

3 40 19 Social Media Metrics That Really Matter—And How to Track Them [Электронный ресурс] // Hootsuite : [официальный сайт] / Analytic agency. – Vancouver, 2019. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://blog.hootsuite.com/social-media-metrics/>, свободный (дата обращения: 10.01.2019). – Загл. с экрана;

4 Что такое PHP? [Электронный ресурс] // PHP : [официальный сайт] / The PHP Group. – [2019]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.php.net/manual/ru/intro-what.php>, свободный (дата обращения: 10.04.2020). – Загл. с экрана;

5 Python - Обзор [Электронный ресурс] // Pythonic way : [официальный сайт] / Pythonic way. – [2015]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://pythonicway.com/python-overview>, свободный (дата обращения: 10.04.2020). – Загл. с экрана;

6 Введение C#. Язык C# и платформа .NET Core [Электронный ресурс] // Metanit.com : [официальный сайт] / Metanit.com. – [2019]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/tutorial/1.1.php>, свободный (дата обращения: 10.04.2020). – Загл. с экрана.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЖИГА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.74.756](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.4.74.756)

Толибов Б.И.

PhD,

доцент кафедры «Металлургия»

Навоийского государственного горного института

АННОТАЦИЯ

В настоящее время в мировой практике сульфидные упорные золотосодержащие материалы подвергаются окислительному обжигу в основном с низкой производительностью и с последующим цианированием обеспечивается высокая степень извлечения металлов. Особое значение имеет окислительный обжиг для повышения извлечения ценных компонентов (Au, Ag, Mo, W, Cu, Zn) из металлосодержащих промпродуктов.

На сегодняшний день во всем мире в области переработки золотосодержащих руд разрабатываются новые технологии и технологические схемы для повышения степени извлечения и уменьшения затраты на переработку с целью снижения себестоимости продукта, а также уделяется особое внимание на уменьшение содержания ценного компонента в хвостах процессов, а также особое внимание уделяется на снижение содержания ценного компонента в хвостах производственных процессов. В этом аспекте разработка новых технологий и усовершенствование существующих технологий для повышения извлечения ценных компонентов являются актуальными задачами науки и практики горно-металлургической промышленности.

Целью исследования являлось разработка эффективной технологии переработки сульфидных материалов во взвешенном состоянии в обжиговой печи для интенсификации процесса и увеличения выхода ценных компонентов.

ABSTRACT

Now, in world practice, sulphide refractory gold-containing materials are subjected to oxidative firing mainly with low productivity and subsequent cyanidation provides a high degree of metal recovery. Of particular importance is oxidative calcination to increase the extraction of valuable components (Au, Ag, Mo, W, Cu, Zn) from metal-containing intermediate products.

Today, new technologies and technological schemes are being developed around the world in the field of processing gold-bearing ores to increase the degree of extraction and reduce processing costs in order to reduce the cost of the product, and special attention is paid to reducing the content of a valuable component in the tailings of processes, as well as special attention paid to reduce the content of a valuable component in the tailings of production processes. In this aspect, the development of new technologies and the improvement of existing technologies to increase the extraction of valuable components are urgent tasks of the science and practice of the mining and metallurgical industry.

The aim of the research was to develop an effective technology for processing sulfide materials in suspension in a kiln to intensify the process and increase the yield of valuable components.

Ключевые слова: окислительный обжиг, сушка, печь кипящего слоя, сульфиды, обжиг во взвешенном состоянии, упорные руды, золотомышьяковые руды, кек биоокисления, десульфуризация, извлечение, кипящий слой, влажность, пирометаллургия, недоокисление, спекание кусков.

Keywords: oxidative calcination, drying, fluidized bed furnace, sulfides, suspended calcination, refractory ores, gold-arsenic ores, biooxidation cake, desulfurization, recovery, fluidized bed, humidity, pyrometallurgy, undeoxygenation, sintering of pieces.

Технологические печи очень широко применяются во всех металлургических отраслях промышленности. В металлургических печах за

счет сжигания топлива реализуется процесс нагрева перерабатываемого материала. Механизм теплопередачи очень сложно, поскольку в этих

устройствах, в отличие, от теплообменников, значителен вклад в суммарный теплообмен лучистой (радиационной) составляющей. Иногда этот механизм теплопередачи является преобладающим. Организация движения образующихся дымовых газов и использования тепла отходящих газов в свою очередь существенно влияет на вклад в суммарный теплообмен конвективной составляющей. Поэтому проектирование металлургических печей предполагает учет характеристик подаваемого топлива, расчет процесса горения с учетом гидродинамики движения дымовых газов, выбор конструкции печи, учет характеристик топливно-сжигающих устройств и т.д. Эти задачи предполагают использование весьма разнообразных знаний по технике, химии и физике.

Процесс окислительного обжига в промышленном масштабе значительно изменился за последние сто лет. Основные процессы, на которых основан обжиг следующие:

- Вращающаяся печь и многоподовая печь
- Обжиг в псевдоожиженном слое (одно- и многоступенчатый)
- Циркуляционный кипящий слой
- Кислородный псевдоожиженный слой

В настоящий момент в мире распространен процесс окислительного обжига в печи кипящего слоя. Он работает путем подачи воздуха в печь с достаточной скоростью, чтобы «разжижать» эти частицы. Воздух поступает в процесс через решетку форсунки в вентиляционной камере в нижней части печи. Скорость воздуха, необходимого для псевдоожижения частиц, будет варьироваться от руды к руде в зависимости от плотности. Псевдоожижение этих частиц обеспечивает лучшее перемешивание, что обеспечивает более эффективное окисление пирита до гематита. Конструкция с псевдоожиженным слоем также обеспечивает более равномерную температуру в реакторе наряду с повышенными скоростями тепломассопереноса в системе [1, 2].

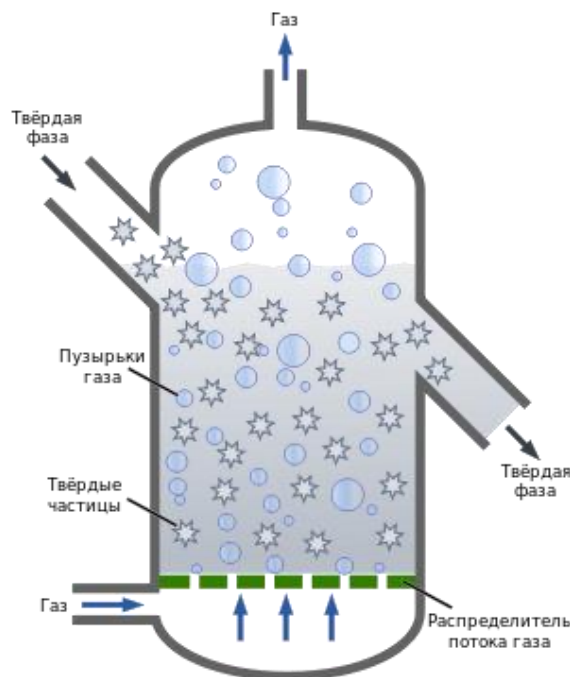


Рис.1 Схема печи кипящего слоя

Наряду с лучшим перемешиванием частиц псевдоожиженный слой также обеспечивает более высокую пропускную способность на единицу площади, лучший контроль температуры и лучший контроль состава газа, в отличие от остальных обжиговых агрегатов. Все эти усовершенствования позволили сделать его более рациональным и эффективным при применении к коммерческой эксплуатации. Гигантские компании Йеллоунаф, Кэмпбелл Ред-Лейк и Джерритт-Каньон – широко применяют обжиг в кипящем слое в Северной Америке. Все эти объекты работали в течение определенного периода, а затем были закрыты по различным причинам, включая проблемы с

выбросами. Схему печи с кипящего слоя можно увидеть на рисунке 1.

В ходе анализа существующих технологий окислительного обжига различных металлосодержащих сульфидных материалов выявлены неэффективность связанная:

Сульфидные частицы в процессе окислительного обжига золотосодержащих упорных руд недоокисляются из-за низкой температуры внутри печи или недостаточно продолжительности процесса;

В процессе с повышением температуры в процессе начинается спекание частиц золота, что

приводит дальнейшему снижению степени извлечения ценного компонента;

Процесс окислительного обжига молибденовых концентратов проводится при температуре 550-600°C, с повышением температуры обжига сульфидные частицы окисляются до MoO_2 и MoO_3 . Если температура увеличивается во избежание недоокисления сульфидов, то начинается образование спекшихся частиц.

Вышеизложенные недостатки существующих технологий являются основанием для разработки более эффективных способов окислительного обжига сульфидных материалов.

Опыты окислительного обжига сера- и углеродсодержащих трудно перерабатываемых полупродуктов BIOX и концентрата (шихты) проводятся в лабораторной печи скоростного обжига. При выполнении работы переменными являются следующие параметры: Продолжительность обжига (20,30, 40 мин.). Температура печи (550, 600, 650 °C).

На основе полученных данных рассчитывается рациональный состав сульфидных сера- и углеродсодержащих трудно перерабатываемых полупродуктов BIOX и концентратов. Анализированы данные после окислительного обжига сульфидных материалов ГМЗ-3 в разных условиях.

Разработана методика для проведения исследований по окислительному обжигу молибденовых сульфидных материалов Научно-производственного объединения редких металлов и твердых сплавов АО Алмалыкский горно-металлургический комбинат.

Для определения наилучшего режима обжига процесс осуществляется в разных условиях. Например, температуру внутри печи удерживаем от 450°C до 750°C. В этом диапазоне проводим 7 испытаний (450, 500, 550, 600, 650, 700, 750°C). Продолжительность процесса тоже устанавливаем от 45 минут до 120 минут. На каждом температурном режиме проводим минимум 8 экспериментов для достоверности результатов исследований. Все пробы после окислительного обжига дается на химический анализ.

В лабораторных условиях были проведены несколько экспериментов по обжигу сульфидных золотосодержащих биокеков в условиях ГМЗ-3 интенсивного окислительного обжига во взвешенном состоянии. Цель проведения работы является определение оптимального режима обжига для предлагаемой проектной промышленной печи. Ниже приведены результаты нескольких опытов окислительного обжига в зависимости от влаги шихты, температуры и продолжительности процесса. При этом определяется оптимальный режим окислительного обжига по показателям степени десульфуризации и степень извлечения ценного компонента из сульфидных концентратов.

Проведены эксперименты для определения влияния содержания влаги в шихте и температуры на степень десульфуризации и степень извлечения ценного компонента. Обжиг проводили в течении 60 минут. Были взяты 6 образцов с разными влажностями, %: 47, 40, 34, 17.5, 10 и 5-3. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов по определению зависимости степени десульфуризации и извлечения ценного компонента на влажности материала

№ опытов	Т, °C	Степень влажности, %											
		47		40		34		17,5		10		5-3	
		ст. десуль.	ε, %	ст. десуль.	ε, %	ст. десуль.	ε, %	ст. десуль.	ε, %	ст. десуль.	ε, %	ст. десуль.	ε, %
1 опыт	500	76.2	36.8	78.9	37	83.2	37.6	83.9	38.6	87.5	71.3	98.2	78.5
2 опыт	550	78.7	38.6	80,9	38.9	83.7	39.5	84.9	40.3	93	77.5	99.3	79.2
3 опыт	600	81.2	41.5	83.5	41.9	84.7	42.3	86.4	43.3	99.2	80.3	100	81.1
4 опыт	650	83.3	42.4	86.5	42.8	86.6	43.4	88.3	48.2	99.7	81	100	82.7
5 опыт	700-750	85.7	43.7	88.2	44.2	90.2	45.0	92.1	45.7	100	79.5	100	82

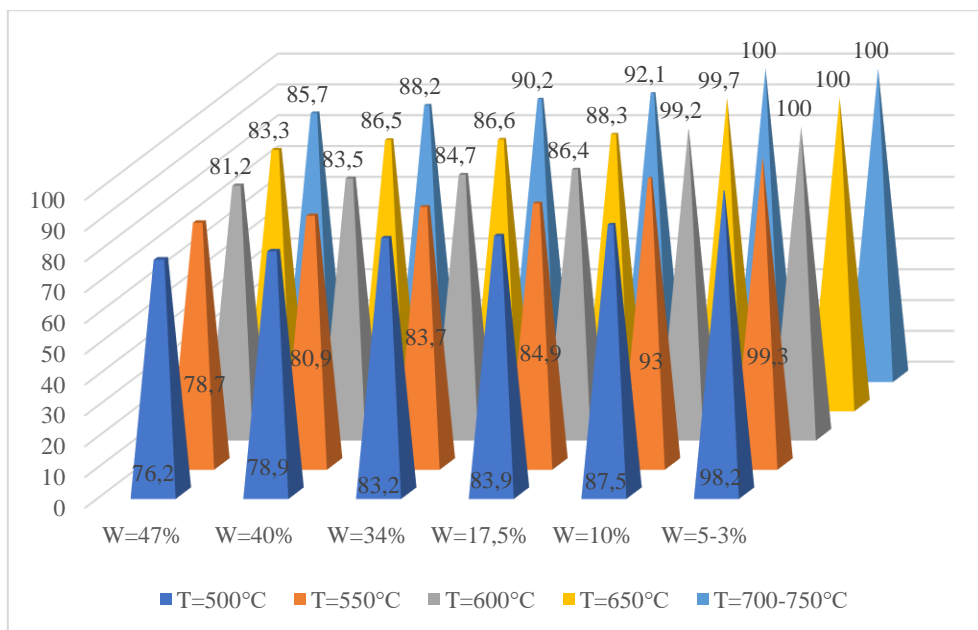


Рис.2 Зависимость степени десульфуризации на влажности материала

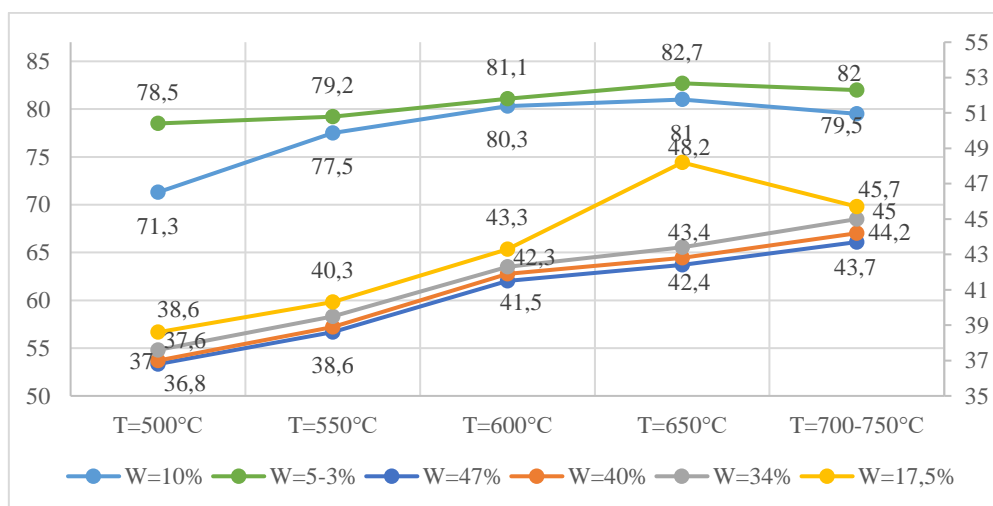


Рис.3 Зависимость степени извлечения ценного компонента на влажности материала

Рассмотрим обжиг при 500°C в течении 60 минут. Из рисунков 2-3 и таблицы 2 видно, что при влажности шихты 47% степень десульфуризации составляет 76,2% а степень извлечения 36,8% и со снижением влаги в шихте, степень десульфуризации и извлечения увеличивается, при

W- 3-5 % степень десульфуризации составляет 98,2% и степень извлечения 78,5 %. Более подробно результаты обжига при 500°C и T=60 мин. приведены в таблице 2.

И этот же эксперимент проводили при разных температурах, °C: 550, 600, 650, 700-750.

Таблица 2

Результаты экспериментов по определению зависимости степени десульфуризации и извлечения ценного компонента на влажности материала

	1обр	2 обр	3 обр	4 обр	5 обр	6 обр
W	47	40	34	17.5	10	3-5
ст. дес	76.2	78.9	83.2	83.9	87.5	98.2
Изв.	36.8	37.0	37.6	38.5	41.3	78.5

Рассмотрим обжиг при 650°C в течении 60 минут. Результаты обжига при 650°C и T=60 мин приведены в таблице 3. Из таблицы 3 видно что при влажности шихты 47%, степень десульфуризации составляет 83,3 % а степень извлечения 42,5% и со

снижением влаги в шихте, степень десульфуризации и извлечения увеличивается, при W-3-5 % степень десульфуризации составляет 100% и степень извлечения 88,5 %.

Таблица 3

**Результаты экспериментов по нахождению оптимальных параметров окислительного обжига
в новой печи для интенсивного обжига**

	1обр	2 обр	3 обр	4 обр	5 обр	6 обр
W	47	40	34	17.5	10	3-5
ст. дес	83.3	86.5	86.6	88.3	99.7	100
Изв.	42.4	42.8	43.4	48.2	82.1	82.5

Самой оптимальной температурой для степени десульфуризации и извлечения является 650°C. Так как с уменьшением температуры снижаются степень десульфуризации и извлечения ценного компонента (смотрите на таблице 2) а с увеличением температуры увеличивается степень десульфуризации и извлечения ценного компонента (смотрите на таблице 3). Но при этом надо учитывать, то что при увеличении температуры выше 650°C или более длительного времени происходит спекание частиц и снижается степень извлечения. Так в случае обжига при 700-750°C и даже при малых содержаниях влаги в

шихте степень извлечения составляет не более 81%.

Для определения оптимальных условий окислительного обжига различных сульфидных материалов как золотосодержащие кеки биокисления и молибденовых кеков были проведены серия лабораторных опытов с разными условиями обжига и рассматривали теоретические данные для каждого материала.

Сульфидный золотосодержащий биокек обжигали в печи нового типа для интенсивного обжига в разных условиях:

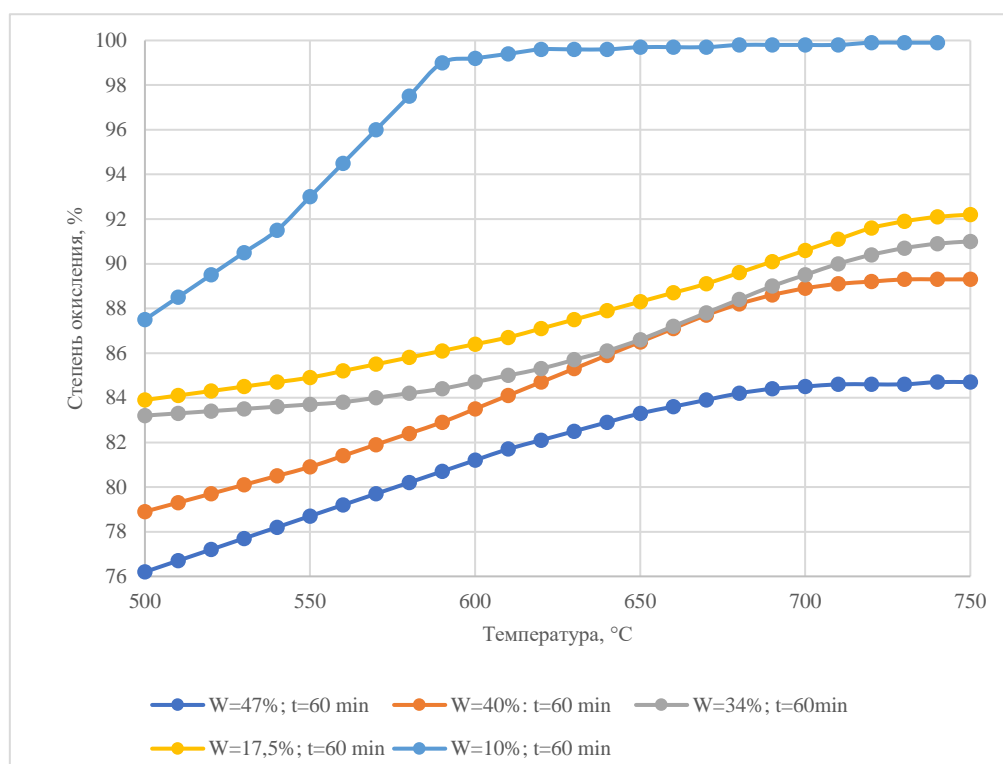


Рис.4 Зависимость степени окисления на температуры подаваемого материала с разной влажностью загружаемого материала

- с разными продолжительностями процесса (от 60 мин до 150 мин);
- с разной температурой внутри печи (от 450°C до 750°C);
- влажность материала (от 40% до 3%);

В результате серии опытов выявили зависимости степени окисления от различных факторов процесса окислительного обжига как продолжительность, температура процесса, влажность и состав подаваемого материала.

Результаты исследования приводятся в нижеследующих рисунках 4-6.

Из рисунка 4 видно, что с уменьшением влажности материала в процессе окислительного обжига наблюдается повышение степени окисления сульфидов. И конечно, температура процесса тоже влияет прямо пропорционально на степень десульфуризации. Таблица данных приводится в приложении 3.

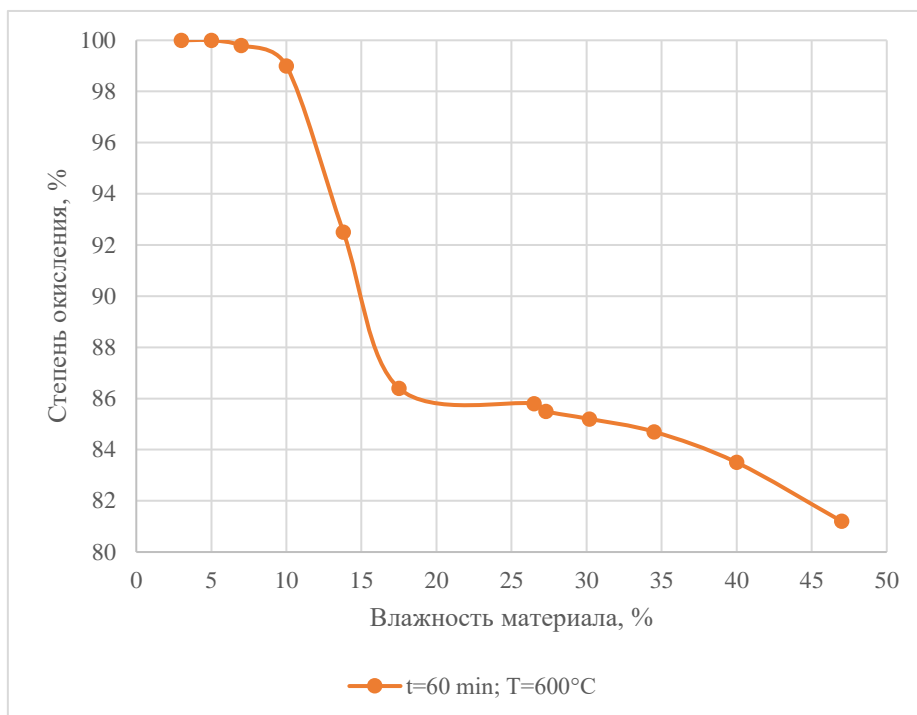


Рис.6 Влияние влажности концентрата на степень окисления сульфидов

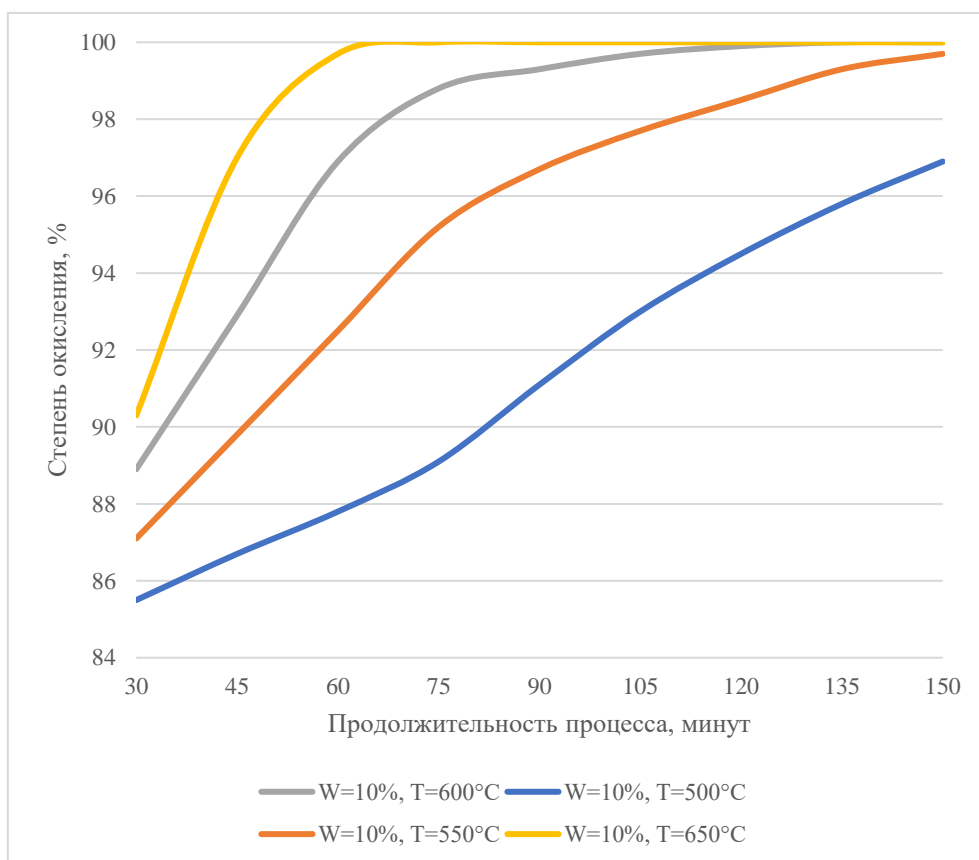


Рис.5 Влияние температуры и продолжительности процесса на степень окисления сульфидных соединений

На рисунках 5 и 6 показаны результаты условий окислительного обжига сульфидных различных опытов по нахождению оптимальных биоксидов ГМЗ-3 ГП НГМК. В этих кривых

показана только степень окисления материала. Конечно, степень окисления на прямую влияет на извлечение ценного компонента, но есть предположения, что в процессах окислительного обжига при высоких температурах начинается спекание кусков, и это приводит к дальнейшему снижению степени извлечения. Поэтому нами было

исследовано степень извлечения и факторы, влияющие на ней. В нижеследующих кривых показывается влияние разных факторов на степени извлечения. И с этим можно уточнить и определить оптимальные условия для интенсивного низкотемпературного обжига сульфидных концентратов.

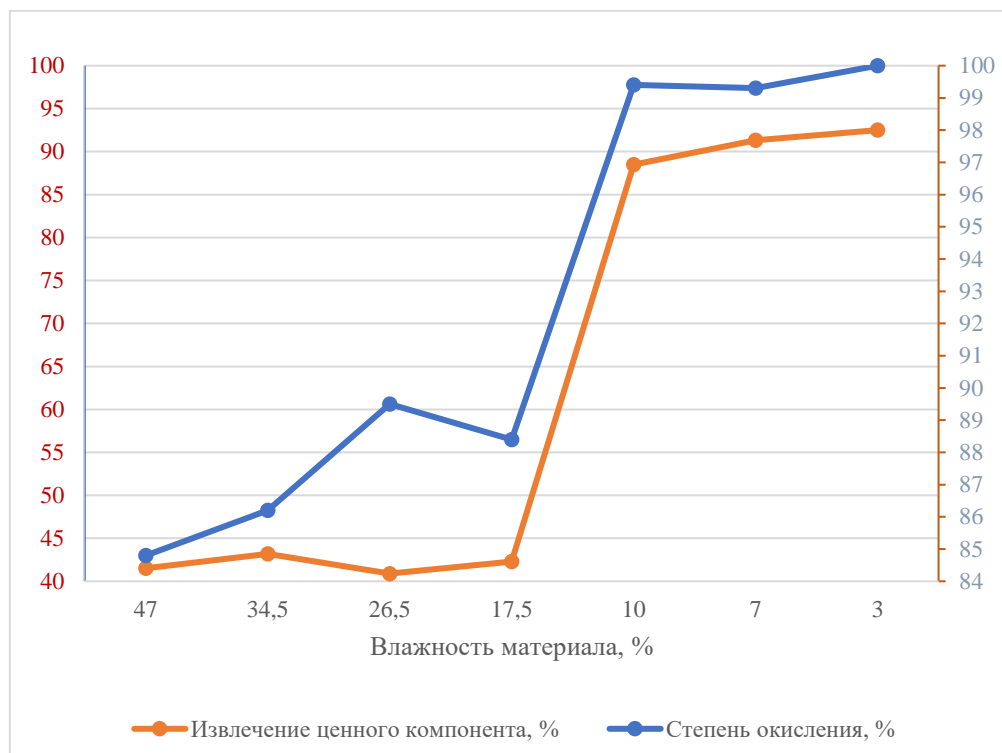


Рис.8 Зависимость влажности материала на степень окисления и извлечения ценного компонента при температуре при температуре 600°C

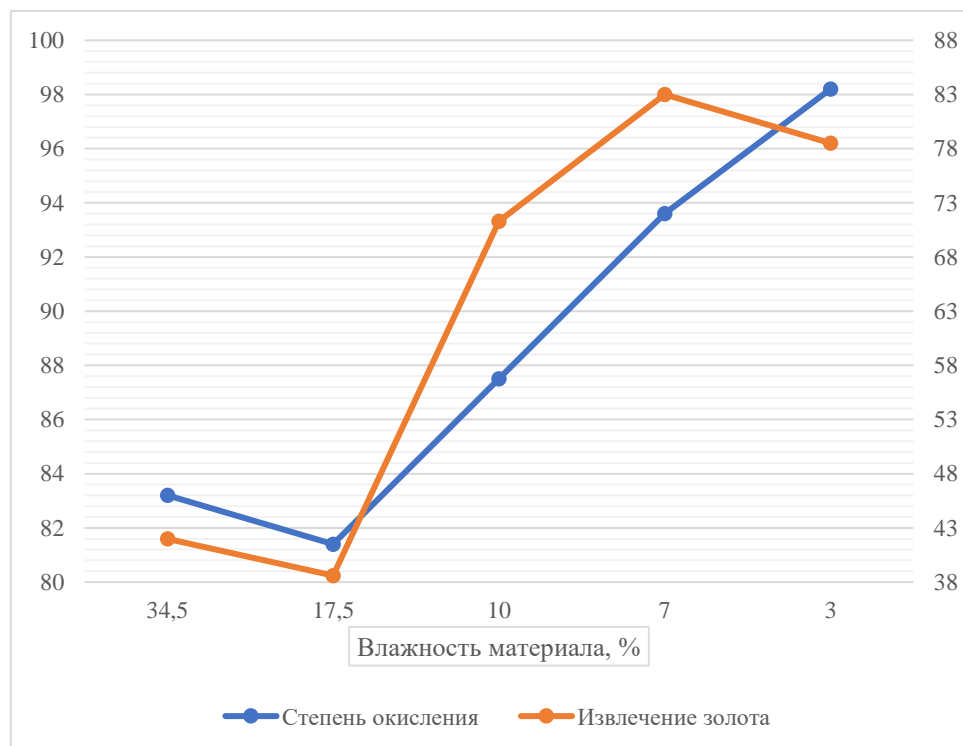


Рис.7 Зависимость влажности материала на степень окисления и извлечения ценного компонента при температуре при температуре 500°C

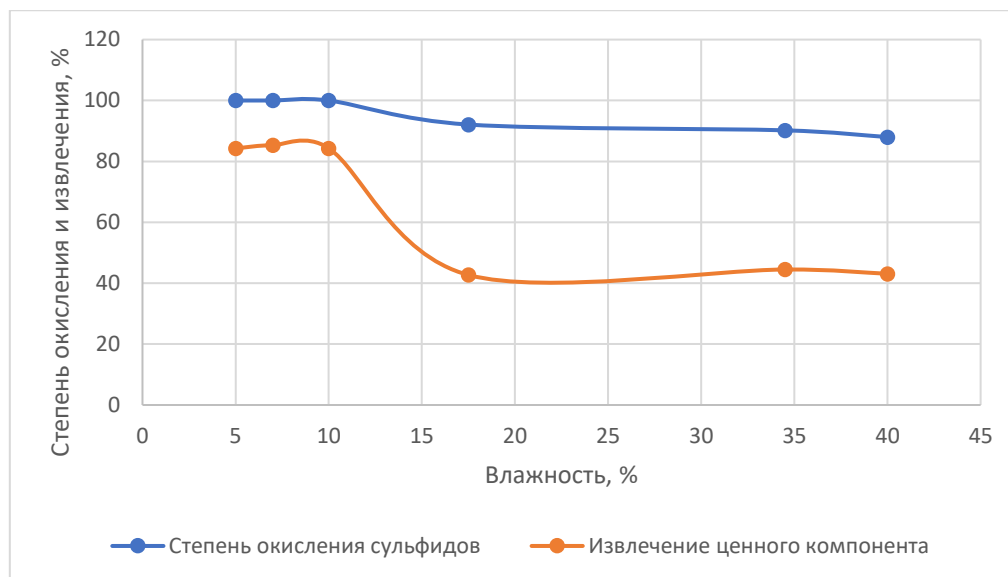


Рис.9 Зависимость степени окисления и извлечения ценного компонента от влажности материала при температуре 700°C

Из рисунков 7 – 9 видно, что при уменьшении влажности материала увеличивается извлечение ценного компонента, с повышением температуры тоже повышается извлечение ценного компонента, однако при температуре 700° наблюдается снижение степени извлечения, предполагается, что это связано со спеканием кусков.

Заключение.

В результате лабораторных исследований по низкотемпературному интенсивному обжигу во взвешенном состоянии продукта биологического окисления в определено, что, обжиг при температуре 600°C в течение 90 мин и последующее сорбционное цианирование огарка обеспечивает повышение придельного извлечение золота до 82,7%.

Определено, что в зависимости от характера концентрата и условий обжига степень удаления серы составляет 90-95%, степень удаления мышьяка - также 90-95%. В огарках вместе с пылью циклонов и инерционных фильтрах, которые работают в охлаждениях воздуха остается: сера сульфидная 0,5-3,0%, мышьяк - 0,5-1,5%, предложен выход обожженного материала 75-90%. Показаны, что в огарках остаются органический углерод и окись углерода 0,2-0,3%.

Библиографический список:

[1]. Хасанов А.С., Толибов Б.И., Юлдошев С.М. История и развитие печной техники. Материалы республиканской научно-технической конференции «Новые композиционные и нанокоспозиционные материалы: структура, свойства и применение», - Ташкент. 5-6 апреля 2018 года. –С247-248

[2]. Хасанов А.С., Толибов Б.И., Юлдошев С.М. Совершенствование использования тепла при плавильных и обжиговых процессах в металлургии. Материалы республиканской научно-технической конференции «Новые технологии процессов бурения, добычи и переработки в комплексах

нефти и газа», - Карши. 27-28 апреля 2018 года. – С272-279

[3]. Хасанов А.С., Толибов Б.И. Совершенствование использования тепла при плавильных и обжиговых процессах в металлургии // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – №3. –С. 85-92.

[4]. Хасанов А.С., Толибов Б.И. Обжиг молибденовых кеков в печи нового типа для интенсивного обжига// Горный вестник Узбекистана. –Навои, 2018. – №4. – С.131-135.

[5]. Хасанов А. С., Толибов Б. И. Исследование возможности процесса окисления сульфидных материалов в печи для интенсивного обжига // Горный журнал №9, 2018. –С85-89. (http://rudmet.net/media/articles/Article_MJ_09_18_p_r.85-89.pdf)

[6]. Хасанов А.С., Толибов Б.И. Теоретические основы термодинамики окислительного обжига сульфидных материалов// Композиционные материалы. – Ташкент, 2019. – №1. –С. 14-17.

[7]. Hasanov A.S., Tolibov B.I., Pirnazarov F.G. Advantages of low-temperature roasting of molybdenum cakes // International scientific-practical conference on the theme: «International science review of the problems and prospects of modern science and education» – Boston (USA), 2019. – P17-18

[8]. Хасанов А.С., Толибов Б.И., Сирожов Т.Т., Ахмедов М.С. Новые направления по созданию технологию грануляции шлаков медного производства // Евразийский союз ученых #2 (71), 2020. –С49-55

[9]. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов – Ташкент, ГП «НИИМР» 2014.297 с.

[10]. Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Хасанов А.С., Мустакимов О.М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии - Ташкент: «Истиклол нури» 2013. - 414 с.

[11].Hasanov A.S., Tolibov B.I., Vokhidov B.R. Evaluation of operated roasting furnace operating for sulphide materials. Proceedings of international

conference on Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, –Navoi, 26-27 October 2017. –P117-121

УДК 622.276
ГРНТИ 52.47.27

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ НА ИЛИШЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Хасанов Эмиль Илдарович

Магистрант 2 курса

*Уфимского государственного нефтяного технического университета
(450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)*

АННОТАЦИЯ

В настоящее время большинство основных разрабатываемых месторождений на территории Республики Башкортостан вступило в завершающую стадию эксплуатации. Задача повышения эффективности разработки нефтяных месторождений и повышения коэффициента извлечения нефти может решаться путем поиска и реализации возможности по повышению эффективности процессов вытеснения остаточной нефти. Это требует специальных методов, технологий и технических средств.

ABSTRACT

Currently, most of the major developed fields in the Republic of Bashkortostan have entered the final stage of operation. The task of increasing the efficiency of oil field development and increasing the oil recovery coefficient can be solved by searching for and realizing the possibility of increasing the efficiency of the processes of residual oil displacement. It requires special methods, technologies and technical means.

Ключевые слова: повышение нефтеотдачи, коэффициент нефтеотдачи, разработка нефтяных месторождений, коэффициент извлечения нефти, водогазовая смесь.

Key words: enhanced oil recovery, oil recovery coefficient, development of oil fields, oil recovery ratio, gas mixture

Повышение коэффициента извлечения нефти из продуктивных пластов является актуальной задачей для Илишевского месторождения. Эту проблему решают регулированием процесса разработки месторождения, а также применением методов увеличения нефтеотдачи.

Моделирование разработки нефтяных месторождений с применением сначала традиционного заводнения, а после водогазового воздействия (ВГВ) на разных стадиях разработки показало, что после вытеснения нефти до определенного предела вытесняющий флюид фильтруется преимущественно по ранее промытым водонасыщенным коллекторам, минуя нефтенасыщенные. Последующее водогазовое воздействие повышает конечный коэффициент нефтеотдачи.

В соответствии с планом мероприятий по увеличению коэффициента использования попутно добываемого газа на месторождениях ПАО АНК «Башнефть», основываясь на критериях эффективного применения водогазового воздействия на продуктивные пласты, с 1999 года используются технологии закачки водогазовой смеси с использованием насосно-бустерной установки на Кадыровской залежи Илишевского месторождения.

Илишевское месторождение включает залежи нефти, приуроченные к цепочке из 3-х рифов в прибортовой зоне Актаныш-Чишминского прогиба Камско-Кинельской системы. Основным объектом является пачка песчаных пластов-коллекторов

CVI.1, CVI.2, CVI.3, и CVI.4 бобриковского горизонта.

Опытный участок выделен на Кадыровском куполе и включает почти половину площади нефтеносности купола. В пределах границ опытного участка размещено 24 добывающих и 5 водогазонагнетательных скважин.

По состоянию на 01.01.2020 г. из продуктивных пластов отобрано 76,7% нефти от начальных балансовых запасов. Темп отбора от текущих извлекаемых запасов составил 7,9%.

В начальный период закачки водогазовой смеси до 2004 года при нестабильном режиме закачки водогазовой смеси отдельные всплески повышения нефтеотдачи могли быть связаны как с закачкой ВГС, так и внедрением системы поддержания пластового давления (ППД) на участке. При организации стабильного водогазового воздействия картина поменялась. Отмечалось увеличение дебитов нефти и уменьшение дебитов жидкости (при неизменном подземном оборудовании) и, как следствие, значительное снижение обводнённости в целом по объекту на 10%. Наблюдался рост пластового давления в скважинах сводовой части, т.е. шло образование газовой шапки. При анализе показателей работы добывающих скважин по реагирующим скважинам очага нагнетательной скважины хх42, находящимся на одной с ней абсолютной отметке, эффект отмечался в основном за счёт поддержания пластового давления (работал фронт нагнетания воды). Основной же прирост