

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ СВЯЗЫВАНИЯ УРАНА
С ПОГЛОЩАЮЩИМ КОМПЛЕКСОМ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ р. ЕНИСЕЯЮ.В. Каверзина, Л.Г. Бондарева,
В.В. Богданова, Н.В. Мазняк *

В работе исследовались формы связывания урана в донных отложениях р. Енисей. Формы нахождения урана были определены методом химического фракционирования. В каждой фракции уран определяли спектрофотометрическим методом с арсеназо III. Было найдено, что с поглощающим комплексом донных отложений р. Енисей уран образует преимущественно две формы связывания: полимерные пленки с гидроксидами и полуторными оксидами Fe и Al и с органической компонентой поглощающего комплекса. Общее содержание урана в образцах донных отложений составило 7.5 мкг/г и 8.0 мкг/г в первом и втором образцах соответственно.

Донные отложения и пойма реки Енисей содержат значительные количества радиоактивных изотопов техногенного происхождения, поступивших в виде отходов деятельности промышленного радиохимического комплекса Минатома РФ в экосистему, и вносят существенный вклад в уровень радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды. Поведение радиоизотопов в грунтах как ключевом связующем звене биогеоценоза остаются предметом пристального внимания для оценки радиоэкологической обстановки региона, которая характеризуется влиянием как непосредственного загрязнения, так и возможностью вторичного загрязнения. Возникновению вторичных источников загрязнения радиоактивными изотопами способствует изменение гидродинамических и биохимических условий внешней среды. Это приводит к увеличению площади их распространения.

В связи с этим возникает необходимость исследования форм связывания радионуклидов в донных отложениях и прочности их закрепления частицами грунта. Для этого важно учитывать ряд факторов. Прежде всего, это физико-химические особенности грунтов (в частности химический состав частиц почвенного поглощающего комплекса донных отложений), а также химические свойства радионуклидов (состояние и формы радионуклидов в их соединениях с частицами грунта) [1].

Целью данной работы явилось изучение форм связывания урана в донных отложениях р. Енисей.

Экспериментальная часть

В настоящее время существует большое количество химических, физико-химических и физических методов определения урана. Для контроля содержания и определения особенностей перераспределения радионуклидов в объектах окружающей среды часто используется высокочувствительный, достаточно селективный и наиболее доступный в приборном плане спектрофотометрический метод анализа с применением арсеназо III в качестве хелатообразующего реагента.

Формы нахождения урана были определены методом химического фракционирования [2, 3]. В каждой фракции уран определяли спектрофотометрическим методом с арсеназо III [4, 5]. При анализе использовался спектрофотометр СФ-49, измерения проводили при длине волны 670 нм, $l=5$ см, предел обнаружения урана 0,2 мг/л, ошибка определения $\pm 4\%$. Концентрации Fe(общ.), Mg^{2+} , Ca^{2+} определялись на спектрофотометре «Сатурн-2М» при длинах волн 248,3 нм, 285,2 нм и 422,9 нм соответственно, ошибка определения $\pm 2\%$. В анализе использовали реактивы классификации х.ч. и ч.д.а.

Образцы поверхностного слоя почвы поймы р. Енисей, отобранного вне промзоны Горно-химического комбината (с. Атаманово), были высушены до воздушно-сухого состояния при $t\sim 40^{\circ}C$. Из высушенных образцов, методом квартования, взяты пробы по 5 г. Результаты измерений приведены в таблице.

Содержание в исходных образцах грунта UO_2^{2+} составило 7.5 и 8.0 мкг/г в первом и втором, соответственно. Это значение коррелирует с данными, полученными ранее, и может быть отнесено к категории повышенного содержания. Интервал повышенного содержания 6-11 мкг/г [6]. Как видно из таблицы, значительная часть урана связана с органической компонентой (значения для I и II грунтов-одинаковы и составили 3.0 мкг/г) и фракцией, содержащей полуторные оксиды и гидроксиды (I-2.9 мкг/г, II-1.4 мкг/г). Большое содержание урана в органической фракции объясняется тем, что гуминовые вещества, входящие в органическую компоненту, имеют много различных функциональных групп, которые способствуют образованию прочных хелатных комплексов с ураном [7]. Высокое сродство урана к железу, его способность входить в состав полимерных гелеобразных пленок, состоящих из оксидов и гидроксидов Fe и Al, обуславливает образование сложных агрегатов, связывающих уран в донных отложениях. Это объясняет высокое содержание урана во фракции IV. Частично уран связывается с

* © Ю.В. Каверзина, В.В. Богданова, Красноярский государственный университет; Л.Г. Бондарева, ИБФ СО РАН, г. Красноярск; Н.В. Мазняк, ГУ НИИЦ «Кристалл», 2003.

Содержание макроэлементов и урана во фракциях поглощающего комплекса образцов донных отложений р. Енисея (n=3, P=0.95)

Вид фракции	Mg ²⁺ , мг/г		Ca ²⁺ , мг/г		Fe(общ), мг/г	
	I образец	II образец	I образец	II образец	I образец	II образец
I Водорастворимая	0.40±0.01	0.24±0.01	0.79±0.02	0.42±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01
II Обменная	1.98±0.01	2.23±0.04	7.5±0.1	9.0±0.1	<0.002	<0.002
III Карбонаты	0.76±0.01	0.67±0.01	1.69±0.03	1.77±0.03	0.19±0.01	0.12±0.01
IV Полуторные оксиды, гидроксиды	5.6±0.1	2.01±0.04	0.94±0.02	1.03±0.01	9.6±0.2	6.6±0.1
V Органическая	9.5±0.5	5.8±0.1	0.31±0.01	0.05±0.01	10.1±0.2	6.3±0.1
VI Аморфные силикаты	16.7±0.3	15.6±0.3	0.89±0.02	1.35±0.03	17.1±0.3	15.6±0.3
VII Нерастворившийся остаток	0.30±0.01	10.0±0.2	3.2±0.1	2.2±0.1	0.002	8.8±0.2
Исходное количество	35.2±0.2	36.5±0.1	15.32±0.04	15.81±0.06	37.0±0.2	37.5±0.4

карбонатами, образуя смешаннолигандные аква- и гидроксокарбонатные комплексы [8]. Меньше всего связывает уран фракция, состоящая из ионообменных комплексов (фракция III). Содержание урана в обменной фракции составило для первого образца 0.30 мкг/г, во втором не обнаружено. Отсутствие урана в первом образце донных отложений в водорастворимой фракции и относительно высокое содержание во втором образце (2.5 мкг/г), вероятно, можно объяснить конкурентностью соединений Ca^{2+} и Mg^{2+} по отношению к соединениям урана в способности к растворению в воде.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Общее содержание U в образцах донных отложений составило I-7.5 мкг/г, II-8.0 мкг/г.
2. С поглощающим комплексом донных отложений р. Енисей уран образует преимущественно две формы соединений:
 - а) полимерные пленки с гидроксидами и полуторными оксидами Fe и Al (I-2.9 мкг/г, II-1.4 мкг/г);
 - б) органической компонентой поглощающего комплекса (значения для I и II грунтов - одинаковы и составили 3.0 мкг/г).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлоцкая Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах/ Ф.И. Павлоцкая.-М.: Атомиздат, 1974.-216 с.
2. Klemt E. et al Deposition of artificial radionuclides in sediments of the river Yenisei//The 5th international conference on environmental radioactivity in the arctic and antarctic. St. Petersburg, Russia. 16-20 June, 2002. p 67-70
3. Bondareva L.G., Bolsunovsky A.Ya. A study of the interaction between artificial radionuclides and soil by the method of chemical fractionation//The 5th international conference on environmental radioactivity in the arctic and antarctic. St. Petersburg, Russia. 16-20 June, 2002. p 172-174
4. Rohwer H., Rheeder N., Hosten E. Interaction of uranium and thorium with arsenazo III in an aqueous medium.- Anal. Chim. Acta. 1997.- №341.-P. 263-268.
5. Определение редких и радиоактивных элементов в минеральном сырье/ Под ред. Г.В. Остроумова - М.: Недра, 1983. - С. 186
6. Ковалев В.П. Предотвращение неуправляемого распространения радионуклидов в окружающую среду/ В.П. Ковалев, С.В. Мельгунов, Ю.М. Пузанков.-Новосибирск: СО РАН НИЦ ОИГТМ, 1996.-162 с.
7. Шпак А.А. Физико-химия актиноидов/ А.А. Шпак, В.В. Трачевский, В.Л. Карбовский.-Киев: Академперіодика, 2002.-257 с.
8. Химия актиноидов/Под ред. Дж. Каца, Г. Сиборга, Л. Морса.-М.: Мир, 1991. - Т. 1.-525 с.

STUDYING FORMS OF LINKAGE OF URANIUM WITH ABSORBING COMPLEX OF SEDIMENTS OF THE YENISEI RIVER

**Yu.V. Kaverzina, L.G. Bondareva,
V.V. Bogdanova, N.V. Maznayk**

In work forms of linkage of uranium in absorbing complex of sediments of the Yenisei River were investigated. Forms of a finding of uranium were determined by the method chemical separation. In each fraction uranium was determined by the spectrophotometric method as the complex with arsenazo III. It was found, that with absorbing complex of sediments of the Yenisei River uranium forms mainly two kind of forms: polymeric a film with hydroxide and one-and-half oxide Fe(III) and Al(III), and with organic part of absorbing complex. The general contents of uranium in samples of absorbing complex of sediments were determined 7.5 mg/g and 8.0 mg/g in the first and second samples accordingly.