвязей между

радиоэлементами в пределах дисперсионных аномалий, принимается решение о суммировании или раздельном изучении особенностей локализации локальных аномалий распределения ЕРЭ. Важность этого момента заключается в том, что для ореолов гидротермально измененных пород небольших по запасам рудных объектов часто отмечается аномальное усиление корреляционных связей между радионуклидами. Это связано с небольшой мощностью гидротермально-метасоматических зон и смешиванием слагающих их минералов в продуктах коры выветривания.



**Рис. 2. Графики средних значений ранговой корреляция между естественными радиоактивными элементами в областях эпигенетического влияния залежей углеводородов (А) и фоновых (Б) частях территорий (данные И.С. Соболева и В.П. Меркулова).**

1 – нефтеносные площади; 2 – газоносные площади; ЗП – Западно-Полуденная (ХМАО); Кр – Крапивинская (Томская обл.); ЮЧ – Южно-Черемшанское (Томская обл.); К – Колотушная (Томская обл.); СВ – Северо-Васюганская; И – Имбинская (Красноярский край); М – Мыльджинская (Томская обл.); НМ – Ново-Михайловская (Республика Хакасия).

Таким образом, радиоактивные элементы являются достаточно надежным индикатором при поисках флюидогенных месторождений нерадиоактивного сырья. Главным отличиями особенностей проявления нефтегазовых скоплений и рудных гидротермальных месторождений являются контрастность изменения содержаний радиоактивных элементов и морфотип радиогеохимических аномалий. В случае рудообразования важна высокая проницаемость и открытость флюидогенных систем, отсюда преимущественно сплошной тип геохимических (радиогеохимических) аномалий. Для локализаций промышленных скоплений нефти и газа одним из необходимых условий является наличие региональных и локальных флюидоупоров. Как следствие, возникновение кольцевых радиогеохимических аномалий на периферии контуров нефтегазоносных объектов различного ранга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аплонов С.В., Лебедев Б.А. Нафторудогенез: пространственные и временные соотношения гигантских месторождений. М.: Научный мир, 2010. 224 с.
2. Богоявленский Л.Н. Радиометрическая разведка нефти // Известия Института прикладной геофизики ВСНХ СССР, 1927. Вып. 3. С. 113–123.
3. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Галуев В.И. и др. Глубинные структурно-тектонические неоднородности земной коры и возможные процессы, связанные с нефтегазообразованием и нефтегазонакоплением (геохимический аспект) // Отечественная геология, 2012. № 2. С. 3–14.
4. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. Л.: Недра, 1992. 239 с.
5. Литогеохимические исследования при поисках месторождений нефти и газа / Под ред. О.Л. Кузнецова. М.: Недра, 1987. 184 с.
6. Лукин А.Е., Шумлянский В.А., Дьяченко Г.И. и др. Проблемы холодной дегазации Земли. Киев: Изд-во: ИФИ Укр. научн. ассоц., 1994. 80 с.
7. Лукин А.Е. Самородно-металлические микро- и нановключения в формация нефтегазоносных бассейнов – трассеры суперглубинных флюидов // Геофизический журнал, 2009. Т. 31. № 2. С. 61–91.
8. Лященко Н.Г. Урановые рудообразующие системы // Разведка и охрана недр, 2010. № 1. С. 25–31.
9. Лященко Н.Г., Махнач Е.Н., Тригубович Г.М. и др. Результаты интерпретации материалов аэрогамма-спектрометрической съемки в южной части Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2010. № 2. С. 39–48.
10. Малюшко Л.Д., Коробов Ю.И., Ларичев А.И. Метод ДГМ (диагностики генезиса минералов) – эффективный физико-химический способ локального прогноза залежей УВ при прямых поисках нефти и газа // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2006. № 7. С. 45–50.
11. Островский Э.Я. Радиоактивные аномалии как индикаторы рудного процесса // Доклады АН СССР, 1975. Т. 221. № 1. С. 201–204.
12. Портнов А.М. О геохимической связи калия и тория в изверженных породах и околорудных метасоматитах // Доклады АН СССР, 1978. Т. 239. № 6. С. 1441–1444.
13. Портнов А.М. Радиогеохимический поиск руды // Природа, 1984. № 5. С. 99–105.
14. Радиогеохимические ореолы в золоторудных полях Западного Узбекистана (по данным гамма-спектрометрии) / Под ред. Ф.П. Кренделева. Новосибирск: Недра, 1976. 52 с.
15. Рихванов Л.П. Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований (на примере Алтае-Саянской складчатой области). Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. 536 с.
16. Соболев И.С., Рихванов Л.П., Лященко Н.Г. и др. Прогнозирование и поиски месторождений нефти и газа радиогеохимическими методами // Геология нефти и газа, 1999. № 7-8. С. 19–24.

17. Соболев И.С., Рихванов Л.П. Гамма-спектрометрические исследования поверхностных отложений нефтегазоносных площадей Западной и Средней Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2009. № 5. С. 31–37.
18. Соколов Б.А., Старостин В.И. Флюидодинамические системы рудо- и нефтеобразования // Вестник МГУ. сер. геол., 1993. № 3. С. 48–56.
19. Соколов Б.А., Абля Э.А. Флюидодинамическая модель нефтегазообразования. – М.: Изд-во: Геос, 1999. 76 с.
20. Davis J.D., Guilbert, J.M. Distribution of the radioelements potassium, uranium and thorium selected porphyry copper deposits // Economic Geology, 1973. V. 68. № 2. P. 145–160.
24. Dickson B.L., Scott K.M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors // AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 1997. V. 17. № 2. P. 187–200.
25. Gross W.H. Radioactivity as a guide to ore // Economic Geology, 1952. V. 47. № 7. P. 722–742.
26. Irvine R.J., Robertson, I. Interpretation of airborne geophysical data over Ok Tedi porphyry copper – gold ore body using image processing techniques / Ext. abstr. 5th A.S.E.G. Conference Exploration Geophysics, 1987. № 18. P. 103–107.
27. Milligan P.R., Gunn P.J. Enhancement and presentation of airborne geophysical data // AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 1997. V. 17. № 2. P. 63–75.
28. Saunders D.F., Burson K.R., Branch J.F. et al. Relation of thorium – normalized surface and aerial radiometric data to subsurface petroleum accumulations / Radiometric surveys in petroleum exploration: Association of Petroleum Geochemical Explorationists, 1995, Special Publication. № 3. P. 96–110.
29. Sikka D.B., Shives R.B.K. Radiometric surveys of the Redwater oil field, Alberta: Early surface exploration case history suggest mechanism for the development of hydrocarbon – related geochemical anomalies / Applications of geochemistry, magnetics, and remote sensing, D. Shumacher and L.A. LeSchak, eds., AAPG Studies in Geology, № 48 and SEG Geophysical References Series, № 11, 2002. P. 243–297.
30. Stoehart R.A. Radioactivity determinations set production delimitations // Oil Weekly, 1942. VI. 108. № 5. P. 19–21.