

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

11.5.83

2<sup>8</sup>/<sub>2</sub>-83

12-82-831

О.Д.Маслов, В.Чосновска

ФЛОТАЦИОННОЕ  
КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ  
С ГИДРООКИСЛАМИ ЖЕЛЕЗА  
ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ ТЕРМАЛЬНЫХ РАССОЛОВ  
ПОЛУОСТРОВА ЧЕЛЕКЕН

Направлено в журнал "Nukleonika"

1982

В работах <sup>1,2/</sup> сообщалось о концентрировании микроэлементов - возможных аналогов сверхтяжелых элементов - из термальных рассолов полуострова Челекен с помощью пенной флотации. В качестве поверхностно-активного вещества /ПАВ/ применялась желатина, которая является одновременно и коллектором твердой фазы и пенообразователем. Для получения потока газовых пузырьков использовали воздух <sup>1/</sup> и водород, образующийся на катоде при электролизе рассолов <sup>2/</sup>.

В процессе электролиза растворов происходит также электрокоагуляция осадков, электрофорез и т.д. <sup>3/</sup>. Если центром коагуляции частиц будет являться пузырек газа, выделяющегося, например, на катоде, то должен наблюдаться флотационный эффект. Этому способствует и электростатический эффект взаимодействия заряженных пузырьков газа и осадков. В таком случае необходимость применения ПАВ отпадает.

В настоящей статье приводятся результаты работы по концентрированию микроэлементов и их радиоактивных изотопов с гидроокислами железа методом флотации при электролизе термальных рассолов без применения ПАВ.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Радиоактивные изотопы, которые использовались в опытах, получали следующими способами: <sup>99</sup>Mo - путем облучения мишени из молибдена тормозным излучением микротрона ЛЯР МТ-22; <sup>186,188</sup>Ir, <sup>188,189</sup>Pt - облучением мишени из тантала ионами <sup>12</sup>C с энергией 110 МэВ на ускорителе У-200. Методика извлечения радиоизотопов, полученных на циклотроне многозарядных ионов, описана в работе <sup>1/</sup>. <sup>91</sup>Y, <sup>195</sup>Au, <sup>203</sup>Hg - продукция фирмы "Изотоп".

Отметчики вводили в челекенский рассол и выдерживали 24 часа для установления изотопного равновесия. Затем к раствору добавляли 40 мг/л Fe<sup>3+</sup> и с помощью едкого натра устанавливали определенное pH. Флотационное концентрирование микроэлементов при электролизе 50 мл раствора проводили в делительной воронке объемом 200 мл. Катод был выполнен в виде сетки из нержавеющей стали. Графитовый анод помещали в стеклянную трубку с целью отвода газов, выделяющихся на аноде при электролизе. Электролиз рассола проводили при катодной плотности тока, равной 0,014 А/см<sup>2</sup> в течение 1 мин. После электролиза смесь выдерживали 1 мин для удаления пузырьков газа, затем проводили разделение раствора и флотационного концентрата.

При использовании радионуклидов исходный раствор и раствор после флотационной обработки анализировали спектрометром  $\gamma$ -излучения с Ge(Li) детектором.

Кроме того, исследовали распределение цинка, мышьяка и свинца в процессе флотации. При этом в 50 мл раствора вводили по 50 мкг каждого элемента. Их содержание определяли во флотационном концентрате путем рентгенофлуоресцентного анализа.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью определения оптимальных условий флотационного концентрирования микроэлементов при электролизе раствора исследовали распределение иттрия в зависимости от катодной плотности тока и времени процесса при pH=6. Эти результаты показаны на рис.1. При  $I_k = 0,007 \div 0,014$  А/см<sup>2</sup> насыщение раствора катодным газом происходит за 20 с., флотационный концентрат образуется за 60 ÷ 70 с. Повышение  $I_k$  до 0,02 ÷ 0,028 А/см<sup>2</sup> приводит к насыщению раствора газом за 5 с., и образование флотационного концентрата завершается за 20 с. При этом итрий извлекается на 95%. Увеличение времени электролиза при повышенных плотностях тока уменьшает количество сфлотированного концентрата за счет интенсивного перемешивания смеси газовыми пузырьками. Для исследования процесса извлечения микроэлементов была выбрана  $I_k = 0,014$  А/см<sup>2</sup>, т.к. при этом проще поддерживать постоянные условия опыта. На рис.2 показано извлечение свинца из рассола во флотируемый осадок при pH=7 в зависимости от содержания железа в рассоле. Из представленных результатов была выбрана концентрация Fe<sup>3+</sup>, равная 40 мг/л. На рис.3-5 приведены зависимости извлечения элементов от pH раствора.

Железо. Начало образования гидроокислов железа наблюдается при pH=2,3 /рис.3/, что соответствует литературным данным <sup>4/</sup>.

100%-ное извлечение железа наблюдается при pH = 5,4, что превышает pH полного осаждения гидроокислов железа из морской воды на 1,4 единицы <sup>4/</sup>. Это можно объяснить влиянием ионов хлора, образующих комплексные формы с ионами железа.

Цинк /рис.3/ начинает осаждаться с гидроокислами железа при pH выше 5.

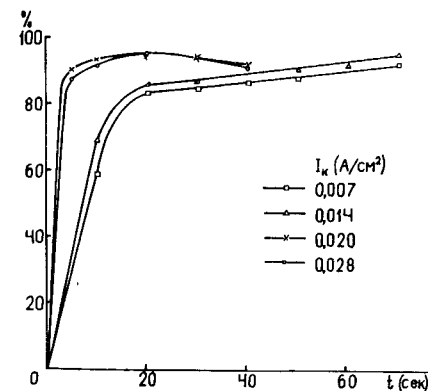


Рис.1. Зависимость извлечения иттрия от катодной плотности тока ( $I_k$ ) и времени электролиза раствора при pH=6.

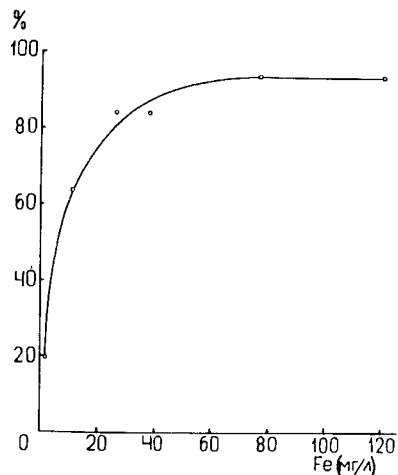


Рис.2. Зависимость извлечения свинца от концентрации железа при pH=7.

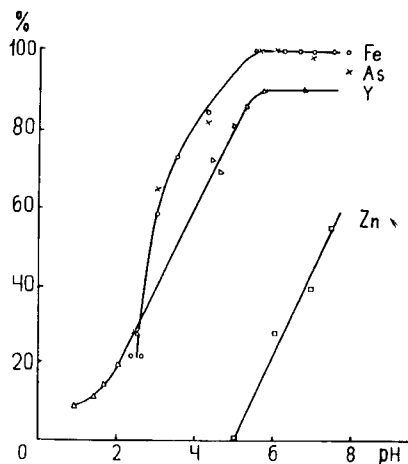


Рис.3. Зависимость извлечения железа, цинка, мышьяка, иттрия от pH.

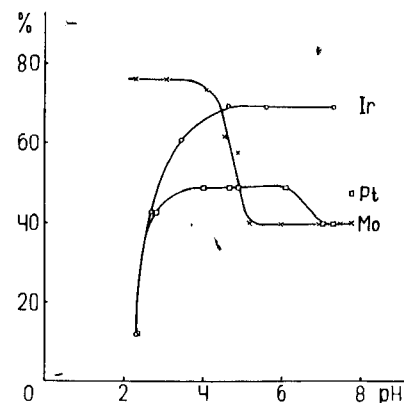


Рис.4. Зависимость извлечения молибдена, иридия, платины от pH.

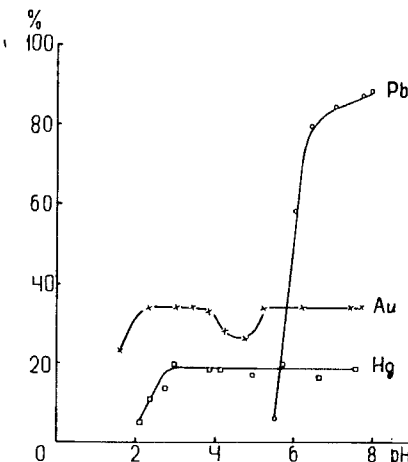


Рис.5. Зависимость извлечения золота, ртути, свинца от pH.

**Мышьяк.** Кривая извлечения мышьяка /рис.3/ полностью повторяет кривую извлечения железа из рассола, что указывает на сорбционный характер взаимодействия мышьяка с гидроокислами железа.

**Молибден.** Молибден /рис.4/ переходит во флотируемый концентрат до начала образования гидроокислов железа за счет восстановления до низших окислительных состояний. При pH выше 2,3 характер поведения молибдена соответствует извлечению его с гидроокислами железа из морской воды /6/.

**Иттрий.** При pH выше 2,3 иттрий сорбируется на гидроокислах железа, а выше pH=5,8 - соосаждается /рис.3/.

**Иридий** /рис.4/ соосаждается с гидроокислами железа выше pH=2,3. В области pH > 4,5 извлечение равняется 70%.

**Платина** /рис.4/ при pH=4 ÷ 6 извлекается на 50%, а выше pH=6 извлечение уменьшается до 40%, что, по-видимому, связано с образованием устойчивых комплексных форм платины в исследуемых рассолах /1/.

**Золото** /рис.5/ частично переходит во флотируемый концентрат при pH ниже 2,3. После образования осадка гидроокислов железа золото извлекается на 35%. В интервале pH=3,8 ÷ 5,3 наблюдается минимум извлечения золота, хлоридные комплексы которого не сорбируются гидроокислами железа /2/.

**Ртуть** /рис.5/ переходит во флотируемый концентрат во всем исследованном диапазоне pH лишь на 20%, что указывает на прочность ее хлоридных комплексных соединений.

**Свинец** /рис.5/ сорбируется на гидроокислах железа с pH=5,4. При pH > 8 наблюдается его соосаждение.

Из рис.3-5 видно, что проведение электрофлотации, например, при pH=5 дает возможность извлекать из растворов Fe, As /100%/, Y /85%/, Ir /70%/, Pt /50%/, Mo /40%/; при pH=2 - Mo /80%/, Y /10%/, Au /20%/; при pH=8 - Pb /90%/, Zn /80%/, Fe, As /100%/, Y /85%/, Mo, Pt /40%/, Ir /70%/, Au /35%/. Из этих результатов следует, что, изменяя pH раствора, можно проводить как групповое, так и отдельное концентрирование элементов.

Проведение электрофлотации при отсутствии ПАВ упрощает процесс извлечения из рассолов элементов, образующих комплексные соединения, и определяется только их сорбционными свойствами и pH осаждения гидроокисных форм.

Кривые извлечения рассмотренных выше элементов с гидроокислами железа при электролизе термальных рассолов в зависимости от pH имеют такой же вид, что и соответствующие кривые их сорбции на гидроокислах железа /1,6/.

Флотационный эффект в исследуемых условиях сохраняется при работе с хлоридными растворами, содержащими NaCl от 5 до 240 г/л и приготовленными на дистиллированной воде.

#### Выводы

1. Показана возможность флотационного концентрирования микроэлементов с гидроокислами железа при электролизе термальных рассолов без применения ПАВ.

2. Исследовано поведение железа, цинка, мышьяка, иттрия, молибдена, иридия, платины, золота, ртути и свинца в процессе электрофлотации в зависимости от pH.

3. Электрофлотация может быть использована как для группового, так и для отдельного концентрирования элементов.

Авторы выражают глубокую благодарность академику Г.Н.Флерову за постоянный интерес и поддержку, чл.-корр. ЧСАН И.И.Зваре за ценные советы при обсуждении результатов работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чосновска В., Лангрок Э., Маслов О.Д. *Isotopenpraxis*, 1981, 17, 12, p. 434.
2. Маслов О.Д., Чосновска В., ОИЯИ, 12-82-830, Дубна, 1982.
3. Шведов В.П., Якушев М.Ф. "Радиохимия", 1970, 12, 6, с.87.
4. Rubin A.J., Jonson J.D. *Anal.Chem.*, 1967, 39, 3, p. 298.
5. Kim Y.S., Zeitlin H. *Separ. Sci.*, 1971, 6, 4, p. 505.
6. Пушкарев В.В. В кн.: Радиохимические методы определения микроэлементов. "Наука", М.-Л., 1965, с. 124.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 декабря 1982 года.

Маслов О.Д., Чосновска В. 12-82-831  
Флотационное концентрирование микроэлементов с гидроокислами железа при электролизе термальных рассолов полуострова Челекен

Исследовано поведение железа, цинка, мышьяка, иттрия, молибдена, иридия, платины, золота, ртути и свинца в процессе электрофлотации термальных рассолов в зависимости от pH. Показана возможность флотационного концентрирования микроэлементов с гидроокислами железа при электролизе рассолов без применения поверхностно-активных веществ /ПАВ/.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Maslov O.D., Czosnowska W. 12-82-831  
Flotation Concentration of Trace Elements with Ferric Hydroxide in the Cheleken Peninsula Geothermal Waters by Electrolysis

The effect of pH on the behaviour of a range of ions (Fe, Zn, As, Y, Mo, Ir, Pt, Au, Hg and Pb) in the electroflotation process of the geothermal waters is investigated. The possibility of the application of the flotation process without addition of surface active agent to concentrate trace elements with ferric hydroxide by the electrolysis of geothermal waters is shown.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.