

УДК 620.197.5

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ
ГОРНО-ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ
В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ
ПОДЗЕМНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**

**PROSPECTS OF APPLICATION OF THE WASTAGE OF MINING
AND PROCESSING INDUSTRY IN SYSTEM
OF ELECTROCHEMICAL PROTECTION OF AN UNDERGROUND
METALWORK**

Ивашов Я.Д., Кравцов В.В.

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация**

Y.D. Ivashov, V.V. Kravcov

**FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: j.d.ivashov@gmail.com

Аннотация. В настоящее время наблюдается тенденция применения в качестве материала анодного заземления в системах катодной защиты подземных металлоконструкций ферросилида, магнетита, графита и некоторых других материалов. Практически во всех случаях они используются совместно с активаторами на основе коксовой мелочи.

Засыпка из активатора значительно увеличивает эффективность работы анодных заземлителей. Применение активатора снижает скорость растворения электродов, уменьшает анодную поляризуемость и сопротивление растеканию тока с заземлителя, предотвращает образование плотных оксидных плёнок на поверхности анода. Применение активатора

повышает КПД анодного заземления, срок его службы, и стабилизирует ток в системе катодной защиты.

Существует большое количество различных составов активаторов анодных заземлителей, но в общем случае они содержат три элемента в различных пропорциях: коксовая мелочь, минеральный компонент и, в некоторых случаях, связующее вещество.

Авторами статьи предлагается активатор анодных заземлителей на основе отхода горно-добывающей и перерабатывающей промышленности – пиритного огарка. Приводятся химический состав, физические свойства и механизм химических превращений в пиритном огарке, приводящих к повышению срока службы анодного заземления.

Производится сравнительный анализ пиритного огарка с типовым активатором анодных заземлителей. Рассматривается возможность применения пиритного огарка в качестве активатора при протекторной и катодной защите подземных металлоконструкций. Приводятся результаты испытаний различных активаторов с применением потенциодинамического метода.

Предлагается конструкция глубинного анодного заземлителя для систем катодной защиты с применением пиритного огарка в качестве активатора.

Abstract. Nowadays the application tendency as material of anode grounding in systems of a cathodic protection of an underground metalwork of a ferrosilid, magnetite, graphite and some other materials is observed. Practically in all cases they are used together with activators on the basis of a coke breeze.

The filling of activator considerably increases effectiveness of work of anode grounding conductors. Use of the activator reduces the speed of dissolution of electrodes, reduces anode polarizability and resistance to a current spreading from a grounding conductor, prevents formation of the dense oxide layers on an anode surface. Use of the activator increases efficiency of anode grounding, the term of its service, and stabilizes current in system of a cathodic protection.

There is a large number of various structures of activators of anode grounding conductors, but generally they contain three elements in various proportions: coke breeze, mineral component and, in certain cases, binding agent.

Authors of the article offer the activator of anode grounding conductors on the basis of wastage of mining and processing industry – roasted pyrite. Chemical composition, physical properties and the mechanism of the chemical transformations in roasted pyrite leading to increase of endurance of anode grounding are given.

The comparative analysis of roasted pyrite with the standard activator of anode grounding conductors is made. The possibility of use of roasted pyrite as the activator at cathodic protection of an underground metalwork is considered. Test data of various activators with application of a dynamically changing electrolytic potential method are provided.

The design of a deep anode grounding conductor for systems of a cathodic protection with use of roasted pyrite as the activator is offered.

Ключевые слова: подземные металлоконструкции, катодная защита, анодный заземлитель, активатор, пиритные хвосты, пиритный огарок.

Key words: underground metalwork, cathodic protection, anode grounding conductor, activator, pyritic tailings, roasted pyrite.

Свойства анодных заземлителей в системе катодной защиты подземных металлоконструкций определяются геометрическими размерами, формой, массой, составом и способом изготовления электродов, их электрохимическим эквивалентом, коэффициентом использования.

Изначально в качестве материала анодных заземлителей использовали сталь и чугун. Позже стали применять графитовые и коксопечковые

электроды. Им на смену пришли еще более инертные ферросилид, магнетит и различные оксиды металлов [1].

Эффективность работы анодных заземлителей значительно увеличивается при установке их в специальные смеси-заполнители, называемые активаторами. Активаторы служат для снижения скорости коррозии электродов, уменьшения анодной поляризуемости, уменьшения сопротивления растеканию тока с заземлителя, предотвращения образования плотных оксидных плёнок на поверхности заземлителя. Применение активатора повышает КПД анодного заземления, т.е. срок его службы и стабилизирует ток в системе катодной защиты [2, 3].

Существует большое количество различных составов активаторов анодных заземлителей, но в общем случае они содержат три элемента в различных пропорциях: коксовая мелочь, минеральный компонент и, в некоторых случаях, связующее вещество.

Коксовая мелочь (в ряде активаторов с примесями графита) увеличивает токоотдающую поверхность анодного заземлителя, снижая тем самым, сопротивление растеканию с заземлителя.

Состав минерального компонента варьируется и может содержать серноокислые или хлористые соли Na, Mg, Ca, нитрофоску (минеральное удобрение, содержащее 35-52% N, P₂O₅ и K₂O в различных соотношениях) и другие соединения. Данный компонент выполняет функцию электролита и минерализирует грунт в прианодном пространстве, что снижает переходное сопротивление «заземлитель-грунт» [4,5].

В настоящее время в России и в мире продолжают поиски новых конструкционных материалов для анодных заземлителей. Актуальной является задача разработки конструкций анодных заземлителей с использованием недефицитных материалов, не требующих дорогостоящей дополнительной обработки, обеспечивающих требуемые рабочие параметры анодных заземлений, их надежность и долговечность.

Рассматривалась возможность применения отвала ОАО «Башкирский медно-серный комбинат» (БМСК), содержащего в своем составе преимущественно пиритные хвосты, а также пиритный огарок и различные примеси в качестве активатора протекторной защиты [6].

Пиритные хвосты – это руда, обедненная при выделении из нее концентратов [7]. Пиритные хвосты имеют следующий состав: пирит 38-98 %, гетит $\text{FeO}(\text{OH})$ 30-60%, сульфиды меди и халькопирит 1,5-8%, ковеллит CuS 1-2%, сфалерит ZnS 1,5-34,85%, а также кварц, фаялит Fe_2SiO_4 , афвиллит $3\text{CaO}_2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и различные примеси [8, 9].

Пирит – термически устойчивый минерал (до 800 °С), нерастворим в воде, разлагается кислотами-окислителями, окисляется на воздухе [10].

По гранулометрическому составу техногенные пиритные хвосты флотации различных типов руд содержат гранулы диаметром 20 мкм до 78% [8, 11].

Освоение пиритных хвостов сдерживается низким содержанием в них ценных компонентов, сложным вещественным составом, неоднородностью технологических свойств, связанной с существенным изменением минерального состава в результате длительного хранения [12, 13].

Удельное электрическое сопротивление сухого отвала БМСК, определенное по четырехэлектродной схеме, составило 20 Ом·м, рН водной вытяжки 3,5-4,5, влажность не превышала 5%. Проведенные испытания показали, что при влажности 25% и более удельное сопротивление отвала резко снижается и не превышает 1 Ом·м.

Как показал анализ результатов приведенных исследований, активатор на основе пиритных хвостов для цинкового протектора увеличивает его токоотдачу на 10-13%, тогда как у типового активатора это увеличение составляет порядка 5-6%.

Применение пиритных хвостов в качестве активатора при протекторной защите кроме увеличения токоотдачи уменьшает саморастворение гальванического анода. Протекторная защита с

пиритными хвостами выходит на рабочий режим практически сразу после включения защиты.

Защитный потенциал с пиритными хвостами с течением времени практически не облагораживается и составляет не менее (по абсолютной величине) $-1,0$ В по МСЭ (рисунок 1); выход по току цинкового протектора с пиритными хвостами – 1100 А·ч/кг; защитный эффект не ниже 92%; коэффициент полезного использования протектора составил 99% (с типовым активатором 60%).

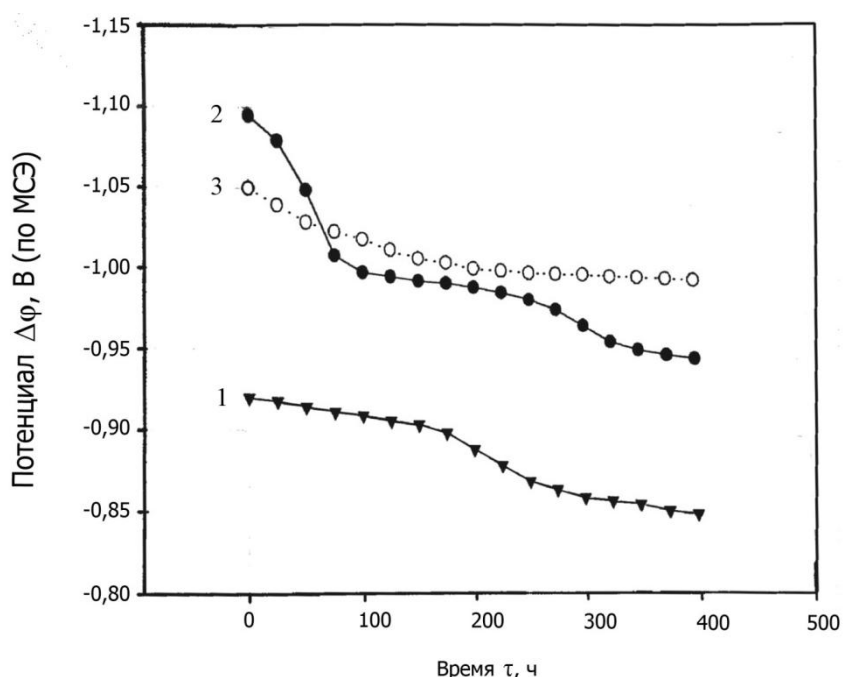


Рисунок 1. Изменение разности потенциалов между исследуемым электродом и протектором во времени:

1 – без активатора; 2 – в типовом активаторе; 3 – в пиритном огарке

Коэффициент полезного использования протектора с пиритными хвостами существенно выше, чем с типовым активатором. Это связано с уменьшением саморастворения гальванического анода, что сокращает непроизводительные потери металла анода и свидетельствует о перспективности использования пиритных хвостов и пиритного огарка в связи с их дешевизной (отходы основного производства) и попутным решением экологической проблемы безотходности разработки рудных месторождений [6].

С целью дальнейшего повышения эффективности анодных заземлителей и катодной защиты авторами статьи изучается вопрос о возможности использования в качестве активатора анодных заземлителей другого отхода горнодобывающей и перерабатывающей промышленности – пиритного огарка.

Пиритный огарок образуется в результате обжига серного колчедана FeS_2 в процессе производства серной кислоты.

Количество образующегося огарка зависит от содержания в сырье серы, полноты ее выгорания, условий обжига и т.д. Расчет количества огарка производится по формуле:

$$g = \frac{1000(160 - S_k)}{160 - S_o}, \quad (1)$$

где g – количество огарка на 1 тонну сжигаемого колчедана,

S_k – содержание серы в колчедане,

S_o – содержание серы в огарке.

На практике выход огарка составляет около 70% от массы колчедана [14].

Пиритные огарки, в зависимости от месторождения колчедана и технологических условий его переработки, имеют следующий химический состав: Fe_2O_3 45,5-77%, SiO_2 6,5-22%, Al_2O_3 1-18%, FeO 3,5-15,6%, CaO 0,8-5%, MgO 0,1-4,5%, кроме того, они содержат в своем составе медь, цинк, свинец, серу, драгоценные металлы, мышьяк, селен [15, 16].

Пиритный огарок – дисперсное вещество глобулярной структуры с пористостью $0,48 \text{ см}^3/\text{см}^3$, размером первичных частиц от 130 до 270 нм, с радиусом пор от 45 до 95 нм, что позволяет по эффективному радиусу кривизны поры отнести к переходным, а огарок к макропористым структурам (таблица 1) [17].

Существует множество способов переработки пиритных огарков и извлечения из них благородных металлов, но, несмотря на их рентабельность, разработанные технологии дают лишь частичное решение

вопроса использования с получением концентратов низкого качества, невысоким извлечением ценных компонентов и образованием новых условно отвальных продуктов – хвостов [15, 16].

Таблица 1. Физико-механические свойства пиритного огарка

Фракционный состав, мм	Массовая доля фракции, %	Угол естественного откоса, град.	Насыпная масса, кг/м ³	Радиус глобул, нм	Радиус пор, нм
1,5	0,06	31,0	730	270	95
1,0	0,35	32,5	790	170	60
0,5	0,18	35,0	860	160	57
0,25	0,47	36,5	1030	130	46
Менее 0,25	98,94	37,0	1045	130	45,6

В пиритных огарках, в зависимости от месторождения колчедана и технологического режима его обработки, содержится не менее 3% серы в виде сульфидов и сульфатов. Содержание серы в отвалах горнодобывающих и перерабатывающих предприятий может достигать 30%. Наличие соединений серы в пиритных огарках в процессе их окисления способствует образованию серной кислоты, содержание которой увеличивается со временем хранения.

Также происходит переход соединений двухвалентного железа в оксигидраты трехвалентного железа с последующим их растворением, генерируемым в огарке раствором H₂SO₄. Образующиеся ионы Fe³⁺ участвуют в реакции растворения неокисленных сульфидов меди.

Серная кислота также расходуется на взаимодействие с оксидами других металлов, что приводит к образованию электролитов, например, раствора медного купороса.

При длительном контакте пиритного огарка с кислородом также образуются соединения серы переменной валентности: HS⁻, S₂O₃²⁻, SO₃²⁻ [18, 19].

Таким образом, образующиеся в пиритном огарке соли и гидроксиды способствуют увеличению токоотдающей поверхности анодного

заземлителя и минерализации прианодного пространства, что способствует снижению сопротивления растеканию тока с заземлителя.

При наложении электрического тока в пиритном огарке протекают реакции, сопровождающиеся сменой валентности и выделением свободных электронов. Электродные процессы, имеющие отрицательный потенциал, способствуют увеличению токоотдачи анода, а положительный потенциал – уменьшению скорости саморастворения материала анода. Сочетание этих двух явлений увеличивает эффективность работы анодного заземлителя.

Для определения возможности применения пиритного огарка в качестве активатора анодного заземления катодной защиты с помощью потенциодинамического метода изучались поляризационные диаграммы на образцах из стали 20 в различных средах:

- контрольная среда (далее КС): 3% NaCl;
- КМА: 3% NaCl и 2,5% коксо-минеральный активатор;
- ПХА: 3% NaCl и 2,5% пиритные хвосты;
- ПОА: 3% NaCl и 2,5% пиритный огарок.

Для каждой из сред провели 5 потенциодинамических разверток. По полученным в ходе измерений поляризационным диаграммам графически определены тафелевские зоны, найдены величины катодной поляризации, анодной поляризации, омического падения потенциала и силы коррозионного тока.

Для каждой тафелевской зоны каждой из перечисленных сред выполнен регрессионный анализ массива полученных точек $E = f(\lg i)$, определены токи и потенциалы коррозии с пересчетом в массовый и глубинный показатели.

Результаты анализа поляризационных диаграмм представлены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели растворения образцов из стали 20 в исследуемых средах

Среда	Равновесный потенциал по водородному электроду E_p , В	Показатели растворения анода		
		Токовый $i_{корр} \cdot 10^{-6}$, А/м ²	Массовый $K_m \cdot 10^{-6}$, г/м ² ·ч	Глубинный $П \cdot 10^{-9}$, мм/год
КС	-0,517	3,858	4,020	4,481
КМА	-0,565	3,697	3,852	4,294
ПХА	-0,613	2,862	2,982	3,324
ПОА	-0,638	2,321	2,418	2,695

Поляризационные кривые, полученные в ходе потенциодинамической развертки в каждой из исследуемых сред, представлены на рисунке 2.

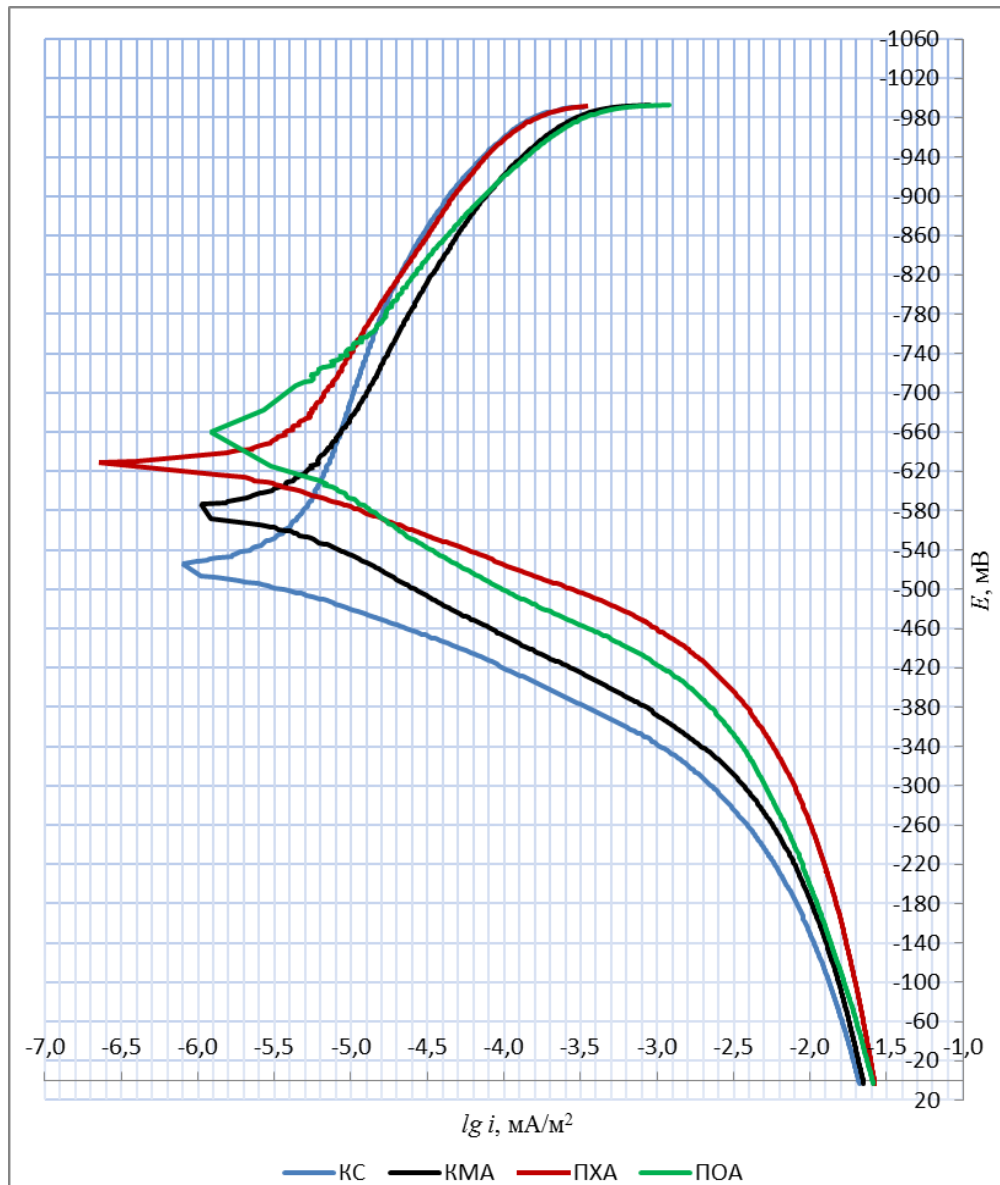


Рисунок 2. Поляризационные кривые для стали 20 в различных средах

Авторами разработаны 2 конструкции глубинных анодных заземлителей с применением пиритного огарка: сварная (неразъемная) и разборная (рисунок 3). Обе конструкции глубинного анодного заземлителя состоят из секций, представляющих собой отдельные анодные заземлители, изготовленные на заводе и полностью готовые к применению, соединенные в гирлянду.

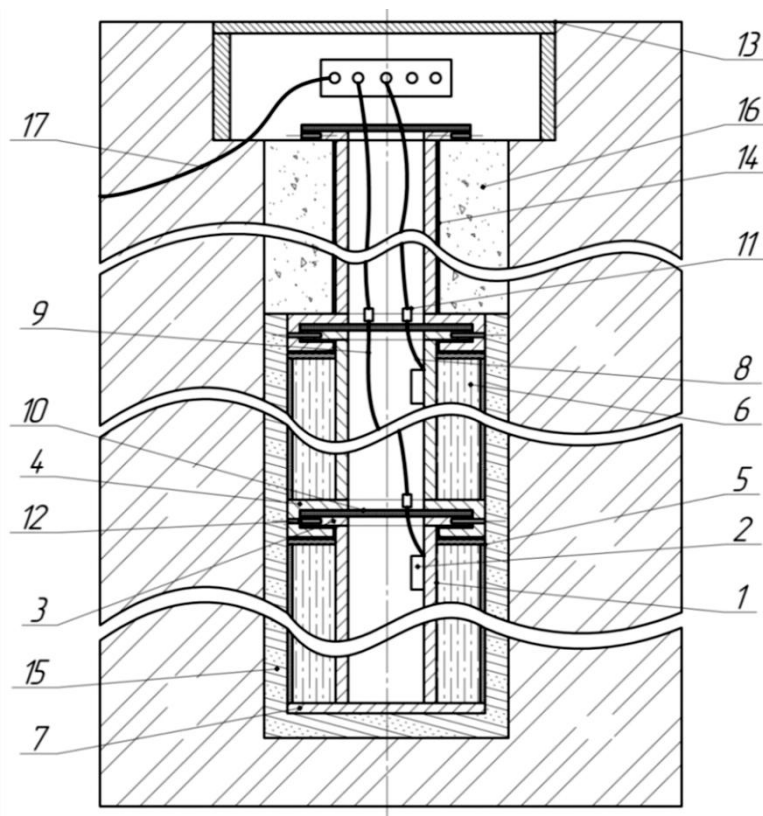


Рисунок 3. Разборный глубинный анодный заземлитель:

1 – центральный электрод; 2 – токоввод; 3 – верхний наконечник; 4 – нижний наконечник; 5 – кожух; 6 – наполнитель; 7 – заглушка; 8 – кабельная линия токоввода; 9 – транзитная кабельная линия; 10 – резиновая шайба; 11 – экспресс-клемма; 12 – штифт; 13 – ковер; 14 – буферная труба; 15 – буровой раствор; 16 – гравий; 17 – кабель к СКЗ

Каждая секция представляет собой конструкцию «труба в трубе». Труба меньшего диаметра представляет собой центральный электрод с токовводом на внутренней поверхности трубы. Труба большего диаметра ограничивается торцами и представляет собой токопроводящий кожух. Пространство между центральным электродом и кожухом заполнено наполнителем на основе пиритного огарка.

Соединение секций в неразъемной конструкции глубинного анодного заземлителя осуществляется посредством сварки, а в разборной конструкции предусмотрен замковый механизм. Кабельные линии выводятся на ковер глубинного анодного заземлителя через внутритрубное пространство центральных электродов секций, а затем через буферные (изолированные) трубы.

Пространство между глубинным анодным заземлителем и стенкой скважины или обсадной трубой заполняется буровым раствором, либо активатором. Объем между буферными трубами и стенкой скважины или обсадной трубой заполняется гравием. Ковер глубинного анодного заземлителя соединяется с СКЗ [20].

Выводы

Анализ электрохимических свойств электрода из стали 20 в среде с пиритным огарком указывает на меньшую скорость растворения электрода, по сравнению со средами, содержащими типовой коксо-минеральный активатор или пиритные хвосты, за счет присутствия в составе пиритного огарка ионов металлов. Это обстоятельство служит подтверждением факта, что пиритный огарок обладает анодными свойствами.

Снижение скорости саморастворения анодного заземления свидетельствует о перспективности использования пиритного огарка в качестве активатора анодных заземлителей.

Предложены две конструкции глубинного анодного заземлителя с применением пиритного огарка: сварная и сборная.

Список используемых источников

- 1 Зенцов В.Н. Исторические аспекты разработки и производства анодных заземлителей для защиты от электрохимической коррозии: дис. ... канд. техн. наук: 07.00.10. Уфа, 2000. 123 с.
- 2 Электрохимическая защита в примерах и расчетах / Д.Л. Рахманкулов [и др.]. Уфа: Реактив, 2003. 160 с.
- 3 Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров / М.В. Кузнецов [и др.]. М.: Недра, 1992. 238 с.
- 4 Композиция для снижения переходного сопротивления электрод-грунт / А.С. Грибанов: пат. 2528831 Российская Федерация; опубл. 20.09.2014. // Бюл. № 26. 5 с.
- 5 Коксо-минеральный активатор анодов электрохимической защиты от коррозии / А.И. Зорин [и др.]: пат. 2161353 Российская Федерация опубл. 27.12.2000.
- 6 Киреев Д.М. Обеспечение безопасной эксплуатации разветвленной сети подземных технологических трубопроводов: дис. ...канд. техн. наук: 05.26.03. Уфа, 2002. 136 с.
- 7 Хвосты и хвостохранилища обогатительных фабрик / В.З. Козин [и др.]. // Горный журнал. 1996. №3. С. 103-116.
- 8 Комплексная физико-химическая технология переработки хвостов обогащения медно-цинковых руд / И.В. Шадрунова [и др.]. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. №12. С. 188.
- 9 Казаков П.В. К выбору рационального способа переработки техногенного золотосодержащего сырья //Геологический сборник. 2013. № 10.
- 10 Шишкин В.И., Трубкин И.С. Исследование вяжущих свойств хвостов обогащения в твердеющей закладке подземных рудников // Вестник Магнитогорского гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. 2007. №3. С. 7.

11 Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Инновационная комбинированная технология комплексной переработки техногенных пиритных продуктов // Плаксинские чтения 2013: международ. совещ.(16-19 сент. 2013).Томск, 2013.

12 Получение гидроминерального сырья из пиритных хвостов обогащения колчеданных руд / Ф.Ф. Борисков [и др.]. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. №10. С. 328

13 Закономерности формирования технологических свойств хвостов обогащения медно-цинковых руд при их хранении / И.В. Шадрунова [и др.]. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. №4.

14 Амелин А.Г., Яшке Е.В. Производство серной кислоты: учебник для проф.-техн. учеб. заведений. М.: Высшая школа, 1980. 245 с.

15 Термодинамические особенности десульфурации пиритных огарков при их окусковании / Т.П. Ярош [и др.]. // Вісник Криворізького національного університету. 2014. №. 34.С. 249.

16 Ханнанова Г.Т. Минеральный порошок на основе пиритных огарков в составах асфальтобетонных композиций: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05. Уфа, 2009. 140 с.

17 Физико-химические и механические свойства пиритного огарка как сырья для производства красного железо-окисного пигмента и отмывка его от соединений цинка и меди / А.А. Перетрутов [и др.]// Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. (Н. Новгород). 2010. №. 1. С. 80

18 Способ извлечения цветных и благородных металлов, преимущественно меди и золота, из пиритных огарков / Н.В. Савеня [и др.]. Оpubл. 27.12.2008// Бюл. № 36. 10 с.

19 Способ извлечения золота из упорных руд кучным выщелачиванием / А.И. Заболоцкий, Г.С. Гребнев: пат. 2538435 Российская Федерация; опубл. 10.01.2015//Бюл. № 1 . 9 с.

20 Глубинный анодный заземлитель / Я.Д. Ивашов [и др.].: пат. 2530576 Российская Федерация; опубл. 10.10.2014// Бюл. № 28. 6 с.

References

- 1 Zencov V.N. Istoricheskie aspekty razrabotki i proizvodstva anodnyh zazemlitelej dlja zashhity ot jelektrohimicheskoj korrozii: dis. ... kand. tehn. nauk: 07.00.10. Ufa, 2000. 123 s. [in Russian].
- 2 Jelektrohimicheskaja zashhita v primerah i raschetah / D.L. Rahmankulov [i dr.]. Ufa: Reaktiv, 2003. 160 s. [in Russian].
- 3 Protivokorroziionnaja zashhita truboprovodov i rezervuarov / M.V. Kuznecov [i dr.]. M.: Nedra, 1992. 238 s. [in Russian].
- 4 Kompozicija dlja snizhenija perehodnogo soprotivlenija jelektrod-grunt / A.S. Gribanov: pat. 2528831 Rossijskaja Federacija; opubl. 20.09.2014. // Bjul. № 26. 5 s. [in Russian].
- 5 Kokso-mineral'nyj aktivator anodov jelektrohimicheskoj zashhity ot korrozii / A.I. Zorin [i dr.]: pat. 2161353 Rossijskaja Federacija opubl. 27.12.2000. [in Russian].
- 6 Kireev D.M. Obespechenie bezopasnoj jekspluatacii razvetvlennoj seti podzemnyh tehnologicheskikh truboprovodov: dis. ...kand. tehn. nauk: 05.26.03. Ufa, 2002. 136 s. [in Russian].
- 7 Hvosty i hvostohranilishha obogatitel'nyh fabrik / V.Z. Kozin [i dr.]. // Gornyj zhurnal. 1996. №3. S. 103-116. [in Russian].
- 8 Kompleksnaja fiziko-himicheskaja tehnologija pererabotki hvostov obogashhenija medno-cinkovyh rud / I.V. Shadrinova [i dr.]. // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2005. №12. S. 188. [in Russian].
- 9 Kazakov P.V. K vyboru racional'nogo sposoba pererabotki tehnogennogo zolotosoderzhashhego syr'ja //Geologicheskij sbornik. 2013. № 10. [in Russian].
- 10 Shishkin V.I., Trubkin I.S. Issledovanie vjazhushhih svojstv hvostov obogashhenija v tverdejushhej zakladke podzemnyh rudnikov // Vestnik Magnitogorskogo gos. tehn. un-ta im. G.I. Nosova. 2007. №3. S. 7. [in Russian].

11 Bocharov V.A., Ignatkina V.A. Innovacionnaja kombinirovannaja tehnologija kompleksnoj pererabotki tehnogennyh piritnyh produktov // Plaksinskie chtenija 2013: mezhdunarod. soveshh.(16-19 sent. 2013). Tomsk, 2013. [in Russian].

12 Poluchenie gidromineral'nogo syr'ja iz piritnyh hvostov obogashhenija kolchedannyh rud / F.F. Boriskov [i dr.]. // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2004. №10. S. 328 [in Russian].

13 Zakonomernosti formirovanija tehnologicheskikh svojstv hvostov obogashhenija medno-cinkovyh rud pri ih hranenii / I.V. Shadrinova [i dr.]. // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2002. №4.[in Russian].

14 Amelin A.G., Jashke E.V. Proizvodstvo sernoj kisloty: uchebnik dlja prof.-tehn. ucheb. zavedenij. M.: Vysshaja shkola, 1980. 245 s. [in Russian].

15 Termodinamicheskie osobennosti desulfuracii piritnyh ogarkov pri ih okuskovanii / T.P. Jarosh [i dr.]. // Visnik Krivoriz'kogo nacional'nogo universitetu. 2014. №. 34.S. 249. [in Russian].

16 Hannanova G.T. Mineral'nyj poroshok na osnove piritnyh ogarkov v sostavah asfal'tobetonnyh kompozicij: dis. ...kand. tehn. nauk: 05.23.05. Ufa, 2009. 140 s. [in Russian].

17 Fiziko-himicheskie i mehanicheskie svojstva piritnogo ogarka kak syr'ja dlja proizvodstva krasnogo zhelezo-okisnogo pigmenta i otmyvka ego ot soedinenij cinka i medi / A.A. Peretrutov [i dr.].// Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. (N. Novgorod). 2010. №. 1. S. 80 [in Russian].

18 Sposob izvlechenija cvetnyh i blagorodnyh metallov, preimushhestvenno medi i zolota, iz piritnyh ogarkov / N.V. Savenja [i dr.]. opubl. 27.12.2008// Bjul. № 36. 10 s. [in Russian].

19 Sposob izvlechenija zolota iz upornyh rud kuchnym vyshhelachivaniem / A.I. Zabolockij, G.S. Grebnev: pat. 2538435 Rossijskaja Federacija; opubl. 10.01.2015//Bjul. № 1 . 9 s. [in Russian].

20 Glubinnyj anodnyj zazemlitel' / Ja.D. Ivashov [i dr.].: pat. 2530576 Rossijskaja Federacija; opubl. 10.10.2014// Bjul. № 28. 6 s. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Ивашов Я.Д., аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Y.D. Ivashov, Graduate Student of the Chair “Technological Machines and Inventory”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: j.d.ivashov@gmail.com

Кравцов В.В., канд. техн. наук., профессор кафедры «Технология нефтяного аппаратостроения», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

V.V. Kravcov, Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Technology of a Structure of Oil Devices”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: korrkvv@gmail.com