

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Факультет хімії та фармації

Кафедра фізичної та колоїдної хімії

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: «Деякі закономірності флотаційного вилучення самарію»

«Some regularities of samarium flotation isolation»

Виконав: студент заочної форми навчання
спеціальності 102 Хімія

Коєв Петро Іванович

Керівник: к. х. н., доц. Кожемяк М.А. _____
(підпис)

Рецензент: к. х. н., доц. Хома Р.Є.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ ___ від ___ грудня 2018 р.

Захищено на засіданні ЕК №__
протокол № ___ від «___» _____ 2018 р.

Оцінка _____/_____/_____
(за національною шкалою, за шкалою ECTS, бал)

Завідувач кафедри
_____ д. х. н., проф. Сазонова В.Ф.
(підпис)

Голова екзаменаційної комісії
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О. М.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі фізичної та колоїдної хімії Одеського національного університету імені І.І. Мечникова та присвячена вивченню закономірностей флотаційного вилучення з водних розчинів іонів самарію. Робота є частиною і логічним продовженням досліджень, що проводяться на кафедрі за важливішою тематикою «Теоретичні основи флотаційного та адсорбційної очистки техногенних вод» в рамках держбюджетної теми №170 «Розробка принципів керування процесами вилучення цінних компонентів та екотоксикантів з розчинів» (0117U003787 01.09.2017-31.12.2021), що координується МОН України.

Мета роботи: встановити деякі закономірності флотаційного вилучення іонів самарію з розведених розчинів за допомогою тонкоемульгованих розчинів жирних кислот у бутиловому та ізоаміловому спиртах.

Встановлено вплив основних параметрів (час флотації, витрата жирних кислот, рН середовища) на ефективність флотаційного вилучення іонів самарію за допомогою тонкоемульгованих розчинів жирних кислот у бутиловому та ізоаміловому спиртах.

Робота спрямована на подальшу розробку флотаційного методу вилучення іонів РЗЕ з розведених розчинів.

Можлива область застосування: концентрування розведених розчинів солей РЗЕ; очищення стічних вод хімічних лабораторій та підприємств по переробці мінеральної сировини, що містить РЗЕ.

Ключові слова: самарій, РЗЕ, жирні кислоти, флотація, рідкоземельні елементи, екстрагент, флотоекстракція.

Дипломна робота складається з: 54 стор. машинописного тексту, 13 рис., 7 табл., 88 використаних джерел літератури.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Флотація як метод вилучення та розділення розчинених речовин .	6
1.1.1. Основні поняття та визначення	6
1.1.2. Класифікація флотаційних методів	7
1.2. Найважливіші властивості та характеристика сполук самарію . . .	10
1.3 Методи вилучення РЗЕ з водних середовищ	12
1.4 Відомості про флотаційне вилучення іонів РЗЕ з водних розчинів	14
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	19
2.1. Об'єкти дослідження	19
2.2. Методи та методики проведення експерименту.	20
2.3. Результати та їх обговорення	27
2.3.1. <i>Кінетика процесу флотації.</i>	27
2.3.2. <i>Вплив витрати збирача на ступінь флотаційно-</i> <i>го вилучення самарію.</i>	34
2.3.3. <i>Вплив довжини вуглеводневого радикалу жирної кислоти</i> <i>та природи розчинника на ступінь флотаційно-</i> <i>го вилучення іонів самарію.</i>	35
2.3.4. <i>Вплив рН середовища на ступінь флотаційного вилучення</i> <i>іонів самарію.</i>	37
ВИСНОВКИ	44
ЛІТЕРАТУРА	45

ВСТУП

Проблема вилучення іонів рідкісноземельних елементів (РЗЕ) зі стічних вод та технологічних розчинів промислових підприємств і хімічних лабораторій є актуальною, оскільки РЗЕ, як коштовні компоненти розчинів, знаходять широке застосування у різних галузях промисловості: мікроелектроніці, радіотехніці, авіації, атомній техніці та ін. Тому вивчення закономірностей процесів вилучення іонів РЗЕ з водних середовищ та оптимізація цих процесів є актуальним завданням.

Найбільше технологічним та раціональним методом селективного вилучення іонів РЗЕ з розведених водних середовищ є флотація. Досвіди показали, що ефективність процесу можна помітно підвищити шляхом комбінації флотації та екстракції. Це пояснюється тим, що флотоекстракція, як метод вилучення та поділу розчинених речовин, поєднує гідності флотації та екстракції. При флотоекстракції масоперенос протікає за участю бульбашок повітря або інертного газу, генеруємих у флотаційній системі за допомогою пористих матеріалів. Екстрагент наносять на поверхню розчину у вигляді тонкого шару [1], або вводять у розчин у вигляді високодисперсної емульсії [2]. В останньому випадку реалізується метод мікрофлотоекстракції, який дозволяє не тільки зменшити витрати екстрагенту, але й значно побільшати ступінь вилучення та коефіцієнт поділу компонентів, які вилучаються, за рахунок адсорбції сублатів на високорозвиненій межі розділення фаз рідина-рідина [3].

Жирні кислоти, знайшли широке застосування в екстракційній переробці розчинів полівалентних металів [4 - 6] і є перспективними збирачами і екстрагентами для вилучення і поділу РЗМ методом флотоекстракції.

Метою даної роботи з'явилось встановлення деякі закономірностей флотаційного вилучення іонів самарію з розведених розчинів за допомогою тонкоемульгованих розчинів жирних кислот у бутиловому та ізоаміловому спиртах в режимі мікрофлотоекстракції.

Для досягнення даної мети, було необхідно вирішити такі завдання:

- ✓ вивчити кінетику флотаційного вилучення іонів самарію;
- ✓ досліджувати вплив рН середовища та витрата збирача на ефективність флотації;
- ✓ вивчити вплив довжини вуглеводного ланцюгу жирних кислот на ступінь флотаційного вилучення іонів самарію;
- ✓ формулювати оптимальні умови вилучення іонів самарію за допомогою тонкоемульгованих розчинів жирних кислот у бутиловому та ізоаміловому спирту у режимі мікрофлотоекстракції.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що процес флотаційного вилучення з допомогою тонкоемульгованих розчинів жирних кислот в бутиловому та ізоаміловому спиртах описується кінетичним рівнянням першого порядку.

2. Показано, що для максимально повного флотаційного вилучення самарію необхідна стехіометрична витрата збирача - жирної кислоти.

3. Знайдено, що найкращим флотаційним збирачем іонів самарію є ундеканова кислота у вигляді тонкоемульгованого розчину її в ізоаміловому спирті .

4. Встановлено, що найбільш ефективно процес флотаційного вилучення протікає в області значень рН 6,5 - 12, що відповідає рН початку осадження гідроксиду самарію та його повного осадження. Зроблено припущення про механізм флотаційного вилучення самарію в широкому інтервалі значень рН (4 - 12).

5. Встановлено роль електрокінетичного потенціалу крапель емульсії та розчинів жирних кислот в органічних розчинниках на ефективність флотаційного вилучення іонів самарію. Показано, що величина енергетичного бар'єра відштовхування між краплями емульсії та бульбашками повітря, зменшується при збільшенні рН розчинів від 6 до 10, що узгоджується з даними флотаційного вилучення самарію .

ЛИТЕРАТУРА

1. Себба Ф. Ионная флотация / Себба Ф. – М. : Metallurgia, 1965. – 170с.
2. Кузькин С.Ф. Флотация ионов и молекул / С.Ф.Кузькин, А.М.Гольман. – М. : Недра, 1971. – 133 с.
3. Скрылев Л. Д., Сазонова В. Ф. Возможность флотационного разделения ионов скандия и лантана / Скрылев Л. Д., Сазонова В. Ф. // Изв. вузов Горный журнал. – 1978. - №6. – С. 148 – 149.
4. Гиндин Л.М. Экстракционные процессы и их применение / Гиндин Л.М. – М. : Наука, 1984. – 144 с.
5. Михайличенко А. И.. Редкоземельные металлы / А. И.Михайличенко, Е. Б.Михлин, Ю. Б.Патрикеев. – М.: Metallurgia. – 1987. – 205с.
6. Вольдман Г.М. Теория гидрометаллургических процессов: [учеб. пособие для вузов] / Г.М. Вольдман, А.Н. Зеликман– [4-е изд.]. – М. : Интернет Инжиниринг, 2003. – 464 с.
7. Кузькин С.Ф.. Флотация ионов и молекул / С.Ф. Кузькин, А.М.Гольман. – М.: Недра, 1971. – 133 с.
8. Скрылев Л.Д. Коллоидно-химические основы защиты окружающей среды от ионов тяжелых металлов. Ионная флотация / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова. – К. : УМК ВО, 1992. – 215 с.
9. Дибров И.А. Классификация пенных флотационных процессов, используемых в гидрометаллургии и очистке сточных вод / И.А.Дибров, Н.Н.Воронин, А.А. Клемятов // Обогащение руд. – 1999. – №5. – С.9 – 14.
- 10.Рубинштейн Ю.Б. Пенная сепарация и колонная флотация / Ю.Б.Рубинштейн, В.И. Мелик-Гайказян, Н.В. Матвеев, С.Б. Леонов. – М.: Недра, 1989. -304 с
- 11.Дерягин Б.В. Микрофлотация: Водоочистка, обогащение / Дерягин Б.В., Духин С.С., Рулев Н.Н. – М. : Химия, 1986. – 112 с.

12. Рулев Н.Н. Влияние коалесценции газовых пузырьков на кинетику микрофлотационного процесса в аппаратах периодического действия / Н.Н. Рулев, В.А. Колесников, Е.А. Шалыт // Химия и технол. воды. – 1990. – Т.12. – №2. – С.108-110.
13. Рулев Н.Н. Кинетика эмульсионной флотации в турбулентном потоке / Н.Н. Рулев // Химия и технология воды. – 1997. – 1 №1. – С. 9 – 13.
14. Rulyov N.N. Applikation of ultra-flocculation and turbulent micro-flotation to the removal of fine contaminants from water / N.N. Rulyov // Colloids and Surface. – 1999. – Vol. 151. – №2. – P. 283 –291.
15. Рулев Н.Н. Новые направления в развитии технологии очистки природной воды от тонкодисперсных лиофильных примесей флокуляцией и флотацией / Н.Н. Рулев // Химия и технология воды. – 2008. – 30, №4. – 410 – 427 с.
16. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов - М.: Высшая школа, 2001. - 743 с.
17. Бусев А. И. Руководство по аналитической химии редких элементов / А. И. Бусев, В.Г. Типцова, В.М. Иванов [2-е изд., перераб. и доп.] — М.: «Химия», 1978. — 432 с.
18. Лобачева О.Л. Извлечение ионов самария из водных растворов методом ионной флотации / О.Л. Лобачева, Д.Е. Чиркст // Тез докл. Второго Международного конгресса «Цветные металлы-2010», Красноярск. – 2010 – С. 224-226.
19. Зеликман А.Н. Металлургия редких металлов / А.Н. Зеликман, Б.Г. Коршунов – М.: Металлургия, 1991. – 431 с.
20. Смирнов П. Р. Координация ионов в водных растворах хлорида самария из данных по дифракции рентгеновских лучей / П.Р. Смирнов, О. В. Гречин // Журн. неорг. химии. – 2017. – Т. 62, №4. – С. 455 - 460.
21. Белокосков В.И. Экстракционное извлечение РЗЭ из редкоземельного апатитового концентрата / В.И. Белокосков, И.П. Смирнова, В.Н. Лебе-

- дев // Технология и изучение соединений редких элементов. Апатиты: Кольский научный центр АН СССР. - 1983. - С.143-152.
- 22.Достова Т.М. Извлечение суммы редкоземельных элементов методом комплексной обработки отходов глиноземных производств уральского алюминиевого завода / Т.М.Достова, Е.В. Сальникова // Вестник ОГУ . – 2011 . – №12 (131). – С. 390-392
- 23.Касикова Н.И. Экстракция ниобия из солянокислых растворов третичными аминами в апротонных разбавителях / Н.И. Касикова, А.Г. Касиков, Г.В. Короткова // ЖПХ. - 2010. - Т.83. Вып.3. - С.425-430.
- 24.Локшин Э.П. Выделение лантаноидов из экстракционной фосфорной кислоты дигидратного процесса / Э.П. Локшин, О.А. Тареева // ЖПХ. - 2010. - Т.83, Вып.6. - С.899-905.
- 25.Гиганов, В. Г. Экстракционное разделение РЗЭ тяжелой группы (Er, Ho, Dy, Y) смесями фосфорорганических кислот / В.Г.Гиганов, А.Н.Адамова, С.И. Степанов // Актуальные вопросы получения и применения РЗМ и РМ-2017: Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. - М., ОАО «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», 2017. - С. 174 - 177.
- 26.Литвинова Г. Н., Мальцева И. Е., Костикова Г. В., Жилов В. И. Извлечение скандия, тория и РЗЭ фосфиноксидом разнорадикальным из сернокислых и смешанных растворов // Современная химия: Успехи и достижения: материалы II Междунар. Науч. Конф. (г. Чита, апрель 2016 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый, 2016. – С. 3-8.
- 27.Локшин Э. П. Исследование сорбционного извлечения редкоземельных элементов из серно-кислых растворов // Э.П. Локшин, О.А. Тареева, В.И. Иваненк, Р.И. Корнейков и др. // Химическая технология. - 2011. - №12. - С.749-754.
- 28.Хамизов Р.Х. Сорбционное концентрирование и выделение РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты. / Р.Х. Хамизов, А.Н. Крачак // В сб. Переработка и утилизация попутных фосфористых соединений и изв-

- лечение редкоземельных металлов в производстве минеральных удобрений. - М.: НИУИФ. - 2011. - С.180.
29. Hulya Kursun. Adsorption and column flotation studies on talc using anionic and cationic collectors / Hulya Kursun, Ayten Ates // *Korean J. Chem. Eng.* - 2010. - V.27, №6. - P. 1922-1927.
30. Маслобоев В.А. Технология редкоземельной продукции из минерального сырья Кольского полуострова / В.А.Маслобоев, В.Н.Лебедев, И.П.Смирнова // Новые технологии для комплексного использования природных ресурсов Севера. РАН. Кол. Науч. Центр. Апатиты. - 1994. - С. 58.
31. Товажнянский Л.Л. Комплексная переработка фосфогипса с извлечением редкоземельных элементов / Л.Л.Товажнянский, П.А.Капустенко, Г.Л. Хавин // *Інтегровані технології та енергозбереження.* – 2008. - №2. – С. 73 – 81.
32. Вершков А.В. Разработка способа извлечения редкоземельных элементов при сернокислотной переработке апатита [Текст] : научное издание / А. В. Вершков // *Цв. металургия.* - 2000. - № 8-9. - С. 49 -53.
33. Li Suqing Separation of uranium and thorium in aqueous solution using polyhydroxyethylmethacrylate-hydroxyapatite novel composite / Li Suqing // *Desalination and Water Treatment.* - 2012. - №50. - P.180–188.
34. Tan Zhishi Separation of Rare-Earth and Transplutonium elements by Displacement Chromatography on S-957 Phosphonic Ion Exchanger / Tan Zhishi // *Radiochemistry.* - 2012. - V. 54, №.2. - P. 164–167.
35. Huang Tiyan Unusual Elution Sequence of Rare Earth Elements (REE) in Some Ion Chromatographic Systems and the Effect of Temperature / Huang Tiyan // *Separation Science and Technolog.* - 2011. - № 46. - P. 1767–1775.
36. Аймбетова И.О. Сорбционные методы извлечения редких и редкоземельных металлов из растворов атомной промышленности Казахстана: проблемы и их современное решение/ И.О. Аймбетова // II Научно-практическая конференция молодых ученых РАН «Фундаментальная и

- прикладная наука глазами молодых ученых. Успехи, перспективы, проблемы и пути их решения» Санкт-Петербург. - 2012. - С. 68.
37. Мураслимова М.Л. Определение равновесных параметров сорбции ионов иттрия и лантана из минерализованных растворов и железосодержащих пульп на карбоксильный катионит КБ-4 гелевого типа / М.Л. Мураслимова, Э.В. Строева // Вестник ОГУ. – 2006. - №5. – С. 85 – 90.
38. Комиссарова Л.Н. Физико-химические основы комплексной переработки апатитового концентрата / Л.Н. Комиссарова, Г.В. Зими́на, Т.А. Сливко, И.Н. Смирнова, А.П. Бобылев, Л.В. Голубина // Известия ВУЗ. Цветная металлургия, 2000 - № 3, с. 31-44.
39. Пушкарев В.В. Осветление и дезактивация сточных вод пенной флотацией / В.В. Пушкарев, Ю.В. Егоров, Б.Н. Хрусталеv. - М.: Атомиздат, 1969. - 144 с.
40. Пустовалов Н.Н. Извлечение катионов металлов из водных растворов методом пенной флотации / Н.Н. Пустовалов, В.В. Пушкарев // ЖПХ, 1973. - Т. 46, № 8. - С. 1707-1711.
41. Пушкарев В.В. Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ / В.В. Пушкарев, Д.И. Трофимов. - М.: Химия, 1975. - 144 с.
42. Пушкарев В.В. Изучение взаимодействия радиоактивных микрокомпонентов в водных растворах с алкиларилсульфокислотами методом ценообразования / В.В. Пушкарев, В.Г. Березюк, Б.Н. Хрусталеv // Радиохимия. – 1967. -Т. 9, № 4. - С. 438-443.
43. Pinfold T.A. Selektive precipitate flotation III. Parameters of precipitate flotation of the first kind / T.A. Pinfold, I. Sheiham, // J. Appl. Chem. – 1968. – 18. – P.140 -145.
44. Скрылев Л.Д. О возможности флотационного разделения редкоземельных элементов /Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова, Л.И. Карпенко и др. // Изв. Вузов. Химия. и хим.технология. – 1978. – Т.21, № 11. – С. 1605-1608.

45. К механизму флотации ионов тяжелых металлов с помощью жирнокислотных собирателей / Л.Д. Скрылев, И.А. Легенченко, В.Ф. Сазонова и др. // Коллоид. Ж. – 1979. – Т. 16, № 3. – С. 507-509.
46. Сазонова В.Ф. Физико-химические закономерности флотационного выделения и разделения ионов редкоземельных элементов, собранных с помощью карбоксилсодержащих собирателей / В.Ф. Сазонова / Дис. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. – Одесса, 1980. – 202 с.
47. Скрылев Л.Д. Кондуктометрическое изучение взаимодействия лантана с калиевыми мылами высших жирных кислот / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова, М.Э. Карнелли и др. // Изв. вузов. Химия. и хим. технология. – 1978. – Т.21, № 4. – С. 491-493.
48. Скрылев Л.Д. О флотационном выделении ионов редкоземельных элементов / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова, В.В. Менчук // Изв. вузов. Горный журнал. – 1978. - № 4. – С. 138-140.
49. Скрылев Л.Д. Флотационное выделение ионов гадолиния, тербия и диспрозия, собранных помощью абиетата калия / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова, В.А. Борисов и др. – Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1978. - № 2. – С. 110-113.
50. Скрылев Л.Д. О флотационном выделении ионов, собранных с помощью тонкоэмульгированных растворов собирателей / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1978. - № 5. - С. 144-147.
51. Скрылев Л.Д. Ионная флотация церия, празеодима и неодима / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова, В.А. Борисов и др. // Изв. вузов. Химия. и хим. технология. – 1978. – Т.21, № 3. – С. 395-398.
52. Скрылев Л. Д. О флотационном выделении ионов лантана и иттрия, собранных с помощью тонкоэмульгированных растворов собирателей / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1978. – № 5. – С. 144-147.

- 53.Скрылев Л.Д. Флотация урана (VI) из кислых растворов с помощью тонкоэмульгированных Д2ЭГФК и ТБФ / Л.Д. Скрылев,О.В. Нилова, В.В. Менчук , В.Е. Ватанский // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1989. – № 5. – С. 21 – 24.
- 54.Sazonova V.F. Flotation-extraction isolation of lanthanum by means of fatty acids / V.F.Sazonova, M.A. Kozhemiak // III InternationalConference on Colloid Chemistry and Physicochemical Mechanics. Moscow, 24-28 June 2008. Программа и резюме докладов. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – С. 201.
- 55.Sazonova V.F. The role of extraction and adsorption alkylcarboxylates lanthanum at the surface drops of extractant in process of microflotation-extraction isolation from solutions / V. F.Sazonova, M.A. Kozhemiak // II Ukrainian-Polish scientific conference „Membrane and Sorption processes and technologies” (Kyiv, December 2-4, 2015). Abstracts / Editors: Sobczuk H., Vakuliuk P. – Kyiv: NaUKMA, 2015. – P.194-195.
- 56.Чиркст Д.Е. Извлечение и разделение ионов Ce^{3+} и Y^{3+} из водных растворов методом ионной флотации/ Д.Е.Чиркст,О.Л. Лобачева // Журн. прикл. хим. - 2009. – Т.82, №8. – С. 1273-1276.
- 57.Чиркст Д.Э. Ионная флотация редкоземельных металлов с додецилсульфатом натрия/ Д.Э. Чиркст, О.Л. Лобачева, Н.В. Джевага// Журн. прикл. хим. – 2011. – Т.84, №9. – С. 1424-1430.
- 58.Лобачева О.Л. Флотоэкстракция ионов иттрия из разбавленных водных растворов с применением додецилсульфата натрия / О.Л. Лобачева, Д.Э. Чиркст Д.Э., Н.В. Джевага // Журн. прикл. хим. – 2012. – Т.85, №8. – С. 1208-1212.
- 59.Мкртчян А.А. Флотоэкстракция в растворах Eu(III) с додецилсульфатом натрия. / А.А.Мкртчян, А.В. Мисник, И.В. Берлинский,О.Л. Лобачева. //Научное и образовательное пространство: новые открытия: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической молодежной конференции 28 февраля 2017. – Санкт-

- Петербург: Научно-издательский центр «Открытое знание», 2017. – С. 69-73.
60. Берлинский И.В. Флотоэкстракция Но (III) из разбавленных водных растворов с додецилсульфатом натрия. / И.В. Берлинский, О.Л. Лобачева, И.И. Ефимов // European research. - 2016. - №2 (13) – С. 12-14.
61. Лобачева О.Л. Флотоэкстракция ионов самария из разбавленных водных растворов / О.Л. Лобачева // Евразийский союз ученых (ЕСУ). – 2015. - №2 (11). – С. 149 – 150.
62. Лобачева О.Л. Ионная флотация Yb(III) и Er(III) в разбавленных водных растворах // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 10 сент. 2014 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. – С. 147-150.
63. Соболева Е. В. Извлечение редкоземельных металлов методом ионной флотации / Е. В. Соболева, И. В. Берлинский // Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки: Материалы XIV молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных 24-25 октября 2017 года, г. Санкт-Петербург. – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2017. – С. 31 -35.
64. Лобачева О.Л. Извлечение и разделение ионов Sm и Eu из водных растворов методом ионной флотации / О.Л. Лобачева // Записки горного института. – 2012. – Т.196., № 6. - С. 147 - 149.
65. Лобачева О.Л. Ионная флотация катионов цериевой группы / О.Л. Лобачева, Д.Э. Чиркст // Журн. приклад. Химии. – 2013. – Т.86, № 12. - С. 1914 - 1918.
66. Чиркст Д. Э. Извлечение самария и церия из нитратных и хлоридных сред методом ионной флотации / Д. Э. Чиркст, О. Л. Лобачева // Записки горного института. – 2012. – Т.196, № 6. – С. 125 - 131.

- 67.Пршибил Г. Комплексоны в химическом анализе / Г. Пршибил. - М. : Свет, 1966. - 153 с.
- 68.Химия комплексных соединений редкоземельных элементов /К.Б. Яцимирский, Н.А. Коствалина, З.А. Щека и др. – М. : Атомиздат, 1979 – 190 с.
- 69.Гороновский И.Т Краткий справочник по химии / И.Т.Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч - К.: Наукова думка, 1987. - 833 с.
- 70.Практикум по коллоидной химии и электронной микроскопии / Под ред. С.С. Воюцкого, Р.М. Панич. – М. : Химия, 1974. – 224 с.
- 71.Collins G.L. A method for measuring the charge on small gas bubbles / G.L. Collins, M.Motarjemi, G.J. Jameson // J. Colloid and Interface Sci. – 1978. – 63, №1. – P. 69 – 75.
- 72.Руководство к практическим работам по коллоидной химии / [Григоров О.Н., Карпова И.Ф., Козьмина З.П. и др.] – М.-Л. : Химия. – 1964. – 332 с.
- 73.Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции / Айвазов Б.В. – М. : Высшая школа. – 205 с.
- 74.Сотскова Т.З. Влияние электрокинетического потенциала коллоидных частиц на степень их извлечения при флотационной водоочистке / Т.З. Сотскова, А.В. Лещенко, В.В. Гутовская, Л.А. Кульский // Химия и технология воды. – 1979. – Т. 1, №1. – С. 6 – 9.
- 75.Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / под ред. Ю.Г. Фролова, А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986. – 216 с.
- 76.Сазонова В.Ф. Флотаційне виділення тонкоемульгорованного трибутилфосфату, стабілізованого кремнієвої кислотою / В.Ф. Сазонова, М.А. Кожемяк // Хімія і технологія води . - 2009. - Т. 31, №1. - С.18 - 24.
- 77.Сазонова В.Ф. Механізм флотації тонкоемульгорованих жирних кислот / В.Ф. Сазонова, М.А. Кожемяк // Вісник ОНУ- Сер. "Хімія". - 2011. - Том 16. - Віп.13-14. - С. 47 - 53.

78. Сальникова Е.В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов / Е.В. Сальникова, М.Л. Мурсалимова, А.В. Стряпко. - Оренбург: ГОУ ОДУ, 2005. - 157 с.
79. Саввин С.Б. Арсеназо III. Методы определения редких элементов / С.Б. Саввин. - М.: Атомиздат, 1966. - 230 с.
80. Чарыков А. К. Математическая обработка результатов химического анализа. Методы обнаружения и оценки ошибок; [учебное пособие для вузов] / Чарыков А.К. - Л.: Химия, 1984. - 168 с.
81. Коренман И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / И.М. Коренман - М.: Химия, 1975. - 360 с.
82. Справочник по экстракции. В 3-х томах / Под ред. А.М. Розена, Т.И. Николотова З.И., Карташова Н.А. Экстракция нейтральными органическими соединениями. - М.: Атомиздат, 1976. - 598 с.
83. Сазонова В.Ф. Флотоэкстракционное извлечение ионов лантана с помощью тонкоэмульгированных жирных кислот / В.Ф. Сазонова, М.А. Кожемяк, О.В. Перлова, В.В. Менчук // III Международная конференция «Техническая химия. От теории к практике», Пермь, 15 – 19 октября. - 2012. - С.205-209.
84. Скрылев Л.Д. О расчете оптимальных значений pH для ионной флотации поливалентных металлов / Л.Д. Скрылев, В.Ф. Сазонова // Извещения вузов. Цветная металлургия. - 1980. - №3. - С. 24-27.
85. Чарыков А.К. Карбоновые кислоты и карбоксилатные комплексы в химическом анализе / А.К. Чарыков, Н.Н. Осипов. - Л.: Химия, 1991. - 475 с.
86. Назаренко В. А. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах / В.А. Назаренко, В.П. Антонович, Е.М. Невская. - М.: Атомиздат. - 1976. - 190 с.
87. Скрылев Л.Д. Гетерокоагуляционная модель процесса флотационного выделения тонкоэмульгированных нефтепродуктов / Л.Д. Скрылев,

Т.Л. Скрылева, Т.В. Небеснова // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2001. – Т. 44, №1. – С. 143 – 146.

88. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге . – Л.: Химия, 1973. – 254 с.