

ОДЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. И.И.МЕЧНИКОВА

На правах рукописи

ПЕНЬЯ ПРИЕТО ЛУИС ЭДУАРДО

УДК 622.765:541.18.045

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФЛОТАЦИОННОГО  
ВЫДЕЛЕНИЯ ИОНОВ СВИНЦА

II.00.II. Охрана окружающей среды и рациональное использование  
природных ресурсов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата химических  
наук

Одесса 1992

Работа выполнена в Одесском государственном университете им. И.И.Мечникова



00819667 (.)

Научный руководитель: кандидат химических наук, доцент  
САЗОНОВА В.Ф.

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор  
АНДРИАНОВ А.М. (г. Одесса)

кандидат химических наук,  
ГОМЗИКОВ А.И. (г. Екатеринбург)

Ведущая организация: Уральский политехнический институт  
им. С.М.Кирова

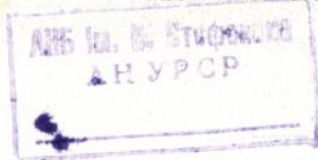
Защита диссертации состоится "25" ноября 1992 г.  
в 12 часов на заседании специализированного Совета по присуждению ученых степеней Д 068.24.02 в Одесском государственном университете им. И.И.Мечникова по адресу: 270057, г. Одесса, ул. Шепкина, 14, химический факультет, Большая химическая аудитория.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Одесского госуниверситета.

Автореферат разослан "26" октября 1992 года

Ученый секретарь  
специализированного Совета,  
кандидат химических наук

Шихалеева Г.Н.



## ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Современный этап развития промышленности характеризуется все возрастающим ростом потребления минерального сырья при первичной переработке которого широко используются гидрометаллургические способы. Это приводит к значительному возрастанию объемов оборотных и сточных вод, которые нередко являются источниками загрязнения открытых водоемов ионами тяжелых металлов, в частности свинца, принадлежащего к числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. В связи с этим становится понятной необходимость внедрения эффективных технологических процессов, пригодных для извлечения токсичных примесей из значительных объемов сточных вод. Особого внимания в этом отношении заслуживает флотационный метод, отличающийся простотой, высокой экономичностью и большой производительностью, однако медленно внедряемый в практику из-за недостаточной изученности основных его физико-химических закономерностей.

Данная работа является составной частью и логическим продолжением исследований, проводимых на кафедре физической и коллоидной химии Одесского госуниверситета им. И.И.Мечникова по важнейшим тематикам: "Физико-химические основы подбора и применения ПАВ в процессах флотационного и седиментационного выделения и разделения истинно- и коллоидно-растворенных веществ" (шифр 2.16.3.5, номер госрегистрации 0182905374, срок выполнения 1981-1985 г.г.) и "Р-зработка коллоидно-химических основ использования ПАВ для интенсификации процессов выделения и разделения компонентов растворов" (шифр 2.16.3.5, номер госрегистрации 01860090661, срок выполнения 1986-1990 г.г.), входящим в координационные планы научно-исследовательских работ АН УССР на 1981 - 1985 и 1986-1990 г.г.

Цель работы. Работа посвящена изучению основных физико-химических закономерностей флотационного выделения из растворов ионов свинца, собранных с помощью калиевых солей жирных, абиетиновой и моноалкилфосфорных кислот, а также тонкодиспергированных растворов жирных кислот в бензоле и тонкодиспергированных твердых растворов жирных кислот в парафине.

Выбор в качестве объектов исследования ионов свинца был обусловлен, с одной стороны, его токсичностью и возможностью попадания в природные воды, а с другой - малочисленностью в лите-

ратуре количественных сведений о закономерностях его флотационного выделения, а. необходимых для прогнозирования эффективности процесса флотационной очистки сточных вод, загрязненных свинцом, и проектирования соответствующих флотационных установок.

Научная новизна. Проведенные исследования позволили впервые:

- 1) установить новые, ранее неизвестные физико-химические закономерности флотационного выделения ионов свинца;
- 2) выяснить характер влияния на процесс флотационного выделения ионов свинца, собранных с помощью калиевых мыл жирных, абиетиновой и моноалкилфосфорных кислот, расхода собирателя, длины его углеводородного радикала, значения рН среды, температуры;
- 3) получить сведения о коллоидно-химических свойствах свинцовых мыл с помощью диаграмм состояния разбавленных бинарных растворов нитрата свинца и калиевых мыл жирных кислот в воде;
- 4) описать процесс флотационного выделения ионов свинца с позиций формальной кинетики и теории устойчивости гидрофобных коллоидов ДЛФО; установить корреляцию между величиной электрокинетического потенциала частиц свинецсодержащего сублате и порядком кинетического уравнения, описывающего флотационный процесс;
- 5) осуществить термодинамический анализ процесса образования труднорастворимых моноалкилфосфатов свинца;
- 6) показать возможность интенсификации процесса флотационного выделения ионов свинца, основанной на использовании в качестве собирателей тонкоэмульгированных растворов жирных кислот в аплярной жидкости и тонкодиспергированных твердых растворов жирных кислот в парафине;
- 7) изучить закономерности адсорбции гидроксидом свинца миристиата калия и хлорида додециламина в связи с перспективой использования последних в качестве флотационных собирателей коллоидно-растворенного гидроксида свинца;
- 8) показать принципиальную возможность селективного флотационного выделения ионов свинца из модельных растворов, имитирующих сточные воды, с помощью хозяйственного мыла.

Практическая ценность. Работа направлена на широкое внедрение в практику процессов флотационной очистки свинецсодержащих сточных вод, которое возможно лишь при условии выяснения общих закономерностей и изучения основ этих процессов. В ней

решен целый ряд практически важных вопросов: найдены оптимальные условия ведения процесса флотационного выделения ионов свинца и выявлены его общие закономерности; показаны пути интенсификации флотационного процесса и прогнозирования оптимальных условий его ведения и пр. Приведенные в работе сведения позволяют сознательно выбирать режим процесса флотации и управлять им, а также содержат исходные данные, необходимые для проектирования соответствующих флотационных установок. Результаты работы применяются кафедрой физической и коллоидной химии Одесского государственного университета им. И.И.Мечникова при проведении исследований по важнейшей тематике. Некоторые ее разделы включены в программу спецкурса "Физико-химия поверхностных явлений".

Апробация работы. Результаты работы докладывались на отчетной конференции Одесского государственного университета им. И.И.Мечникова (Одесса, 1991 г.) и УШ конкурсе им. А.В.Богатского работ молодых ученых и специалистов-химиков учреждений и предприятий региона Южного Научного Центра АН Украины (Одесса, 1991 г.). Доклад на конкурсе отмечен премией.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 2 статьи.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 199 страницах машинописного текста. Она состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части и выводов; содержит 61 рисунок и 8 таблиц. Список литературы включает в себя 197 наименований.

#### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

В данной работе объектами исследований служили водные растворы нитрата свинца, содержащие 10-50 мг металла в литре и имеющие pH 3.

В качестве собирателей ионов свинца использовали 0,05 - 1,50%-ные водные растворы калиевых солей насыщенных жирных кислот, содержащих в своем составе от 10 до 16 атомов углерода; 0,60%-ный водный раствор абнетата калия; 0,32 - 19,1%-ные водные растворы моноалкилфосфатов калия, содержащих в своем составе 8, 12 и 16 атомов углерода.

Флотационную обработку растворов осуществляли на пневматической флотационной установке. Растворы в процессе флотации периодически анализировали на содержание в них ионов свинца. Об эффективность процесса флотационного выделения ионов свинца судили по степени выделения их из растворов.

$$\alpha = \frac{C^0 - C}{C^0} \cdot 100\%$$

где  $C^0$  и  $C$  - концентрация ионов свинца в растворе до и после флотации соответственно.

Размеры частиц свинецсодержащих сублатов определяли с помощью оптического микроскопа типа МБИ-II, снабженного сеткой Горьева.

Растворимость сублатов определяли путем фильтрации коллоидных растворов сублатов через пергаментные ультрафильтры и анализа ультрафильтрата. КММ определяли нефелометрически.

Поверхностное натяжение коллоидных растворов сублатов измеряли методами пластинки Вильгельми и максимального давления в газовых пузырьках (метод Ребиндера).

Измерение электрокинетического ( $\zeta$ ) потенциала осуществляли методом микроэлектрофореза. Расчет  $\zeta$ -потенциала осуществляли по формуле Гельмгольца-Смолуховского.

ИК спектры образцов сублатов снимали на установке Перкин-Эльмер-577 в области  $4000-200 \text{ см}^{-1}$  в таблетках с КВг.

В целях получения достоверных результатов опыты повторяли не менее 5 раз. Погрешность измерений, найденная по методу Стьюдента, при коэффициенте надежности 0,95, не превышала 3-5 %.

## 1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФЛОТАЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ИОНОВ СВИНЦА, СОБРАННЫХ С ПОМОЩЬЮ КАЛИЕВЫХ СОЛЕЙ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

### 1.1. Влияние расхода собирателя.

При добавлении к растворам нитрата свинца все возрастающих количеств собирателя степень флотационного выделения ионов свинца сначала (до введения в раствор нитрата свинца собирателя в количестве 100 % от стехиометрически необходимого для образсвания среднего мыла  $(Pb(RCOO)_2)$ ) увеличивается (вследствие увеличения доли ионов свинца, связанных в сублат), а затем уменьшается. Последнее можно объяснить конкуренцией между собирателем и сублатом за поверхность пузырьков воздуха. В начальный период флотации на границу раздела фаз жидкость-газ переходят как частицы сублата, так и молекулы собирателя, не связанные с ионами свинца. Скорость выделения свинца невелика, поскольку молекулы собирателя более подвижны, чем частицы сублата. Затем, когда свободных молекул собирателя не связанных в сублат в растворе практически не остается, сублат извлекается достаточно быстро.

Область расходов собирателей, наиболее благоприятная для флотационного выделения ионов свинца, совпадает с областью минимальных отрицательных значений  $\zeta$ -потенциала частиц сублата.

При добавлении все возрастающих количеств собирателя, вплоть до 100% от стехиометрически необходимого, поверхностное натяжение коллоидных растворов сублатов не меняется, так как весь собиратель расходуется на образование сублата, затем, при избытке собирателя, резко уменьшается вследствие перехода собирателя на границу раздела фаз жидкость-газ. Избыток собирателя, очевидно, частично адсорбируется и на частицах сублата за счет углеводородных радикалов, о чем свидетельствует увеличение отрицательного  $\zeta$ -потенциала частиц сублата.

Увеличение мутности коллоидных растворов сублатов при увеличении расхода собирателя от 25% до 100% объясняется увеличением концентрации дисперсной фазы коллоидных растворов и агрегаций частиц сублата, а последующее уменьшение, при избытке собирателя - дезагрегацией частиц сублата вследствие уменьшения их отрицательного  $\zeta$ -потенциала.

## 1.2. Кинетика процесса флотации.

Процесс флотационного выделения ионов свинца, сорбанных с помощью калиевых мыл жирных кислот, проанализирован как с позиций формальной кинетики, так и с позиций теории устойчивости гидрофобных коллоидов ДЛФО (гетероксагуляции).

Суммарную величину энергии взаимодействия частиц сублата и пузырьков воздуха ( $\mathcal{U}$ ) вычисляли по уравнению

$$\mathcal{U} = \mathcal{U}_i + \mathcal{U}_m, \quad (1)$$

где

$$\mathcal{U}_i = \frac{\epsilon \bar{R}_2 \cdot \bar{R}_n (\bar{\Psi}_2^2 + \bar{\Psi}_n^2)}{4(\bar{R}_2 + \bar{R}_n)} \left\{ 2 \bar{\Psi}_2 \cdot \bar{\Psi}_n \ln \left[ \frac{1 + e^{-2\alpha H}}{1 - e^{-2\alpha H}} \right] + \ln \left[ 1 - e^{-2\alpha H} \right] \right\} \quad (2)$$

-ионно-электростатическая, а

$$-\mathcal{U}_m = \frac{A^* \bar{R}_2 \cdot \bar{R}_n}{6H(\bar{R}_2 + \bar{R}_n)} \quad (3)$$

-молекулярная составляющие суммарной энергии;  $\epsilon$  - диэлектрическая постоянная;  $R_2(R_n)$  - радиус частиц сублата (пузырьков воздуха);  $\Psi_2$  ( $\Psi_n$ ) - штерновский потенциал частиц сублата (пузырьков воздуха);  $\alpha$  - параметр Дебая (величине, обратная эффективной толщине двойного электрического слоя);  $A^*$  - сложная постоянная

молекулярных сил притяжения Гамакера;  $H$  - толщина тонкой прослойки жидкости, разделяющей частицу сублата и пузырек воздуха.

Усредненный радиус частиц сублата, найденный нефелметрически, составлял  $2,7 \cdot 10^{-8}$  м, а пузырьков воздуха, определенный фотографически -  $7,5 \cdot 10^{-5}$  м. Численные значения  $\zeta$ -потенциала частиц сублатов, образовавшихся при взаимодействии ионов свинца с капринат-, лаурат-, мирилат- и пальмитат-ионами, равнялись соответственно - 25, - 22, - 10 и - 15 мВ. О величине  $\zeta$ -потенциала пузырьков воздуха судили по величине  $\zeta$ -потенциала имитирующих их шариков парафина (около - 30 мВ), помещенных в коллоидные растворы сублата. Из-за невозможности непосредственного измерения штерновских потенциалов пузырьков воздуха и частиц сублата, их усредненные значения ( $\Psi_{п}$  и  $\Psi_{г}$ ) принимали равными значениям  $\zeta$ -потенциалов.

Наибольшую скорость флотационного выделения свинца обеспечивают те собиратели, в присутствии которых  $\zeta$ -потенциал частиц сублата минимален. Так, например, при использовании в качестве собирателя ионов свинца мирилата калия ( $\zeta$ -потенциал частиц сублата - 10 мВ) в течение первых двух минут из раствора флотируется 70 % содержащегося в нем свинца, а при использовании каприната калия ( $\zeta$ -потенциал частиц сублата равен - 25 мВ) - 55 %.

Процесс флотационного выделения свинецсодержащих сублатов описывается кинетическими уравнениями, порядок которых  $n$ , близок к единице в случае использования в качестве собирателей мирилата и пальмитата калия и к двум - в случае каприната и лаурата калия. Другими словами, кинетика процесса флотационного выделения ионов свинца, собраных с помощью мирилата и пальмитата калия, может быть достаточно хорошо описана уравнением первого порядка

$$\lg(a - \alpha) = \lg a - (K/2,3)t, \quad (4)$$

где  $a$  - максимальное количество свинца (%), которое может быть выделено флотацией из раствора;  $\alpha$  - количество свинца (%), выделенного за время  $t$ ;  $K$  - константа скорости флотационного процесса,

а собранного с помощью каприната и лаурата калия - второго

$$\frac{I}{C} - \frac{I}{C_0} = kt, \quad (5)$$

где  $C_0$  и  $C$  - концентрации свинца в растворе в начальный момент времени (при  $t = 0$ ) и в момент времени  $t$  соответственно.

Суммируя все изложенное выше, можно прийти к выводу о том, что порядок кинетического уравнения, описывающего флотацию частиц свинецсодержащих сублатов, зависит от величины их  $\zeta$ -потенциала. Флотация частиц с относительно низким  $\zeta$ -потенциалом описывается уравнением первого порядка, а частиц с относительно высоким  $\zeta$ -потенциалом - второго (табл. I)

Таблица I

ЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ( $\zeta$ ) ПОТЕНЦИАЛА СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИХ СУБЛАТОВ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ СВИНЦА, СОБРАННОГО С ПОМОЩЬЮ КАПРИНАТА ( $R_9COOK$ ), ЛАУРАТА ( $R_{11}COOK$ ), МИРИСТАТА ( $R_{13}COOK$ ) И ПАЛМИТАТА ( $R_{15}COOK$ ) КАЛИЯ

Собиратель	$\zeta$ -потенциал, мВ	n	$\frac{K}{\text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}}$	$\tau$ , мин	$\eta$ , кТ
$R_9COOK$	- 25	1,70	0,045		25
$R_{11}COOK$	- 22	1,99	0,050		23
$R_{13}COOK$	- 10	1,20		0,140	4
$R_{15}COOK$	- 15	1,34		0,085	11

Наблюдаемые явления можно объяснить, если принять во внимание предположение о том, что процесс флотационного выделения сублатов коллоидной степени дисперсности включает в себя две последовательно протекающие стадии, первой из которых является адсорбция коллоидно-растворенных частиц сублата на границе раздела фаз раствор-газ, а второй - их ламинарная коагуляция. Так как скорость первой стадии следует уравнению первого порядка, а скорость второй - второго, то, в зависимости от того, какая стадия лимитирует процесс флотации, кинетика флотационного процесса описывается либо уравнением первого порядка, либо уравнением второго порядка. Учитывая, что скорость коагуляции коллоидных частиц на границе раздела фаз жидкость-газ определяется величиной их электрокинетического потенциала, можно утверждать, что последний будет оказывать существенное влияние на кинетику процесса флотационного выделения сублатов коллоидной степени дисперсности.

Величина энергетического барьера отталкивания  $\psi$ , препятствующего сближению частиц сублата и пузырьков воздуха, уменьшается с уменьшением  $\xi$  - потенциала частиц сублата и составляет для наприлато содержащего сублата  $> 25$  кТ, для лаурато содержащего - 23 кТ, для мирилато содержащего - 4 кТ и для пальмитато содержащего - 11 кТ. Таким образом, численное значение энергетического барьера отталкивания является удобным критерием для прогнозирования эффективности процесса флотационного выделения ионов свинца.

### 1.3. Диаграммы состояния разбавленных бинарных растворов нитрата свинца и калиевых мыл жирных кислот в воде.

Коллоидно-химические свойства труднорастворимых мыл свинца, образующихся при взаимодействии ионов свинца с калиевыми солями жирных кислот, изучали с помощью диаграмм состояния разбавленных бинарных растворов нитрата свинца и калиевых солей каприновой, лауриновой и миристиновой кислот.

Растворы каприната ( $2 \cdot 10^{-2}$  моль/л), лаурата ( $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л) и мирилата ( $2 \cdot 10^{-3}$  моль/л) калия добавляли к  $(0,2-3,0) \cdot 10^{-4}$  М растворам нитрата свинца (рН=3) при тщательном перемешивании последних дробными порциями. После добавления каждой порции калиевого мыла определяли оптическую плотность раствора ( $A$ ), с помощью которой рассчитывали мутность  $\tau = A/2,3\ell$  (где  $\ell$  - толщина слоя раствора).

Проведенные исследования показали, что при введении все возрастающих количеств каприната, лаурата и мирилата калия начиная с некоторого момента мутность растворов увеличивается вследствие образования в них труднорастворимых мыл свинца (рис. 1). В случае достаточно разбавленных  $(0,4-1,5) \cdot 10^{-4}$  моль/л) растворов свинца наблюдается сначала медленное нарастание мутности при увеличении добавки калиевого мыла (участок I), что связано с появлением в расворе мицелл каприната, лаурата и мирилата свинца, а затем, при дальнейшем добавлении калиевого мыла - быстрое нарастание мутности (участок II). Причиной быстрого нарастания мутности является коагуляция мицелл свинцовых мыл и образование агрегатов свинцовых мыл суспензионной степени дисперсности. В случае достаточно концентрированных  $(2,0-2,5) \cdot 10^{-4}$  моль/л) растворов нитрата свинца при добавлении все возрастающих количеств калиевых мыл мутность сначала не меняется, а затем сразу наблюдается быстрое

ее увеличение (участок II).

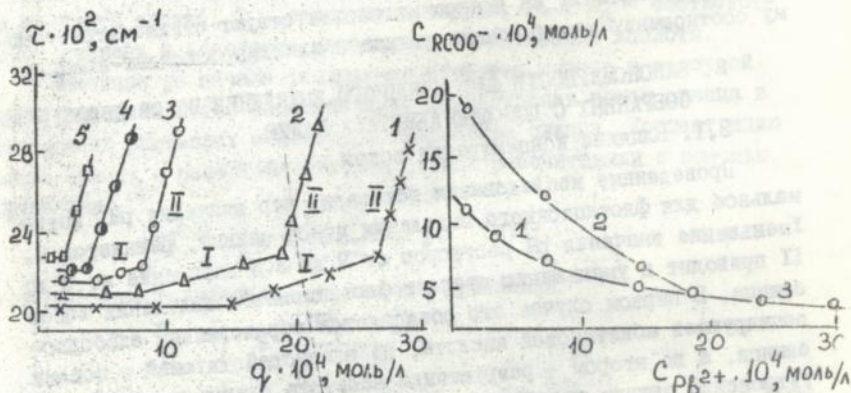


Рис. 1. ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ (q) КАПРИНАТА КАЛИЯ НА МУТНОСТЬ ( $\tau$ ) РАСТВОРОВ  $Pb(NO_3)_2$ .  
Концентрация растворов  $Pb(NO_3)_2$ , моль/л  $\cdot 10^4$ :  
0,4 (I); 0,8 (2); 1,5 (3); 2,0 (4); 2,5 (5).

Рис. 2. ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ РАЗБАВЛЕННОГО БИНАРНОГО РАСТВОРА НИТРАТА СВИНЦА И КАПРИНАТА КАЛИЯ.

На диаграмме состояния (рис. 2) кривая I отделяет истинный бинарный раствор нитрата свинца и каприната калия от мицеллярного (коллоидного) раствора каприната свинца; кривая 2 отделяет коллоидный раствор мыла свинца от его суспензии; кривая 3 служит границей между истинным бинарным раствором нитрата свинца и каприната калия с одной стороны, и суспензией каприната свинца, с другой.

Диаграммы состояния позволяют определять область концентрации ионов свинца, в которой можно осаждают свинец тем или иным калиевым мылом не опасаясь коллоидообразования. Очевидно, что положение этой области соответствует концентрациям ионов свинца, превышающим концентрацию ионов свинца в тройной точке (точка пересечения кривых I, 2 и 3 на рис. 2).

Тройная точка (ТТ) диаграммы отвечает одновременному существованию

I) истинных бинарных растворов нитрата свинца и алкилкап-  
силатов калия;

2) мицеллярных растворов мыл свинца;

3) суспензий мыл свинца.

Координаты ТТ на диаграмме соответствуют стехиометрическому соотношению между ионами свинца и алкилкарбоксилат-ионами.

## 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФЛОТАЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ИОНОВ СВИНЦА, СОБРАННЫХ С ПОМОЩЬЮ АБИЕТАТА КАЛИЯ

### 2.1. Влияние концентрации ионов водорода.

Проведенные исследования показали, что значение рН, оптимальное для флотационного выделения ионов свинца, равняется 9. Уменьшение значения рН растворов от 9 до 3 и повышение от 9 до 11 приводит к уменьшению степени флотационного выделения ионов свинца. В первом случае это объясняется образованием слабодиссоциирующей абиетиновой кислоты, не взаимодействующей с ионами свинца, а во втором - разрушением абиетата свинца и образованием гидроксида свинца и отрицательно заряженных ионов  $Pb(OH)_3^-$ , не взаимодействующих с абиетатом калия.

Область значений рН, оптимальных для флотационного выделения свинца, совпадает с областью минимальных значений  $\zeta$ -потенциала и максимальных размеров частиц сублата, а также с областью устойчивости абиетата свинца. Последнее подтверждается результатами проведенных нами расчетов области устойчивости абиетата свинца к гидролизу, согласно которым в кислой среде абиетат свинца начинает заметно гидролизироваться при рН = 6,0, а в щелочной - при рН = 9,3. В этом же интервале значений рН наблюдается наиболее эффективное флотационное выделение ионов свинца.

Значения рН начала разложения абиетата свинца в кислой среде определяли путем сопоставления концентрация ионов  $C_{19}H_{29}COO^-$  в насыщенных растворах абиетата свинца и абиетиновой кислоты. Концентрацию ионов  $C_{19}H_{29}COO^-$  в насыщенном растворе абиетиновой кислоты с разными значениями рН рассчитывали с помощью уравнений

$$[C_{19}H_{29}COO^-] = \frac{IP_K}{10^{-pH}}, \quad (6)$$

а в насыщенном растворе абиетата свинца - с помощью уравнений

$$[C_{19}H_{29}COO^-] = \alpha \sqrt{2IP'_M}, \quad IP'_M = \frac{IP_M}{\alpha^2} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{K_a}{10^{-pH} + K_a}$$

где  $[C_{19}H_{29}COO^-]$  - концентрация абиетат-ионов в растворе;  $PP_R$  - произведение растворимости абиетиновой кислоты;  $PP'_M$  и  $PP_M$  - соответственно кажущееся и истинное произведение растворимости абиетата свинца; 2 - заряд иона свинца;  $\alpha$  и  $K_a$  - соответственно степень и константа диссоциации абиетиновой кислоты.

Значение pH начала разложения абиетата свинца в щелочной среде находили путем сопоставления концентрации ионов свинца в насыщенных растворах абиетата и гидроксида свинца. Концентрацию ионов свинца в растворе абиетата свинца рассчитывали с помощью уравнения

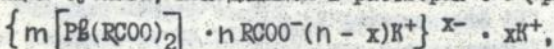
$$[Pb^{2+}] = 3 \sqrt{\frac{PP'_M}{2^2}}, \quad (8)$$

а в растворе гидроксида - с помощью уравнения

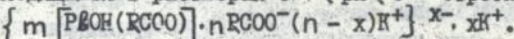
$$[Pb^{2+}] = \frac{PP_R}{K_W \cdot 10^{2pH}}, \quad (9)$$

где  $PP_R$  - произведение растворимости гидроксида свинца,  $K_W$  - ионное произведение воды.

Проведенные исследования, включая ИК спектроскопическое изучение образцов сублатов, выделенных из растворов со значениями pH, равными 3, 7 и 9, позволили приписать коллоидным частицам сублата, находящимся в растворах с  $3 < pH < 7$ , строение



а находящимся в растворах с  $7 < pH < 9$  - строение



Величина энергетического барьера отталкивания  $U$ , препятствующего сближению частиц сублата и пузырьков воздуха, с увеличением значения pH раствора от 3 до 9 уменьшается от 58 до 20 кТ, а при дальнейшем увеличении значения pH раствора до 11 увеличивается до 26 кТ.

## 2.2. влияние расхода абиетата калия

Установлено, что увеличение расхода абиетата калия приводит к увеличению степени флотационного выделения ионов свинца. Максимальное значение степени флотационного выделения ионов свинца из растворов со значением pH 9 имеет место при расходе собирателя, равном 400 % от стехиометрически необходимого для образования основной соли  $Pb(OH)C_{19}H_{29}COO$ . Наблюдаемое явление можно объяснить тем, что в указанных условиях свинец флотируется в виде координа-

ционного соединения типа  $K_3[Pb(OH)(C_{19}H_{29}COO)_4]$ .

### 2.3. Влияние температуры.

Повышение температуры от 20 до 50 °C (рН растворов 5 и 9) и от 20 до 40 °C (рН растворов 7) оказывает положительное влияние на процесс флотации, а дальнейшее увеличение температуры от 50 до 60 °C и от 40 до 50 °C - отрицательное.

Повышение флотационного выделения ионов свинца можно объяснить увеличением подвижности частиц сублата, т.е. увеличением скорости адсорбции частиц с<sub>2</sub>Злата поверхностью пузырьков воздуха и, следовательно, увеличением скорости флотации, а понижение - сдвигом адсорбционного равновесия в сторону десорбции частиц сублата с поверхности пузырьков воздуха, а также увеличением растворимости сублата.

### 2.4. Кинетика процесса флотации.

Проведенные исследования показали, что время, необходимое для максимально полного флотационного выделения ионов свинца при данных условиях опытов (рН растворов 9, расход собирателя 200 % от стехиометрически необходимого для образования основной соли типа  $Pb(OH)(C_{19}H_{29}COO)$ ), не превышает 20 минут.

Кинетика процесса флотационного выделения ионов свинца удовлетворительно описывается уравнением, аналогичным уравнению реакции второго порядка, т.е. при флотационном выделении ионов свинца, собранных с помощью абиетата калия, скорость процесса определяется скоростью ламинарной коагуляции частиц сублата на границе раздела фаз жидкость - газ.

### 2.5. Растворимость продуктов взаимодействия ионов свинца с абиетатом калия

Растворимость абиетата свинца ( $1,12 \cdot 10^{-6}$  моль/л) при повышении температуры увеличивается, а при подкислении (до рН 5) и подщелачивании (до рН 9) растворов - уменьшается.

Найденные значения растворимости абиетата свинца при различных температурах позволили с помощью уравнений

$$\Delta G^\circ = -RT \ln PP = -RT \ln 4 - 3RT \ln S, \quad (I)$$

$$\ln S = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \cdot \frac{1}{T} + \text{const}, \quad (II)$$

$$\Delta S^{\circ} = \frac{-I3 - \Delta H^{\circ} - \Delta G^{\circ}}{T}, \quad (12)$$

где  $\Pi$  - произведение растворимости, а  $S$  - растворимость абиетата свинца, рассчитать стандартную свободную энергию  $\Delta G^{\circ}$ , стандартную энтальпию  $\Delta H^{\circ}$  и стандартную энтропию  $\Delta S^{\circ}$  растворения абиетата свинца.

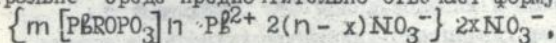
Проведенные расчеты показали, что значения  $\Delta H^{\circ}$  положительны, невелики и колеблются в пределах 4,65 - 11,6 кДж/моль, значения  $\Delta G^{\circ}$  - в пределах 96,7 - 107,3 кДж/моль, а значения  $\Delta S^{\circ}$  - в пределах - (282,4 - 320,6) Дж/К·моль.

### 3. ЗАКОНСМЕРНОСТИ ФЛОТАЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ИОНОВ СВИНЦА, СОБРАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МОНОАЛКИЛФОСФАТОВ КАЛИЯ

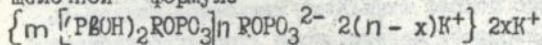
Результаты проведенных исследований показали, что максимальное значение степени флотационного выделения ионов свинца, собранных с помощью моноалкилфосфатов калия  $(ROPO(OK)_2)$ , наблюдается при pH 9. Подкисление (до pH 7) и подщелачивание (до pH 11) растворов приводит к уменьшению степени флотационного выделения свинца.

В области значений pH, обеспечивающих максимальное флотационное выделение ионов свинца (приблизительно от pH 8 до pH 10), свинец флотируется преимущественно в виде основной соли  $(PEOH)_2ROPO_3$ , а в нейтральной среде (pH 7) в виде средней  $PEOPO_3$ .

Увеличение pH коллоидных растворов октил-, додецил- и гексадецилфосфата свинца от 7 до 9 сопровождается уменьшением положительного  $\zeta$ -потенциала частиц свинецсодержащих сублатов. Дальнейшее повышение pH растворов до 11 приводит к перезарядке частиц сублатов и увеличению их отрицательного  $\zeta$ -потенциала. На основании проведенных исследований микеллярное строение частиц дисперсной фазы коллоидных растворов свинецсодержащих сублатов в нейтральной среде предпочтительно отвечает формуле



а в щелочной - формуле



С увеличением длины углеводородного радикала собирателя степень флотационного выделения ионов свинца увеличивается, что объясняется уменьшением растворимости сублатов.

Растворимость свинецсодержащих сублатов  $S$  связана с длиной углеводородного радикала собирателя  $n$  логарифмической зависимостью

стью, описываемой уравнением

$$\lg S = A - nB, \quad (13)$$

где A и B - постоянные. Численные значения коэффициентов A и B, найденные экспериментально (путем графического решения уравнения (13) и рассчитанные теоретически по уравнениям

$$A = \frac{(2\Delta G_K + \Delta G_P) - RT \ln 1/2}{3 \cdot 2,3 RT} \quad (14), \quad B = - \frac{\Delta G_{CH_2}}{3 \cdot 2,3 RT}, \quad (15)$$

хорошо совпадают, что подтверждает правильность определения растворимости свинецсодержащих сублатов (табл. 2).

Свободную энергию образования основной соли моноэтилфосфата свинца  $(PbOH)_2ROPO_3$  (pH растворов 9) рассчитывали по уравнению

$$\Delta G_{обp}^0 = RT \ln PP = RT \ln 1/2 S^3 = RT \ln 1/2 + 3RT \ln S. \quad (16)$$

Для определения суммы  $(2\Delta G_K + \Delta G_P)$  использовали уравнение

$$\Delta G_{обp}^0 = (2\Delta G_K + \Delta G_P) + n\Delta G_{CH_2}. \quad (17)$$

Таблица 2

РАСЧЕТНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ A И B

Соединение (сублат)	$S \cdot 10^3$ , моль	$\Delta G$ , кДж/моль			A		B	
		$-\Delta G_{обp}$	$-\Delta G_{CH_2}$	$-(\Delta G_K + \Delta G_P)$	расч.	эксп.	расч.	эксп.
$(PbOH)_2R_8OPO_3$	99,0	18,6	4,9	17,8				
$(PbOH)_2R_{12}OPO_3$	8,3	36,7	4,4	17,9	1,17	1,15	0,27	0,28
$(PbOH)_2R_{16}OPO_3$	0,7	54,3	4,3	18,5				
Среднее значения			4,5	18,1				

Термодинамический анализ процесса образования сублата позволяет осуществлять выбор собирателя с оптимальной длиной углеводородного радикала по заданной остаточной концентрации ионов свинца в растворе ( $C_{ост}$ ). Действительно, приняв, что  $C_{ост} = S$ , из уравнения (13) имеем

$$\lg C_{ост} = A - nB, \quad (18)$$

откуда

$$n = \frac{A}{B} - \frac{1}{B} \lg C_{ост}, \quad (19)$$

где n - минимальная длина углеводородной цепи собирателя, обе-

спечивающего требуемую остаточную концентрацию ионов свинца в растворе.

Время, необходимое для максимально полного (при данных условиях опытов) флотационного выделения ионов свинца, не зависит от длины углеводородного радикала собирателя и составляет 30 мин.

Порядок кинетических уравнений, описывающих процесс флотационного выделения ионов свинца с помощью моноалкилфосфатов калия, определяется значением  $\zeta$ -потенциала частиц свинецсодержащих сублатов. При значениях  $\zeta$ -потенциала частиц свинецсодержащих сублатов, близких к нулю (рН растворов 8,8), процесс флотации описывается кинетическим уравнением, порядок которого  $n = 1,08$  или, в первом приближении, уравнением, аналогичным уравнению реакции первого порядка; при относительно высоких ( $\approx 30$  мВ) значениях  $\zeta$ -потенциала (рН растворов 7 и II) - кинетическими уравнениями, порядок которых  $n$  равен соответственно 2,14 и 1,96, или, в первом приближении, уравнением, аналогичным уравнению реакции второго порядка.

#### 4. О ФЛОТАЦИОННОМ ВЫДЕЛЕНИИ ИОНОВ СВИНЦА, СОБРАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТОНКОЭМУЛЬГИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В БЕНЗОЛЕ

Одним из перспективных способов повышения эффективности процесса флотационного выделения ионов тяжелых металлов является совместное применение в качестве собирателей ионогенных ПАВ и тонкоэмульгированных аполярных жидкостей.

Опыты, направленные на выяснение возможности использования в качестве флотационных собирателей ионов свинца тонкоэмульгированных растворов каприновой, лауриновой, миристиновой и пальмитиновой кислот в бензоле показали, что наиболее полно ионы свинца могут быть собраны с помощью тонкоэмульгированного бензольного раствора миристиновой кислоты.

Установлено, что использование в качестве собирателей ионов свинца тонкоэмульгированных бензольных растворов жирных кислот не только позволяет уменьшить расход собирателя, но и сократить продолжительность флотационной обработки растворов.

Кинетика процесса флотационного выделения ионов свинца, собранных с помощью тонкоэмульгированных растворов миристиновой кислоты в бензоле, описывается кинетическим уравнением первого порядка. Величина энергетического барьера отталкивания между цу-

зырьками воздуха и частицами сублата невелика и равняется 0,8 кТ (в случае использования в качестве собирателя водного раствора миристана капли высота барьера равняется 4 кТ).

#### 5. О ФЛОТАЦИОННОМ ВЫДЕЛЕНИИ ИОНОВ СВИНЦА, СОБРАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТОНКОДИСПЕРГИРОВАННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ПАРАФИНЕ

Использование тонкодиспергированных твердых растворов ионогенных ПАВ в парафине в качестве флотационных собирателей ионов тяжелых металлов позволяет заметно интенсифицировать процесс флотации - уменьшить расход собирателя и его потери, обусловленные растворимостью сублата, сократить время флотационной обработки растворов.

В качестве собирателей ионов свинца использовали тонкодиспергированные  $(1-20) \cdot 10^{-2}$  моляльные твердые растворы каприновой, лауриновой, миристиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот в парафине, приготовленные путем их растворения в нагретом до температуры плавления парафине и последующего охлаждения раствора. Диспергирование твердых растворов (1 г) в дистиллированной воде ( $99 \text{ см}^3$ ) осуществляли ультразвуковым методом.

Количество карбоксильных групп на поверхности твердых растворов находили путем кондуктометрического титрования  $40 \text{ см}^3$  их 0,5 %-ных суспензий 0,01 н раствором КОН.

Проведенные исследования показали, что частицы тонкодиспергированных твердых растворов жирных кислот в парафине имеют шарообразную форму, радиус которых колеблется в пределах 3,5 - 12,5 мкм, причем наиболее часто встречаются частицы с радиусом 4-5 мкм.

При увеличении концентрации твердого раствора жирной кислоты в парафине, увеличивается и количество карбоксильных групп, адсорбированных на поверхности частиц твердого раствора, но лишь до определенного предела, соответствующего насыщению поверхности парафина карбоксильными группами. Это подтверждается тем, что с увеличением содержания жирной кислоты в твердом растворе отрицательный  $\zeta$ -потенциал частиц твердых растворов и значение косинуса краевого угла смачивания также увеличиваются до определенного предела.

При насыщении поверхности частиц твердых растворов карбоксильными группами, доля жирной кислоты, закрепившейся на поверхности частиц твердых растворов и способной реагировать с находя-

шимися в водной фазе ионами свинца, составляет (от всего содержания в парафине) в случае твердых растворов каприновой кислоты II %, лауриновой - 32 %, миристиновой - 43 %, пальмитиновой - 68 % и стеариновой - 47 %.

Наиболее подходящим для использования в качестве флотационного собирателя ионов свинца является твердый раствор пальмитиновой кислоты в парафине, адсорбционная емкость которого по отношению к ионам свинца составляет  $5,6 \cdot 10^{-2}$  моль/кг и с помощью которого свинец извлекается из раствора на 95 %.

При увеличении концентрации твердых растворов жирных кислот в парафине степень флотационного выделения ионов свинца сначала увеличивается, достигая 95 % при концентрации твердого раствора пальмитиновой кислоты в парафине 0,12 моль на кг парафина, а затем уменьшается.

Наиболее полно флотационное выделение ионов свинца с помощью тонкодиспергированных растворов жирных кислот в парафине протекает в области значений pH растворов, близких к 9. Уменьшение степени флотационного выделения свинца в более кислой и более щелочной средах обусловлено в первом случае подавлением диссоциации карбоксильных групп, а во втором - переходом ионов  $Pb^{2+}$  и  $PbOH^+$  в гидроксид свинца  $Pb(OH)_2$  и далее в отрицательно заряженные ионы  $Pb(OH)_3^-$ , не способные взаимодействовать с собирателем.

Использование в качестве собирателей ионов свинца тонкодиспергированных твердых растворов жирных кислот в парафине позволяет снизить расход ПАВ до I моль на I моль  $Pb$  по сравнению с 2 моль на I моль  $Pb$  в случае использования в качестве собирателей водных растворов калиевых солей жирных кислот.

#### 6. АДСОРБЦИЯ МИРИСТАТА КАЛИЯ И СОЛЯНОКИСЛОГО ДОДЕЦИЛАМИНА ГИДРОКСИДОМ СВИНЦА

С адсорбцией водорастворимых ПАВ гидроксидом свинца приходится встречаться в практике рудной флотации и очистки сточных вод предприятий машиностроительного профиля.

Выбор в качестве адсорбатов мириСТАта калия и хлорида додециламина был обусловлен перспективой использования их в качестве собирателей при флотационной очистке сточных вод от гидроксида свинца коллоидной и суспензионной степени дисперсности.

Установлено, что изотермы адсорбции мириСТАта калия и хлорида додециламина свежеосажденным гидроксидом свинца (значения pH

АН УРС

суспензий гидроксида свинца равнялись IО и II) имеют сложную форму, в основном одностипны и по классификации Джэйлса могут быть отнесены к изотермам L-типа.

Адсорбция миристата калия гидроксидом свинца носит преимущественно химический характер и осуществляется за счет образования координационной связи между атомом свинца молекулы гидроксида свинца, имеющим вакантные р-орбитали, и миристал-ионом (донором электронов).

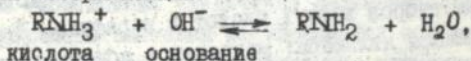
При решении вопроса о механизме адсорбции хлорида додециламина использовали данные ИК спектроскопических исследований, которые показали, что на поверхности гидроксида свинца адсорбируется недиссоциированная (молекулярная) форма амина. Адсорбция сопровождается образованием координационной связи  $P\bar{R}-N$  за счет неподеленной электронной пары атома азота молекулы амина и вакантной р-орбитали атома свинца молекулы гидроксида свинца.

Адсорбция миристата калия и додециламина сопровождается также образованием водородных связей между несвязанными друг с другом поверхностными гидроксильными группами адсорбента и полярными группами адсорбатов.

Величины стандартных дифференциальных изменений свободной энергии системы ( $\Delta G^{\circ}$ ) в случае адсорбции миристата калия и додециламина достаточно велики и колеблются в пределах  $-(19,2 - 33,4)$  кДж/моль. Значения стандартных дифференциальных изменений энтальпии ( $\Delta H^{\circ}$ ) положительны в случае адсорбции миристата калия и отрицательны в случае адсорбции додециламина. Величины стандартных дифференциальных изменений энтропии ( $\Delta S^{\circ}$ ) в случае адсорбции миристата калия положительны, что связано, по-видимому, с разрушением упорядоченной структуры воды в результате вытеснения из адсорбционного слоя молекул воды и десольватации полярных групп молекул адсорбата, а в случае адсорбции додециламина отрицательны, что обусловлено, очевидно, образованием в поверхностном адсорбционном слое ассоциатов адсорбированных на поверхности гидроксида свинца молекул амина.

При повышении температуры от 20 до 45 °С константа адсорбционного распределения в случае адсорбции миристата калия увеличивается, а в случае адсорбции додециламина уменьшается. Последнее не противоречит тому, что адсорбция додециламина гидроксидом свинца носит химический характер, т.к. изменение энтальпии системы происходит не только в результате адсорбции, но и в результате

реакции нейтрализации



протекающей с выделением тепла ( $\Delta H^0 < 0$ )

Суммируя все изложенное выше, можно заключить, что калиевые мыла жирных кислот и хлориды первичных алифатических аминов, в частности, миристат калия и хлорид додециламина, могут служить эффективными флотационными собирателями коллоидно-растворенного гидроксида свинца. Опыт подтверждает этот вывод.

### 7. О СЕЛЕКТИВНОМ ФЛОТАЦИОННОМ ВЫДЕЛЕНИИ СВИНЦА ИЗ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ МЕДЬ И ЖЕЛЕЗО

С растворами, содержащими наряду с ионами свинца ионы меди и железа, приходится сталкиваться в практике очистки сточных вод гальванических производств.

При добавлении к растворам, содержащим ионы свинца, железа и меди, миристата калия в количестве, стехиометрически необходимом для связывания только ионов свинца, степень флотационного выделения последнего невелика и составляет примерно 20 %. При расходе собирателя, стехиометрически необходимом для связывания всех трех ионов, степень их флотационного выделения резко возрастает. Причем наиболее эффективно извлекаются ионы железа (через 4 минуты после начала флотации степень флотационного выделения достигает 100 %). Время, необходимое для максимально полного флотационного выделения ионов меди (90 %) и свинца (95 %) равняется 10 минутам. Наибольшее значение коэффициента разделения  $K_{Pb, Cu}$  (1,74) имеет место при флотационной обработке растворов в течение 4 мин, а  $K_{Pb, Fe}$  (32,25) - в течение 1 мин.

Использование в качестве собирателя хозяйственного мыла заметно увеличивает степень флотационного выделения ионов свинца и меди.

Значительная разница в степенях флотационного выделения наблюдается при расходе мыла в количестве 250 мг/л. Коэффициент разделения при этом  $K_{Pb, Cu} = 2,86$ .

### ВЫВОДЫ

I. Экспериментально показана возможность использования в качестве флотационных собирателей ионов свинца водных растворов миристата калия, калиевых солей жирных и моноалкилфосфорных кислот, содержащих в своем составе от 8 до 16 атомов углерода, тонкоэмуль-

гированных жирных кислот в аполярных жидкостях и тонкодиспергированных твердых растворов жирных кислот в парафине. Лучшими собирателями ионов свинца являются: миристат и абиетат калия, тонкомульгированный раствор миристиновой кислоты в бензоле и тонкодиспергированный твердый раствор пальмитиновой кислоты в парафине. Максимум флотационного выделения ионов свинца имеет место при минимальном значении электрокинетического потенциала частиц сублата - продукта взаимодействия ионов свинца с собирателем.

2. Наиболее эффективно процесс флотационного выделения ионов свинца происходит в области значений pH, близких к значению pH начала осаждения гидроксида свинца, т.е. тогда, когда он находится в растворе в виде многоядерных соединений. Возможно прогнозирование значений pH, наиболее благоприятных для флотационного выделения ионов свинца, основанное на расчете области устойчивости свинцовых мыл.

3. При введении в растворы нитратов свинца все возрастающих количеств собирателя (вплоть до четырехкратного избытка) степень флотационного выделения ионов свинца сначала увеличивается, а затем, в зависимости от природы собирателя, либо уменьшается, либо остается постоянной. В случае абиетата калия степень извлечения достигает своего максимального значения лишь при введении четырехкратного избытка собирателя, что указывает на возможность образования координационных соединений. Установлено, что использование в качестве флотационных собирателей тонкомульгированных растворов жирных кислот в бензоле и тонкодиспергированных твердых растворов жирных кислот в парафине позволяет снизить расход ПАВ в 1,5 - 2,0 раза.

4. Построены диаграммы состояния разбавленных бинарных растворов нитрата свинца и калиевых мыл жирных кислот в воде, позволяющие прогнозировать оптимальный расход собирателя и определять область концентраций ионов свинца, в которой можно их осажда́ть тем или иным калиевым мылом не опасаясь коллоидообразования.

5. Характер влияния температуры на процесс флотационного выделения ионов свинца определяется адсорбционными равновесием на границе раздела фаз раствор - воздух и растворимостью сублата. Так, при повышении температуры от 20 до 60 °C степень флотационного выделения ионов свинца, собранных с помощью абиетата калия, сначала (до 40 - 50 °C) увеличивается (вследствие увеличения ско-

рости адсорбции частиц сублата пузырьками воздуха), а затем уменьшается (вследствие увеличения растворимости сублата).

6. Определены значения растворимости абиетата и моноалкилфосфатов свинца. Рассчитаны стандартные термодинамические функции процесса растворения абиетата свинца. Осуществлен термодинамический анализ процесса образования моноалкилфосфатов свинца, позволяющий определять оптимальную длину углеводородного радикала собирателя для осаждения ионов свинца в виде хорошо флотирующихся сублатов, и количественно оценивать изменение (уменьшение) растворимости сублата при увеличении длины углеводородного радикала входящего в его состав поверхностно-активного аниона.

7. Изучена кинетика флотационного выделения ионов свинца, собранных с помощью калиевых солей жирных, абиетиновой и моноалкилфосфорных кислот, а также тонкоэмульгированных растворов миристиновой кислоты в бензоле. Результаты исследований проанализированы с позиций формальной кинетики и с позиций теории устойчивости гидрофобных коллоидов ДЛФО. Установлено, что флотация частиц свинецсодержащих сублатов с относительно низким  $\zeta$ -потенциалом описывается кинетическим уравнением первого порядка, а частиц с относительно высоким  $\zeta$ -потенциалом - второго. В свою очередь, кинетическое уравнение первого порядка применимо тогда, когда энергетический барьер отталкивания между частицами сублата и пузырьками воздуха сравнительно невелик, а второго - когда он сравнительно высок.

8. Изучены закономерности адсорбции гидроксидом свинца миристата калия и хлорида додециламина в связи с перспективой использования последних в качестве флотационных собирателей коллоидно-растворенного гидроксида свинца. Установлено, что адсорбция в обоих случаях носит химический характер. Указанный вывод подтвержден с помощью термодинамических и ИК спектроскопических исследований.

9. Показана возможность селективного флотационного выделения ионов свинца с помощью миристата калия и хозяйственного мыла из растворов, имитирующих сточные воды гальванических производств, содержащих наряду с ионами свинца ионы меди и железа.

Содержание диссертации изложено в работах:

1. Сазонова В.Ф., Пензя Л.Э., Костик В.В. Тонкодиспергированные твердые растворы высших жирных кислот в парафине как фло-

тационные собиратели ионов свинца.- Деп. в УкрНИИТИ. № 549-  
Ук 91. 24.09.91, 13с.

2. Скрылев Л.Д., Сазонова В.Ф., Пеня Л.Э. Диаграммы состо-  
яния разбавленных водных растворов нитрата свинца и калиевых со-  
лей высших жирных кислот.- Деп. в УкрНИИТИ. № 633 - Ук 91.  
24.09.91, 12с.

*Г.Темля*

Подписано к печати 14.05.92 г. формат  
бумаги 80x64, объем I п.л. Зак. 352,  
тир. 100 экз. ОИПХ, 270100, ул.Сов.  
Грмии, 8, ротапринт





467851

Ab 25.829

**AB 25.829**