

И. Н. ПЛАКСИН и М. А. КОЖУХОВА

ИЗМЕНЕНИЕ КОСИНУСА КРАЕВОГО УГЛА И ВРЕМЕНИ СМАЧИВАНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОАМАЛЬГАМАЦИИ ЗОЛОТА

Как показано одним из авторов (1) данной работы, при отрицательной поляризации существуют две причины улучшения смачивания и ускорения диффузии ртути в поверхностном слое смачиваемого металла. Первая, в соответствии с общей теорией электрокапиллярных явлений (2), состоит в поляризации поверхности ртути, вторая — заключается в активации поверхности золота, которая происходит в то время, когда оно является катодом. Вместе с указанными факторами, при комбинированном их действии, происходит весьма своеобразное ускорение растекания жидкого металла по твердому, вследствие соприкосновения в водной среде металлических поверхностей, характеризующихся весьма различным перенапряжением водорода. По периметру смачивания проходит граница между поверхностью ртути, характеризующейся весьма высоким перенапряжением водорода, и поверхностью золота, на которой перенапряжение водорода достигает значительно меньшей величины. В результате изменения равновесия в двойном слое к этой границе раздела ртуть должна притекать, вследствие различной величины поверхностного натяжения на различных участках ее поверхности.

Увеличение скорости распространения ртути является результатом снятия оксидной пленки (3), пассивирующей поверхность золота.

Вследствие аналогичного снятия оксидной пленки ускоряется диффузия ртути по поверхности золота, находящегося в растворе кислоты или цианистой соли.

Ускорение распространения ртути по металлической поверхности в значительно меньшей степени, чем смачивание, связано с различным перенапряжением водорода на металлических поверхностях. Предварительные экспериментальные результаты по установлению влияния поляризации поверхности ртути на косинус краевого угла и на время смачивания были получены авторами в 1935 г. (4). Дальнейшее развитие теории этих явлений и приложение их к практическим целям интенсификации извлечения золота имеется в работах Шепарда (5) и Плаксина (1).

В экспериментальной части данной работы приводятся систематизированные данные, полученные в работах авторов по установлению влияния поляризации на смачивание золота ртутью и на распространение ртути по поверхности металла.

ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛА НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА РТУТЬЮ

Для работы было взято химически чистое листовое золото пробы 999.9 в виде пластинок величиной 0.3 см². Поверхность золотых пластинок перед опытом во всех случаях подвергалась определенной обработке. Прежде всего пластиинки промывались 50% соляной кислотой, спиртом и эфиром, отжигались в течение 6—8 часов при температуре 600—700°, затем шлифовались, полировались и перед смачиванием ртутью кратковременно прокаливались в пламени горелки.

Капля химически чистой ртути весом 0.05 г наносилась на подготовленную таким образом пластинку золота, помещенную в кювете с дистиллированной водой, после чего через известные промежутки времени изменились краевые углы смачивания посредством проектирования капли на экран и зарисовки ее контуров (6).

В качестве источника постоянного тока был взят аккумулятор.

1. Влияние потенциала на смачивание химически чистого золота ртутью при изменении разности потенциалов от 0 до 6.5 V в дистиллиированной воде

Прежде всего были поставлены опыты, в которых ртуть, наносимая на пластинку золота, являлась катодом, для чего в ртуть погружалась проволока, соединенная с отрицательным полюсом аккумулятора. Положительный полюс был соединен с проволокой, опущенной в воду. Ртуть начинала равномерно и быстро растекаться по пластинке и амальгамировать ее. Процесс растекания капли и амальгамации всей золотой пластинки заканчивался в 3.5—4 минуты, т. е., как это видно из табл. 1, в два раза быстрее по сравнению с опытами без присоединения полюсов источника тока.

Косинус краевого угла смачивания, как это следует из той же таблицы, при увеличении разности потенциалов от 0 до —2 V возрастает от 0.731 до 0.951 (для контакта на 1 минуту), а затем, при дальнейшем увеличении разности потенциалов от —2 до 6.5 V, незначительно падает — от 0.951 до 0.883. Изменение косинуса краевого угла указывает на максимум, соответствующий —2 V. В обе стороны от этого максимума происходит небольшое понижение cos θ, причем изменение величины угла смачивания превышает возможную ошибку измерения. При более длительном контакте последняя особенность обнаруживается в меньшей степени, чем при коротком.

Следующим вариантом в изучении данного вопроса были опыты, в которых ртуть, наносимая на пластинку золота, являлась анодом. Для этого в нее погружался конец проволоки, присоединенной к положительному полюсу аккумулятора. Оказалось, что ртуть, будучи приведена в контакт

Таблица 1

Влияние потенциала на краевой угол смачивания золота ртутью

Условия контакта	Угол θ	$\cos \theta$	Угол θ	$\cos \theta$	Время полного смачив. (мин.)
Продолжительность контакта золота с ртутью		1 мин.		2 мин.	
А. Без поляризации	43°	0.731	25°	0.906	8
Б. При катодной поляризации ртути, когда разность потенциалов равна:					
— 0.2 V	25°	0.906	20°	0.940	4
— 0.5 V	25°	0.906	19°	0.946	3.5
— 2 V	18°	0.951	17°	0.956	4
— 4 V	25°	0.906	19°	0.946	4
— 5 V	27°	0.891	16°	0.961	3.5
— 6.5 V	28°	0.883	20°	0.940	4
В. При анодной поляризации ртути и разности потенциалов, равной 6.5 V	65°	0.423	55°	0.574	...
То же для контакта		10 мин.		60 мин.	
при 6.5 V	52°	0.616	45°	0.707	...

с положительным полюсом, не смачивает золота. Капля в течение 2 часов сохраняет свою форму. (Наблюдения более двух часов не производились).

Следовательно, на основании результатов опытов, приведенных в табл. 1, является бесспорным то положение, что присоединение к ртути отрицательного полюса источника тока производит ускорение смачивания золота ртутью, и, наоборот, присоединение положительного полюса прекращает или замедляет смачивание.

При этом может возникнуть предположение, объясняющее ускорение смачивания в одном случае и замедление в другом не только поляризацией поверхности ртути, но и возможностью активации поверхности золота при присоединении его к катоду.

Это предположение было проверено следующим образом: золотая пластинка помещалась в кювету с водой. К ней присоединялся конец проволоки от отрицательного полюса аккумулятора. Проволока от положительного полюса была опущена в воду. Пластина выдерживалась в таком положении 10 минут, после чего контакт нарушился, на пластинку обычным путем помещалась капля ртути и измерялись красные углы смачивания.

В том случае, если бы предположение о возможности активации поверхности золота могло иметь хотя бы частично некоторое основание, поверхность золота, присоединенная к катоду, независимо от нарушения контакта с последним, должна была бы смачиваться ртутью так же, как и в случае опытов, результаты которых приведены в табл. 1, т. е. быстрее по сравнению с обычными условиями или, во всяком случае, приближаться к ним.

Полученные нами результаты не подтвердили этого предположения. Смачивание в данном случае происходит аналогично смачиванию в обычных условиях. Следовательно, предположение об активации поверхности золота в данных условиях вследствие присоединения его к катоду отпадает, и остается принять объяснение, что улучшение смачивания золота ртутью в случае присоединения катода к одной из металлических фаз происходит вследствие поляризации поверхности ртути и явлений, возникающих при соприкосновении ее с золотом.

2. Влияние потенциала на краевой угол смачивания золота ртутью в растворах различных веществ

Для изучения влияния состава электролита на краевой угол смачивания золота ртутью были проведены опыты по электроамальгамации в растворах различных веществ, как-то: в дистиллированной воде в 0.5% и 1% растворах серной кислоты, в 1% растворе едкого натра, в 0.5% растворе цианистого калия, в 1% и 3% растворах хлористого натрия.

Таблица 2

Влияние потенциала на смачивание золота ртутью в различных растворах

№ по пор.	Среда	V	Время (мин.)	Угол 0°	$\cos \theta$	Время полного смачивания
1	Вода дистиллированная	без V	1	15	0.966	—
			2	15	0.966	4'30"
2	То же	— 0.5	1	15	0.966	3'30"
3	H ₂ SO ₄ — 0.5%	без V	1	17	0.956	2'25"
4	" — 0.5%	— 0.5	—	—	—	1'40"
5	H ₂ SO ₄ — 1%	без V	1	14	0.970	2'15"
6	" — 1%	— 0.5	—	—	—	3'40"
7	NaOH — 1.0%	без V	—	—	—	4'30"
8	" — 1.0%	— 0.5	—	—	—	1'30"
9	KCN — 0.5%	без V	—	—	—	55"
10	" — 0.5%	— 0.5	—	—	—	9'30"
11	" — 0.5%	— 2	—	—	—	12'0"
12	" — 0.5%	— 10	—	—	—	—
13	KCN — 0.5% + + CaO — 0.03%	без V	—	—	—	1'25"
14	То же	— 0.5	—	—	—	1'30"
15	То же	— 2	—	—	—	4'0"
16	NaCl — 1%	без V	1	14	0.970	3'10"
17	" — 1%	— 0.5	—	—	—	2'10"
18	" — 1%	— 1	—	—	—	2'45"
19	" — 1%	— 2	—	—	—	Выделение пузырьков, капля не растекается в течение 10'
20	NaCl — 3%	без V	—	—	—	2'30"
21	" — 3%	— 0.5	—	—	—	3'0"
22	" — 3%	— 1	—	—	—	Выделение пузырьков, капля ртути не растекается в течение 10'

Время полного смачивания пластинки и соответствующие значения для краевых углов приведены в табл. 2, причем значения даны не для всех опытов, так как в некоторых опытах смачивание происходило очень быстро (в 1—2 минуты и меньше) и измерить краевые углы не представлялось возможным вследствие быстрого растекания капли. Поэтому сравнение результатов данной таблицы произведено по времени полного смачивания золотых пластинок. Как показывают результаты, время полного смачивания во всех перечисленных растворах, при разности потенциалов —0.5 V, значительно уменьшается, по сравнению с временем полного смачивания в обычных условиях. Особенно значительна эта разница для случая с 1% едким натром: 34 мин. в обычных условиях и 4.5 мин. при —0.5 V.

Интересно отметить также, что в растворе цианистого калия при повышении разности потенциалов, начиная с —0.5 V, наступает ухудшение смачивания (при —0.5 V равно 55 сек.; при —10 V равно 12 мин.). То же происходит и в растворе смеси гидрата окиси кальция с цианистым калием (1 мин. 30 сек. при —0.5 V; 4 мин. при —2 V), а также в растворе хлористого натрия, причем в последнем случае наблюдается выделение большого количества пузырьков, мешающих зарисовке: так, уже при —2 V для 1% раствора NaCl и при —1 V для 3% раствора NaCl капля ртути не растекается в течение времени наблюдения, равного 10 минутам.

Таким образом, из результатов, приведенных в табл. 2, видно, что влияние поляризации для раствора каждого электролита выражается в ускорении времени полного смачивания золотых пластинок, по сравнению с опытами без поляризации поверхности ртути, приблизительно в 1.5 раза, при разности потенциалов —0.5 V, за исключением раствора едкого натра, в котором скорость увеличивается около 8 раз.

ВЛИЯНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА СМАЧИВАНИЕ РТУТЬЮ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА

Для данного раздела работы были выделены золотины из шлихов Центрального рудника Мариинской тайги и руды Балейского месторождения.

Методы выделения золотин были приняты такие, которые не изменяли бы форму и состав золотин и, главным образом, не разрушали бы пленку, покрывающую их поверхность. В основном они заключались в механической обработке материала (руды или шлихов) — концентрации на столе Вильфлея, магнитном обогащении, концентрации и отмывке золотин в чашках и выборании золотин под микроскопом.

1. Влияние потенциала на скорость смачивания золотин

Для опытов взяты были золотины, выделенные из шлихов Центрального рудника Мариинской тайги. Методика проведения опытов отличалась тем, что измерение краевых углов смачивания, вследствие затруднений, возни-

кающих из-за малого размера золотин, не производилось, а учитывалось только время смачивания золотин.

Предварительно золотины были измерены в двух направлениях с помощью микрометрениной сетки под микроскопом и классифицированы по их величине. Для работы были взяты золотины размером 0.8×0.6 мм. Опыты проводились в 0.05% растворе серной кислоты.

Как показывают результаты опытов, помещенные в табл. 3, время начала смачивания золотин постепенно уменьшается с 5 мин. без подведения

Таблица 3

Влияние потенциала на скорость смачивания золотин ртутью

№ по пор.	Размеры золотин в мм	V	Время до начала смачивания золотин
1	0.8×0.6	без V	5'
2	"	— 0.5	3'10"
3	"	— 0.7	4'50"
4	"	— 1	46"
5	"	— 1.5	15"
6	"	— 2	6"
7	"	— 3	5"
8	"	— 4	3'5"
9	"	— 8	3"
10	"	— 10	3"

источника тока до 6 сек. при разности потенциалов —2 V. При дальнейшем увеличении разности потенциалов от —2 V до 10 V время начала смачивания уменьшается незначительно — с 6 до 3 секунд.

2. Влияние потенциала на скорость смачивания золотин ртутью в растворах различных электролитов

Для данного раздела, кроме золотин из шлихов Центрального рудника Мариинской тайги, были взяты еще золотины, выделенные из руды Балейского месторождения. В опытах с золотинами Балейской руды была взята разность потенциалов —0.5 V во всех случаях и следующие среды: дистиллированная вода, 0.093% раствор гидрата окиси кальция, 1% раствор едкого натра и 0.5% раствор серной кислоты.

Результаты, помещенные в табл. 4, показывают, что время начала смачивания золотин при разности потенциалов, равной —0.5 V, уменьшается для всех сред в 2 раза, за исключением дистиллированной воды, в которой оно уменьшается в 1.5 раза.

В дальнейших опытах с золотинами Центрального рудника Мариинской тайги нами было изучено влияние разности потенциалов от —0.5 до —10 V, и, кроме вышеназванных сред, взяты растворы 1 и 3% хлористого натрия и 0.05% серной кислоты.

Таблица 4

Влияние потенциала на скорость смачивания золотин Балейской руды ртутью в различных средах

№ по порядку	Среда	Время смачивания золотин в минутах	
		без поляризации	- 0.5 V
1	Вода дистиллированная	3	2
2	Ca(OH) ₂ — 0.093%	4	2
3	NaOH — 0.1%	4	2
4	H ₂ SO ₄ — 0.5%	2	1

При проведении опытов, почти во всех случаях, кроме времени начала смачивания, также учитывалось время конца смачивания золотин.

Результаты опытов, приведенные в табл. 5, дают ясное представление о зависимости скорости смачивания от величины разности потенциалов и от состава раствора. Прежде всего, здесь, так же как и в случае смачивания чистого золота, наибольшее повышение скорости смачивания наблюдается при повышении разности потенциалов до -2V. К этому моменту скорость достигает почти максимальной величины, и дальнейшее ускорение при увеличении разности потенциалов до -10 V незначительно.

Наибольшее повышение скорости смачивания для разности потенциалов от 0 до -10 V, происходящее в различных средах, относится к 0.05 % раствору хлористого натрия; наименьшее — к дистиллированной воде. Скорость смачивания в растворах 0.05 % серной кислоты, 0.5 % хлористого натрия и 0.0030 % гидрата окиси кальция занимают промежуточное положение между ними.

Время, в течение которого происходит непосредственное смачивание золотины, т. е. время, протекающее между началом и концом смачивания, как видно из табл. 5, уменьшается при возрастании потенциала, начиная с 25 сек. при -0.5 V и до 2 сек. при -10 V. Оно почти одинаково для растворов различного состава; исключение представляют лишь 0.0030 % раствор гидрата окиси кальция и вода.

ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛА НА СМАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА РТУТЬЮ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ АМАЛЬГАМАЦИЕЙ ИЗ РУД

Опыты, помещенные в I и II разделах настоящей статьи, показывающие положительное действие, оказываемое потенциалом на смачивание золота ртутью, были продолжены в направлении дальнейшего изучения влияния потенциала, в условиях практического применения к интенсификации процесса извлечения. Судя по результатам, приведенным в двух первых разделах, можно предполагать, что в этом случае также следует в той или иной степени ожидать улучшения смачивания золота.

Для проведения опытов были взяты две руды — Кулунджунская, кварцевая руда и Березовская сульфидно-кварцевая руда нижнего горизонта.

Влияние потенциала на скорость смачивания

Среда	Без V смачивание		—0.5 V смачивание		—1 V смачивание	
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
Вода дистиллированная . . .	25'	15'30"	18'	18'25"	45'	15'27"
Серная кислота 0.05% . . .	5'		3'10"		16"	35'
Хлористый натрий 0.5% . . .	4'36"	4'55"	1'50"	2'05"	20"	40"
" " 0.5% . . .	10'17"	10'34"	2'40"	2'15"	50"	1'05"
Гидрат окиси кальция 0.0030% (0.0024% CaO)	25'	27'	45'	16'30"	42'	13'00"

Опыты проводились на шлюзе, покрытом медным амальгамированным листом, длина которого составляла 1 м и ширина 250 мм.

Источником тока служил аккумулятор, дающий напряжение до 75 В.

Отрицательный полюс присоединялся к амальгамированной поверхности шлюза, положительный — к раме, накладываемой поверх шлюза, имеющей на разном расстоянии друг от друга четыре поперечные зубчатые перегородки. Зубцы перегородок погружались в протекающую по шлюзу пульпу на 1—2 мм с таким расчетом, чтобы они не соприкасались с поверхностью шлюза.

Условия и результаты опытов приведены в табл. 6. Из данных результатов прежде всего следует, что извлечение золота ртутью при подведении источника тока улучшается, но улучшение извлечения происходит лишь до определенной оптимальной разности потенциалов, отнюдь не начиная с —0.2—0.5 V, как это было при проведении опытов с химически чистыми золотом и золотицами из шлихов Мариинской тайги и из Балейской руды.

Кроме того, при всех значениях поляризации ртути, кроме оптимального, извлечение не только может быть одинаковым с извлечением без подведения тока, но и может понижаться по сравнению с последним.

ВЫВОДЫ

На основании всего изложенного, необходимо сделать следующие выводы:

1. Как показано одним из авторов данной работы и другими работами, следует считать, что присоединение катода к ртути вызывает улучшение смачивания твердой металлической фазы в результате: а) поляризации поверхности ртути, приводящей к понижению поверхностного натяжения; б) различного перенапряжения водорода на поверхности двух металличе-

Таблица 5

золотин из шлихов центрального рудника ртутью

—2 V смачивание		—5 V смачивание		—7 V смачивание		—10 V смачивание		Увеличение со- рости смачива- ния —10 V по от- носн. к смач. без полариз.
начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец	
3' 6" 17" 15"	4'35" 2'50" 21" 23"	2'50" 3" 3" 40"	3'15" 5" 15" 14'7"	1'50" 3" 3" 7"	2'10" 5' 10"	1'53" 3" 3"	2'17" 5" 17"	13 раз 100 " 90 " 206 "
3'30"	4'10"	4'23"	4'47"	1'05"	1'25"	17"	37"	88 "

ских фаз и в) удаления оксидной пленки, вследствие активации смачиваемой поверхности, увеличивающего скорость полного смачивания. Происходящее при этом увеличение косинуса краевого угла смачивания следует объяснить изменением поверхностного натяжения ртути и активацией смачиваемого металла.

Таблица 6

Влияние потенциала на извлечение золота амальгамацией

№ по пор.	Месторождение руды	Количе- ство руды (кг)	Ж : Т	Продол- житель- ность опыта (мин.)	CaO (г)	V	Извле- чение в %
1	Кулунджунская . .	2 *	6 : 1	54	1.2	без V	48.28
2	" . . .	2	6 : 1	50	1.2	—10	62.33
3	" . . .	2	6 : 1	53	1.2	—30	58.04
4	Березовская	1.5	8 : 1	11	15	без V	51.95
5	"	1.5	8 : 1	11	15	—0.5	48.06
6	"	1.5	8 : 1	10.5	15	—1.7	49.11
7	"	1.5	8 : 1	7.5	15	—4.7	50.98
8	"	1.5	8 : 1	11	15	—7	61.28

Примечание. В опытах с Кулунджунской рудой пульпа пропускалась по шлюзу три раза, в опытах с Березовской рудой — по одному разу.

2. При изучении влияния потенциала на смачивание химически чистого золота ртутью установлено:

а) В случае присоединения отрицательного полюса источника тока к одной из металлических фаз косинус краевого угла смачивания возрастает с 0.906 до 0.951 при увеличении разности потенциалов от —0.2 до —2 V, а при дальнейшем увеличении от —2 V до —6.5 V незначительно падает — с 0.951 до 0.883, что находится в соответствии с теоретическими предпосылками.

Время полного смачивания пластиинки, по сравнению с обычными условиями, уменьшается при этом в 2 раза.

б) В случае присоединения положительного полюса источника электричества косинус краевого угла смачивания имеет несколько меньшее значение, чем без поляризации поверхности ртути ($0.906 - 0.574$). Капля ртути в течение всего времени наблюдения (2 часа) сохраняет свою форму. Смачивание весьма замедляется и практически прекращается.

в) Увеличение значения косинуса краевого угла смачивания и скорости полного смачивания пластиинки в первом случае следует объяснить активацией поверхности золота по периметру смачивания и изменением поверхностного напряжения, что объясняется различным перенапряжением водорода на поверхностях золота и ртути.

3. При изучении влияния потенциала на смачивание естественных золотин ртутью была проведена работа по выяснению влияния разности потенциалов в различных средах на скорость смачивания самородного золота. При этом оказалось, что:

а) Зависимость скорости смачивания золотин, выделенных из шлихов Центрального рудника Маринской тайги, от разности потенциалов, выражается в том, что время начала смачивания золотин уменьшается по сравнению с опытами без подведения источника тока; при этом наибольшее повышение скорости смачивания, так же как и в случае чистого золота, наблюдается при повышении разности потенциалов от 0 до -2 V. К этому моменту скорость смачивания достигает оптимальной величины, и дальнейшее ее повышение при увеличении разности потенциалов от -2 до -10 V незначительно.

б) Наибольшее повышение скорости смачивания при этом происходит в 0.05% растворе хлористого натрия, наименьшее — в дистиллированной воде. Растворы 0.5% серной кислоты, 0.5% хлористого натрия и 0.0030% гидрата окиси кальция дают промежуточное значение.

в) Время, в течение которого происходит непосредственное смачивание золотин, т. е. время между началом и концом смачивания золотин, уменьшается с увеличением абсолютного значения отрицательной поляризации ртути (с 25 сек. при -0.5 V до 2 сек. при -10 V) и почти одинаково для всех изучавшихся растворов. Исключение представляют лишь 0.0030% раствор гидрата окиси кальция и вода.

г) Скорость смачивания золотин, выделенных из Балейской руды, при разности потенциалов -0.5 V увеличивается в 1.5—2 раза по сравнению с опытами без присоединения ртути к катоду.

4. В порядке приложения основных выводов данной работы к изучению влияния потенциала на извлечение золота из руд амальгамацией установлено:

а) Так же, как и в случае смачивания химически чистых золота и золотин, выделенных из шлихов Центрального рудника (Маринской тайги) и из Балейской руды, при отрицательной поляризации ртутной поверх-

ности происходит повышение извлечения золота амальгамацией, т. е. происходит улучшение смачивания.

б) Улучшение смачивания происходит, начиная не с разности потенциалов -0.2 V и -0.5 V , как это было в двух первых случаях, а с более высокой. Так, для Березовской руды необходимая разность потенциалов составляет около -7 V .

в) Улучшение смачивания происходит при оптимальной разности потенциалов. При других значениях разности потенциалов оно может оказаться или одинаковым со смачиванием при отсутствии поляризации или ниже последнего.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Плаксин. Взаимодействие сплавов и самородного золота с ртутью и цианистыми растворами. Москва (1937). ОНТИ.
2. А. Н. Фрумкин. Ergebniss d. ex. Naturwissenschaften, 235 (1928).
3. И. Н. Плаксин и М. А. Кожухова. Физико-химические основы процесса амальгамации. Известия сектора по изучению платины Академии Наук, в. 9, 95 (1936).
W. J. Müller и E. Löw. Über die Existenz einer Oxid-Schicht auf Gold. Ber. 68, Nr. 5, 989 (1935).
4. Плаксин и Кожухова. Предв. сообщение о работе. Советская золотопромышленность, 2 (1936).
5. O. C. Shapard. Electrocapillary Amalgamation. A. I. M. M. E. Thech. Publ., 676 (1936).
6. П. А. Ребиндер. Физикохимия флотационных процессов. Москва (1933).
(Поступило в редакцию 15 марта 1937)

