Записки Ленинградского Горного Института, том XII, вып. 3, 1939
Annales de l'Institut des Mines à Leningrad, vol. XII, liv. 3, 1939

Органические коллоиды и их использование во флотации

Доц. П. Д. Трусов

Organic colloids and their utilisation in flotation

Doc. P. D. Trusov

Достаточно беглого просмотра научных трудов и статей, практических руководств, учебников или учебных пособий по флотации, чтобы обратить внимание на единодушное мнение всех авторов о неизменно вредной роли органических гидрофильных защитных коллоидов при флотации.

Так, проф. Годен [1] утверждает, что: „действие ядов (флотационных) аналогично действию защитных коллоидов" Майер и Шранц [2] пишут, что: „Кроме этих солей многовалентных металлов, флотационными ядами являются также коллоиды вроде гумусовых веществ, сапонина, таннина и т. д." Мозес [3] в своей статье о влиянии коллоидов на флотацию категорически заявляет, что „Флотационный процесс не может совершаться в присутствии гуминовой кислоты.., а также и других хорошо известных коллоидов защитного типа". В своем добавлении к переводу на русский язык книги Брухгольда [4], Г О. Ерчиковский пишет: „Гидрофильные коллоиды, как то: мыло, сапонин, альбумин, желатина и др... являются флотационными ядами". Н. М. Лубман [5] своей статье о поверхностной прочности адсорбционных пленок и устойчивости пен предпосылает следующее замечание: „П. А. Ребиндер указывает, что все поверхностноактивные вещества разделяются на два класса: одни—высокомолекулярные вещества типа красителей (ализаринрота, эозина и др.) или „защитные" гидрофильные коллоиды, обладая высокой поверхностной прочностью, служат эмульгаторами для эмульсий, стабилизаторами водных суспензий и, образуя прочные пены, не являются флотореагентами. Известно, что они всегда проявляют антиколлекторные свойства, являясь, как мы уже указывали, флотационными ядами" Наконец, Люйкен и Бирбрауэр [6] констатируют, что: „Органические реагенты, образующие коллоидные растворы, принадлежат, все без исключения, к классу подавляющих реагентов" и т. д. и т. п.

Приведенные цитаты достаточно красноречивы. Все авторы сходятся на том, что органические защитные коллоиды идентичны флотационным ядам и обладают исключительно одной функцией подавления, депрессии всех минералов при флотации.

Вместе с тем в литературе нет указаний на работы по изучению флотационных свойств органических защитных коллоидов, но достаточно часто встречаются примеры успешного применения различных защитных коллоидов в практике флотации (крахмал, клей, таннин, мыла и др.).

Вследствие такой противоречивости становятся неубедительными категорические утверждения цитированных авторов о вредности защитных коллоидов во флотации и возникает необходимость систематического изучения флотационных свойств этих веществ.

Именно этим соображениям обязана постановка данной работы и появление настоящей статьи, представляющей неполную сводку полученных при этом опытных данных.

Не имея надежных отправных точек в начале работы, мы разбили ее на две части; в первой части мы стремились качественно опробовать возможно большее число коллоидных веществ, во второй — произвели более полные исследования флотационных свойств тех веществ, которые показались нам в первой части работы наиболее интересными.

Таким образом были исследованы из группы белковых веществ: альбумин, желатина, казеин, бетаин, гликокол и из группы углеводов и дубителей: крахмал, декстрин, глюкоза, камеди (гуммиарабик) и таннин. Как видно из перечня веществ, свое исследование мы строили как на весьма сложных по своему строению веществах, так и на более простых. Характерными признаками большинства испытанных веществ является их амфотерность и способность образовывать в воде коллоидные растворы; все они обладают очень сложной, „громоздкой" молекулой. К сожалению, как строение, так и химизм этих веществ еще полностью не изучены, что затрудняет объяснение ряда произведенных наблюдений.

Порядок, условия проведения опытов и результаты первой части работы

Опыты проводились во флотомашине с механической агитацией. Емкость целлюлоидной коробки аппарата 170 *см*³. Загрузка минералов в опыт 50 *г*. Вода употреблялась дестиллированная. Предварительная агитация пульпы с реагентами производилась вне аппарата. Постоянными во всех опытах были приняты:

Время агитации	5 мин.	Загрузка кал. этил. ксантата	20 *г/т*
Время флотации	5 мин.	Загрузка терпинеола	20 *г/т*

Для опытов применялись следующие минералы: пирит, халькопирит, свинцовый блеск, цинковая обманка, апатит, кварц. Минералы дробились до крупности 0,18 *мм*, из полученного материала промывкой и механическим отсеиванием удалялся класс — 0,066 *мм*. После высушивания минералы хранились в стеклянных банках с притертыми пробками.

Испытуемые вещества — реагенты — вводились в пульпу в виде водных или слабых водно-щелочных растворов. В целях избежания сильного искажения результатов в силу гидролиза некоторых веществ, время стояния их в растворах не превышало 2—3 часов.

Переменными величинами в каждой серии опытов являлись или загрузка исследуемого вещества, или загрузка щелочи, или кислоты. Изменения pH среды мы производили в силу амфотерности большинства испытанных веществ. Увеличивая загрузку вещества, мы обычно искали ту минимальную загрузку его, которая приводит к ясно выраженной депрессии минерала. Последующим введением в процесс щелочи или кислоты мы устанавливали влияние их на депрессирующее действие вещества.

В результате многочисленных опытов по первой части работы были сделаны следующие выводы:

А. По группе белковых веществ

1. Если сравнить ряд: альбумин, желатина, казеин с одной стороны и бетаин, гликокол — с другой, то наиболее флотационноактивными являются

вещества, обладающие сложной молекулой. Аминокислоты почти не влияют на флотацию.

2. Все флотоактивные вещества обладают резко выраженными амфотерными свойствами.

3. Наибольшие изменения претерпевают флотационные свойства этих веществ в кислой среде, вблизи изоэлектрической точки их.

4. В щелочной среде сохраняется устойчивая депрессия сульфидов.

Из этой группы веществ нами для дальнейшей работы были отобраны желатина и казеин.

Б. По группе углеводов и дубителей

1. Если взять ряд: крахмал, декстрин, глюкоза, то чем проще молекула вещества, тем меньший эффект депрессирования оно производит.

2. Камеди и таннин, будучи сложными по своему строению, действуют подобно крахмалу.

3. В щелочной среде депрессирующее действие веществ уменьшается.

4. В кислой среде сохраняется устойчивая депрессия сульфидов.

Из этой группы веществ нами для дальнейшей работы были отобраны камеди и таннин.

Вторая часть работы

Поскольку нас заинтересовал сравнительно широкий круг веществ, то мы и во второй части работы не стремились найти оптимальных условий разделения искусственных смесей минералов и часто ограничивались результатами, из которых с несомненностью следовала избирательность депрессирующего, либо коллектирующего действия испытуемого вещества.

I. Желатина

Желатина относится к классу амфотерных белковых веществ. Она способна образовывать соли как с кислотами, так и с щелочами. Способность желатины связывать соляную кислоту и щелочь зависит от pH среды. Один грамм желатины способен связать эквивалентно 0,00089 кислоты или эквивалентно 80 10^{-5} щелочи.

Соли желатины со щелочами растворимы в воде, наоборот — соли с кислотами в воде нерастворимы. Органические кислоты ведут себя по отношению к белковым веществам как одноосновные кислоты — соединяются с белками в молекулярных отношениях. Многие соли тяжелых металлов (Hg, Fe и др.) образуют в растворах желатины осадки, не растворимые в холодной воде. Защитные свойства желатины необычайно велики, „золотое число" желатины лежит в пределах от 0,005 до 0,01. Изоэлектрическая точка желатины находится при значении pH = 4,7, при чем в растворах, имеющих pH больше 4,7, желатина заряжена отрицательно, в растворах, имеющих pH меньше 4,7, — заряжена положительно.

В связи с изложенным нас интересовало действие желатины при флотации в нейтральной, кислой и щелочной среде.

Постоянными условиями для всех опытов мы приняли:

Загрузку калийно-этилового ксантата	30 *г/т*
Загрузку терпинеола	30 *г/т*
Агитация	5 мин.
Флотация	5 мин.

А. Смесь — пирит и кварц

Содержание пирита в смеси минералов равнялось около 20%. Влияние различных загрузок желатины на флотируемость пирита и кварца показано на табл. 1.

Таблица 1

№ оп.	Загрузка желатины в г/т	Выход к-та в %	Содерж. пирита в %		Извлеч. в концентр. %	
			в к-те	в хвостах	пирит	кварц
289	0	20,8	80,0	3,0	87,6	3.38
290	25	12 4	71,5	11,6	46,6	4.36
291	50	10,2	54,1	15,0	29.1	5.76
292	100	16,0	5,0	21,7	4,21	18.71
293	200	19,8	0,2	21,18	0,29	29,4
294	400	29,4	1,0	26,5	1,55	29.8
295	800	37,0	1,0	29,6	1,95	45,5
296	1600	56,0	1,0	42,3	2,95	68,5
297	3200	59,2	2,0	43,7	6,25	71,5

Получилась весьма интересная зависимость. Первоначально малые загрузки желатины активно депрессируют пирит, при этом кварц не флотируется, что находит выражение в общем снижении выхода концентрата. Увеличив загрузки желатины свыше 100 г/т, мы получили при полной и устойчивой депрессии пирита активную флотацию кварца, возрастающую по мере увеличения загрузки желатины. Избирательность действия желатины в рассмотренном случае ясно выражена.

Влияние различных загрузок кислоты и щелочи на флотируемость кварца и пирита показано на табл. 2.

Таблица 2

№ оп.	Загрузка в г/т	Выход к-та в %	Содерж. пирита в %		Извлеч. в концентр. %	
			к-т	хвосты	пирит	кварц
294	—	29,4	1,0	26,5	1,55	29,8
300	HCl 100	19,2	0	23,5	0	23,7
301	HCl 200	19.4	0	23,6	0	23.9
302	HCl 400	18,8	0	23,4	0	23,2
303	HCl 800	7,4	0	2 ,5	0	9,15
304	Na_2CO_3 100	22,6	0	24.6	0	27,9
305	Na_2CO_3 200	18,4	0	23,3	0	22.7
306	Na_2CO_3 400	5,8	0	20,1	0	7,15
307	Na_2CO_3 800	9,0	0	20,9	0	11,1

Загрузка желатины в опытах принята равной 400 г/т.

Как видно из табл. 2, в щелочной и кислой среде сохраняется устойчивая депрессия пирита; существенных изменений во флотируемости кварца также не наступает. Повышенные загрузки кислоты или щелочи приводят к явной депрессии кварца. Повидимому соли желатины как с кислотами, так и с щелочами не флотоактивны.

Б. Смесь — свинцовый блеск и кварц

Содержание свинцового блеска в смеси минералов равнялось 20%. Влияние различных загрузок желатины на флотируемость свинцового блеска и кварца показано на табл. 3.

Таблица 3

№ оп.	Загрузка желатины г/т	Выход конта в %	Содерж. PbS в %		Извлеч. в %	
			к-т	хвосты	PbS	кварц
312	—	21,4	95,0	0	100,0	1,27
313	25	6,2	0	21,3	0	7,75
314	50	8,6	0	21,9	0	10,75
315	100	9,6	0	22,1	0	12,0
316	200	10,8	0	22,4	0	13,5
317	400	20,0	0	25,0	0	25,0
318	800	27,0	1,2	26,9	1,6	33,20
319	1600	37,0	2,43	30,3	4,5	43,0
320	3200	48,2	4,76	34,0	11,5	54,5

Даже малые загрузки желатины весьма энергично депрессируют свинцовый блеск, в отношении же кварца наблюдается рост извлечения его в концентрат по мере увеличения загрузки желатины.

Добавление соляной кислоты при постоянной загрузке желатины, равной 1600 г/т, привело к быстрому снижению извлечения кварца в концентрат при устойчивой депрессии свинцового блеска, добавление соды

(200 *г/т*) в тех же условиях повысило извлечение кварца в концентрат до 48,8%, увеличенные добавки соды привели к депрессии кварца.

Выводы

1. Во всех опытах установлена избирательность действия желатины на сульфиды и на кварц, причем сульфиды практически нацело депрессируются, а кварц флотируется в зависимости от загрузки желатины.

2. Изменение pH пульпы значительных изменений в процесс флотации не вносит, отмечается лишь несколько бо́льшая флотируемость кварца в щелочной среде.

II. Казеин

Казеин принадлежит к классу органических соединений, носящих общее название протеинов. Химически казеин рассматривается как сложный эфир фосфорной кислоты. Его эмпирическая формула, предложенная Гаммарстеном, следующая:

$$C_{172}H_{274}N_{44}SPO_{55}.$$

Доказано, что казеин находится в молоке в виде кальциевой соли — нейтрального казеината кальция — это соединение способно диспергироваться в воде с образованием коллоидного раствора. „Золотое число" казеина равняется 0,01 *мг* на 10 *см*^{3} золя золота.

Благодаря тому, что молекула казеина построена из аминокислот, последний способен реагировать и в качестве кислоты и в качестве основания.

Известно, что по ту и по другую сторону от изоэлектрической точки белки соединяются своими свободными амино- или карбоксильными группами с кислотами и щелочами.

Максимальная способность 1 *г* казеина связывать щелочь равна $180 \cdot 10^{-5}$ эквивалентов.

Изоэлектрическая точка казеина лежит в пределах pH = 4,4 —4,6. Разведенные щелочи и кислоты легко растворяют казеин. Растворимые соли тяжелых металлов (Cu, Zn, Hg и др.) осаждают казеин из его щелочных растворов, происходящая при этом реакция относится к реакции обменного разложения.

Технически казеин получается в больших количествах из молока животных и находит разнообразное применение в промышленности.

При флотационных исследованиях нам представлялись наиболее интересными следующие свойства казеина:

1) его различное отношение к pH среды;

2) способность образовывать соли с кислотами и основаниями и

3) способность давать прочные соли с ионами тяжелых и щелочно земельных металлов.

В соответствии с этим мы изучали влияние на флотационные свойства казеина щелочи и кислоты, влияние ионов кальция, вводимых нами в процесс и изучали отношение казеина к различным сульфидам — меди, цинка, железа.

Наиболее неприятным для флотации свойством казеина является его способность образовывать очень устойчивую, вязкую, малоподвижную и весьма обильную пену, — указанная способность обусловлена белковым характером казеина. Было замечено, что прибавление в пульпу терпинеола улучшает процесс пенообразования и приближает пену казеина к нормальной флотационной пене. Рядом опытов было установлено, что загрузка терпинеола в 20 *г/т* уже обеспечивает нормальное протекание флотационного процесса в части пенообразования.

Казеин, которым мы пользовались для опытов, имел следующую характеристику:

Влажность	6,95%	CaO	0,076%
Золы	2,10%	Жиров	0,187%

Крайне нежелательным загрязнением в казеине являются жиры, однако их присутствие едва ли могло существенно влиять на результаты флотации, если учесть, что преобладающее большинство опытов было проведено при загрузке казеина, равной 400 *г/т*; количество жиров, вводимых в пульпу при этом вместе с казеином, равнялось 0,75 *г/т*.

Постоянными условиями во всех опытах были приняты:

Загрузка терпинеола	20 *г/т*
Агитация	5 мин.
Флотация	5 мин.

Ксантат не вводился.

А. Смесь — цинковая обманка и кварц

Содержание цинковой обманки в смеси равнялось 14,5%.

Влияние различных загрузок казеина на флотируемость цинковой обманки и кварца показано на табл. 4.

Таблица 4

№ оп.	Загрузка казеина в *г/т*	Выход кон-та в %	Содерж. ZnS в к-те в %	Извлеч. ZnS в %
5	100	3,0	0,0	0,0
6	200	5,4	15,7	5,86
7	400	8,2	21,0	11,4
8	800	9,6	19,3	12,75

С увеличением загрузки казеина выход концентрата и извлечение цинковой обманки в него медленно возрастают. Обращает внимание очень высокое содержание кварца в концентрате; по существу никакой селекции не наблюдается.

Для дальнейших опытов загрузка казеина была принята равной 400 *г/т*. При такой дозировке казеина влияние различных добавок щелочи и кислоты на флотируемость минералов смеси показано на табл. 5.

Для большей наглядности эти же данные представлены графически на рис. 1.

Таблица 5

№ оп.	Загрузка *г/т*	Выход концентр. в %	Содерж. ZnS в %		Извлеч. в %	
			к-т	хвосты	ZnS	кварц
38	NaOH 200	6,6	57,3	13,0	26,5	3,35
39	NaOH 400	5,6	66,7	13,0	25,9	2,22
40	NaOH 800	9,2	45,6	13,0	29,0	5,96
7	—	8,2	21,0	13,6	11,4	7,6
33	HCl 50	86,0	9,0	59,0	52,0	93,3
34	HCl 100	62,0	6,0	32,3	25,65	69,4
35	HCl 200	54,0	5,0	28,9	18,6	61,0
36	HCl 400	45,0	5,0	25,0	15,5	51,0
37	HCl 800	33,8	9,0	19,5	20,7	36,75

В щелочной среде существенных изменений во флотируемости минералов не происходит, полученные цифры показывают, что в этих условиях преимущественно флотируется цинковая обманка, хотя и недостаточно.

Введение в процесс соляной кислоты необычайно сильно повлияло на флотируемость кварца в сторону ее повышения. При этом цифры и особенно график убедительно показывают, что в концентрат флотируется кварц, изменения же в извлечении цинковой обманки в концентрат стоят в связи с изменениями выхода концентрата и возросшим механическим извлечением в пену цинковой обманки.

Наибольшее коллектирующее действие на кварц казеин производит при загрузке соляной кислоты в 50—75 *г/т*, pH пульпы при этом равняется 4,7.

Поскольку казеин способен давать прочные химические соединения с ионами кальция, а также учитывая способность кварца адсорбировать на своей поверхности ионы кальция, мы в следующей серии опытов ввели в процесс флотации хлористый кальций.

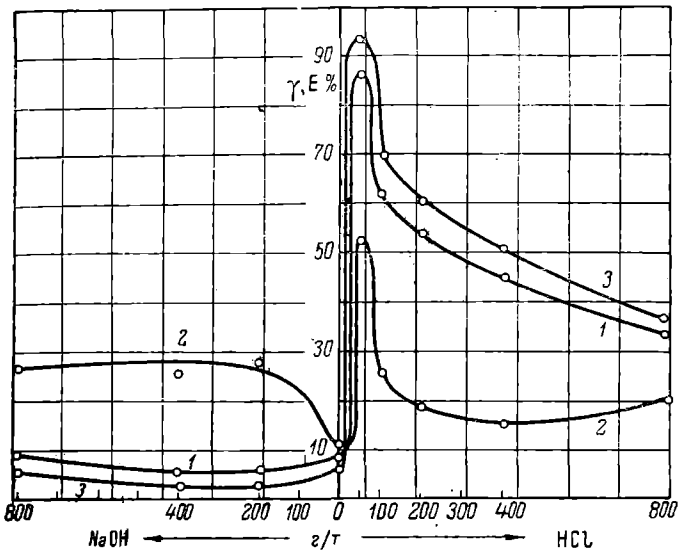


Рис. 1. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость кварца и цинковой обманки при загрузке казеина, равной 400 *г/т*.

1 — выход концентрата; *2* — извлечение ZnS; *3* — извлечение SiO_2.

Влияние различных загрузок хлористого кальция на флотируемость минералов смеси показано на табл. 6 и на рис. 2.

Таблица 6

№ оп.	Загрузка $CaCl_2$ *г/т*	Выход к-та в %	Содерж. ZnS в %		Извлеч. в %	
			к-т	хвосты	ZnS	кварц
7	—	8,2	21,0	13,6	11,4	7,6
17	100	44,8	2,4	24,3	7,42	51,3
18	200	58,2	2,0	31,8	8,0	66,7
19	400	69,0	4,6	36,5	21,8	73,0
20	800	78,4	6,0	45,3	32,2	81,2
21	1600	81,0	6,0	50,7	34,0	89,0

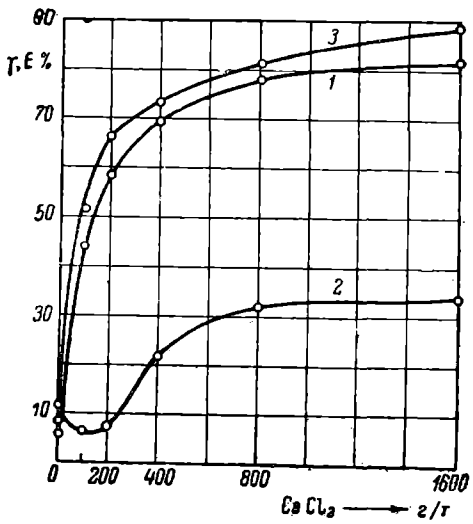


Рис. 2. Влияние различных загрузок хлористого кальция на флотируемость кварца и цинковой обманки казеином.

1 — выход концентрата; *2* — извлечение ZnS; *3* — извлечение SiO_2.

Загрузка казеина во всех опытах была равна 400 *г/т*.

Кварц, активированный хлористым кальцием, флотируется казеином очень хорошо. Выход концентрата и извлечение в него кварца растут с увеличением загрузки хлористого кальция. Можно полагать, что при известных условиях можно достичь хорошего избирательного коллектирования казеином кварца и депрессии сульфидов.

Подобного рода вещества еще не имели места во флотационной

щественно сульфиды, в том же случае, когда они способны коллектировать и несульфиды (жирные кислоты, мыла и др.), то в случае наличия в руде сульфидов и несульфидов, при флотации последних, сульфиды будут также отфлотированы полностью.

Максимальное действие казеин производит в присутствии хлористого кальция при pH = 6,1.

Совершенно аналогичные опыты были проведены со смесью минералов халькопирит — кварц и пирит—кварц. Результаты, полученные при этом, в большой степени воспроизводят картину, имевшую место при флотации смеси цинковая обманка—кварц. Таким образом на трех смесях различных минералов были установлены одни и те же закономерности процесса флотации, именно, везде констатировано, что в кислой среде и в случае активации хлористым кальцием кварц флотируется казеином лучше, чем любой из испытанных сульфидов.

Б. Смесь — апатит и халькопирит

В виду того, что мы коллектирующую способность казеина по отношению к кварцу ставили в связь со способностью казеина образовывать прочные кальциевые соли и показали, что активирование кварца ионами кальция действительно способствует его флотации, то представляло интерес провести опыты со смесью, состоящей из кальцийсодержащего минерала и сульфида.

Для этой цели нами были взяты хибинский апатит и халькопирит. Содержание халькопирита в смеси равнялось 16%.

Таблица 7

№ оп.	Загрузка казеина в г/т	Выход к-та в %	Содерж. $CuFeS_2$ в %		Извлеч. в %	
			концентр.	хвосты	$CuFeS_2$	апатит
59	100	15,6	36,7	12,2	35,8	11,8
60	200	31,0	14,2	16,8	27,4	31,7
61	400	40,6	12,56	18,3	31,95	42,3

Влияние различных загрузок казеина на флотируемость минералов смеси показано на табл. 7.

Несмотря на рост выхода концентрата с увеличением загрузки казеина, извлечение халькопирита в концентрат практически стабильно, следовательно, увеличение выхода концентрата идет за счет большего извлечения в концентрат апатита.

Однако предполагавшейся высокой флотируемости казеином апатита не наблюдается, хотя вообще апатит флотируется значительно лучше, чем неактивированный ионами кальция кварц.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость апатита и халькопирита в условиях оп. 61 показано на табл. 8 и на рис. 3.

При сравнении результатов опытов флотации в присутствии щелочи и без нее видно, что повышение щелочности повело к уменьшению флотируемости халькопирита; на флотируемость апатита щелочь практически никакого действия не производит. Небольшие загрузки кислоты, оставляя практически флотируемость халькопирита неизменной,

Таблица 8

№ оп.	Загрузка в г/т	Выход к-та в %	Содерж. $CuFeS_2$ в %		Извлеч. в %	
			концентр.	хвосты	$CuFeS_2$	апатит
67	NaOH 200	41,0	3,06	25,0	7,85	47,0
68	NaOH 400	45,8	3,21	26,8	9,2	53,0
69	NaOH 800	44,2	4,08	25,4	11,3	50,5
62	NaOH	40,6	12,56	18,3	31,95	42,3
75	HCl 25	77,6	6,09	50,4	29,5	86,7
70	HCl 50	63,2	8,04	30,5	31,7	69,2
71	HCl 100	21,4	24,5	13,62	32,9	19,3
73	HCl 400	12,0	30,0	14,1	22,5	10,0
74	HCl 800	8,0	52,5	12,03	26,2	4,52

в большой степени усиливают флотацию апатита. Однако повышенные загрузки кислоты резко снижают выход концентрата и соответственно извлечение в него апатита.

Таким образом и для смеси минералов апатит — халькопирит полностью сохраняются уже ранее замеченные закономерности.

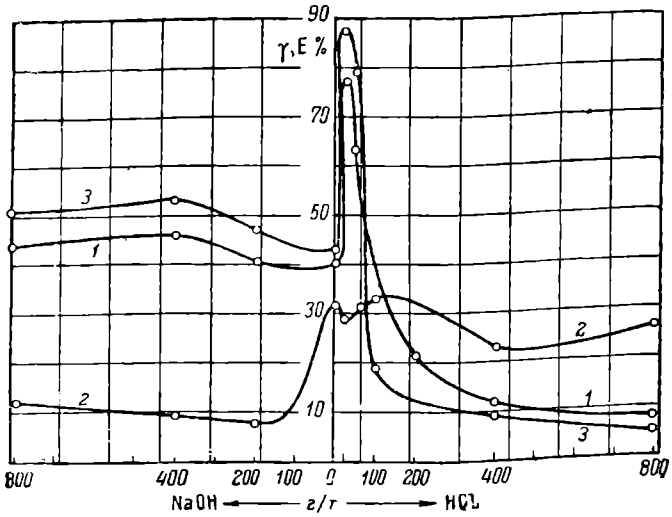


Рис. 3. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость апатита и халькопирита казеином.
1 — выход концентрата; *2*— извлечение $CuFeS_2$; *3* — извлечение апатита.

В. Флотация казеином кварца

Как видно, все исследования мы проводили на смеси несульфидов с сульфидами, при этом везде отмечали более высокую флотируемость несульфидов. Бесспорно, присутствие сульфидов искажало действительную картину флотируемости несульфидов казеином, поэтому некоторую часть опытов мы провели только на несульфидах.

Первые же опыты показали, что кварц казеином в щелочной среде не флотируется; в нейтральной среде (без добавок щелочи или кислоты) при 400 *г/т* казеина извлечение кварца в концентрат едва достигает 10%, наиболее же глубокие изменения в действии казеина наступают в присутствии различных кислот.

1. Влияние различных кислот

До сих пор благоприятное влияние кислот на флотацию кварца казеином мы связывали с понижением pH пульпы до изоэлектрической точки казеина (pH = 4,6), однако дальнейшие исследования указывают на односторонность такого взгляда и что влияние кислот отнюдь не исчерпывается понижением pH пульпы.

Нельзя забыть того, что казеин, как основание, способен вступать в реакцию с кислотами, и, повидимому, продукты его реакции обладают более высокой флотоактивностью, чем сам казеин.

Соли его с кислотами в твердом виде получены не были и поэтому изучены мало, существует разногласие по поводу того, считать ли эти вещества истинными солями или только абсорбционными соединениями. Количество связываемой казеином кислоты меняется с концентрацией, температурой, природой кислоты и продолжительностью контакта.

Количество связанной казеином кислоты уменьшается в следующей последовательности: соляная, молочная, серная, уксусная кислота.

Нами были испытаны следующие органические и минеральные кислоты: соляная, серная, молочная, лимонная, уксусная и щавелевая.

На рис. 4 показаны кривые извлечения кварца в концентрат при различных добавках соляной и серной кислоты. При загрузке до 100 *г/т* обе кислоты резко улучшают флотацию кварца казеином. Дальнейшее

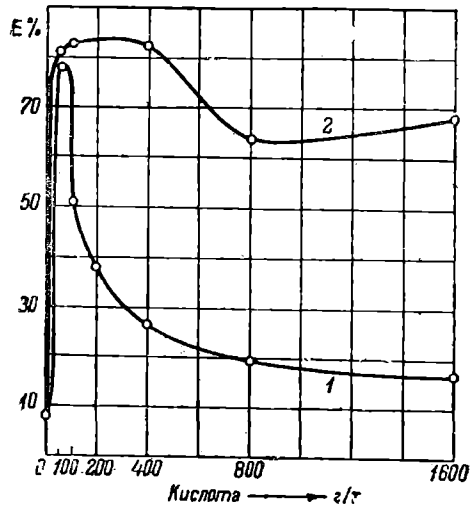


Рис. 4. Влияние серной и соляной кислоты на флотируемость кварца казеином.

1 — соляная кислота; *2* — серная кислота.

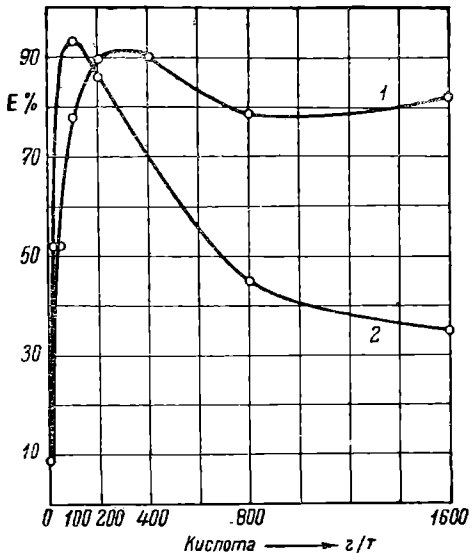


Рис. 5. Влияние молочной и щавелевой кислоты на флотируемость кварца казеином.

1 — молочная кислота; *2* — щавелевая кислота.

повышение загрузки кислот приводит к различным результатам: соляная кислота быстро понижает извлечение кварца в концентрат, серная же кислота при загрузках до 400 *г/т* не ухудшает процесса и лишь в количестве свыше 400 *г/т* плавно снижает выход концентрата.

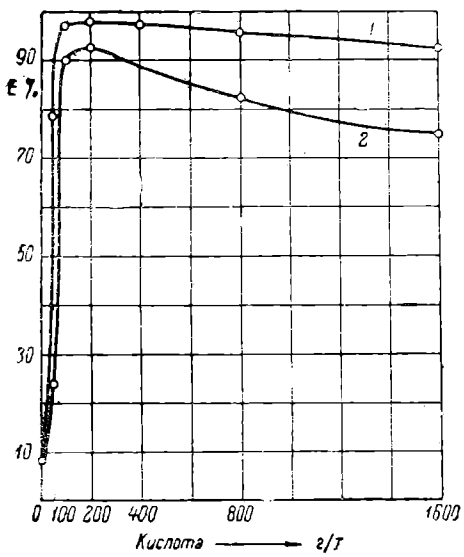


Рис. 6. Влияние уксусной и лимонной кислоты на флотируемость кварца казеином.

1 — уксусная кислота; *2* — лимонная кислота.

Активирующее действие на кварц молочной и щавелевой кислоты показано на рис. 5. Как и в случае применения минеральных кислот, первые небольшие загрузки кислоты, в пределах до 100 *г/т*, резко повышают извлечение кварца в концентрат. Увеличенные загрузки кислот дают различные результаты: молочная кислота почти не снижает флотируемости кварца, щавелевая кислота при загрузках свыше 100 *г/т* приводит к резкому падению выхода концентрата. Внешне, по форме кривых (см. рис. 4 и 5) действие серной кислоты аналогично молочной и действие соляной кислоты аналогично щавелевой.

Еще более значительное влияние на флотационное действие казеина оказывают уксусная и лимонная кислоты (рис. 6). Первые небольшие загрузки кислот до 100 *г/т* необычайно резко повышают извлечение кварца в концентрат. В отличие от рассмотренных ранее, эта пара кислот при повышенном расходе их на 1 *т* руды почти

не влияет на ход флотационного процесса (небольшое понижение дает лимонная кислота).

Испытанные нами кислоты, введенные в пульпу без казеина, кварца не флотируют так же, как и казеин не флотирует кварца без этих кислот или без активации кварца ионами кальция. Все эти кислоты способны реагировать с кальцием, их продукты реакции растворимы в воде в различной степени: легче всего растворяется хлористый кальций, очень прочные соли с кальцием дают серная, лимонная и щавелевая кислоты. Кальциевые соли уксусной кислоты легко растворимы в воде, при 10° С в 100 *см*³ воды растворяется 36 *г* уксуснокислого кальция. В то же время добавка уксусной кислоты производит наибольшее повышение флотационного действия казеина. Следовательно, решающую роль в процессе играют не сами кислоты, а те продукты реакции, которые образуются при соединении казеина с одной из кислот.

Любопытно, что кривые флотируемости кварца „распрямляются" в том же порядке, в каком уменьшается способность казеина связывать соответствующие кислоты: соляную, молочную, серную, уксусную.

Из дальнейших опытов с казеином оказалось, что при повышении загрузки уксусной кислоты до 800 *г/т* можно при 100 *г/т* казеина достичь выхода кварца в 86%. Результат тем более интересен, что сама уксусная кислота кварца не флотирует.

2. Влияние различных загрузок хлористого кальция

Загрузка казеина была принята равной 400 *г/т*. Результаты опытов представлены кривой *1* на рис. 7. Как видно, введение хлористого кальция благотворно влияет на флотируемость кварца. Извлечение кварца в концентрат находится в прямой связи с увеличением загрузки хлористого кальция, и, вероятно, при соответствующем увеличении загрузки хлористого кальция во всех случаях можно получить полное извлечение кварца в концентрат.

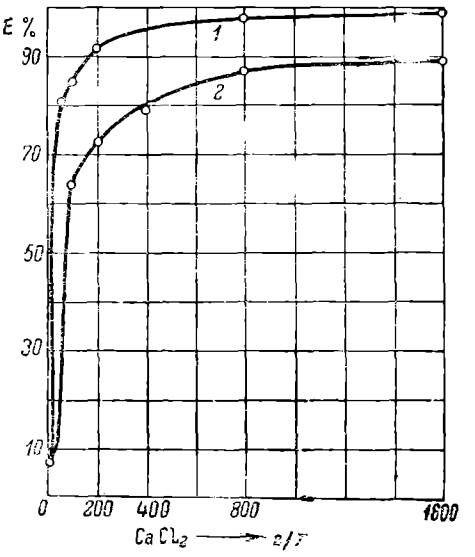


Рис. 7. Влияние различных загрузок хлористого кальция на флотируемость кварца и полевого шпата казеином.
1 — извлечение кварца; *2* — извлечение полевого шпата.

Г Флотация казеином полевого шпата и смеси кварца с полевым шпатом

Расширяя круг минералов, способных флотироваться казеином, мы провели опыты флотации полевого шпата, при этом оказалось, что в щелочной и нейтральной среде полевой шпат казеином (400 *г/т*) флотируется весьма слабо, в кислой же среде флотируется прекрасно. Результаты флотации полевого шпата казеином в присутствии соляной кислоты показаны на рис. 8. Для подчеркивания разницы в поведении шпата и кварца на тот же рисунок нанесена кривая флотируемости кварца в присутствии соляной кислоты. Эта разница заключается в том, что при загрузках соляной кислоты свыше 100 *г/т* флотируемость кварца резко падает, в то время как шпат прекрасно флотируется.

Аналогичное сопоставление поведения этих минералов в случае активирования их хлористым кальцием приведено на рис. 7.

В этом случае существенной разницы нет, но на протяжении всех опытов видно более слабое активирующее действие ионов кальция на полевой шпат.

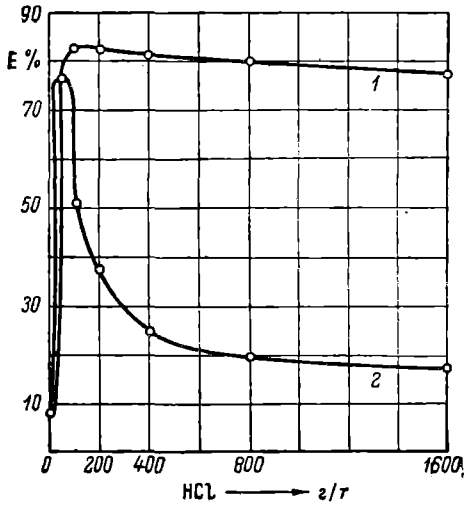


Рис. 8. Влияние различных загрузок соляной кислоты на флотируемость кварца и полевого шпата казеином.

1 — извлечение полевого шпата; *2* — извлечение кварца.

Нас заинтересовало различное поведение шпата и кварца в солянокислой среде, и мы провели серию опытов флотации смеси этих минералов. Каждого минерала в смеси было 50%, крупность их была одинакова. Результаты проделанных опытов представлены на табл. 9.

По данным таблицы видно, что с увеличением загрузки соляной кислоты значительно падает выход концентрата. В соответствии с падением выхода концентрата слегка падает извлечение в концентрат шпата и очень резко падает извлечение кварца.

Что касается качества концентрата, то, соответственно, содержание шпата в концентрате возрастает, а содержание кварца падает. Увеличение загрузки соляной кислоты свыше 1600 *г/т* практически никаких изменений в процесс не вносит.

Как видно, нам удалось с помощью казеина грубо разделить смесь кварца и шпата.

При уменьшении загрузки казеина до 100 *г/т* и при введении 1600 *г/т* соляной кислоты удалось получить концентрат с содержанием 88,5% шпата при извлечении его в концентрат равном 61,6%.

Таблица 9

№ оп.	Условия опытов	Выход кон-та в %	Содерж. в к-те в %		Извлеч. в %	
			шпата	кварца	шпата	кварца
279	HCl — 200 *г/т* Агитация — 3 мин. Казеин — 400 *г/т* Агитация — 2 мин. Терпинеол — 20 *г/т* Флотация — 5 мин.	72,8	55,0	45,0	79,8	65,6
280	То же HCl — 400 *г/т*	52,2	58,0	42,0	63,0	42,1
281	То же HCl — 800 *г/т*	51,8	73,0	27,0	75,5	28,4
282	То же HCl — 1 600 *г/т*	48,0	74,0	26,0	71,1	25,0
283	То же HCl — 3 200 *г/т*	47,4	75,1	24,9	71,15	23,6

Д. Флотация казеином смеси кварца с каменным углем и графитом

Для флотации был применен каменный уголь и электрографит завода „Ильич" в Ленинграде. Начиная работать с этими минералами, мы полагали, что благодаря высокой адсорбционной способности угля и графита казеин будет главным образом воздействовать на них и в меньшей сте-

пени на другие минералы смеси—кварц. Смесь состояла на 90% из кварца и на 10% из угля или графита. Такое процентное соотношение минералов в смеси мы приняли в силу большого объема, занимаемого углем или графитом.

Влияние различных загрузок соляной кислоты на флотируемость каменного угля и кварца при постоянной загрузке казеина, равной 400 *г/т*, показано на табл. 10.

Таблица 10

№ опыта	Условия опытов	Выход концентрата в %	Содержание в к-те в %		Извлеч. в %	
			угля	кварца	угля	кварца
205	HCl—25 *г/т* Агитация—3 мин. Казеин—400 *г/т* Агитация—2 мин. Терпинеол—20 *г/т* Флотация—5 мин.	58,0	2,8	97,2	13,0	62,4
206	То же HCl—50 *г/т*	74,2	1,8	98,2	20,0	79,9
207	То же HCl—100 *г/т* .	47,6	3,8	96,2	15,0	51,0
208	То же HCl—200 *г/т*	35,7	4,0	96,0	11,0	38,0
209	То же HCl—400 *г/т*	27,4	5,0	95,0	10,0	29,0

Из опытов следует, что течение процесса флотации определяется поведением кварца. Так, максимум выхода концентрата при 50 *г/т* соляной кислоты совпадает с максимумом извлечения кварца в концентрат, при этом концентрат содержит наименьшее количество угля и наибольшее кварца. Во всех случаях уголь активно не флотируется, извлекаемые же в концентрат 10—15% угля представляют собою наиболее тонкую, ошламованную часть его и, повидимому, увлекаются в пену механически. Кривая флотируемости кварца, как всегда, имеет максимум.

Подобные же результаты исследования, но в присутствии хлористого кальция, приведены на табл. 11.

Таблица 11

№ оп.	Условия опытов	Выход концентрата в %	Содерж. в концентрате		Извлеч. в %	
			угля	кварца	угля	кварца
200	$CaCl_2$—100 *г/т* Агитация—3 мин. Казеин—400 *г/т* Агитация—2 мин. Терпинеол—20 *г/т* Флотация—5 мин.	57,4	2,6	97,4	12,5	62,5
201	То же $CaCl_2$—200 *г/т*	71,7	2,0	98,0	11,0	78,0
202	То же $CaCl_2$—400 *г/т*	77,3	2,6	97,4	15,0	83,8
203	То же $CaCl_2$—800 *г/т*	79,9	2,5	97,5	16,25	86,6
204	То же $CaCl_2$—1600 *г/т*	83,5	2,8	97,2	20,0	91,2

И в этом случае получена уже знакомая картина флотации кварца в присутствии ионов кальция. Выход концентрата растет в соответствии с увеличением загрузок хлористого кальция, параллельно повышается извлечение кварца в него. Содержание угля в концентрате постоянно и колеблется в пределах 2—2,5%.

Замечательно, что казеин, адсорбируясь на кварце, активированном ионами кальция, флотирует его и тот же казеин, адсорбируясь на угле, депрессирует его.

Совершенно аналогичные опыты были проделаны со смесью графита с кварцем. Результаты, полученные при этом, в большой степени напоминают данные, приведенные на табл. 10 и 11. Отметим только одну интересную особенность в поведении графита. Если сопоставить флотируемость графита и угля, то во всех случаях оказывается, что графит флотируется лучше (слабее депрессируется). Вероятным объяснением такого различия в поведении этих минералов может быть их строение: уголь—аморфный, графит—кристаллический, по наблюдениям же известно, что аморфные тела более адсорбционно активны, чем тела кристаллические.

Выводы

1. Рядом опытов доказано, что казеин флотирует несульфиды (кварц, полевой шпат, апатит) из смеси их с сульфидами.
2. В нейтральной и щелочной среде коллектирующая способность казеина незначительна.
3. В кислой среде казеин флотирует несульфиды весьма интенсивно. Наибольшая активность казеина совпадает с его изоэлектрической точкой. Действие кислот поставлено также в связь с возможностью их реакции с казеином и образованием сложных комплексов, обладающих высокой флотоактивностью.
4. Активирование несульфидов ионами кальция значительно усиливает флотационное действие казеина.
5. Показана возможность разделения казеином смеси полевого шпата и кварца и смесей кварца с каменным углем и электрографитом. При этот оказалось, что обычно легко флотирующиеся уголь и графит казеином не флотируются, а обычно трудно флотируемые кварц и полевой шпат—прекрасно флотируются.

III. Камеди (гуммиарабик)

Камеди—смолы, выделяемые различными растениями при поранении или извлекаемые из них щелочами. Камеди по своему составу являются Ca, Mg и K—солями сложных органических кислот (арабиновая кислота и др.), представляющих комбинации пентоз, метилпентоз и гексоз с собственно кислотами. В воде камеди растворяются, образуя более или менее вязкие коллоидные растворы в зависимости от концентрации и температуры раствора. Эти растворы камеди осаждаются при действии кислот. Химизм камедей подробно не изучен.

Учитывая своеобразное влияние кислоты на состояние растворов камеди, нам представлялось наиболее интересным выяснить отношение камеди к изменению pH пульпы.

Опыты ставились на смесях кварца с пиритом, халькопиритом и свинцовым блеском.

Постоянными условиями для всех опытов мы приняли:

Загрузку калийно-этилового ксантата .	30 *г/т*
Загрузку терпинеола	30 *г/т*
Агитация	5 мин.
Флотация	5 мин.

А. Смесь—халькопирит и кварц

Содержание халькопирита в смеси равнялось 16%. Влияние различных загрузок камеди на флотируемость минералов смеси показано на табл. 12.

Таблица 12

№ оп.	Загрузка камеди в г/т	Выход к-та в %	Сод. $CuFeS_2$ в %		Извлеч. в %
			К-т	Хвосты	в к-т
337	100	14,2	100	2,09	88,7
338	200	13,6	100	2,77	85,0
339	400	12,4	100	4,12	77,5
340	800	12,6	100	3,9	78,7
341	1600	7,2	100	9,46	45,0

Увеличение загрузки камеди последовательно снижает выход и извлечение халькопирита в концентрат. Качество концентрата неизменно высокое. Кварц совершенно не флотируется. Пенообразование протекает вполне нормально.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость смеси минералов при постоянной загрузке камеди, равной 200 г/т, показано на рис. 9.

Как видно из графика, добавление щелочи в пульпу медленно снижает извлечение халькопирита в концентрат. Гораздо резче и сильнее действует кислота, в особенности при малых загрузках. Повышенные загрузки кислоты ведут к дальнейшему падению выхода концентрата. Качество концентрата сохраняется весьма высоким. Столь сильное действие соляной кислоты возможно поставить в связь со способностью соляной кислоты осаждать растворы камеди, причем последние в момент осаждения окутывают гидрофильным покровом зерна сульфидов.

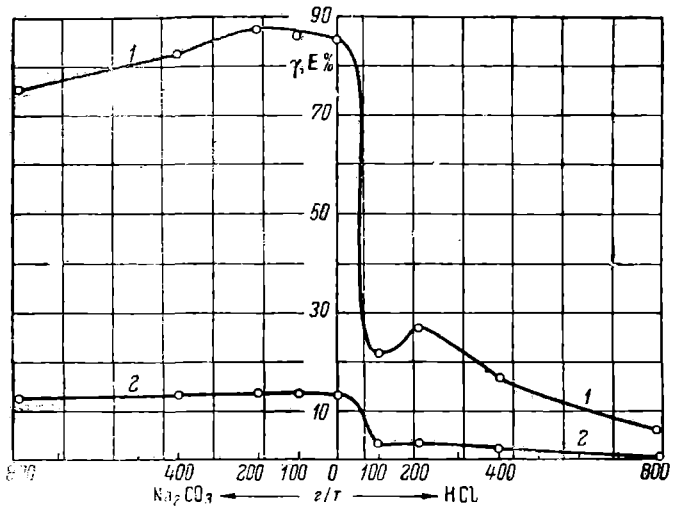


Рис. 9. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость кварца и халькопирита при загрузке камеди, равной 200 г/т.

1 — извлечение $CuFeS_2$; *2* — выход концентрата.

Б. Смесь—свинцовый блеск и кварц

Содержание свинцового блеска в смеси равнялось 20%.

Влияние различных загрузок камеди на флотируемость минералов смеси показано на табл. 13.

Таблица 13

№ оп.	Загрузка камеди в г/т	Выход к-та в %	Содерж. PbS в %		Извлеч. в к-т в %
			К-т	Хвосты	
356	100	20,6	95,0	0,5	98,0
357	200	20,2	98,0	0,25	99,0
358	400	21,2	93,0	0,38	98,5
395	800	20,4	97,0	0,24	99,0

Увеличение загрузки камеди совершенно не влияет на извлечение свинцового блеска в концентрат. В этом заключается некоторое отличие в поведении свинцового блеска от халькопирита. В концентрате заметны редкие отдельные зерна кварца.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на фло-

тируемость минералов смеси при загрузке камеди, принятой равной 400 *г/т*, показано на рис. 10.

И в этом случае введение соляной кислоты наиболее сильно сказалось на флотируемости свинцового блеска. В щелочной среде имеет место плавное падение выхода концентрата и извлечения свинцового блеска в него по мере увеличения загрузок соды. Подобное падение извлечения с ростом щелочности пульпы отмечается и для халькопирита. В данном случае на понижении извлечения свинцового блеска в концентрат могло сказаться действие ионов CO_3, препятствующих протеканию реакции поверхности свинцового блеска с ионами ксантата.

Совершенно аналогичные опыты были проведены со смесью пирит—кварц; полученные при этом результаты в точности воспроизводят картину флотируемости смеси свинцовый блеск—кварц.

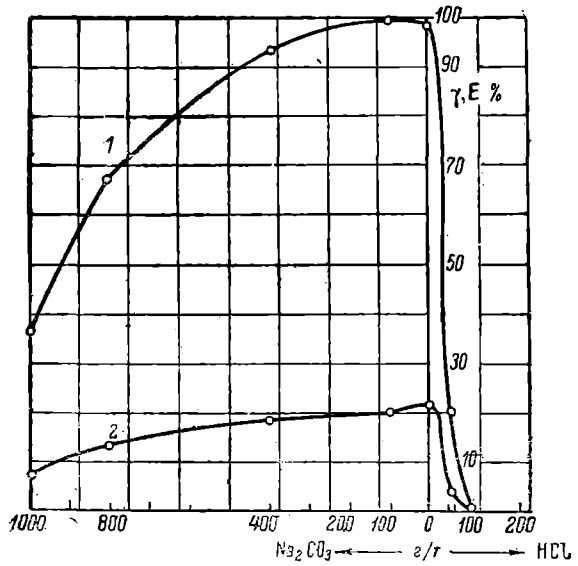


Рис. 10. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость кварца и свинцового блеска при загрузке камеди, равной 400 *г/т*.

1 — извлечение PbS; *2* — выход концентрата.

Выводы

1. Без добавок других, создающих среду реагентов (кислот, щелочей), камеди депрессируют сульфиды лишь при значительных загрузках.

2. Повышение щелочности пульпы снижает флотируемость сульфидов в различной степени.

3. Во всех случаях установлено весьма сильное депрессирующее действие камеди на сульфиды при подкислении пульпы соляной кислотой.

IV. Таннин

Химически чистый таннин представляет собою глюкозид, способный гидролизироваться с образованием одной молекулы глюкозы и 10 молекул галловой кислоты.

Таннин обладает большим молекулярным весом и не является типичным коллоидом; коллоидный характер дубильных веществ усиливается при окислении их растворов на воздухе, особенно в присутствии щелочи.

Из свойств дубильных веществ наиболее характерны:

1. Способность осаждать растворы желатины, в этом случае дубильные вещества выступают в роли отрицательно заряженного коллоида.

2. Дубильные вещества дают адсорбционные соединения с металлическими солями (Fe, Pb и др.).

3. Таннин стабилизует суспензии только в щелочной среде, и снижение pH ниже 6,5 приводит к резкой коагуляции суспензии минеральных зерен.

Указанные свойства таннина давали возможность предполагать о своеобразном его действии на флотационный процесс при различных изменениях pH пульпы и на различные минералы — пирит, халькопирит, свинцовый блеск, цинковую обманку.

Технический таннин, которым мы пользовались для опытов, был бледнокоричневого цвета, по ОСТу относился к сорту „А" и содержал: влаги—1,40%, веществ, поглощаемых хромированным гольевым порошком,— 89,6%.

Постоянными условиями для всех опытов были приняты:

Загрузка кал. этил. ксантата — 20 *г/т*
„ терпинеола — 20 *г/т*
Агитация — 5 мин.
Флотация — 5 мин.

А. Смесь — пирит и кварц

Каждого минерала было взято по 25 *г*.

Влияние различных загрузок таннина на флотируемость минералов смеси показано на табл. 14.

Таблица 14

№ оп.	Загрузка таннина в *г/т*	Выход к-та в %	Содерж. FeS_2 в %		Извлеч. в к-т в %
			К-т	Хвосты	
125	25,0	21,4	84,5	38,0	37,6
126	50,0	24,6	90,5	34,0	46,5
127	75,0	20,4	86,6	38,0	36,6
128	100,0	21,4	84,6	38,0	37,6

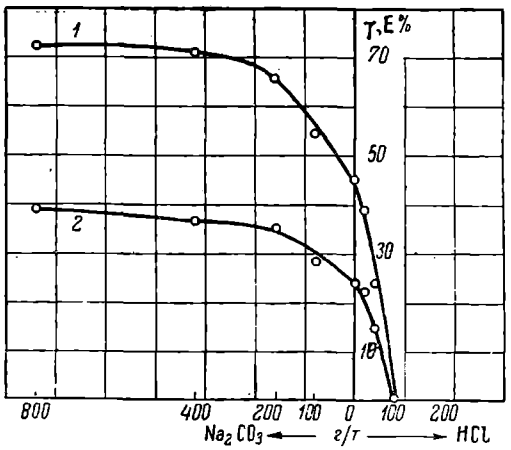


Рис. 11. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость кварца и пирита при загрузке таннина, равной 50 *г/т*.
1 — извлечение FeS_2; *2* — выход концентрата.

Как видно из опытов, при загрузках таннина до 100 *г/т* существенных изменений во флотационном процессе не наступает.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость минералов, смеси при постоянной загрузке таннина, равной 50 *г/т*, представлено на рис. 11.

Введение в процесс щелочи оказало благотворное влияние на флотируемость пирита, его извлечение в концентрат растет в соответствии с увеличением загрузок соды.

Иная картина наблюдается в кислой среде, незначительные количества соляной кислоты весьма усиливают депрессирующее действие таннина и при 100 *г/т* приводят к полной депрессии пирита. Надо полагать, что соляная кислота способствует осаждению, таннина и последний в этот момент окутывает зерна пирита гидрофильным покровом.

Б. Смесь — халькопирит и кварц

Содержание халькопирита в смеси равнялось 16%.

Влияние различных загрузок таннина на флотируемость минералов смеси показано на табл. 15.

Действие таннина на халькопирит оказалось необычайно сильным, для полной депрессии халькопирита достаточно загрузки таннина в 50 *г/т*.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость минералов смеси при постоянной загрузке таннина, равной 50 *г/т*, показано на рис. 12.

Таблица 15

№№ оп.	Загрузка таннина в *г/т*	Выход к-та в %	Содерж. $CuFeS_2$ в %		Извлеч. в к-т в %
			К-т	Хвосты	
144-б	12,5	10,8	65,6	10,0	44,3
144-а	25,0	9,0	52,2	12,4	29,4
144	50,0	0,0	0,0	16,0	0,0

Наблюдается картина, аналогичная флотации пирита, только сильнее выраженная. В присутствии соляной кислоты флотация халькопирита не наступает Введение в процесс соды усиливает флотируемость халькопирита, но извлечение, первоначально поднявшись до 75%, от дальнейшего увеличения загрузок соды не повышается.

В. Смесь — цинковая обманка и кварц

В нейтральной среде увеличение загрузки таннина приводит к прогрессивно возрастающей депрессии цинковой обманки, и при 75 *г/т* таннина выход концентрата падает до 1,6%.

Для исследования влияния на флотируемость минералов кислой и щелочной среды мы приняли загрузку таннина равной 75 *г/т*, отвечающую практически полной депрессии цинковой обманки. Полученные результаты опытов изображены на рис. 13 и представляют обычную для таннина картину полной депрессии минералов в кислой среде и ослабления депрессии в щелочной.

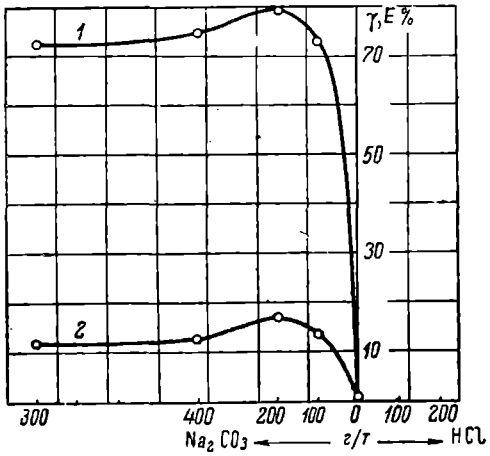


Рис. 12. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость кварца и халькопирита при загрузке таннина, равной 50 *г/т*.

1 — извлечение $CuFeS_2$; *2* — выход концентрата.

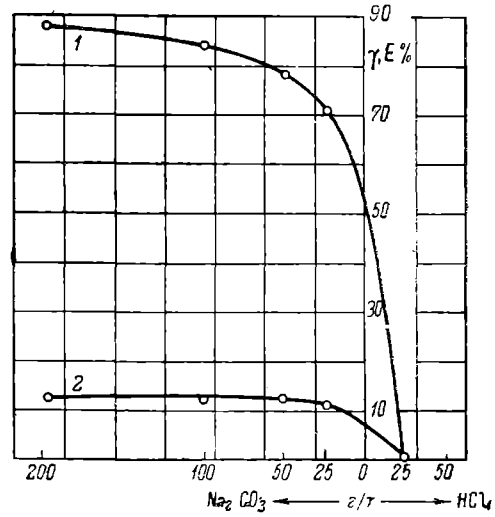


Рис. 13. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость кварца и цинковой обманки при загрузке таннина, равной 75 *г/т*.

1 — извлечение ZnS; *2* — выход концентрата.

Г Смесь — свинцовый блеск и кварц

Влияние различных загрузок таннина на флотируемость минералов смеси показано на табл. 16.

С увеличением загрузки таннина депрессия свинцового блеска возрастает.

Дальнейшие опыты по выяснению влияния различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость минералов смеси были поставлены при постоянной загрузке таннина, равной 50 *г/т*. При этом оказалось, что уже при загрузках соляной ки-

Таблица 16

№ оп.	Загрузка таннина в *г/т*	Выход к-та в %	Содерж. PbS в %		Извлеч. в к-т в %
			К-т	Хвосты	
143	0,0	20,8	90,5	1,45	94,1
139-а	12,5	19,0	96,5	2,05	91,5
139	25,0	12,0	95,4	9,7	57,3
140	50,0	11,8	94,5	10,05	55,6

слоты и соды, равных 100 *г/т*, свинцовый блеск совершенно не флотируется.

В этом мы установили наиболее яркое отличие в поведении свинцового блеска от других сульфидов — пирита, халькопирита и цинковой обманки.

Столь сильную депрессию свинцового блеска таннином можно приписать образованию на его поверхностях гидрофильного покрова, предположительно состоящего из танната свинца.

Поскольку было констатировано различное поведение свинцового блеска и других сульфидов в присутствии таннина в щелочной и нейтральной среде, представляло интерес использовать это различие для селективного разделения смесей свинцового блеска с другими сульфидами. Особенное внимание было нами уделено смеси свинцовый блеск — цинковая обманка — кварц.

Д. Смесь — свинцовый блеск, пирит и кварц

Каждого сульфида было взято по 10 *г* и кварца 30 *г*. Прочие условия проведения опытов сохранены неизменными.

Влияние различных загрузок таннина на флотируемость минералов смеси показано на рис. 14.

Получена весьма интересная зависимость. Оказалось, что и в смеси минералы сохранили свое прежнее отношение к различным загрузкам таннина. Наименее подвержен депрессии пирит и наиболее — свинцовый блеск.

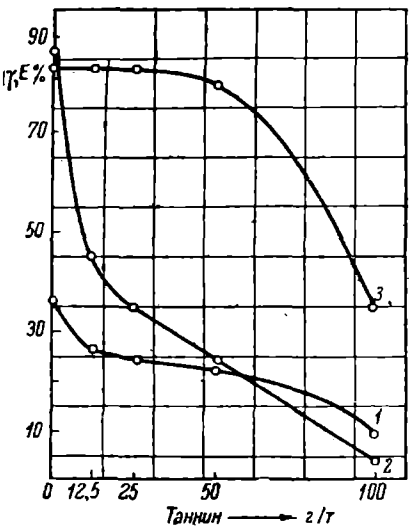


Рис. 14. Влияние различных загрузок таннина на флотируемость пирита, свинцового блеска и кварца.
1 — выход концентрата; *2* — извлечение PbS; *3* — извлечение FeS_2.

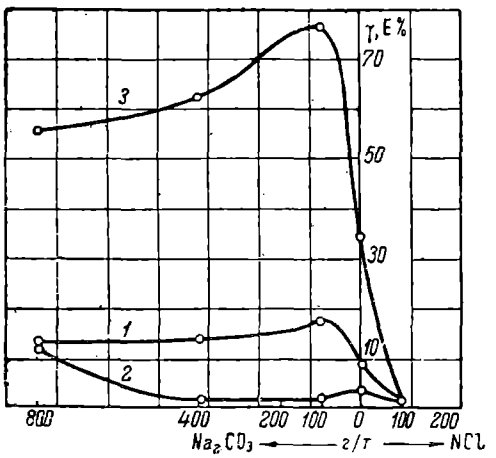


Рис. 15. Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость пирита, свинцового блеска и кварца при загрузке таннина равной, 100 *г/т*.
1 — выход концентрата; *2* — извлечение PbS; *3* — извлечение FeS_2.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость минералов смеси при постоянной загрузке таннина, равной 100 *г/т*, показано на рис. 15.

Оказалось, что в кислой среде сохраняется устойчивая депрессия обоих сульфидов; в щелочной среде флотируемость пирита значительно возросла, свинцовый же блеск попрежнему флотируется весьма слабо. И в данном случае селективное действие таннина на сульфиды свинца и железа ясно выражено.

Е. Смесь — свинцовый блеск, халькопирит и кварц

Соотношение сульфидов в смеси было сохранено прежнее.

Влияние различных загрузок таннина на флотируемость минералов смеси показано на табл. 17.

Таблица 17

№ оп.	Загрузка таннина в г/т	Выход к-та в %	Содерж. PbS в %		Содерж. $CuFeS_2$ в %		Извлеч. в к-т в %	
			К-т	Хвосты	К-т	Хвосты	PbS	$CuFeS_2$
172	—	22,6	44,0	12 8	56,6	4,14	50,0	80,0
178	50,0	18,6	0,0	24,56	75,0	3,52	0	87,4
173	75,0	1,2	0,0	20,21	100,0	13,9	0	7,5

Загрузки таннина до 50 г/т практически не влияют на флотируемость халькопирита, свинцовый блеск в этих условиях совершенно не флотируется. Большие загрузки таннина, свыше 75 г/т, депрессируют и халькопирит.

Влияние различных загрузок щелочи и кислоты на флотируемость смеси минералов при постоянной загрузке таннина, равной 75 г/т, показано на табл. 18.

Таблица 18

№ оп.	Загрузка в г/т	Выход к-та в %	Содерж. PbS в %		Содерж. $CuFeS_2$ в %		Извлеч. в к-т в %	
			К-т	Хвосты	К-т	Хвосты	PbS	CuFeS
173		1,2	0,0	20,21	100,0	13.9	0,0	7,5
173-а	HCl — 100	Флотации нет						
174	Na_2CO_3 — 50	13,8	0	25,2	89,2	2,52	0,0	77,0
175	Na_2CO_3 100	12,6	0	23,4	100,0	3,27	0,0	78,9
176	Na_2CO_3 200	13,0	0	24,0	100.0	2.66	0	81,4
177	Na_2CO_3 400	12,0	0	23,2	100,0	3,27	0	75,1
179	Na_2CO_3 800	14,0	0	24,6	99,0	2,52	0	86,7

Получено очень четкое разделение сульфидов свинца и меди. В присутствии соляной кислоты оба сульфида равно не флотируются, что наблюдалось и ранее. Введение соды весьма усиливает флотируемость халькопирита, при этом устойчивая депрессия свинцового блеска сохраняется.

Ж. Смесь — свинцовый блеск, цинковая обманка и кварц

Флотация производилась в аппарате с загрузкою минералов в 100 г на опыт.

Каждого сульфида в смеси было по 25 г и 50 г кварца.

Общий порядок проведения опытов был сохранен прежний — сперва исследовалось влияние различных загрузок таннина, затем влияние щелочи и длительности агитации с таннином. Опытов флотации в кислой среде не производилось.

Первые опыты флотации этой смеси показали, что сравнительно легко получить чистый цинковый концентрат с высоким извлечением в него цинка, но значительно труднее сфлотировать оставшийся в хвостах от цинковой флотации свинцовый блеск. Ряд неудачных попыток в этом направлении привел нас к выводу о необходимости получения первоначально коллективного свинцово-цинкового концентрата и последующего разделения его на отдельные концентраты с помощью таннина.

Получение коллективного свинцово-цинкового концентрата происходило при следующих условиях:

Загрузка медного купороса	50 г/т
Агитация с $CuSO_4$.	5 мин.
Загрузка кал. этил. ксантата	75 г/т
Загрузка терпинеола	50 г/т
Флотация	8 мин.

При разделении коллективного концентрата переменными величинами были или загрузка таннина, или загрузка щелочи (соды или извести), или длительность агитации со щелочью.

Конечные результаты этой серии опытов приведены на табл. 19, где также указаны количества реагентов и порядок их загрузки.

Как видно из таблицы, результаты серийных опытов удовлетворительны. Укажем также, что таннин депрессирует свинцовый блеск несмотря на то, что он уже подвергался действию реагентов (ксантата и терпинеола) при коллективной флотации.

Щелочность, необходимая для проявления избирательного действия таннина на сульфиды, нами создавалась введением соды, однако эта щелочность может быть создана и гашеной известью, при этом некоторое депрессирующее действие гашеной извести на свинцовый блеск может быть только полезным, так как при разделении коллективного свинцово-цинкового концентрата таннином свинцовый блеск остается в хвостах.

Последующие несколько серий опытов подтвердили наши предположения о возможности замены соды гашеной известью.

Нам удалось получить хорошие свинцовые концентраты, но цинковые концентраты качественно были неудовлетворительны. Правда, большой выход чернового цинкового концентрата создавал возможность его перечистки, что нами и было проделано в последующих опытах. Введение перечистки повысило качество цинковых концентратов, а также и свинцовых, но картина распределения металла по продуктам флотации затушевывалась благодаря большому выходу промпродукта — хвостов от перечистки чернового цинкового концентрата. Желая сделать эту картину более отчетливой, мы прибегли к сложным опытам. В сложных опытах промпродукт первого опыта присоединялся к коллективному концентрату второго опыта и т. д. Всего было проведено два сложных опыта; один, состоявший из двух

Таблица 19

№ оп.	Условия опытов	Выход в %			Содерж. в %								Извлеч. в %							
					В Zn к-те		В Pb к-те		В хвостах		В Zn к-т		В Pb к-т		В хвосты	
		Zn к-т	Pb к-т	Хвосты	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb
488	Разделение коллект. концентрата: Соды — 400 г/т, Агитация — 2 мин. Таннин — 75 г/т Агитация—1 мин. Терпинеол—10 г/т Флотация—5 мин.	22,36	26,04	51,60	47,38	12,58	11,42	62,25	1,41	0,06	74,54	14,65	20,45	85,21	5,03	0,14
489	То же Агитация после соды— 4 мин	24,2	24,2	51,6	45,78	25,92	26,55	55,62	1,39	0,04	70,26	31,45	25,26	68,44	4,54	0,12
490	То же Агитация после соды— 8 мин	25,2	24,0	50,8	40,32	24,02	11,0	60,16	0,52	0,04	76,62	31,14	21,2	68,75	2,20	0,11
491	То же Агитация после соды— 12 мин	19,8	28,2	52,0	47,71	9,95	10,08	63,29	1,46	0,06	72,0	10,3	22,3	89,5	5,7	0,2

Таблица 20

№ оп.	Выход в %				Содержание в %								Извлечение в							
	Pb к-т	Zn к-т	Пром. прод.	Хвосты	В Pb к-те		В Zn к-те		В пром. прод.		В хвостах		В Pb к-т		В Zn к-т		В пром. прод.		В хвосты	
					Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn
525	19,2	22,7	—	51,0	70,88	5,22	6,93	50,07			0,42	1,07	} Пром. прод. присоединялся к 2-му коллект. концентрату перед агитацией с $Ca(OH)_2$							
	15,5	32,0		51,2	75,24	2,02	26,73	39,62		—	0,44	1,46								
	17,4	27,4	4,1	51,1	72,2	3,82	18,23	44,2	59,79	13,57	0,43	1,32	62,6	4,7	24,4	86,5	11,9	3,9	1,1	4,9
Среднее по расчету																				
526	19,0	21,8	—	51,2	74,83	3,03	7,72	50,41	—	—	0,27	1,01	} Пром. прод. присоединялся к коллект. концентрату после агитации с $Ca(OH)_2$							
	21,2	24,0		51,4	71,67	5,39	9,90	48,89			0,37	1,17								
	26,7	22,0		51,4	69,30	6,24	4,97	51,08			0,52	1,58								
	22,3	22,6	3,7	51,4	71,5	5,05	7,6	49,5	63,95	10,62	0,44	1,17	81,4	8,5	8,7	84,5	8,9	2,1	1,3	4,9
Среднее по расчету																				

последовательных навесок, другой — из трех. Различие между опытами заключается в том, что в первом сложном опыте промпродукт присоединялся к коллективному концентрату перед агитацией его с известью, а во втором — промпродукт присоединялся к коллективному концентрату непосредственно перед селективной флотацией. Полученные при этом результаты показаны на табл. 20.

Разделение коллективного концентрата происходило при следующих условиях.

Загрузка $Ca(OH)_2$	125 *г/т*
Агитация с $Ca(OH)_2$	12 мин.
Загрузка $CuSO_4$	15 *г/т*
Агитация с $CuSO_4$	1 мин.
Загрузка таннина	95 *г/т*
Агитация с таннином	1 мин.
Загрузка терпинеола	10 *г/т*
Флотация	5 мин.

В перечистку чернового цинкового концентрата добавлялось 20 *г/т* таннина, перечистка длилась — 5 мин. Из приведенных в таблице данных следует, что перечистка чернового цинкового концентрата в условиях сложного опыта привела к положительным результатам: получены хорошие свинцовые и цинковые концентраты с высоким извлечением в них металла.

Выводы

1. В ряде опытов показана избирательная депрессия сульфи-

дов таннином. Эта избирательность действия наиболее ярко проявляется в щелочной среде.

2. В присутствии соляной кислоты все сульфиды равно депрессируются таннином.

3. Установлена возможность разделения смесей сульфидов благодаря избирательной депрессии таннина, а также возможность разделения коллективных свинцово-цинковых концентратов.

Последнее обстоятельство особенно интересно, так как в практике флотации часто возникает необходимость разделения коллективных концентратов, но методика селективного разделения минералов, уже раз подвергшихся действию флотореагентов, до сих пор удовлетворительно не разработана. В этом смысле таннин может оказаться полезным в арсенале практика флотации.

Заключение

Изложенный в статье материал свидетельствует об ошибочности утверждений ряда авторов о неизменно вредной роли органических защитных коллоидов в процессе флотации.

Прямое и некритическое отнесение всех органических коллоидов к группе флотационных ядов неверно и свидетельствует лишь об отсутствии соответствующей работы по изучению флотосвойств органических коллоидов.

Столь же несправедливо утверждение, что органические коллоиды обладают только одной функцией подавления, депрессии минералов; опыт показывает, что, например, такой органический коллоид, как казеин, обладает хорошими коллектирующими свойствами по отношению к кварцу, полевому шпату, апатиту

В процессе работы мы неоднократно выходили за рамки намеченного плана и уклонялись от него для изучения отдельных, попутно возникавших вопросов. Это привело к неравномерной разработке затронутых исследованием веществ, но зато обогатило нас практическим материалом и уже в наших, далеко неисчерпывающих опытах, позволило наметить пути для селективного разделения различных смесей минералов, как сульфидных, так и несульфидных с помощью гидрофильных органических коллоидов.

Экспериментальная часть работы была выполнена при участии лаборантов тт. Парфеновой и Фадеевой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годен А. М., „Флотация". Стр. 76 (1934).
2. Эрвин В., Майер и Губерт Шранц, „Флотация". Стр. 246 (1933).
3. Мозес Ф. Г., „Коллоиды и флотация". Сб. „Основные положения флотац. процесса". Ред. Трушкевича. Стр. 49 (1932).
4. Брухгольд К. Е., „Флотационный процесс". Стр. 269 (1931).
5. Лубман Н. М., Жур. Физ. Хим., т. III, вып. 2—3. Стр. 205 (1932).
6. Люйкен В. и Бирбрауэр., „Флотация в теории и на практике". Стр. 49 (1933)

Summary

By means of numerous examples taken from experimental work the author shows the falsity of the view which considers organic protective colloids as flotation poisons or in any case as substances possesing only the function of depressing minerals in flotation.

It has been found that such colloid as casein possesses good collecting properties with respect to quartz, feldspar, apatite, and does not collect sulphides. Gelatine has analogous properties.

Tannin has proved to be a selectively acting depressor with respect to galena, but not depressing zinc-blende, chalcopyrite, and other sulphides under the same conditions.

By means of protective organic colloids it has been found possible to satisfactorily divide many mixtures of minerals, both sulphides and non-sulphides.

These so interesting properties of organic colloids in flotation, discovered when studying them more closely, bear witness to the necessity of undertaking systematical investigations of this question.