2. На основании ранее собранных экспериментальных данных обоснована возможность применения фильтр-прессов компании LAROX OY для фильтрации пульп гидрометаллургических производств.

3. Произведены обработка экспериментальных данных по процессам разделения суспензий и их подготовка к проведению численных расчетов.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *И.Н.Белоглазов*

УДК 631.43:539.16

***М.В.ИВАНОВ*[1], *Д.Э.ЧИРКСТ*[2]**

[1] Горный факультет, студент группы ИЗ-98-1, ассистент профессора
[2] Металлургический факультет, кафедра ОФХ, профессор, д.х.н.

ИЗУЧЕНИЕ ИОННОГО ОБМЕНА В ГРУНТАХ С ЦЕЛЬЮ ИХ ОЧИСТКИ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Была изучена адсорбция стронция и железа из водных растворов на различных минералах. В соответствии с сорбционной способностью изученные минералы можно расположить в следующей последовательности: кембрийская глина ~ каолинит > калиевый полевой шпат > альбит > олигоклаз. Данная последовательность хорошо кореллирует с удельной поверхностью изученных минералов, определенной методом тепловой десорбции аргона, и их обменной емкостью, определенной по адсорбции метиленового голубого. Были определены коэффициенты распределения Sr^{2+} и Fe^{3+} между минералами и водными растворами и константы ионного обмена между Sr^{2+} и Fe^{3+}. Значение последней величины составило 23,6 для альбита и 17,1 для олигоклаза. Поэтому для очистки грунтов от загрязнений стронцием можно рекомендовать водные растворы железа (III).

The absorbtion of strontium and ferrum from water solutions on different minerals has been studied. In accordance with absorbing ability the studied minerals can be put in the following sequence: Cambrian clay ~ kaolinyte > potassium feldspar > albyte > olicoglas. The given sequence has good correlation with the spesific surface of the studied minerals, determined by the method of heat desorbtion of argon and their exchanging capacity, determined by the absorbtion of methylene blue. Distrbution factors of Sr^{2+} and Fe^{3+} between the minerals and the water solutions and constants of ionic exchange between Sr^{2+} and Fe^{3+} have been determined. The value of the latter magnitude is 23,6 for albyte and 17,1 for olicoglas. Therefore, water solutions of Fe (III) can be recommended to purify soil from strontium pollution.

Среди техногенных изменений окружающей среды, в частности геосферы, особую опасность представляет ее загрязнение и ухудшение экологического состояния территорий в результате накопления на поверхности и в недрах земли различных промышленных и бытовых отходов. Актуальность работы обусловлена наличием в различных регионах земного шара территорий, загрязненных радионуклидами в результате аварий, техногенной деятельности, ядерных испытаний: «чернобыльский след», бассейн реки Течь, районы Сибирского химического комбината и комбината «Маяк», некоторые районы Астраханской области.

Непосредственно проект направлен на проблему очистки 5-го квартала Васильевского острова в Санкт-Петербурге от загрязнения ^{90}Sr. Загрязненная законсервированная территория имеет площадь 3600 м^2. Верхний слой грунта загрязнен преимущественно стронцием-90 с содержанием около

10^{-4} Ки/кг. Вследствие хороших фильтрационных свойств грунта и значительной подвижности стронция-90 глубина загрязнения составляет до 6 м. Такие объемы грунта (около 24000 $м^3$) невозможно захоронить, поэтому необходима очистка расположенной в центре города территории in situ.

Для концентрирования и очистки от тяжелых и радиоактивных элементов применяются различные методы растворения, термические, электрохимические, электрокинетические, магнитные, ионообменные, химические и другие методы. Большинство указанных способов очистки требуют значительных затрат, сложного аппаратурного оформления или еще недостаточно разработаны.

Наиболее простым и экономичным способом очистки грунтов от загрязнений тяжелыми металлами (в частности, радионуклидами) является их промывка раствором смеси хлоридов железа (III) и аммония [1-3]. Также изучена возможность отмывки стронция-90 из ила р.Течь в Челябинской области [2].

В табл.1 приведены значения степени очистки ила в динамических условиях в колонке диаметром 1 см и высотой 12 см после пропускания около 5 колоночных объемов элюента.

Можно сделать вывод, что стронций-90 может быть отмыт из грунтов на 70-80 % растворами азотной кислоты или хлорного железа. Экономически и экологически эффективнее использование хлорного железа. При этом достигается более высокая степень очистки при многократно меньшей концентрации промывного раствора.

Таблица 1

Результаты очистки ила р.Течь от стронция-90 [2]

Элюент	Концентрация	Степень очистки, %
Вода дистиллированная	-	15,1
Вода водопроводная	-	18,0
Азотная кислота	0,1 М	56,8
Азотная кислота	0,2 М	68,6
Азотная кислота	0,5 М	72,5
Азотная кислота	1,0 М	74,5
NaOH	1,3 М	2,7
$FeCl_3 + NH_4Cl$	0,01 М	85,0

С целью установления факторов, влияющих на распределение стронция и железа между образцом грунта и водной фазой, нами был выполнен ряд экспериментов. В качестве модельных составляющих грунта использовали минералы силикатной группы, наиболее часто встречающиеся в составе грунтов средней полосы России (табл.2). Размер зерен определяли ситовым анализом, емкость – по адсорбции метиленового голубого, удельную поверхность – по тепловой десорбции аргона.

Из данных табл.2 следует, что удельная поверхность образцов коррелирует со значениями их обменной емкости, а также со степенью дисперсности. Чем выше дисперсность, тем больше удельная поверхность и обменная емкость. Этим можно объяснить известный факт накопления радионуклидных загрязнений в мелких фракциях грунтов.

Определение величины адсорбции стронция и железа минералами проводили в статических условиях из модельных раство-

Таблица 2

Характеристики минералов, используемых в работе

Минерал	Формула	Размер зерен, мм	Емкость, мг-экв/кг	Удельная поверхность, $м^2/г$
Каолинит	$Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$	-0,16 + 0,10	9,1	5,2
Кембрийская голубая глина	$K_2Al_4[Al_2Si_6O_{20}](OH,F)_4$	-0,16 + 0,10	10,25	5,86
Олигоклаз	$(Na_{0,9}Ca_{0,1})[Al_{1,1}Si_{2,9}O_8]$	-0,40 + 0,16	0,14	0,17
Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$	-0,40 + 0,16	0,22	0,20
Калиевый полевой шпат	$K[AlSi_3O_8]$	-0,40 + 0,16	0,36	0,21

ров хлоридов. Раствор хлорида стронция или железа (3+) перемешивали с навеской воздушно-сухого образца минерала в течение 5-6 часов до установления равновесия. Доказательством равновесия служило постоянство значений концентраций стронция или железа (3+) в растворе. Отношение объема жидкой фазы к массе навески составляло 10 $см^3/г$.

После опыта минерал отделяли на фильтре «синяя лента». Растворы анализировали на содержание стронция или железа (табл.3 и 4). Стронций определяли при pH = 2,8÷3,0 (ацетатный буферный раствор) в 60-процентном ацетоне или спирте. Анализ проводили фотометрически с нитроортаниловым С (нитрохромазо) по интенсивности полосы поглощения комплекса стронция с нитрохромазо при длине волны 650 нм. Железо определяли фотометрическим методом по величине поглощения роданидного комплекса при длине волны 480 нм.

Таблица 3

Распределение стронция между минералами и раствором $SrCl_2$

Минерал	pH_{eq}	C_o, моль/кг	C_{eq}, моль/кг	D_{Sr}
Кембрийская голубая глина	~7	10^{-3}	$3 \cdot 10^{-4}$	29,5
Каолинит	~7	10^{-3}	$2,8 \cdot 10^{-4}$	32,5
Калиевый полевой шпат	~7	10^{-3}	$3,5 \cdot 10^{-4}$	23,5
Олигоклаз	4,85	10^{-3}	$8,2 \cdot 10^{-4}$	2,8
	7,5	10^{-3}	$8,9 \cdot 10^{-4}$	1,6
Альбит	4,7	10^{-3}	$7,9 \cdot 10^{-4}$	4,0

Таблица 4

Распределение железа (3+) между минералами и раствором $FeCl_3$

Минерал	pH_{eq}	C_o, моль/кг	C_{eq}, моль/кг	$\gamma_{Fe^{3+}}$	D_{Fe}
Альбит	4,41	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$1,43 \cdot 10^{-4}$	0,30	38,9
Олигоклаз	4,41	$5,36 \cdot 10^{-3}$	$4,28 \cdot 10^{-3}$	0,13	19,4

Коэффициенты распределения катионов металлов между твердой и жидкой фазами были рассчитаны по формуле

$$D_{т/ж} = \frac{(C_0 - C_{eq})Vd}{C_{eq}\, m \gamma_{Sr^{2+}}},$$

где C_0, C_{eq} – соответственно исходная и равновесная концентрации катиона металла в водной фазе, моль/кг; V – объем раствора, $м^3$; d – плотность раствора, $кг/м^3$; m – масса навески исследуемого образца, кг; $\gamma_{Sr^{2+}}$ – коэффициент активности стронция в исходном растворе, рассчитанный по уравнению Дэвис, равный для стронция 0,79 во всех опытах.

По сорбционной способности исследованные минералы можно расположить в ряд: кембрийская голубая глина ~ каолинит > калиевый полевой шпат > альбит > олигоклаз. Этот ряд сорбционной способности в первом приближении можно объяснить изменением удельной поверхности и обменной емкости минералов.

По реакции $3Sr^{2+}(т) + 2Fe^{3+}(ж) \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow 3Sr^{2+}(ж) + 2Fe^{3+}(т)$ были рассчитаны константы равновесия ионного обмена, равные отношению коэффициентов распределения катионов:

$$K = D_{Fe}^2 / D_{Sr}^3 .$$

Значения K составили соответственно 23,6 на альбите и 17,1 на олигоклазе. Смещение равновесия в сторону вытеснения катионов стронция с поверхности минералов в раствор позволяет сделать вывод о возможности очистки грунта от загрязнения ^{90}Sr путем промывания раствором соли железа (3+).

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2050029 РФ. Способ дезактивации почвогрунтов от радионуклида цезия-137 / Д.Э.Чиркст, К.Н.Чалиян, А.Г.Чалиян. Опубликован в Б.И. 1995. № 4. С. 252.

2. Изучение прочности связывания изотопов цезия и стронция в илах радиоактивно загрязненных водоемов / Э.А.Чувелева, Л.А.Фирсова, В.В.Милютин, В.М.Гелис, С.И.Ушаков // Радиохимия. 1996. Т.38. № 6. С. 554-557.

3. Кинетика десорбции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr с почвогрунтов, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС / Д.Э.Чиркст, К.Н.Чалиян, А.Г.Чалиян, Н.Р.Андреева // Радиохимия. 1996. Т.38. № 1. С.88-90.

4. *Dibrov I.A.* Leaching of ^{137}Cs and ^{90}Sr contaminated soils by $FeCl_3$ and NH_4Cl soluions / I.A.Dibrov, D.E.Chirkst, K.N.Chaliyan // Environmental Technology. V.20. P.575-585.

УДК 669.43

М.А.ЛАСТОЧКИНА
Металлургический факультет, студентка группы АПММ-95,
ассистент профессора

МОДЕЛЬ ПЛАВЛЕНИЯ ШИХТЫ В ВАННЕ РУДНО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

В России переработка сульфидных медно-никелевых руд осуществляется в основном пирометаллургическими методами. Одним из важнейших процессов в пирометаллургической переработке руд является рудная плавка. На ГМК «Печенганикель» плавка сульфидного медно-никелевого сырья осуществляется в рудно-термических шестиэлектродных печах.

Рудно-термическая электроплавка обладает существенным достоинством – возможностью переработки практически любого типа металлургического сырья, но не лишена и недостатков. Основными недостатками являются негерметичность агрегата, вследствие чего он является источником крупных выбросов диоксида серы в атмосферу, кроме того, рудно-термические печи являются чрезвычайно сложными объектами с точки зрения автоматизации.

В настоящее время разрабатывается план реконструкции пирометаллургических переделов ГМК «Печенганикель». Одной из составляющих этого плана является переход на плавку брикетов. Для исследования особенностей плавки брикетированного сырья в рудно-термических печах разработана динамическая модель плавления шихты в этих агрегатах. В предлагаемой статье приводятся основные результаты вычислительных экспериментов на базе разработанной модели.

In Russia processing of sulphide copper-nickel ores is carried out mainly by pyrometallurgical methods. Ore smelting is one of the most important processes in pyrometallurgical ore treatment. At «Pechenganickel» sulphide copper-nickel raw materials are smelted in ore-thermal six-electrode furnaces.

Although ore-thermal electrosmelting has great advantage – it can process practically any metallurgical raw materials, it has disadvantages as well. The main of them are nonairtightness of the plant and, as a result, its being a source of a big exhaust of sulphide dioxide into the atmosphere. Apart from this, ore-thermal furnaces are very difficult objects from automational point of view.

At present time a plan of reconstruction of «Pechenganickel» pyrometallurgical redivisions is being worked out. One of the constituents of this plan is transition to briquette smelting. To survey pecularities of briquette materials' smelting in ore-thermal furnaces the dynamical model of charge smelting in these plants has been elaborated. The present article contains the main results of calculating experiments on the basis of the above mentioned model.

При переработке основной массы добываемых в России сульфидных медно-никелевых руд головными являются пирометаллургические переделы – обжиг руды или концентрата, плавка и конвертирование. Обжиговый передел может отсутствовать. Его целесообразность определяется технологическими и технико-экономическими показателями. В зависимости от состава исходной руды головным плавильным переделом может быть либо электроплавка, либо один из автогенных процессов (ПЖВ, ПВП). Так, на комбинате «Печенганикель» и никелевом заводе в Норильске плавильный пе-