

Код МРНТИ 53.01.91:61.31.51

*А.С. Раимбекова¹, В.И. Капралова¹, Ш.Н. Кубекова¹, Л.А. Жусупова²¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»
(г. Алматы, Казахстан),²НАО «Кызылординский университет имени Коркыт ата» (г. Кызылорда, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАЙРЕМ НА РАСТВОРЫ ФОСФАТИРОВАНИЯ

Аннотация. Данная работа посвящена решению проблемы переработки отходов горнодобывающих производств путем создания на их основе и использования фосфатирующих растворов, образующих конверсионные антикоррозионные покрытия на поверхности стальных конструкций. Показано, что получение марганецсодержащего раствора фосфатирования возможно на основе вскрышных отходов м. Жайрем фосфорнокислотным выщелачиванием. Выявлены оптимальные условия процесса выщелачивания, изучен химический состав и технические показатели полученного раствора фосфатирования. Проведены коррозионные испытания фосфатных покрытий, образованных на стальных образцах (Ст3) в фосфатирующем растворе, полученном при фосфорнокислотном выщелачивании вскрышных отходов.

Ключевые слова: растворы фосфатирования, фосфатные антикоррозионные покрытия, вскрышные отходы, фосфорнокислотное выщелачивание, коррозионные испытания, степень извлечения.

Жайрем кен орнының техногендік қалдықтарын фосфаттау ерітінділеріне қайта өңдеу мүмкіндігін зерттеу

Андатпа. Бұл жұмыс тау-кен өндірісінің қалдықтарын олардың негізінде жасау және болат конструкцияларының бетінде конверсиялық коррозияға қарсы жабындар түзетін фосфаттандырғыш ерітінділерді пайдалану арқылы қайта өңдеу мәселесін шешуге арналған. Жайрем кен орнының аршу қалдықтары негізінде құрамында марганец бар фосфаттау ерітіндісін алу фосфорқышқылды шаймалау арқылы мүмкін болатындығы көрсетілген. Шаймалау процесінің онтайлы шарттары анықталды, алынған фосфаттау ерітіндісінің химиялық құрамы мен техникалық көрсеткіштері зерттелді. Аршу қалдықтарын фосфор қышқылымен шаймалау кезінде алынған фосфат ерітіндісінде болат үлгілерде (Ст3) түзілген фосфат жабындарына коррозиялық сынақтар жүргізілді.

Түйінді сөздер: фосфаттау ерітінділері, фосфатты коррозияға қарсы жабындар, ариу қалдықтары, фосфорқышқылды шаймалау, коррозияға қарсы сынақтар, экстракциялану дәрежесі.

Study of possibility of processing of technogenic wastes of Zhayrem deposit into phosphating solutions

Abstract. This work is devoted to solving the problem of processing mining waste by creating based on them and using phosphating solutions that form conversion anti-corrosion coatings on the surface of steel structures. It is shown that production of manganese-containing phosphating solution is possible on the basis of overburden wastes of Zhayrem by phosphoric acid leaching. The optimal conditions of the leaching process were identified, the chemical composition and technical indicators of the resulting phosphating solution were studied. Corrosion tests were carried out on phosphate coatings formed on steel samples (St3) in a phosphating solution obtained during phosphate leaching of overburden waste.

Key words: phosphating solutions, phosphate anticorrosion coatings, overburden wastes, phosphate leaching, corrosion tests, recovery rate.

Введение

Углеродистая сталь благодаря высокой прочности, хорошей пластичности и свариваемости, является основным конструкционным материалом, широко используемым в различных отраслях промышленности. Однако из-за низкой коррозионной стойкости такие конструкции требуют применения специальных мер защиты от коррозии, среди которых можно выделить различные покрытия [1]. Перспективными в этом плане являются конверсионные фосфатные покрытия, образующиеся в результате фосфатирования металла концентрированными растворами фосфатных солей марганца, цинка, железа, получаемых на основе индивидуальных химических соединений [2-9]. Собственное производство фосфатирующих концентратов в РК отсутствует, а импортные реагенты обладают достаточно высокой стоимостью.

Поэтому актуальной является задача организации отечественного производства фосфатирующих растворов на базе дешевого, доступного сырья, в частности, отходов горно-обогатительных производств. Ежегодная добыча полезных ископаемых в республике составляет миллионы тонн, большая часть которых в виде отходов не утилизируется, а складывается, занимая большие площади земли и загрязняя окружающую среду. Эти отходы представляют собой техно-минеральные образования и могут быть использованы в качестве сырья для производства новых неорганических материалов. Определенный практический интерес представляют марганецсодержащие отходы,

на основе которых возможно получение фосфатирующих растворов для создания антикоррозионных конверсионных покрытий. Вовлечение данных отходов в переработку актуально как с технологической (расширение ассортимента товарной продукции), так и с экологической точек зрения, так как утилизация отходов снизит их негативное влияние на окружающую среду и будет способствовать не только сохранению металлофонда технологического оборудования, но и сохранности запасов природных полезных ископаемых.

Целью работы является исследование возможности переработки отходов обогащения марганцевых руд казахстанских месторождений на фосфатирующие растворы и конверсионные антикоррозионные покрытия.

Объект и методы исследования

Настоящие исследования выполнены в НАО «КазНИТУ» им. К.И. Сатпаева на кафедре «Химические процессы и промышленная экология» в рамках программно-целевого проекта №BR21881939.

Объектом исследования являлись измельченные вскрышные породы месторождения Жайрем, представляющие собой материал бурого-коричневого цвета с земляным оттенком с размерами частиц до 5 мм.

Ранее [10] нами с использованием электронно-зондового и рентгенодифрактометрического анализов был изучен вещественный и фазовый состав этих отходов и установлено, что основными компонентами вскрышных

отходов являются кальцит $CaCO_3$ (29,5 масс.%), браунит (Mn_2O_3), $MnSiO_3$ (14,6 масс.% при среднем содержании MnO 31,67 масс.%), кварц SiO_2 (10,7 масс.%), глинистые минералы $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ (19,8 масс.%), гематит Fe_2O_3 (9,6 масс.%), барит $BaSO_4$ (8,5 масс.%), а также небольшие количества полевых шпатов и слюдяных минералов. В качестве эффективного метода извлечения соединений марганца из этих отходов было предложено провести фосфорнокислотное выщелачивание.

Анализ химического состава объекта исследований проводили стандартными фотоколориметрическим, титриметрическим и весовым методами.

Процесс выщелачивания в зависимости от времени проводили ортофосфорной кислотой с концентрацией 5; 10; 20% (плотность растворов 1,025; 1,053; 1,113 г/см³ соответственно) при температурах 20, 45 и 75 °С и различных соотношениях Т:Ж. Степень извлечения марганца в растворы определяли фотоколориметрическим методом с персульфатом аммония при длине волны 520 нм.

Ускоренная оценка защитной способности фосфатных покрытий определялась с помощью раствора Акимова ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 82 г/л; $NaCl$ 33 г/л; 0,1н HCl 13 мл/л) [11]

путем нанесения его капли на исследуемую поверхность фосфатированного образца, при этом критерием оценки качества являлось время изменения окраски участка поверхности под каплей от серого до красно-коричневого цвета.

Результаты и обсуждения

Предварительно перед испытаниями был проведен химический анализ вскрышных пород м. Жайрем. Для этого были подготовлены усредненные пробы путем тщательного истирания и смешения методом квартования отдельных порций образцов проб вскрышных пород. Усредненные результаты анализа по трем параллельным пробам показаны в таблице 1.

Данные результаты воспроизводимы с данными вещественного и фазового анализов, полученными инструментальными методами [10]. На основании этого усредненный состав вскрышных пород, определенный химическим методом, был принят как наиболее достоверный и использовался в дальнейших исследованиях.

Результаты кинетики фосфорнокислотного выщелачивания марганца из вскрышных отходов при соотношении Т:Ж = 1:100 и различных температурах показаны в таблице 2.

Таблица 1

Результаты химического анализа исследуемой пробы

Кесте 1

Зерттелетін үлгілердің химиялық талдауларының нәтижелері

Table 1

Results of chemical analyses of investigated sample

Образец	Содержание, масс.%						
	п.п.п.	CaO	MnO	Al_2O_3	FeO	MgO	н.р.о.
Отходы вскрыши	20,45	22,61	14,76	3,20	3,25	1,85	33,88

Таблица 2

Степень извлечения марганца в растворы фосфорной кислоты в зависимости от концентрации, времени и температуры при Т:Ж = 1:100

Кесте 2

Қ:С = 1: 100 жағдайда марганецтің концентрацияға, уақытқа және температураға байланысты фосфор қышқылының ерітінділеріне экстракциялану дәрежесі

Table 2

Degree of manganese recovery in phosphoric acid solutions depending on concentration, time and temperature at S:L = 1:100

Концентрация H_3PO_4 , %	Температура, °С	Время выщелачивания, ч						
		1	2	3	4	6	8	24
		Степень извлечения марганца, %						
5	20	5,2	8,5	11,5	15,2	17,5	18,8	23,0
	45	9,5	12,8	19,0	21,5	27,0	32,2	не анализировано
	75	12,5	27,5	35,4	42,3	51,5	57,3	не анализировано
10	20	6,8	11,0	16,5	22,0	26,5	29,0	32,5
	45	11,3	21,7	28,5	32,3	41,5	47,8	не анализировано
	75	21,0	32,3	42,5	51,3	58,7	62,0	не анализировано
20	20	3,5	6,5	9,0	12,4	21,5	23,0	28,7
	45	8,5	12,0	18,7	22,5	30,0	36,5	не анализировано
	75	9,2	16,5	23,5	32,6	41,8	52,5	не анализировано

Из результатов следует, что степень извлечения марганца в жидкую фазу возрастает как с увеличением концентрации, времени, так и температуры процесса. При этом при комнатной температуре (20 °С) степень извлечения не превышает 32,5% за 24 часа выщелачивания. Такие показатели – низкая степень извлечения, длительность процесса, а также большой объем жидкой фазы (Т:Ж = 1:100) не позволяют рекомендовать низкотемпературное выщелачивание в промышленном производстве и поэтому дальнейшие испытания для сокращения времени выщелачивания и снижения объема жидкой фазы проводили при температуре 75 °С и соотношения Т:Ж = 1:(5÷30).

Также необходимо отметить, что растворы выщелачивания на основе 20%-ой H_3PO_4 имеют высокое содержание свободной фосфорной кислоты. Если использовать такой раствор в качестве раствора фосфатирования, то будет происходить подтравливание поверхности металла, в результате чего будут ухудшаться защитные свойства фосфатных пленок. Поэтому далее обработку оптимальных условий процесса фосфорнокислотного выщелачивания проводили, используя 10%-ый раствор H_3PO_4 . Полученные результаты показаны в таблице 3.

Таблица 3

Степень извлечения марганца в растворы 10%-ой фосфорной кислоты при температуре 75 °С в зависимости от времени и соотношения Т:Ж

Кесте 3

Уақыт пен К:С қатынасына байланысты 75 °С температурада 10% фосфор қышқылының ерітіндісіне марганецтің экстракциялану дәрежесі

Table 3

Degree of manganese recovery in solutions of 10% phosphoric acid at a temperature of 75 °С depending on time and ratio S:L

Соотношение Т:Ж	Время выщелачивания, ч				
	1	2	3	5	6
	Степень извлечения марганца, %				
1:5	31,7	48,9	55,0	59,0	61,5
1:10	35,6	53,4	57,5	63,4	65,0
1:30	44,3	56,2	62,0	65,0	68,0

Основной технологической характеристикой растворов фосфатирования является отношение общей кислотности к свободной – K_0/K_c . Для известного раствора фосфатирования Мажеф при концентрациях 28-35 г/л соотношение K_0/K_c должно лежать в пределах 6-8 [12]. Исходя из этого, нами также был проведен контроль полученных растворов выщелачивания при температуре 75 °С на общую и свободную кислотность в зависимости от времени и соотношения Т:Ж (таблица 4).

Из результатов следует, что наиболее близким по соотношению K_0/K_c к требуемому для препарата Мажеф является раствор, полученный при соотношении Т:Ж = 1:5 и времени выщелачивания 4 часа. Однако из-за густоты пульпы в этом случае процесс фильтрации происходит с низкой скоростью. Более высокая скорость фильтрации

наблюдается при соотношении Т:Ж = 1:10. При этом соотношение K_0/K_c лежит в пределах 6,0÷6,3 при времени выщелачивания 3÷4 часа (таблица 4).

Таблица 4

Зависимость отношения K_0/K_c в растворах выщелачивания при 75 °С

10% H_3PO_4 в зависимости от времени и соотношения Т:Ж

Кесте 4

75 °С кезіндегі 10% H_3PO_4 шаймалау ерітінділеріндегі K_0/K_c қатынасының

уақыт және К:С қатынасына тәуелділігі

Table 4

Dependence of ratio K_0/K_c in leaching solutions at 75 °С 10% H_3PO_4 versus time and ratio S:L

Соотношение Т:Ж	Время разложения, ч	Степень разложения, отн. %	Отношение общей кислотности к свободной, K_0/K_c
1:5	1	31,7	5,7
1:5	2	48,9	6,2
1:5	3	55,0	6,6
1:5	4	59,0	6,8
1:10	1	35,6	4,5
1:10	2	53,4	5,2
1:10	3	57,5	6,0
1:10	4	63,4	6,3
1:30	1	44,3	3,2
1:30	2	56,2	4,1
1:30	3	62,0	4,5
1:30	4	65,0	4,7

На основании проведенных экспериментов были выбраны оптимальные условия проведения процесса фосфорнокислотного выщелачивания вскрышных пород с целью получения фосфатирующего раствора: концентрация фосфорной кислоты 10%; Т:Ж = 1:10; время выщелачивания 3-4 часа; температура процесса выщелачивания 75 °С.

Полученный при этом раствор имеет химический состав по основным компонентам (масс.%): MnO – 7,4; CaO – 13,6; FeO – 0,9; P_2O_5 (общ.) – 59,2; P_2O_5 (своб.) – 8,5; H_2O – 18,9 и следующие технические характеристики: соотношение $Mn(H_2PO_4)_2 : Fe(H_2PO_4)_2 = 8,1$; $K_0/K_c = 76:12 = 6,33$, что соответствует раствору фосфатирования типа Мажеф. Отличие фосфатирующего раствора, полученного при выщелачивании вскрышных отходов м. Жайрем от стандартного раствора фосфатирования Мажеф состоит в том, что он дополнительно содержит дигидрофосфат кальция при соотношении $Mn(H_2PO_4)_2 : Ca(H_2PO_4)_2 = 1 : 2,19$.

Полученный при вышеуказанных оптимальных условиях фосфорнокислотного выщелачивания отходов вскрыши продуктивный раствор был апробирован в качестве раствора фосфатирования для создания антикоррозионных покрытий. Для этого стальные (Ст3) образцы с пло-

щадь рабочей поверхности 21,4 см² помещали в раствор полученного продуктивного раствора при различных температурах и времени выдержки. О защитных свойствах образовавшихся покрытий судили по капельной пробе Г.В. Акимова. Результаты показаны в таблице 5.

Таблица 5

Результаты коррозионных испытаний фосфатных покрытий по среднему времени капельной пробы по Г.В. Акимову

Кесте 5

Г.В. Акимов әдісімен тамшылатып сынамаңыз орташа уақытын анықтап фосфат жабындарын коррозиялық сынау нәтижелері

Table 5

Results of corrosion tests of phosphate coatings by average drop sample time according to G.V. Akimov

Состав раствора фосфатирования	Температура фосфатирования, °С	Время фосфатирования, мин	Среднее время капельной пробы, с
Раствор после фосфорнокислотного выщелачивания вскрышных пород м. Жайрем	80	10	45
	80	20	215
	80	30	235
	85	10	115
	85	20	235
Раствор фосфатирования по рецептуре Мажеф	85	10	95
	85	20	235
	85	30	205

Сравнительная оценка данных коррозионных испытаний по среднему времени капельной пробы фосфатных покрытий, образовавшихся на стали в продуктивном растворе после фосфорнокислотного выщелачивания

вскрышных отходов и покрытий, сформированных в известном растворе Мажеф при температуре 85 °С и времени фосфатирования 20 минут показывает идентичность полученных результатов (таблица 5), что позволяет рекомендовать этот раствор для практического использования в качестве раствора фосфатирования при создании конверсионных антикоррозионных марганецсодержащих фосфатных покрытий.

Помимо капельной пробы о коррозионной стойкости сформированных фосфатных покрытий судили по степени их деструкции в воде при времени испытаний 1; 4 и 8 суток [11].

Морфологию поверхности фосфатных покрытий и изменение их качественного состава изучали с помощью электронного микроскопа SEM HITACHI TM3030 с встроенной системой микроанализа Bruker XFlash MIN SVE. Для построения карты распределения элементов, входящих в химический состав покрытий, проводилось сканирование микрондомом поверхности фосфатных покрытий методом рентгенофлуоресцентного картирования. Показано, что общая морфология поверхности покрытия, сформированного на стальной поверхности в растворе фосфатирования, полученном при выщелачивании отходов вскрыши 10%-ой фосфорной кислотой, свидетельствует об образовании однородного плотного слоя, что объясняет его высокие защитные свойства. По результатам картирования (таблица 6) покрытие, помимо железа и кислорода, содержит кальций, фосфор, марганец, алюминий и магний. Установлено, что с увеличением времени выдержки в воде, наблюдается снижение содержания в покрытии фосфора, марганца, алюминия и магния, что возможно, связано с переходом в воду растворимых первичных фосфатов этих металлов. Содержание кальция в покрытии, напротив, несколько увеличивается (таблица 6).

Исследование морфологии поверхности контрольных стальных образцов без фосфатных покрытий после выдержки в воде показали образование неравномерных рыхлых отложений, представленных зернами различной формы и размера, между которыми наблюдаются относи-

Таблица 6

Изменение элементного состава фосфатных покрытий в зависимости от времени выдержки в воде

Кесте 6

Фосфат жабындарының суда ұстау уақытына байланысты элементтік құрамының өзгеруі

Table 6

Change in the elemental composition of phosphate coatings depending on the holding time in water

Состав фосфатирующего концентрата	Время испытаний, сут	Элементный состав, масс.%									
		O	Fe	Ca	C	P	Mn	Si	Cr	Al	Mg
Ст3 без покрытия, контроль	1	7,01	88,08	0,0	4,21	0,0	0,51	0,14	0,05	0,0	0,0
	4	29,55	67,27	0,0	2,49	0,0	0,19	0,49	0,05	0,0	0,0
	8	37,54	58,16	0,0	3,62	0,0	0,30	0,34	0,0	0,0	0,0
Концентрат на основе 10% H_3PO_4	1	45,53	26,43	5,60	3,57	12,03	4,13	0,37	0,0	1,59	0,76
	4	46,43	29,67	7,23	2,75	10,74	2,34	0,02	0,0	0,67	0,15
	8	45,88	32,09	7,68	3,23	8,39	2,02	0,47	0,0	0,0	0,24

тельно большие пустоты, что подтверждается электронными микрофотографиями. Результаты картирования подтверждают развитие на металле коррозионного процесса, о чем говорит увеличение содержания кислорода в составе отложений и снижение содержания атомарного железа (таблица 6). Соединения кальция и фосфора в отложениях отсутствуют, а присутствие небольших количеств марганца, кремния, хрома можно объяснить исходным составом испытываемой стали марки Ст3.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность переработки вскрышных отходов м. Жайрем на фосфатирующие растворы, которые формируют на стальной поверхности фосфатные покрытия, обладающие высокими антикоррозионными свойствами.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

– исследован процесс фосфорнокислотного извлечения марганца из вскрышных отходов м. Жайрем в зависимости от температуры, концентрации фосфорной кислоты, времени и соотношения Т:Ж. Выбраны оптимальные условия процесса выщелачивания: концентрация фосфорной кислоты 10%; Т:Ж = 1:10; время 3-4 часа; температура 75 °С;

– установлен состав (масс.%) и технические характеристики полученного фосфатирующего раствора: MnO – 7.4; CaO – 13.6; FeO – 0.9; P_2O_5 (общ.) – 59,2; P_2O_5 (своб.) – 8,5; H_2O – 18,9; соотношение $Mn(H_2PO_4)_2$: $Fe(H_2PO_4)_2$ = 8,1; K/K_c = 76:12 = 6,33;

– проведены коррозионные испытания фосфатных покрытий, сформированных при 85 °С в течение 20 минут на стальных образцах (Ст3) в фосфатирующем растворе на основе вскрышных отходов м. Жайрем. Показано, что защитные свойства, определенные по среднему времени капельной пробы, соответствуют защитным свойствам покрытий, образованных на Ст3 в известном растворе Мажефф;

– данные СЭМ-микроскопии свидетельствуют об образовании на Ст3 при фосфатировании в растворе, полученном при выщелачивании отходов вскрыши м. Жайрем, плотного однородного слоя, содержащего по результатам картирования (масс.%): O – 45,53; Fe – 26,43; Ca – 5,60; C – 3,57; P – 12,03; Mn – 4,13; Si – 0,37; Al – 1,59; Mg – 0,76, обладающего высокими антикоррозионными свойствами.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR21881939).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасимов А.А. Фосфатирование и оксидирование сталей, цинковых покрытий и сплавов. // Коррозия: материалы, защита. 2008. №11. С. 42-44 (на русском языке)
2. Су Х.И. Влияние добавок на свойства фосфатно-конверсионного покрытия на электроцинкованном стальном листе. / Х.И. Су, К.С. Лин. // Коррос. Наука. 2014. С. 137-146 (на английском языке)
3. Тамилселви М. Наноцинк-фосфатные покрытия для повышения коррозионной стойкости низкоуглеродистой стали. / М. Тамилселви, П. Камарадж, М. Артханарисвари, С. Девикала. // Прибой. Наука. 2015. №327. С. 218-225 (на английском языке)
4. М. Фулади. Влияние времени и температуры фосфатирования на микроструктуру и коррозионные свойства покрытия из фосфата магния. / М. Фулади, А. Амаде. // Электрохим. 2013. №106. С. 1-12 (на английском языке)
5. Никдехган Х. Влияние термической обработки подложки на морфологию и коррозионную стойкость Zn-Mn фосфатного покрытия. / Х. Никдехган, А. Амаде, А. Хонарбахш-Рауф. // Поверх. инж. 2013. №24. С. 287 (на английском языке)
6. С. Шанмугам. Разработка перманганатно-фосфатного покрытия марганца на низкоуглеродистой стали, Corrosion Engineering. / С. Шанмугам, К. Равичандран, Т.С.Н. Санкара Нараянан, М. Маранпан. // Наука Технол., 2014. №49. С. 719-726 (на английском языке)
7. Резаи Н. Исследование коррозионных характеристик, микроструктуры и адгезионных свойств конверсионного покрытия на основе фосфата цинка комнатной температуры, содержащего Mn^{2+} , на низкоуглеродистой стали. / Н. Резаи, М.М. Атнар, Б. Рамезанзаде. // Пов. покрытие. Технол. 2013. №236. С. 361-367 (на английском языке)
8. Станкевич А. Самовосстанавливающиеся нанопокрyтия для защиты от коррозии стали. // Наука о коррозии. 2020. С. 303-331 (на английском языке)
9. Исагулов А.З. Антикоррозийное покрытие с наночастицами галлуазита. / А.З. Исагулов, В.Ю. Руликов, Ю. Щербакова, Т.В. Ковалева, Св.С. Квон. // Металлургия. 2016. №3. С. 426-428 (на английском языке)
10. Раимбекова А.С. Исследование марганцево-фосфатных материалов на основе отходов обогащения. / А.С. Раимбекова, В.И. Капралова, А.К. Попова, Ш.Н. Кубекова. // Журнал химической технологии и металлургии. 2022. 57. №1. С. 176-183 (на английском языке)
11. ГОСТ 9.302-88: Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля. М., Изд-во стандартов, 1990, 40 с. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Герасимов А.А. Болаттарды, мырыш жабындарын және қорытпаларды Фосфаттау және тотықтыру. // Коррозия: материалдар, қорғау. 2008. №11. Б. 42-44 (орыс тілінде)

2. Су Х.Ж. Қоспалардың электрогальванизацияланған болат табақ үшін фосфат конверсиясы жабынының қасиеттеріне әсері. / Х.Ж. Су, Қ.С. Лин. // Корроз. Ғыл. 2014. Б. 137-146 (ағылшын тілінде)
3. Тамилсельви М. Жұмсақ болаттың коррозияға төзімділігін арттыруға арналған наномырыш фосфат жабындары. / М. Тамилсельви, П. Камарадж, М. Артанаресвари, С. Девикала. // Корроз. Ғыл. 2015. №327. Б. 218-225 (ағылшын тілінде)
4. Фулади М. Фосфаттау уақыты мен температурасының магний фосфаты жабынының микроқұрылымына және коррозиялық әрекетіне әсері. / М. Фулади, А. Амаде. // Электрохимия. 2013. №106. Б. 1-12 (ағылшын тілінде)
5. Никдехан Х. Субстратты термиялық өңдеудің Морфологияға және Zn-Mn фосфат жабынының коррозияға төзімділігіне әсері. / Х. Никдехан, А. Амаде, А. Хонарбахш-Рауф. // Беттік Инженерия. 2013. №24. Б. 287 (ағылшын тілінде)
6. Шанмугам С. Жұмсақ болатта марганец фосфатының көмегімен перманганат жабындысын жасау. / С. Шанмугам, К. Равичандрани, Т.С.Н. Санкара Нараянан, М. Маратпан. // Коррозия Инженерлік. Ғыл. Технология. 2014. №49. Б. 719-726 (ағылшын тілінде)
7. Резай Н. Жұмсақ болатта Mn^{2+} бар бөлме температурасындағы мырыш фосфатының конверсиялық жабынының коррозия өнімділігін, микроқұрылымын және адгезия қасиеттерін зерттеу. / Н. Резай, М.М. Атттар, Б. Рамезанзаде. // Бет. Қаб. технол. 2013. №236. Б. 361-367 (ағылшын тілінде)
8. Станкевич А. Болат коррозиясынан қорғауға арналған өзін-өзі қайта өңдейтін наножабындар. // Коррозия туралы ғылым. 2020. Б. 303-331 (ағылшын тілінде)
9. Исағұлов А.Ж. Галлойдит нанобөлшектері бар коррозияға төзімді жабын. / А.Ж. Исағұлов, В.Ю. Руликов, Ю. Шербакова, Т.В. Ковалева, Св.С. Квон. // Металлург. 2016. №55.3. Б. 426-428 (ағылшын тілінде)
10. Райымбекова А.С. Байыту қалдықтары негізінде марганец фосфатты материалдарын зерттеу. / А.С. Райымбекова, В.И. Капралова, А.К. Попова, Ш.Н. Кубекова. // Химиялық технология және металлургия журналы. 2022. Шығ. 57. №1. Б. 176-183 (ағылшын тілінде)
11. МЕМСТ 9.302-88: Тоттану мен тоттанудан қорғаудың бірыңғай жүйесі. Металл және бейметалл бейорганикалық жабындар. Бақылау әдістері. Мәскеу, стандарттар публ., 1990, 40 с. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Gerasimov A.A. Fosfatirovanie i oksidirovanie stalei, tsinkovykh pokrytii i splavov. // Korroziya: materialy, zashchita. 2008. №11. С. 42-44 [Gerasimov A.A. Phosphating and oxidation of steels, zinc coatings and alloys. // Corrosion: materials, protection. 2008. №11. P. 42-44] (in Russian)
2. Su H.Y. Effect of additives on the properties of phosphate conversion coating on electrogalvanized steel sheet. / Su H.Y., Lin C.S. // Corros. Sci. 2014. P. 137-146 (in English)
3. Tamilselvi M. Nanozinc phosphate coatings for enhanced corrosion resistance of mild steel. / Tamilselvi M., Kamaraj P., Arthanareeswari M., Devikala S. // Appl. Surf. Sci. 2015. №327. P. 218-225 (in English)
4. Fouladi M. Effect of phosphating time and temperature on microstructure and corrosion behavior of magnesium phosphate coating. / Fouladi M., Amadeh A. // Electrochim. Acta. 2013. №106. P. 1-12 (in English)
5. Nikdehghan H. Effect of substrate heat treatment on morphology and corrosion resistance of Zn-Mn phosphate coating. / Nikdehghan H., Amadeh A., Honarbakhsh-Raouf A. // Surf. Eng. 2013. №24. P. 287 (in English)
6. Shanmugam S. Development of permanganate assisted manganese phosphate coating on mild steel, Corrosion Engineering. / Shanmugam S., Ravichandran K., Sankara Narayanan T.S.N., Marappan M. // Sci. Technol. 2014. №49. P. 719-726 (in English)
7. Rezaee N. Studying corrosion performance, microstructure and adhesion properties of a room temperature zinc phosphate conversion coating containing Mn^{2+} on mild steel. / Rezaee N., Attar M.M., Ramezanzadeh B. // Surf. Coat. Technol. 2013. №236. P. 361-367 (in English)
8. Stankiewicz A. Self-healing nanocoatings for protection against steel corrosion. // Corrosion Science. 2020. P. 303-331 (in English)
9. Issagulov A.Z. The Corrosion Resistant Coating with Halloysite Nanoparticles. / A.Z. Issagulov, V.Yu. Rulikov, Y.P. Chsherbakova, T.V. Kovaleva, Sv.S. Kvon. // Metallurgy. 2016. №3. P. 426-428 (in English)
10. Raimbekova A.S. The study of Manganese Phosphate materials based on enrichment wastes. / Raimbekova A.S., Kapralova V.I., Popova A.K., Kubekova Sh.N. // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2022. Vol. 57. №1. P. 176-183 (in English)
11. GOST 9.302-88: Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya metallicheskie i nemetallicheskie neorganicheskie. Metody kontrolya. M., Izd-vo standartov, 1990, 40 s. [GOST 9.302-88: Unified system of protection against corrosion and aging. Coatings are metallic and non-metallic inorganic. Control methods. Moscow, Standards Publ., 1990. 40 p.] (in Russian)

Сведения об авторах:

Раимбекова А.С., магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Химические процессы и промышленная экология», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), a.raimbekova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-7330-533X>

Капралова В.И., доктор технических наук, профессор кафедры «Химические процессы и промышленная экология», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), v.kapralova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-1565-0818>

Кубекова Ш.Н., кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой «Химические процессы и промышленная экология», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), s.kubekova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-8665-9970>

Жусупова Л.А., кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Биология, география и химия», НАО «Кызылординский университет имени Коркыт ата» (г. Кызылорда, Казахстан), Laila@korkyt.kz; <https://orcid.org/0000-0002-0561-2458>

Авторлар туралы мәліметтер:

Раимбекова А.С., техникалық ғылымдар магистрі, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университетінің «Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

Капралова В.И., техникалық ғылымдар докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университетінің «Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Кубекова Ш.Н., техникалық ғылымдар кандидаты, доцент, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университетінің «Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

Жусупова Л.А., техникалық ғылымдар кандидаты, Қоркыт Ата атындағы Қызылорда университетінің «Биология, география және химия» кафедрасының аға оқытушысы (Кызылорда қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Raimbekova A.S., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of «Chemical Processes and Industrial Ecology», NJSC «K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University» (Almaty, Kazakhstan)

Kapralova V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Chemical Processes and Industrial Ecology», NCJSC «K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University» (Almaty, Kazakhstan)

Kubekova Sh.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Chemical Processes and Industrial Ecology», NCJSC «K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University» (Almaty, Kazakhstan)

Zhussupova L.A., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of «Biology, Geography and Chemistry», NCJSC «Korkyt Ata Kyzylorda state university» (Kyzylorda, Kazakhstan)



2-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
**Цветные металлы
России и СНГ**
добыча, строительство
и модернизация предприятий

VOSTOCK CAPITAL
— 22 года динамичного успеха



19-20 ноября 2024, Москва

Генеральный спонсор:



Золотой спонсор:



Бронзовый спонсор:



Партнер в сфере инженерных инноваций



Логистический партнер:



2 дня делового общения

200+ участников

30+ инвестиционных проектов

30+ докладов

КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ ФОРУМА:

- **Инвестиции:** запуск добычи, строительство и модернизация металлургических предприятий.
- **НОВОЕ!** Цифровизация и автоматизация всех этапов.
- **Актуально!** Круглый стол по эффективности: от разработки до переработки.
- **Импортозамещение, новые поставщики и рынки.**
- **НОВОЕ!** Круглый стол: устойчивое развитие, экономический рост, социальная ответственность, экологический баланс.
- **Современные технологии и решения для добычи и модернизации металлургии.**

