

**DOI: 10.17073/2500-0632-2018-3-45-53****Рябой В.И.** (ООО «Механобр-ОР», Санкт-Петербург, Россия)**Левковец С.Е.** (ООО «Квадрат плюс», Тольятти, Россия)**Ефремова Г.А.** (ЗАО «Серебро Магадана», Магадан, Россия)**Коваль О.Е.** (ЗАО «Серебро Магадана», Магадан, Россия)**Новый диалкилдитиофосфатный собиратель для флотации серебросодержащих руд**

С целью создания более эффективного диалкилдитиофосфатного собирателя, применяемого в комбинации с бутилксантогенатом калия при флотации серебряных руд (м.р. Дукат), изучено действие ряда диалкилдитиофосфатных собирателей в зависимости от их поверхностно-активных свойств и гидрофобизирующей способности. Показано, что их собирательная сила при близкой гидрофобизирующей способности возрастает по мере увеличения их поверхностно-активных свойств и достигает максимума при величине поверхностного натяжения 42–45,3 мН/м, а затем начинает снижаться. Уменьшение гидрофобизирующей способности даже при их высоких поверхностно-активных свойствах, например для гидролизованых образцов, заметно снижает извлечение серебра. С учетом изученного влияния поверхностной активности и гидрофобизирующей способности реагентов разработан более эффективный диалкилдитиофосфатный собиратель, увеличивающий извлечение серебра по сравнению со стандартным реагентом на 1,8–3,4 % в зависимости от обогатимости руды. Повышению извлечения серебра без снижения селективности процесса способствует также оптимальное соотношение расходов предложенного диалкилдитиофосфатного собирателя и ксантогената.

Ключевые слова: поверхностно-активные свойства, сталагмометрический метод, гидрофобизирующая способность, эффективность обогащения, извлечение, серебро, диалкилдитиофосфаты, ксантогенат, серебряные руды

Применение более сильных или селективных собирателей при флотационном обогащении руд до сих пор является одним из наиболее действенных способов повышения эффективности этого процесса. В настоящее время накоплен значительный теоретический материал по изучению механизма действия собирателей, что позволяет осуществлять подбор эффективных собирателей для многих типов руд. Наиболее важными исследованиями в этой области являются те, которые учитывают особенности действия реагентов как на границе раздела жидкость-твердое (ж-т), так и на границе раздела жидкость-газ (ж-г) [1–9].

В наших исследованиях в области флотореагентов также накоплен определенный опыт создания собирателей, в частности с дитиофосфатной группой, обладающих более сильными собирательными свойствами или селективностью действия по сравнению с известными аналогами на основе концепции влияния их поверхностно-активных и гидрофоби-

зирующих свойств на флотационную активность. Использование такой концепции [5, 10, 11] позволило синтезировать и внедрить следующие реагенты: БТФ-У и БТФ-1552 (Норильский комбинат), ИМА-И413 (ЗАО Магадансеребро, Приморский комбинат), БТФ-1532 (Благodatнинская фабрика, Полнос), БТФ-175 (Кольский ГМК), БТФ-1522 (Михеевская ОФ), БТФ-163 (Васильковская фабрика, Казахстан).

Целью исследований являлось использовать полученный опыт для разработки более эффективного диалкилдитиофосфатного собирателя серебра при флотации серебряных руд Дукатского м.р. по сравнению с применяемым диалкилдитиофосфатным собирателем ИМА-И413. Золото- и серебросодержащие руды этого месторождения являются уникальными по содержанию серебра, содержание которого в отдельные периоды переработки этих руд превышало 1000 г/т.

Основным минералом-концентратом серебра в рудах Дукатского м.р.



является акантит. Общее содержание сульфидов низкое и колеблется в пределах 1%. Часть руд, содержащих кварц-адуляровый материал с высоким содержанием SiO_2 , является сравнительно легкообогатимой. В то же время имеются и труднообогатимые рудные зоны? для которых в первую очередь характерно повышенное содержание окисленных форм железа и марганца.

При обогащении этих руд используют гравитационно-флотационную схему [9]. Внедренное во флотационный пердел наше предложение об использовании в качестве собирателя комбинации бутилового ксантогената и ИМА-И413 решало часть технологических трудностей и обуславливало развитие исследований по дальнейшему совершенствованию состава диалкилдитиофосфатного собирателя [10, 11].

В результате этих исследований было предложено в комбинации с бутиловым ксантогенатом вместо ИМА-И413 использовать при флотации серебряных руд, содержащих золото, другой диалкилдитиофосфатный собиратель ИМА-И207 [11].

Поставленную задачу создания эффективного собирателя для минералов серебра при флотации серебряных руд, не содержащих золота, мы осуществляли путем регулирования поверхностно-активных свойств и гидрофобизирующей способности испытываемых реагентов по аналогии с исследованиями [5, 10, 11].

Принятая нами методология создания более эффективного собирателя заключается в следующем. Вначале проводят испытания серии собирателей, различающихся по своей поверхностной активности со значениями поверхностного натяжения от более высоких к более низким при возможно близкой их гидрофобизирующей способности. Устанавливают величину поверхностного натяжения

реагента, при котором достигается максимальное извлечение металла, соответственно, наибольшая эффективность. В дальнейшем используют этот образец как оптимальный, но если различия в величинах поверхностного натяжения были большими, то исследования следует продолжить с образцами, имеющими небольшие различия поверхностного натяжения в области максимального извлечения—меньшее извлечение при возрастании поверхностного натяжения. В этом случае возможно выявить еще более эффективный образец.

Для характеристики поверхностно-активных свойств реагентов была использована величина поверхностного натяжения 1 % (на 100%-ную активность) их водных растворов, исходя из предположения, что для разбавленных флотационных растворов реагентов соотношение свойств сохранится.

Чем меньше величина поверхностного натяжения, тем большими поверхностно-активными свойствами будет обладать реагент.

При оценке гидрофобизирующей способности (г.с.) реагента мы использовали основополагающее положение П.А. Ребиндера, что действие собирателя всегда приводит к «образованию ориентированного адсорбционного слоя, гидрофобизирующего минерал» [13, стр. 138 и др.]. В этом случае гидрофобизирующая способность реагента в соответствии с концепцией произведения растворимости (ПР) качественно может быть оценена величиной растворимости соли реагента и катиона металла. Чем меньше растворимость соли, и соответственно, меньше величина ПР, тем большей гидрофобизирующей способностью должен обладать реагент.

В нашем случае гидрофобизирующую способность оценивали условно в



процентах по величине связывания в определенных условиях соли цинка исследуемым реагентом. Чем больше связывается цинка по отношению к его исходному содержанию, т.е. образуется более труднорастворимая цинковая соль, тем большей гидрофобизирующей способностью обладает реагент [10, 11].

Описание методики экспериментов

Данная работа проводилась в лаборатории действующей фабрики с использованием как стандартной, так и некоторых труднообогатимых проб серебряных руд, что и определяло достигаемые результаты флотации.

Опыты флотации. Проводились с навесками руды 3 кг с содержанием серебра в руде около 280 г/т, плотность пульпы 28 %, содержание класса минус 0,074 мм 80 %, время флотации 8 мин, рН среды 8,2, расход соды 476 г/т, расход бутилксантогената калия 150 г/т, пенообразователя Фрим-ПМ 8,7 г/т, диалкилдитиофосфатного собирателя 40 г/т.

В исследовании использованы как некоторые уже применяемые диалкилдитиофосфатные собиратели типа ИМА-И413, БТФ-1552, БТФ-1522, так и вновь синтезированные образцы.

Определение поверхностного натяжения. Определяли сталагмометрическим методом по известной методике [12].

Определение гидрофобизирующей способности. Проводили по уточненной методике по сравнению с ранее описанной [11].

Приготавливают 2%-ный водный раствор диалкилдитиофосфатного реагента, 0,2 н (нормальный) раствор сульфата цинка, 0,1 н раствор едкого натра, 0,1 н раствор трилона Б и аммиачный буферный раствор. Смешивают 10 мл 2%-ного водного раствора реагента и 10 мл 0,2 н раствора сульфата цинка, при этом

выпадает осадок диалкилдитиофосфата цинка, добавляют 1 г хлористого натрия, перемешивают стеклянной палочкой до растворения соли и суспензию оставляют стоять на 1 ч.

Затем с использованием рН-метра (ионметра типа И-160. 1МП) дозированным количеством 0,1 н раствора едкого натра (V) доводят значение рН суспензии до рН 6,0. Отфильтровывают осадок через бумажный складчатый фильтр (синяя лента). Отбирают $1/2 (20 + V)$ мл раствора, добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и титруют 0,1 н раствором трилона Б в присутствии индикатора эриохром черного до перехода розовой окраски в синюю. Расчет величины гидрофобизирующей способности (г.с., %) производят по следующей формуле:

$$\text{г.с., \%} = [(0,287 - 2V_{\text{тр}} \times 287/20000)] \times \\ \times M \times 100/287 \times 0,2,$$

где V – количество 0,1 н едкого натра, пошедшего на доведение рН до 6, мл;

$V_{\text{тр}}$ – количество 0,1 н раствора трилона Б на титрование, мл;

M – молекулярная масса диалкилдитиофосфатного собирателя.

Результаты флотационных опытов

Результаты флотации серебряной руды, не содержащей золота, с использованием диалкилдитиофосфатных реагентов с различной поверхностно-активной и гидрофобизирующей способностью согласно вышеуказанной методологии приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 (проба № 1) следует, что по величине извлечения и эффективности обогащения, приближенно оцениваемой как разница между извлечением и выходом, образец ИМА-422 превосходит все другие реагенты, в том числе как применяемый в промышленности на этих рудах ИМА-И413, так и образец БТФ-1552, применяемый в Норильске.

Таблица 1

**Результаты флотации серебряной руды образцами реагентов на основе диалкилдитиофосфатов
в комбинации с бутиловым ксантогенатом калия (БКК)**

Наименование диалкилдитио- фосфаты натрия	σ , мН/м	г.с., %	Выход, %	Содержание Ag, г/т			Извлечение Ag, %	Эффект. обогащ.%
				Исх.	к-т.	хв		
Проба №1								
БТФ-1552	57,4	34	1,41	282	15 702	62	78,3	76,89
ИМА-И413	54,7	31	2,08	292	11 082	62	79,2	77,12
БТФ-1522	54,4	36	1,81	289	12 762	59	80,0	78,19
ИМА-422	45,3	32	2,44	291	9 879	51	82,9	80,46
ИМА-416	42,0	27	2,41	281	9 343	58	79,9	77,49
ИМА-421	38,6	38	1,73	279	12 388	66	76,8	75,07
ИМА-420	38,1	33	1,99	280	11 351	55	80,7	78,71
Проба №2. Условия, как для пробы №1, за исключением следующего: вместо соды используют жидкое стекло 20 г/т								
ИМА-И413	54,7	31	4,40	249	3 350	104	63,16	58,70
ИМА-422	45,3	32	4,16	278	4 330	102	64,82	60,66
ИМА-208	42,2	33,5	3,80	271	4 750	96,4	66,54	62,74
ИМА-207	39,2	35	4,31	263	3 680	109	60,33	56,02
Проба №3. Расход ИМА 60 г/т, БКК 180 г/т, сода и ж.ст. отсутствуют, остальное, как для пробы 1								
ИМА-И413	54,7	31	4,25	403	6 570	129	69,33	65,00
ИМА-422	45,3	32	4,44	397	6 284	123	70,36	65,92
ИМА-208	42,2	33,5	3,95	393	7 131	116	71,66	67,71
Проба №4 Условия: аналогично пробе №1 за исключением следующего: вместо соды подают жидкое стекло 20 г/т, pH около 8,3								
ИМА-И413								
30 г/т	54,7	31	4,40	261	3 852	96	64,87	63,44
30 г/т, БКК 170г/т			4,31	265	3 950	99	64,25	59,94
40 г/т			4,46	281	4 220	97	67,01	62,55
ИМА-208								
30 г/т	42,2	33,5	3,72	287	5 215	96	67,50	63,78
40 г/т			4,89	290	4 002	95	68,80	63,95
30 г/т, БКК 170г/т			5,02	272	3 764	87	69,57	64,50

На более труднообогатимых пробах руды № 2–4 наиболее высокие технологические результаты получены с вновь-синтезированным образцом ИМА-208.

Были проведены также опыты с увеличенным расходом ксантогената в комбинации с ИМА-И413 и ИМА-208.

Обсуждение экспериментальных результатов

В первую очередь следует проанализировать приведенные в таблице результаты опытов флотации пробы №1 с позиций оценки влияния поверхностно-активных свойств и гидрофобизирующей способности испытываемых образцов.

В табл. (проба №1) реагенты расположены по мере увеличения их поверхностно-активных свойств, поскольку, по

нашему мнению, эта особенность действия имеет большее влияние, чем гидрофобизирующая способность.

По мере увеличения поверхностно-активных свойств, когда величина σ уменьшается от 57,4 до 38,0 мН/м, собирательная способность реагентов вначале возрастает и достигает максимума для образца ИМА-422 (извлечение серебра 82,9 %), имеющего величину σ , равную 45,3 мН/м. Затем извлечение серебра уменьшается до 76,8 % и возрастает только для последнего образца ИМА-420 до 80,7 %. Гидрофобизирующая способность образцов, напротив, изменяется мало, за исключением образцов ИМА-416, где она наименьшая и ИМА-421, где она наибольшая. Если сравнить характеристики образцов ИМА-И413

и ИМА-422, то можно отметить, что их гидрофобизирующая способность практически равна, а поверхностно-активные свойства образца ИМА-422 заметно больше, чем ИМА-И413. Это свидетельствует о том, что максимальное извлечение серебра достигается с диалкилдитиофосфатным собирателем, поверхностное натяжение водных растворов которого возросло и составило 45,5 мН/м.

Образец ИМА-416 на четверть представлен гидролизованной формой, что обусловило его невысокую гидрофобизирующую способность и, соответственно, более низкое извлечение серебра.

Ухудшение извлечения серебра с использованием образцов ИМА-421 и ИМА-420 по сравнению с ИМА-422 объясняется отрицательным влиянием дальнейшего усиления влияния поверхностно-активных свойств этих реагентов, несмотря на их довольно высокую гидрофобизирующую способность.

Наиболее высокое качество серебряного концентрата характерно для собирателя ИМА-1552, обладающего наименьшими поверхностно-активными свойствами, а наиболее низкое качество – для ИМА-416, содержащего, как отмечено выше, заметное количество гидролизованной формы. С теоретических позиций это объясняется тем, что наличие в молекуле собирателя комбинации O,S-электронодонорных атомов должно обуславливать меньшую селективность по сравнению с собирателем, содержащим комбинацию S,S-электронодонорных атомов, вследствие существенных различий в энергии связывающих орбиталей кислорода и серы и соответствующих орбиталей сульфидных минералов.

Поскольку в исследованной серии реагентов наиболее высокое извлечение серебра было получено с образцом ИМА-422, характеризующим величиной поверхностного значения 45,3 мН/м, а бо-

лее низкое извлечение с образцами ИМА-420 и ИМА-421 с величинами поверхностного натяжения 38,1 и 38,6 мН/м, то представлялось интересным согласно принятой методологии синтезировать и испытать образцы, имеющие промежуточные значения величин поверхностного натяжения.

В качестве таких образцов были выбраны реагент ИМА-207, испытанный ранее с положительными результатами при флотации золотосеребряных руд /11/ и имеющий величину σ , равную 39,2 мН/м, и специально синтезированный реагент ИМА-208 с величиной σ , равной 42,2 мН/м.

Эти образцы были испытаны на пробе серебряной руды №2 в сравнении с действием ИМА-422 и промышленно применяемого собирателя ИМА-И413. В этой серии опытов наиболее высокое извлечение серебра, составившее 66,54 %, было получено с образцом ИМА-208, имеющего величину поверхностного натяжения 42,2 мН/м, а наиболее низкое извлечение серебра, равное 60,33 %, с образцом ИМА-207 с величиной поверхностного натяжения 39,2 мН/м.

Полученный новый собиратель ИМА-208 с целью возможной замены применяемого ИМА-И413 был испытан на пробах руды № 3 и 4. По сравнению со стандартным реагентом ИМА-И413 реагент ИМА-208 позволяет повысить извлечение серебра на 1,8–3,4 %.

Таким образом, граничной величиной поверхностного натяжения, при котором достигается максимальная эффективность действия реагентов, является значение около 42 мН/м, соответствующее реагенту ИМА-208.

Отдельно следует отметить, что определенным резервом повышения извлечения серебра является оптимизация расходов ксантогената и диалкилдитиофос-

фатного реагента. Увеличение расхода ксантогената до 170 г/т вместо 150 г/т в комбинации с ИМА-208 при его расходе 30 г/т позволило повысить извлечение серебра на 2 %. В то же время аналогичное увеличение расхода ксантогената в комбинации с ИМА-И413 к подобному результату не привело, что, видимо, связано с некоторым различием в действии этих реагентов.

При рассмотрении особенностей действия диалкилдитиофосфатов, бесспорно, необходимо учитывать влияние состава их композиции с ксантогенатом. Поскольку содержание диалкилдитиофосфатов в композиции с ксантогенатом составляет примерно 20 % (на 100%-ную акт.), то можно считать, что основным гидрофобизатором поверхности серебро-содержащих минералов является ксантогенат.

Целесообразность использования в этом случае диалкилдитиофосфата, помимо дополнительного, скорее всего, слабого гидрофобизирующего эффекта, по сравнению с действием ксантогената, может иметь смысл по следующим причинам.

Согласно термодинамическому анализу убыль свободной энергии системы минеральная частица – пузырек воздуха тем меньше, чем ниже поверхностное натяжение водного раствора [14]. В этом случае при использовании образца ИМА-422 (табл., проба №1) с меньшим значением $\sigma_{жг}$, чем у выше расположенных реагентов, могло бы наблюдаться ослабление закрепления частиц на воздушных пузырьках, соответственно, снижение извлечения. Экспериментально, напротив, наблюдается повышение извлечения.

В соответствии с имеющимися результатами исследований это можно объяснить тем, что закрепившийся диалкилдитиофосфат на поверхности минерала вследствие своей поверхностной актив-

ности переходит с границы раздела ж-т на границу раздела ж-г, что приводит к упрочнению контакта пузырек-частица [15] за счет увеличения скорости утоньшения прослойки жидкости между пузырьком и частицей. При этом скорость утоньшения прослойки жидкости определяется как гидрофобностью поверхности частицы [3], так и поверхностной активностью диалкилдитиофосфата. Она возрастает с увеличением гидрофобности поверхности [3] и скорости установления равновесия раствора реагента на границе раздела ж-г [5]. При увеличении поверхностного натяжения для соответствующих реагентов в конкретном случае менее 42 мН/м термодинамические факторы, т.е. уменьшение прочности закрепления твердых частиц на пузырьке, начинают преобладать над кинетическими (скорость утоньшения), что приводит к снижению извлечения.

Фактором, благоприятствующим повышению извлечения при использовании диалкилдитиофосфатов, является также их способность усиливать диспергацию воздуха, что приводит к образованию микропузырьков, которые закрепляются на гидрофобных частицах заметно более успешно, чем крупные пузырьки [3]. К сожалению, экспериментально влияние этого фактора трудно проконтролировать.

По нашему мнению, изучение влияния поверхностной активности реагентов важно не только для пенообразователей [16], но практически более важным оно может оказаться для собирателей типа диалкилдитиофосфатов и других, обладающих заметной поверхностной активностью.

Таким образом, проведенное исследование влияния зависимости поверхностно-активной и гидрофобизирующей способности диалкилдитиофосфатов на их флотационную активность показало,



что наиболее высокое содержание серебра в концентрате достигается с применением реагента с низкими поверхностно-активными свойствами (БТФ-1552). С увеличением поверхностно-активных свойств при достаточной гидрофобизирующей способности собирательная способность возрастает и достигает максимальных значений при определенных значениях показателя поверхностного натяжения в области: 42–45 мН/м. Затем собирательная способность реагента уменьшается. На основе этой зависимости разработан состав более эффективно-го диалкилдитиофосфатного реагента для флотации серебряных руд ИМА-208, 1%-ные водные растворы которого имеют поверхностное натяжение 42,2 мН/м. Предложенный реагент позволяет в зависимости от обогатимости руды повысить извлечение серебра по сравнению с применяемым диалкилдитиофосфатным собирателем ИМА-И413 (Фрим-9) на 1,8–3,4 %. Предлагаемый реагент изготавливается по аналогичной для стандартного собирателя технологии. Разработанный реагент может быть рекомендован для промышленной проверки в условиях обогатительной фабрики в комбинации с бутиловым ксантогенатом калия.

Библиографический список

1. Кондратьев С.А. Оценка флотационной активности реагентов-собирателей // Обогащение руд. – 2010 г. – № 4. – С. 24-30.
2. Кондратьев С.А. Оценка активности и селективности действия карбоновых кислот, используемых в качестве флотационных реагентов // Физико-химические проблемы разработки полезных ископаемых = Журнал горных наук. – 2012. – № 6. – С. 116-125.
3. Pan Lei, Jung Sunghwan, Yoon Rol-Hoan. A fundamental study on the role of collector in the kinetics of bubble-particle interaction. Intern.J. Miner. Process., 2012, Vol. 106-109, pp. 37-41.
4. Соложенкин П.М. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – ВИНТИ, 2013. – № 1. – С. 1-120.

5. Kondratyev S.A., Ryaboy V.I. Influence of desorbed species of xanthates and dialkyldithiophosphates on their collecting ability. XXVIII IMPC, 2016, Canada, Quebec, P ID 133.
6. Karimain A., Rezaei B., Masoumi A. The effect mixed collectors in the rougher flotation of sungun copper. Life Science Journal, 2013, 10 (6s), pp. 268-272.
7. Solozhenkin P.M., Krausz S. Study of sulfhydic flotation reagents isomery. XV BALKAN PROCESSING CONGRESS, BULGARIA, 2013, V. 1, pp. 429-432.
8. Lui G., Xiao J., Yang X., Zhong H. A review of flotation collectors: fundamentals to practice. XXVIII IMPC, 2016, Canada, Quebec, P ID 206.
9. Hreniuc P.N., Pasca I., Stevan O., Badescu G. New technologies to recover gold and silver from ores and concentrates incell-type column. XV BALKAN MINERAL PROCESSING CONGRESS, BULGARIA. 2013, v. 1, pp. 466-475.
10. Ryaboy V., Shepeta E., Kretov V., Golikov V. Nev dialkyldithiophosphates for flotation of copper, gold and silver containing ores. XVII IMPC, 2014, pp. 1-8, Santiago, Chile.
11. Рябой В.И., Шепета Е.Д., Кретов В.П., Левковец С.Е., Рябой И.В. Влияние поверхностно-активных свойств реагентов, содержащих диалкилдитиофосфаты натрия, на флотацию сульфидов // Обогащение руд. – № 2. – 2015. – С. 18-22.
12. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. – М.: Мир, 1979. – С. 22-24.
13. Ребиндер П.А. Физико-химия флотационных процессов. Металлургиздат, 1933. – С. 89, 138, 170-172, 220, 223-226.
14. Глембоцкий В.А., Классен В.И., Плаксин И.Н. Флотация. – М.: Госгортехиздат, 1961. – С. 177-194.
15. Живанков Г.В. Автореф. дисс. канд. ... наук: Изыскание и применение эффективных реагентов для повышения извлечения алмазов при пенной сепарации кимберлитовых руд. – Ленинград, Институт Механообр, 1985. – С. 3-19.
16. Tan Y.H., Finch J.A. Surfactant structure-property relationship: effect of alkyl chain length and methyl branch position in aliphatic alcohols and polyglycol ethers on bubble rise velocity, XV BALKAN MINERAL PROCESSING CONGRESS, BULGARIA, 2013, V. 1, pp. 423-428.



“Gornye nauki i tehnologii”/ “Mining science and technology”, 2018, No. 3, pp. 45-53	
Title:	New dialkyldithiophosphate collector for silver-containing ore flotation
Author 1:	V.I. Ryaboy LLC "Mekhanobr-OR" 86A, Srednyiy V.O. Ave., St. Petersburg, Russia, 199106
Author 2:	S.E. Levkovets LLC "Kvadrat Plus" 153, 2A, Novozavodskaya str., Togliatti, Russia, 445007
Author 3:	G.A. Efremova CJSC "Silver Magadan" 542, 13/1, Proletarian str., Magadan, 685000
Author 4:	O.E. Koval CJSC "Silver Magadan" 542, 13/1, Proletarian str., Magadan, 685000
Abstract:	To create more effective dialkyldithiophosphate collector for use in combination with potassium butyl xanthate in silver ore flotation (for Ducat deposit ores), the effect of a number of dialkyldithiophosphate collectors was studied depending on their surface-active properties and water-repelling ability. It was shown that their collecting ability, at rather similar water-repelling ability increases with strengthening their surface-active properties and reaches maximum at surface tension of 42–45.3 mN/m, and then begins to decrease. The water repellent ability decrease, even at their high surface-active properties, for example, for hydrolyzed samples, significantly reduces silver recovery. Taking into account the studied effect of surface activity and water repellent ability of the reagents, a more efficient dialkyldithiophosphate collector has been developed, which increases silver recovery compared to the standard reagent by 1.8–3.4% depending on ore dressability. Optimal ratio of the proposed dialkyldithiophosphate collector and xanthate dosing also contributes to increasing silver recovery with no reducing the process selectivity.
Keywords:	surface-active properties, stalagmometric method, water-repelling ability, beneficiation efficiency, extraction, silver, dialkyldithiophosphates, xanthate, silver ores.
References:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kondratyev S.A. Ocenka flotacionnoj aktivnosti reagentov-sobiratelej [Evaluation of flotation activity of collector reagents]. Ore dressing, 2010, No. 4, pp. 24-30. In Russ. 2. Kondratyev S.A. Ocenka aktivnosti i selektivnosti dejstvija karbonovyh kislot, ispol'zuemyh v kachestve flotacionnyh reagentov [Evaluation of the activity and selectivity of the action of the carbonic cy-slot used as flotation reagents]. Physico-chemical problems of the development of minerals = Journal of Mining Sciences, 2012, No. 6, pp. 116-125. In Russ. 3. Pan Lei, Jung Sunghwan, Yoon Rol-Hoan. A fundamental study on the role of collector in the kinetics of babble-particle interaction. Intern.J. Miner. Process., 2012, Vol. 106-109, pp. 37-41. 4. Solozhenkin P.M. Nauchnye i tehnicheckie aspekty ohrany okruzhajushhej sredy [Scientific and technical aspects of environmental protection]. No. 1, VINITI, 2013, pp.1-120. In Russ. 5. Kondratyev S.A., Ryaboy V.I. Influence of desorbed species of xanthates and dialkyldithiophosphates on their collecting ability. XXVIII IMPC, 2016, Canada, Quebec, P ID 133. 6. Karimain A., Rezaei B., Masoumi A. The effect mixed collectors in the rougher flotation of sungun copper. Life Science Journal, 2013, 10 (6s), pp. 268-272. 7. Solozhenkin P.M., Krausz S. Study of sulfhydryc flotation reagents isomery. XV Balkan Processing Congress, H.Bulgaria, 2013, V. 1, pp. 429-432.



8. Lui G., Xiao J., Yang X., Zhong. *A review of flotation collectors: fundamentals to practice*. XXVIII IMPC, 2016, Canada, Quebec, P ID 206.
9. Hreniuc P.N., Pasca I., Stevan O., Badescu G. *New technologies to recover gold and silver from ores and concentrates in cell-type column*. XV Balkan Mineral Processing Congress, Bulgaria. 2013, v.1, pp. 466-475.
10. Ryaboy V., Shepeta E., Kretov V., Golikov V. *New dialkyldithiophosphates for flotation of copper, gold and silver containing ores*. XVII IMPC, 2014, pp. 1-8, Santiago, Chile.
11. Ryaboy V.I., Shepeta E.D., Kretov V.P., Levkovets S.E., Ryaboy I.V. [*The effect of the surfactant properties of reagents containing sodium dialkyl dithiophosphates on sulphide flotation*]. Ore Beneficiation, No. 2, 2015, pp. 18-22. In Russ.
12. Adamson A. *Physical Chemistry of Surfaces*. Moscow, Mir, 1979, pp. 22-24.
13. Rebinder P.A. *Fiziko-himija flotacionnyh processov [Physics and Chemistry of flotation processes]*. Metallurgizdat, 1933, p.89, 138, 170-172, 220, 223-226. In Russ.
14. Glembotsky V.A., Klassen V.I., Plaksin I.N. *Flotacija [Flotation]*. Gosgortekhzdat, Moscow, 1961, pp. 177-194. In Russ.
15. G.V. Zhivankov. *Avtoreferat kand. dissertacii "Izyskanie i primenenie jeffektivnyh reagentov dlja povyshenija izvlechenijaalmazov pri pennoj separacii kimberlitovyh rud" [Abstract of Cand. diss. "Research and use of effective reagents to enhance the extraction of diamonds in the foam separation of kimberlite ores]*. Mekhanobr Institute, Leningrad, 1985, pp. 3-19. In Russ.
16. Y.H.Tan, J.A.Finch. *Surfactant structure-property relationship: effect of alkyl chain length and methyl branch position in aliphatic alcohols and polyglycol ethers on bubble rise velocity*, XV Balkan Mineral Processing Congress, Bulgaria, 2013, V. 1, pp. 423-428.