

УДК 550.83

## ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДНЫХ ЗОН ЭКЗОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Романов А.М.

*ТОО «Научно-производственный центр «Разведка, добыча, переработка полезных ископаемых» (021501, Республика Казахстан, Степногорск, 1 м-р, д.30, каб.27), e-mail: ramix06@mail.ru*

Из практики поиска экзогенных месторождений урана предполагается низкая возможность использования методов общей геофизики при выделении рудовмещающих структур. Предположение проверено на основе сопоставления данных гамма- и электрокаротажа разведочных скважин. Сопоставление выполнено по трем выборкам: общей, безрудной и рудной. Выполнена оценка статистической значимости связей этих данных. В безрудных зонах связь кажущегося сопротивления и уровня мощности дозы гамма-излучения значима отрицательная, что обусловлено соответствующим различием песков и глин. В рудных зонах экзогенных месторождений эта связь прямая, значимая. Отмечена приуроченность уранового оруденения к участкам повышенного кажущегося электрического сопротивления. Повышение сопротивления обусловлено заполнением пор горных пород карбонатом кальция и кварцем в рудных зонах. Эта особенность определяет возможность использования электроразведки методами кажущегося сопротивления при поисках экзогенных месторождений урана.

Ключевые слова: электрическое сопротивление, рудовмещающая структура, минерализация, полезные ископаемые, уран.

## PHYSICO-GEOLOGICAL FEATURES OF THE ORE ZONES EXOGENOUS URANIUM DEPOSITS

Romanov A.M.

*LLP «Research and production center «Exploration, production, processing of mineral resources», Kazakhstan, (021501, Stepnogorsk, 1 m-r, h.30, k. 27), e-mail: ramix06@mail.ru*

The practice of search of exogenous deposits of uranium is expected low ability to use methods of common geophysics in the allocation of ore bearing structures. Assumption is tested on the basis of comparison of data of gamma and electrical exploration wells. The comparison is on three samples: total, without ore and ore. The estimation had statistical significance of the links for these data. Without ore areas of communication apparent resistivity and dose rate level of gamma-radiation significant negative. That is caused by the difference of sands and clays. This link is direct, significant in the ore zones of exogenous deposits. Uranium mineralization placed to areas of high apparent electrical resistance. Calcium carbonate and quartz is filling pores of rocks in the ore zones. It produces increasing resistance of rocks. This feature determines the possibility of the use of electrical exploration methods of apparent resistivity in search of exogenous deposits of uranium.

Keywords: electrical resistance, ore-bearing structure, mineralization, minerals, uranium.

К настоящему времени главным поставщиком уранового сырья являются экзогенные месторождения. В них сосредоточена большая часть запасов урана. Рентабельность добычи – наибольшая.

Интенсивная отработка имеющихся месторождений ставит задачу открытия новых промышленно значимых объектов. Основные методы поиска: бурение скважин с отбором керновых и водных проб на последующее радиохимическое исследование. По скважинам выполняется гамма и нейтронный каротаж. Кроме того, в комплекс исследований скважин входит электрокаротаж методами кажущегося электрического сопротивления и собственных потенциалов. В обязательном порядке производятся гидрогеологические исследования скважин.

Из практики исследований полагается, что полевые методы общей геофизики не оказывают существенной помощи при выделении рудовмещающих структур. Значимость методов гравиразведки, магниторазведки и электроразведки при выделении участков, перспективных на обнаружение уранового оруденения, не определена. Представляется необходимым рассмотреть справедливость этого положения.

Согласно рассмотрению обобщенных данных [4,5], урановые руды экзогенных месторождений преимущественно развиты в среднезернистых песках. Оруденелые отложения от безрудных макроскопически не отличаются. И те и другие представлены полевошпат-кварцевыми, реже слюдисто-полевошпат-кварцевыми песками.

Обломочный материал, как в рудных, так и в нерудных песчаных и гравийно-песчаных отложениях разной степени окатанности представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками кремнистых и кислых вулканических пород, небольшим количеством слюды (мусковит, биотит), фрагментами обугленного растительного детрита.

Акцессорные минералы для всех литолого-фильтрационных типов пород одинаковы и представлены: ильменитом, лейкоксенизированным ильменитом, турмалином, ставролитом, гранатом, эпидотом, андалузитом, апатитом, дистеном, цирконом, рутилом. От общей массы породы тяжелая фракция составляет 0,1–1,7 %.

Аутигенная минерализация выполнена пиритом (марказитом), кальцитом, сидеритом, гетитом, гидрогетитом, самородным селеном, сфалеритом, хлоритом в оруденелых песках. Кроме перечисленных минералов, присутствуют настуран и коффинит.

Цементация рудных песков слабая, поровый наполнитель как в рудных, так и в нерудных отложениях представлен глинисто-алевритовым материалом полимиктового состава. Его объем 11–27 % от общей массы породы.

Содержание органического вещества обычно не превышает содержание урана. Т.е. органическое вещество не относится к осадителям урана из рудоносных растворов. Значения окислительно-восстановительного потенциалов подавляющего большинства сульфидных минералов недостаточны для восстановления урана из растворов до нерастворимого состояния [1]. Исключение – мельниковит. Но он встречается очень редко, и его наличие не может являться поисковым признаком.

Приведенные сведения предполагают отсутствие геологического обоснования для применения методов общей геофизики при выделении рудовмещающих зон. Проверка этого предположения выполнена путем статистического исследования взаимосвязей данных гамма и электрокаротажа методом кажущегося сопротивления на примере экзогенного месторождения урана Шу-Сарысуйской депрессии [3].

По ряду произвольно взятых рудных скважин сформированы три выборки – общая,

безрудная и рудная. Для каждой скважины по выборкам определены коэффициенты корреляции между значениями КС и логарифмом значений ГК (столбцы 2, 3 и 4 таблицы 1).

Для выборок общей и безрудной все коэффициенты корреляции оказались отрицательными, значимыми. Причина – преимущественно низкое удельное электрическое сопротивление и повышенная удельная активность гамма-излучения глин относительно песков. По рудной выборке абсолютная величина коэффициентов корреляции резко понижена: для 8 скважин из 28 коэффициенты корреляции ГК и КС на интервалах рудных зон – положительные, по двум – равны нулю, остальные – отрицательные, не достигающие уровня значимости.

Таким образом, различие взаимосвязей удельного электрического сопротивления и удельной активности гамма-излучения в рудных и безрудных выборках статистически значимо.

Согласно представлениям автора урановое оруденение преимущественно связано с участками высокого градиента удельного электрического сопротивления пород [2]. При одинаковой литологии сопротивление горных пород рудовмещающего участка в 3–10 раз превышает среднее сопротивление горных пород безрудных участков.

Выполнена оценка справедливости этого представления. Массивы значений таблицы 1 дополнены значениями максимумов активности гамма-излучения (столбец 5) и средними значениями кажущегося электрического сопротивления (столбец 6) рудных зон. Парный коэффициент корреляции последних значений (столбцы 5 и 6) оказался значимым, положительным (+0,78). Это указывает на существенную прямую связь между кажущимся электрическим сопротивлением горных пород и интенсивностью уранового оруденения. Т.е. взаимосвязи физических параметров рудных и безрудных выборок – существенно различаются.

Типичное взаимное распределение кажущегося электрического сопротивления и мощности дозы гамма излучения по рудным зонам приведено на рисунке 1.

**Таблица 1**

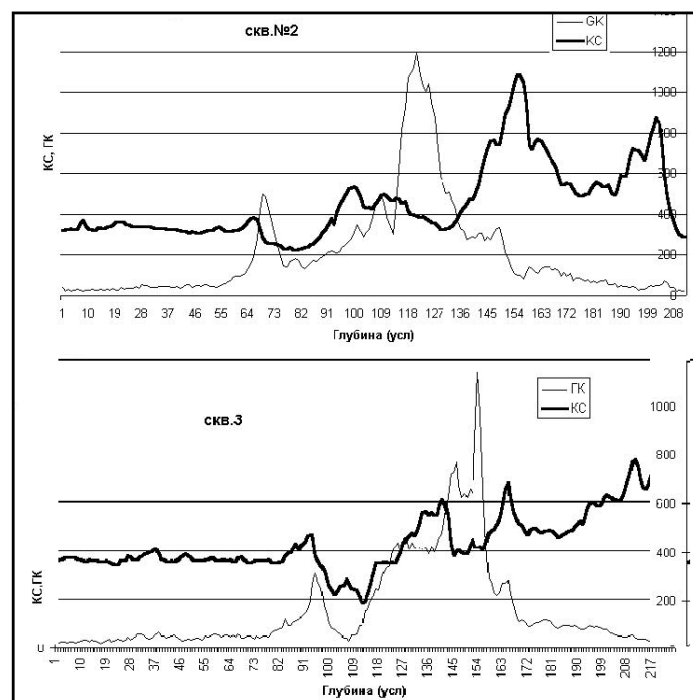
**Статистические характеристики распределений ГК и КС по экзогенному месторождению урана**

№ скв	Коэфф.корреляции и КС-ГК в целом по скважине	Коэфф. корр. КС-ГК по безрудной зоне	Коэфф.корр. КС-ГК по рудной зоне	Логарифм максимальн. значений ГК	Среднее по зоне повышенных значен. КС (Ом м)
1	2	3	4	5	6
464	-0,27	-0,45	+0,4	4,1	8,31
465	-0,4	-0,56	0	3,0	6,87
466	-0,26	-0,48	+0,54	3,5	7,28
467	-0,34	-0,64	+0,05	2,9	8,18

770	-0,36	-0,29	0	2,5	8,23
772	-0,48	-0,37	-0,3	2,2	9,4
857	-0,34	-0,23	-0,16	2,4	8,51
870	-0,39	-0,55	-0,28	3,0	8,79
873	-0,32	-0,37	-0,34	2,9	8,71
485	-0,38	-0,56	+0,34	3,2	10,02
486	-0,38	-0,23	-0,18	4,1	8,84
487	-0,34	-0,44	-0,22	2,4	9,63
628	-0,56	-0,4	-0,54	3,0	11,2
629	-0,46	-0,28	-0,32	3,3	20,18
630	-0,38	-0,38	-0,03	3,4	9,36
631	-0,38	-0,57	+0,47	3,5	9,68
632	-0,46	-0,48	-0,33	2,5	9,7
633	-0,36	-0,41	-0,11	3,1	9,06
921	-0,4	-0,12	-0,15	1,4	8,28
922	-0,47	-0,38	+0,61	1,3	8,53
923	-0,31	-0,37	+0,03	2,0	7,59
924	-0,35	-0,34	-0,37	1,4	7,03
925	-0,48	-0,33	-0,34	1,3	8,16
926	-0,33	-0,46	+0,41	1,2	8,12
927	-0,26	-0,4	-0,17	1,4	9,41
942	-0,24	-0,23	-0,3	2,4	8,58
943	-0,46	-0,35	-0,6	1,9	7,58
944	-0,11	-0,04	-0,21	2,6	7,64

Вышеизложенное послужило основанием для более тщательного рассмотрения геологических особенностей рудных зон. Наиболее вероятной причиной повышения кажущегося электрического сопротивления горных пород в рудных зонах является заполнение пор горных пород карбонатом кальция. Основание: согласно Лисицыну А.К. поток рудоносных растворов содержит растворимый гидрокарбонат кальция. После прохождения рудной зоны в растворах резко снижаются содержания не только рудного компонента, но и гидрокарбоната кальция.

Переход кальция в твердую фазу возможен только при изменении его химического соединения, а именно: растворимый  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  переходит в нерастворимый  $\text{CaCO}_3$ . Согласно данным канадских и американских геологов повышенные содержания кальцита отмечаются в пределах и на периферии рудных зон экзогенных месторождений урана.



**Рисунок 1. Типичные распределения гамма-активности (мкР/ч) и кажущегося электрического сопротивления ( $\rho=0,05$  Ом м) в рудных зонах экзогенных месторождений урана (по данным АО Волковгеология)**

Помимо кальция заполнение пор горных пород возможно и кварцем. Так, на участке одного из экзогенных месторождений урана установлены повышения активности гамма-излучения (до 0,6 мкЗв/ч), связанные с выходами на поверхность кварцитов. Удельное электрическое сопротивление этих кварцитов, согласно авторским исследованиям, составляет 2000–7000 Ом м.

Связь уранового оруденения с участками горных пород повышенного удельного электрического сопротивления является физико-геологической особенностью, обосновывающей возможность использования электроразведочных методов в специализированном комплексе геофизических методов при поисках экзогенных месторождений урана.

### Список литературы

1. Лисицын А.К. Гидрогеохимия рудообразования. М.: Недра, 1975. 248 с.
2. Романов А.М. Взаимодействие вод с горными породами. Алматы: ИВТ НАК «Казатомпром», 2003. 247 с.
3. Романов А.М., Романова М.А. Модификация физико-геологического представления о формировании эпигенетических месторождений урана. Екатеринбург: УИПП, 2013. 238 с.

4. Ружицкий В.В. Минералого-геохимические особенности уранового оруденения Северной Бетпакдалы // Материалы по геологии урановых месторождений: сб. Вып. 98. М.: ВИМС, 1986.
5. Справочник «Месторождения урана Казахстана» / Б. Р. Берикболов, Н. Н. Петров, В. Г. Карелин. Министерство геологии и охраны недр РК, Алматы, 1996. 218 с.

**Рецензенты:**

Сковородников И.Г., д.г.-м.н., профессор кафедры геофизики ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.

Голиков Ю.В., д.г.-м.н., профессор кафедры геофизики ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.

Лебедев В.И., д.г.-м.н., директор Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл.