

М. В. Дарбинян и Э. Е. Капанцян

## Разделение золота, селена и теллура ионообменным хроматографическим методом

Разделение золота, селена и теллура, находящихся в некоторых рудах и шламах вместе, представляет большой практический интерес. Известны работы по извлечению золота [1] и отделению селена от теллура анионитами из солянокислых растворов [2]. Однако нам неизвестны работы по разделению золота, селена и теллура при их совместном присутствии.

Целью настоящей работы было изучение возможности разделения золота, селена и теллура при их совместном присутствии из солянокислых растворов на анионитах НО, АН-2Ф, АВ-16, АВ-17 и АВ-27 в хлор-форме.

Была изучена величина сорбции золота, селена и теллура на указанных анионитах в зависимости от кислотности среды от рН 6 до 10 н. концентрации соляной кислоты. рН среды измерялся рН-метром (ЛП-58). Исследования велись в статических и динамических условиях.

*Метод статического исследования.* 0,5 г воздушносухой смолы помещали в колбочки, приливали в них воду и оставляли для набухания на 24 часа. Затем воду декантировали и к смоле приливали 25 мл раствора, содержащего один из исследуемых элементов, с определенной кислотностью среды.

Для установления равновесия колбочки взбалтывали в течение часа. На следующий день брали аликвотную часть и определяли золото [3], селен или теллур [4]. Полученные данные приведены на рисунках 1—5.

Из них видно, что в интервале от рН 6 до 1 н. концентрации соляной кислоты сорбция золота на вышеуказанных анионитах высокая (80—90%), что объясняется наличием хлоридного комплекса золота  $[\text{AuCl}_4]^-$  анионного типа. При дальнейшем повышении кислотности среды сорбция золота постепенно падает, что, по-видимому, объясняется конкурирующим действием ионов хлора.

Несколько иначе сорбируются на указанных анионитах селен и теллур. При рН от 6 до 2 величина сорбции селена доходит до  $\approx 90\%$ , что объясняется наличием анионов  $\text{SeO}_3^{2-}$ , при дальнейшем повышении кислотности (от рН 1 до 1 н. НСl) сорбция падает. По литературным данным [2, 5], селен в этом интервале кислотности катионитами не поглощается. Наши исследования показали, что селен

не поглощается и анионитами, следовательно, вероятно образование нейтрального комплекса  $\text{SeCl}_4$ .

При дальнейшем повышении кислотности среды (выше 1 н.  $\text{HCl}$ ) наблюдается незначительное возрастание величины сорбции, вероятно

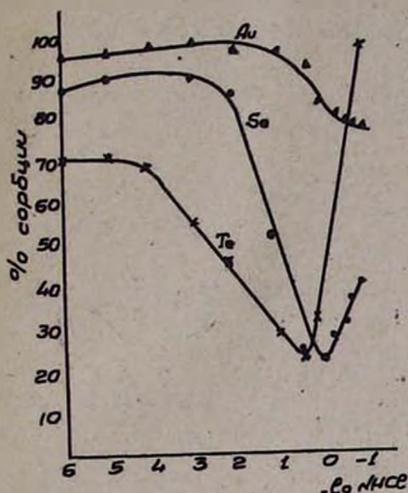


Рис. 1. Сорбция селена, теллура и золота на анионите АН-2Ф.

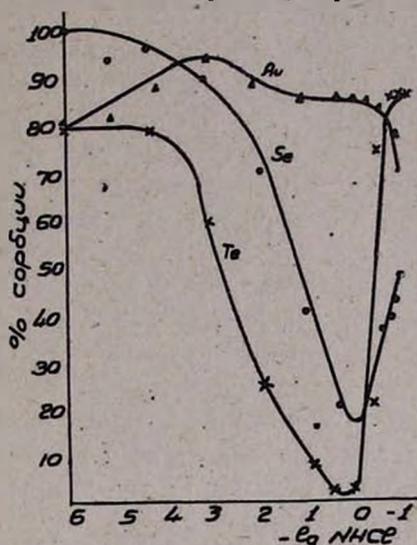


Рис. 2. Сорбция селена, теллура и золота на анионите НО.

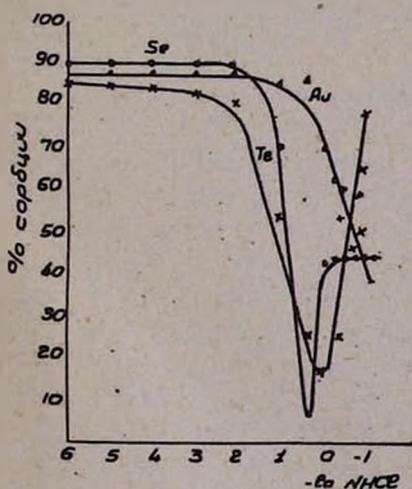


Рис. 3. Сорбция селена, теллура и золота на анионите АВ-16.

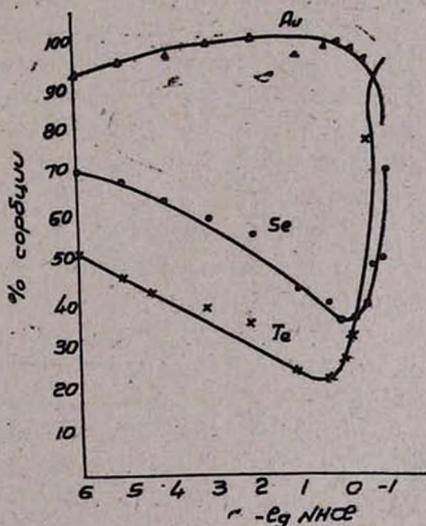
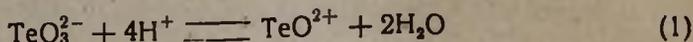


Рис. 4. Сорбция селена, теллура и золота на анионите АВ-27.

вследствие образования хлоридных комплексов селена  $[\text{SeCl}_5]^-$  или  $[\text{SeCl}_6]^{2-}$  анионного типа [6].

В интервале кислотности рН от 6 до 4 сорбция теллура высокая, что объясняется наличием анионов  $\text{TeO}_3^{2-}$ .

При кислотности от рН 2 до 1 н. HCl сорбция падает, что, вероятно, является следствием образования теллурил-ионов [5], согласно реакции:



Выше 1 н. концентрации соляной кислоты сорбция теллура резко увеличивается, что, по-видимому, объясняется образованием хлоридных комплексов анионного типа.

Из данных статического исследования следует, что возможно разделить эти элементы при рН 2 на слабоосновных анионитах НО и АН-2Ф (предпочтительнее НО, ибо в этом случае наблюдается наибольшая разница в сорбции; рис. 1, 2) и в среде 6 н. HCl на анионитах АВ-17 и АВ-27 (предпочтительнее второй).

Дальнейшие опыты по разделению элементов ставились в динамических условиях. 1 мг золота, селена или теллура в 25 мл раствора с рН 2 пропускали со скоростью 8 мл/мин через колонку с анионитами НО или АН-2Ф, предварительно промытыми средой ( $10^{-2}$  н. HCl). Часть теллура проходит в фильтрат, а остальное количество вымывается раствором среды (рН 2). В этих условиях селен и золото остаются сорбированными. Селен извлекают 1 н. раствором соляной кислоты, а золото при этом остается сорбированным. Полученные данные приведены на рисунке 6. Как видно из него, для вымывания теллура необходимо 100 мл раствора среды, а для вымывания селена 50—60 мл 1 н. раствора HCl.

Для извлечения золота смолу сжигали и определяли золото колориметрическим методом [7].

Затем были проведены опыты по разделению искусственных смесей золота, селена и теллура. Полученные данные приведены в таблице 1.

Динамические опыты были проведены и в среде 6 н. HCl на анионитах АВ-17 и АВ-27. Раствор пропускали со скоростью 4 мл/мин. Разделение золота, селена и теллура происходило в иной последовательности. Селен вымывается 25—50 мл 6 н. HCl, теллур вымывается 50 мл 1 н. HCl, а золото определяли после сжигания смолы колориметрическим методом [7]. Данные по вымыванию этих элементов приведены на рисунке 7.

Из него видно, что для количественного вымывания селена необходимо  $\approx 75$  мл 6 н. HCl, а для вымывания теллура  $\approx 50$  мл 1 н. HCl. Золото при этих условиях остается на смоле.

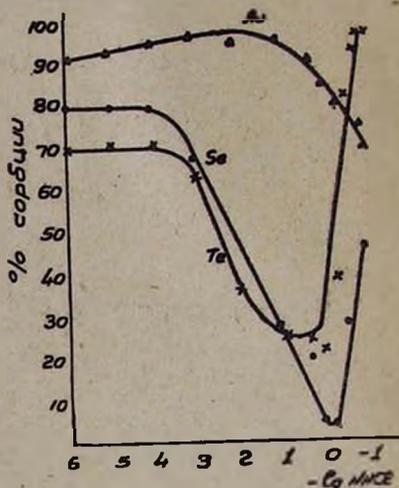


Рис. 5. Сорбция селена, теллура и золота на анионите АВ-17.

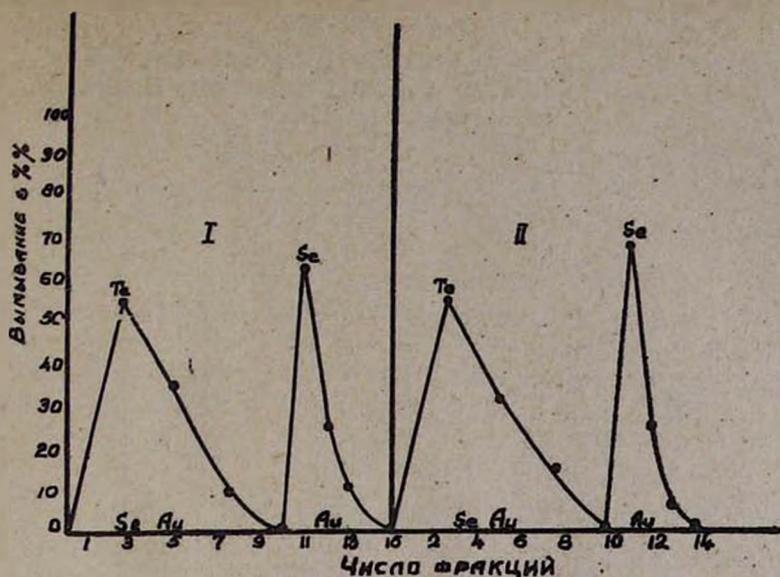


Рис. 6. Вымывание селена, теллура и золота из анионитов HO (I) и АН-2Ф (II). 1—10. фракции  $10^{-2}$  н. HCl, 10—15. фракции 1 н. HCl (по 10 мл).

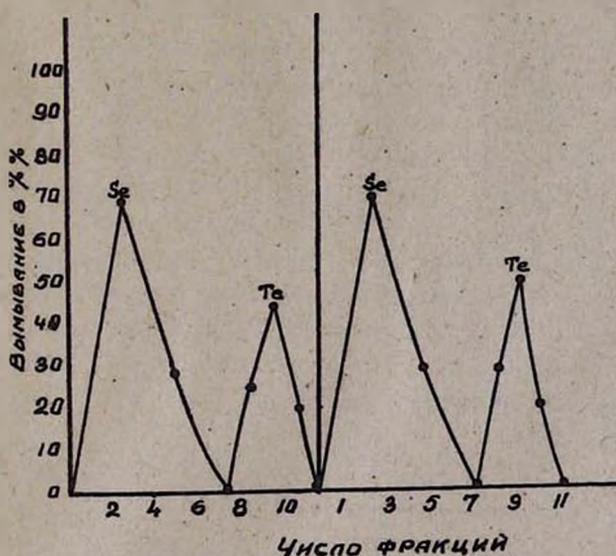


Рис. 7. Вымывание селена, теллура и золота из анионитов АВ-17 (I) и АВ-27 (II): 1—7. фракции 6 н. HCl, 7—11. фракции 1 н. HCl (по 10 мл).

Опыты по разделению этих элементов проведены на искусственных смесях. Полученные данные приведены в таблице 2.

Этот метод разделения был применен при анализе руды. Измельченную руду растворяли в 60 мл концентрированной азотной кислоты в присутствии 2—3 мл соляной кислоты. Затем денитровали серной кислотой и осаждали золото, селен и теллур двуххлористым

Таблица 1

Разделение золота, селена и теллура на анионитах НО и АН-2Ф  
(рН 2, длина колонки 10 см, диаметр 1 см, скорость пропускания  
раствора 8 мл/мин)

Взято в мкг			Найденно в мкг					
Au	Se	Te	анионит НО			анионит АН-2Ф		
			Au	Se	Te	Au	Se	Te
1000	1000	1000	996,0	995,0	1005,0	1000	1000	985,0
1000	500	5000	1000,0	500,0	980	500	500	4995,0
500	50	1000	498,0	49,0	475	48	48	990,0
500	100	200	505,0	107,0	500	100	100	200,0

Таблица 2

Разделение золота, селена и теллура на анионитах АВ-17 и АВ-27  
(среда 6 н. НСl, длина колонки 10 см, диаметр 1 см, скорость  
пропускания раствора 4 мл/мин)

Взято в мкг			Найденно в мкг					
Au	Se	Te	анионит АВ-17			анионит АВ-27		
			Au	Se	Te	Au	Se	Te
1000	1000	1000	985,0	1000	1000	1000	1000	990,0
1000	500	1000	990,0	505,0	985,0	998,0	498,0	1000,0
500	5000	500	500,0	499,5	490,0	500,0	4960	480
500	100	200	495,0	102	200	505,0	98,0	200

оловом [8]. Осадок растворяли в 12,5 мл концентрированной соляной кислоты в присутствии нескольких капель азотной кислоты. Объем раствора доводили до 25 мл и пропускали через колонку, наполненную анионитами АВ-27, предварительно промытыми средой (6 н. НСl). Полученные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Анализ руды (среда 6 н. НСl, АВ-27 в Cl<sup>-</sup> форме, длина колонки 10 см, скорость пропускания раствора 4 мл/мин)

После разделения классическим [8] методом в %			После разделения хроматографическим методом в %		
Au*	Se	Te	Au	Se	Te
0,01	0,0013	0,0043	0,097	0,0013	0,0042
0,01	0,0013	0,0043	0,096	0,0014	0,0044
0,01	0,0013	0,0043	0,097	0,0014	0,0042

\* Данные получены методом купелирования.

## Выводы

Изучена сорбция золота, селена и теллура на анионитах НО АН-2Ф, АВ-16, АВ-17 и АВ-27 при кислотности раствора от рН 6 до 10 и концентрации соляной кислоты в статических и динамических условиях. Показана возможность разделения этих элементов при рН 2, на анионитах НО и АН-2Ф и в среде 6 н. НСl на анионитах АВ-17 и АВ-27.

Проведено разделение искусственных смесей золота, селена и теллура. Метод применен при анализе руды.

Ереванский государственный университет  
Кафедра аналитической химии

Поступило 27 II 1964

Մ. Վ. Դարբինյան և Է. Ե. Ղափանցյան

ՈՍԿՈՒ, ՍԵԼԵՆԻ ԵՎ ԹԵԼՈՒՐԻ ԲԱԺԱՆՈՒՄԸ  
ԻՌՆԱՓՈՒԱՆԱԿԱՅԻՆ ՔՐՈՄԱՏՈԳՐԱՖԻԱՅԻ ՄԵԹՈԴՈՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Որոշ հանքերում և շլամներում ոսկին, սելենը և թելուրը համատեղ են գտնվում և նրանց բաժանումը գործնական մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում:

Դրականության մեջ բացակայում են սվլալներ ոսկու, սելենի և թելուրի քրոմատոգրաֆիկ բաժանման վերաբերյալ: Ներկա աշխատանքի նպատակն է հղել ուսումնասիրել վերոհիշյալ էլեմենտների բաժանման հնարավորությունը ՈՒ, ԱՆ-2Փ, ԱՅ-16, ԱՅ-17 և ԱՅ-27 անիոնիտների վրա:

Ուսումնասիրությունները կատարել ենք ստատիկական և դինամիկական պայմաններում: Ուսումնասիրված է ոսկու, սելենի և թելուրի սորբցիան թուլլ հիմնային ՈՒ և ԱՆ-2Փ անիոնիտների և ուժեղ հիմնային ԱՅ-16, ԱՅ-17, ԱՅ-27 անիոնիտների վրա рН 6-ից մինչև 10 ն. НСl-ի միջավայրում:

Պարզված է, որ բաժանումը հնարավոր է рН 2-ի միջավայրում ՈՒ և ԱՆ-2Փ անիոնիտների վրա, և 6 ն. НСl-ի միջավայրում՝ ԱՅ-17 և ԱՅ-27 անիոնիտների վրա: Բաժանման վերջին վարիանտը կիրառված է հանքի նկատմամբ:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. S. Susman, F. Nachod, W. Wood, End. Chem. 37, 618 (1945); R. R. Brooks, Analyst 85, 745 (1960); А. Б. Даванков, В. М. Лауфер, Научные доклады высшей школы. Химия и хим. технология 1, 202 (1959); Материалы совещания по применению ионного обмена в цветной металлургии. ЦНИИцветмет, Москва, 1957, 73: Исследования в области промышленного применения сорбентов. АН СССР, Москва, 1961, 197.

2. А. И. Зелянская, И. Е. Быков, Л. С. Горшкова, Труды института металлургии Уральского филиала АН СССР 1, 151 (1957) [С. А. 53, 6729 (1959)]; Н. П. Стрельникова, Г. Г. Лыцова, Зав. лаб. 26, 142 (1960).
3. Е. Б. Сендель, Колориметрическое определение следов металлов. Госхимиздат, Ленинград, 1949, 234.
4. И. Е. Блюм, А. Ф. Глазкова, Г. А. Сисоева, Методические материалы для лабораторий геологических управлений и экспедиций. Бюллетень 8, 184 (1958).
5. Д. С. Гайбалян, М. В. Дарбинян, Изв. АН АрмССР, ХН 16, 211 (1963).
6. J. Sasaki, Bull. Chem. Soc. Japan 28, 89, 615 (1955).
7. Н. А. Езерская, Н. В. Маркова, ЖПХ 30, 1071 (1957).
8. Анализ минерального сырья. Госхимиздат, Ленинград, 1959, 840.