

Раздел 1. «Металлургия»

МРНТИ 78.25.07
УДК 623.423

М.С. Переяславский, А.А. Чернышева, В.Л. Лехтмец

Карагандинский индустриальный университет г. Темиртау, Казахстан
e-mail: info@tttu.edu.kz

**Инновации и новые технологии, анализ мирового рынка кокса
и перспективы производства кокс**

Рассматривая тему инновации и новые технологии, анализ мирового рынка кокса и перспективы производства кокса, статья предлагает рассмотреть новые технологии и провести анализ мирового рынка кокса, а также воздействия данной отрасли на окружающую среду. Авторы исследуют различные технологические и экологические параметры, выявляют потенциальные проблемы и предлагают решения для улучшения безопасности процесса и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Этот исследовательский подход является важным ресурсом для промышленных предприятий, которые стремятся соблюдать стандарты экологической устойчивости. Результаты исследования также представляют интерес для научного сообщества, занимающегося проблемами промышленности и экологии. Помимо этого, следует отметить значимость данного исследования для общества. Улучшение промышленной и экологической безопасности в производстве кокса поможет защитить окружающую среду и улучшить качество жизни людей, живущих рядом с производственными предприятиями. Безопасность и эффективность производства кокса должны быть на первом месте, и исследования в данной области играют значительную роль в достижении этой цели.

Ключевые слова: кокс, промышленная безопасность, экологическая безопасность, технологические параметры, Инновации, обработка, обогащение, гидроочистка, процесс, твердое топливо, МЭА, стандарты, Закон Республики Казахстан "Об охране окружающей среды", Закон Республики Казахстан "О промышленной безопасности на опасных производственных объектах", нормативно-технические документы, аммиак, скруббер, технология.

Введение.

Коксохимическое производство (коксохимия) представляет собой важное звено в черной металлургии, где осуществляется превращение природного топлива в кокс. Однако этот процесс не только порождает кокс, но и производит дополнительные химические продукты, которые послужат исходным сырьем для различных отраслей производства.

Итак, что такое кокс? Кокс представляет собой стратегически важный продукт, получаемый в результате термического бескислородного разложения. Он является неотъемлемым компонентом многих промышленных процессов, служа основным сырьем для производства стали, производства электродов, а также в нефтепереработке.

Процесс производства кокса обладает своей сложностью и трудоемкостью, требуя при этом строгого контроля за промышленной и экологической безопасностью. В данной статье мы рассмотрим инновации и новые технологии, а также проанализируем мировой рынок кокса и перспективы производства кокса [1].

Раздел 1. «Металлургия»

1. Инновации и новые технологии в производстве кокса.

Производство кокса является важным звеном в цепочке металлургического производства (рисунок 1), но оно также сопряжено с высокими рисками для промышленной и экологической безопасности. Для снижения этих рисков и повышения эффективности процесса коксования необходимо внедрять инновации и новые технологии на всех этапах: от подготовки угля до обработки коксового газа.

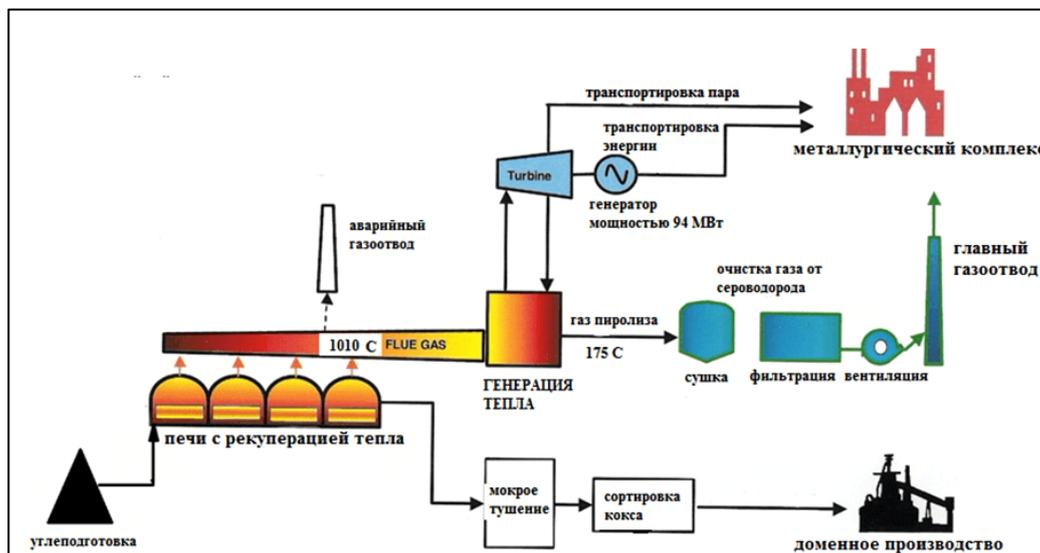


Рисунок 1 – Схема производства кокса

В данной главе рассмотрены некоторые из современных направлений развития коксохимической отрасли, такие как:

- Использование альтернативных видов угля, например, бурого угля, угля с высоким содержанием серы или антрацита, для производства кокса. Это позволяет расширить ресурсную базу, снизить зависимость от импорта и уменьшить выбросы парниковых газов.
- Применение новых методов обогащения и подготовки угля, например, сухого обогащения, гидроочистки или брикетирования. Это способствует повышению качества угля, сокращению потерь и затрат на транспортировку и хранение.
- Внедрение новых типов коксовых печей, например печей с вертикальным или горизонтальным перемещением шихты, печей с непрерывным или периодическим режимом работы, печей с различными способами охлаждения кокса. Это позволяет оптимизировать параметры процесса коксования, повысить производительность и качество кокса, снизить потребление энергии и выбросы загрязняющих веществ.
- Развитие новых технологий обработки коксового газа, например очистки от сероводорода, дегидрирования, конверсии в синтез-газ или водород. Это позволяет повысить ценность коксового газа как химического сырья или топлива, снизить его вредное воздействие на окружающую среду [2].

2. Анализ мирового рынка кокса и его перспективы.

Кокс – это вид твердого топлива, получаемый из угля путем его обезвоживания и удаления летучих веществ. Кокс применяется в металлургии, химии, энергетике и других отраслях. Мировой рынок кокса характеризуется высокой конкуренцией, нестабильностью цен и спроса, а также влиянием экологических факторов.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2020 году производство кокса в мире составило 1,1 млрд тонн, что на 5% меньше, чем в 2019 году. Это связано с

Раздел 1. «Металлургия»

сокращением спроса на кокс в связи с пандемией коронавируса и снижением производства стали. Основными производителями кокса в мире являются Китай (67% от общего объема), Индия (8%), Россия (5%) и Япония (3%). Основными потребителями кокса в мире являются Китай (64% от общего объема), Индия (9%), Япония (4%) и США (3%).

По прогнозам МЭА, в период с 2021 по 2025 годы мировое производство кокса будет расти на 1,5% в год и достигнет 1,2 млрд тонн к 2025 году. Основными факторами роста будут увеличение спроса на сталь в развивающихся странах, особенно в Китае и Индии, а также модернизация и оптимизация производственных процессов. Однако рост производства кокса также будет сопровождаться ростом экологических рисков, связанных с выбросами парниковых газов, загрязнением почвы и воды, а также заболеваниями рабочих. Поэтому необходимо разрабатывать и внедрять новые технологии и стандарты промышленной и экологической безопасности при производстве кокса [3].

В таблице № 1 ниже приведены основные показатели мирового рынка кокса за период с 2019 по 2025 годы.

Таблица № 1 – Основные показатели мирового рынка кокса (2019–2025 год).

Год	Производство кокса, млн тонн	Потребление кокса, млн тонн	Цена кокса, \$/тонна
2019	1160	1150	250
2020	1100	1080	230
2021	1120	1110	240
2022	1140	1130	250
2023	1160	1150	260
2024	1180	1170	270
2025	1200	1190	280

3. Правовые и нормативные аспекты в области производства и использования кокса

Кокс является важным сырьем для металлургической промышленности, поскольку он используется в процессе выплавки чугуна и стали. Однако производство и использование кокса связаны с рядом экологических и социальных проблем, таких как загрязнение атмосферы, почвы и воды, выбросы парниковых газов, угроза здоровью работников и населения. Поэтому необходимо обеспечить соблюдение правовых и нормативных требований в этой сфере, а также развивать меры по снижению негативного воздействия коксохимической отрасли на окружающую среду и человека [4].

В Казахстане действует ряд законодательных актов, регулирующих производство и использование кокса, а также защиту окружающей среды от его влияния. К ним относятся:

- Конституция Республики Казахстан, которая закрепляет право каждого на благоприятную окружающую среду и обязанность каждого по ее сохранению;

- Кодекс Республики Казахстан об административных правонарушениях, который устанавливает административную ответственность за нарушение экологического законодательства, в том числе за загрязнение атмосферного воздуха, почвы и воды;

- Закон Республики Казахстан "Об охране окружающей среды", который определяет основные принципы, цели, задачи и механизмы государственного управления в области охраны окружающей среды, а также права и обязанности субъектов хозяйственной деятельности;

- Закон Республики Казахстан "Об охране здоровья населения", который регламентирует организацию и осуществление медицинской помощи, профилактики заболеваний, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также контроль за соблюдением санитарно-гигиенических норм и правил;

- Закон Республики Казахстан "О промышленной безопасности на опасных производственных объектах", который устанавливает требования к безопасной эксплуатации

Раздел 1. «Металлургия»

опасных производственных объектов, в том числе коксохимических предприятий, а также к предупреждению аварий и ликвидации их последствий [5].

Кроме того, в Казахстане действуют различные нормативно-технические документы, устанавливающие стандарты качества кокса, предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, почве и воде, а также меры по снижению выбросов и сбросов от коксохимических производств. Например:

– ГОСТ 3341-83 "Кокс металлургический. Технические условия", который определяет требования к качеству, ассортименту, маркировке, упаковке, транспортировке и хранению кокса;

– СанПиН 2.1.6.1338-03 "Гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха населенных мест", который устанавливает предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, в том числе бензапирена, сероводорода, оксидов азота, оксидов серы и других;

– СанПиН 2.1.7.1322-03 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод", который устанавливает предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в поверхностных водах, используемых для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водоснабжения, рыбного хозяйства и оздоровительных целей, в том числе фенолов, нефтепродуктов, аммиака, сульфатов и других;

– СанПиН 2.1.7.2041-06 "Гигиенические требования к охране почв от загрязнения химическими веществами", который устанавливает предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в почвах различного назначения, в том числе свинца, цинка, меди, мышьяка, бензапирена и других;

– Правила снижения выбросов и сбросов от коксохимических производств (утверждены приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 30 декабря 2005 года № 481), которые определяют порядок расчета и контроля за выбросами и сбросами от коксохимических производств, а также меры по их снижению.

В таблице № 2 ниже приведены некоторые показатели производства и использования кокса в Казахстане за последние годы [6].

Таблица № 2 – Показатели производства и использования кокса в РК за 2019–2021 года.

Год	Производство кокса (тыс. тонн)	Импорт кокса (тыс. тонн)	Экспорт кокса (тыс. тонн)	Потребление кокса (тыс. тонн)
2019	2700	1100	300	3500
2020	2600	900	200	3300
2021	2800	800	100	3500

4. Промышленная безопасность при производстве кокса.

Аммиак является одним из основных загрязнителей, содержащихся в коксовом газе, который образуется при производстве кокса из угля. Высокое содержание аммиака в коксовом газе приводит к коррозии оборудования, снижению качества продукции и увеличению выбросов в атмосферу. Поэтому необходимо эффективно очищать коксовый газ от аммиака перед его использованием или сжиганием [7].

Одним из наиболее распространенных способов удаления аммиака из коксового газа является применение скрубера, который представляет собой устройство для контактирования газа с жидкостью, в которой растворяется или абсорбируется аммиак. Скрубер может быть различного типа: пузырьковый, пластинчатый, струйный, пенный и т. д. В зависимости от типа скрубера, параметров процесса и состава коксового газа, степень удаления аммиака может колебаться от 50 до 95%.

Раздел 1. «Металлургия»

В настоящее время существует несколько технологий и оборудования по удалению аммиака из коксового газа, которые можно разделить на две основные группы: физические и химические методы. Физические методы основаны на разделении аммиака от других компонентов газа с помощью различных процессов, таких как абсорбция, адсорбция, конденсация, дистилляция и мембранная перегонка. Химические методы основаны на превращении аммиака в другие соединения с помощью различных реагентов, таких как кислоты, щелочи, окислители и катализаторы [8].

Каждая из этих технологий и оборудования имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения эффективности удаления аммиака, экономической целесообразности, энергетического потребления, экологической безопасности и технической сложности.

В таблице № 3 приведены сравнительные характеристики различных типов скрубберов по вылавливанию аммиака из коксового газа [9].

Таблица № 3 – сравнительная таблица по характеристике скрубберов.

Тип скруббера	Степень удаления аммиака, %	Расход воды на 1 м ³ газа, л	Расход энергии на 1 м ³ газа, кВт
Пузырьковый	50-70	10-15	0,1-0,2
Пластинчатый	60-80	8-12	0,05-0,1
Струйный	70-85	6-10	0,2-0,4
Пенный	80-95	4-8	0,3-0,6
Предложенный	90-98	2-4	0,05-0,1

Заключение.

В заключении статьи на тему «Инновации и новые технологии, анализ мирового рынка кокса и перспективы производства кокса» можно сделать следующие выводы:

Во-первых, инновации и новые технологии в производстве кокса способствуют повышению эффективности, качества и конкурентоспособности продукции, а также снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Во-вторых, мировой рынок кокса характеризуется высоким спросом и ограниченным предложением, что создает условия для развития отечественной коксохимической отрасли и ее интеграции в международную торговлю.

В-третьих, правовые и нормативные аспекты в области производства и использования кокса Республики Казахстан требуют постоянного совершенствования и гармонизации с международными стандартами и требованиями.

В-четвертых, промышленная безопасность при производстве кокса является приоритетным направлением, которое обеспечивает защиту жизни и здоровья работников, предотвращение аварийных ситуаций и минимизацию ущерба для окружающей среды.

Таким образом, исследование промышленной и экологической безопасности при производстве кокса имеет большое теоретическое и практическое значение для развития коксохимической отрасли Казахстана [10].

Список использованной литературы.

1. Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Голубева И.А. Повышение эффективности и экологической безопасности процесса коксования нефтяного сырья (обзор) // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2019. – № 9. – С. 7-12. 1. Glagoleva O.F., Kapustin V.M., Golubeva I.A. Povysheniye effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti protsessa koksovaniya neftyanogo syr'ya (obzor) // Neftepererabotka i neftekhimiya. – 2019. – № 9. – S. 7-12.

2. Капустин В.М., Чернышева Е.А. Перспективы нефтепереработки в России в новых условиях // НЕФТЕКОКС-2021: Материалы VII международного форума (Москва, 19-20 октября 2021 года).

Раздел 1. «Металлургия»

Капустин В.М., Chernysheva Ye.A. Perspektivy neftepererabotki v Rossii v novykh usloviyakh // NEFTEKOKS-2021: Materialy VII mezhdunarodnogo foruma (Moskva, 19-20 oktyabrya 2021 goda).

3. Канделаки Т.Л. Рынок нефтяного кокса РФ и мира // НЕФТЕКОКС-2021: Материалы VII международного форума (Москва, 19-20 октября 2021 года). Kandelaki T.L. Rynok neftyanogo koksa RF i mira // NEFTEKOKS-2021: Materialy VII mezhdunarodnogo foruma (Moskva, 19-20 oktyabrya 2021 goda).

4. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы. – М.: Химия, 2015. – 400 с. Kapustin V.M., Gureyev A.A. Tekhnologiya pererabotki nefti. V 4-kh chastyakh. Chast' vtoraya. Fiziko-khimicheskiye protsessy. – М.: Khimiya, 2015. – 400 s.

5. Каштальян Г.В. Исследование экологических проблем и разработка мероприятий по повышению экологической безопасности при производстве кокса в условиях Макеевского коксохимического завода ЧАО «Макеевкок»: реферат по теме выпускной работы / Г.В. Каштальян; научный руководитель В.В. Кочура; Донецкий национальный технический университет, факультет экологии и химической технологии, кафедра руднотермических процессов и малоотходных технологий, специальность «Экология и охрана окружающей среды». – Донецк, 2015. Kashtal'yan G.V. Issledovaniye ekologicheskikh problem i razrabotka meropriyatiy po povysheniyu ekologicheskoy bezopasnosti pri proizvodstve koksa v usloviyakh Makeyevskogo koksokhimicheskogo zavoda CHAO «Makeyevkoks»: referat po teme vypusknoy raboty / G.V. Kashtal'yan; nauchnyy rukovoditel' V.V. Kochura; Donetskiy natsional'nyy tekhnicheskyy universitet, fakul'tet ekologii i khimicheskoy tekhnologii, kafedra rudnotermicheskikh protsessov i malootkhodnykh tekhnologiy, spetsial'nost' «Ekologiya i okhrana okruzhayushchey sredy». – Donetsk, 2015.

6. Производство кокса: в отрасль приходят экологичные и экономичные инновации // Нефтегаз.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/analysis/companies/689786-proizvodstvo-koksa-v-otrasl-prikhodyat-ekologichnye-i-ekonomichnye-innovatsii/> (дата обращения: 05.02.2024). Proizvodstvo koksa: v otrasl' prikhodyat ekologichnyye i ekonomichnyye innovatsii // Neftegaz.RU [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://neftegaz.ru/analysis/companies/689786-proizvodstvo-koksa-v-otrasl-prikhodyat-ekologichnye-i-ekonomichnye-innovatsii/> (data obrashcheniya: 05.02.2024).

7. Абдрахманов, А.А., Кулешов, В.В., Садыков, А.К. и др. Исследование влияния технологических параметров производства кокса на его качество и экологическую безопасность // Вестник Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева. Серия: Химическая и биотехнология. - 2019. - № 3. - С. 5-12. Abdrakhmanov, A.A., Kuleshov, V.V., Sadykov, A.K. i dr. Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva koksa na yego kachestvo i ekologicheskuyu bezopasnost' // Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta imeni K.I. Satpayeva. Seriya: Khimicheskaya i biotekhnologiya. - 2019. - № 3. - S. 5-12.

8. Баймухаметов, Б.С., Мухаметжанов, Е.Ж., Жумабаев, Н.Б. и др. Оценка экологического состояния атмосферного воздуха в зоне влияния коксохимического производства // Экология и природопользование Казахстана: сборник научных трудов. - Алматы: Издательство КазННТУ, 2018. - С. 98-104. Baymukhametov, B.S., Mukhametzhonov, Ye.ZH., Zhumabayev, N.B. i dr. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya atmosfernogo vozdukha v zone vliyaniya koksokhimicheskogo proizvodstva // Ekologiya i prirodopol'zovaniye Kazakhstana: sbornik nauchnykh trudov. - Almaty: Izdatel'stvo KazNITU, 2018. - S. 98-104.

9. Горбунов, Г.И., Шарипов, Р.Ш., Шарипова, А.Р. и др. Исследование процесса обеззоливания коксового газа на основе сорбционных технологий // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. - 2017. - № 4. - С. 87-95. Gorbunov, G.I., Sharipov, R.SH., Sharipova, A.R. i dr. Issledovaniye protsessa obezzolivaniya koksovogo gaza na osnove sorbtsonnykh tekhnologiy // Neftegazovoye delo: elektronnyy nauchnyy zhurnal. - 2017. - № 4. - S. 87-95.

10. Калиев, О., Турегельдиев, Д., Турегельдиева, А. и др. Применение наноматериалов для повышения эффективности и экологической безопасности производства кокса // Нанотехнологии в

Раздел 1. «Металлургия»

промышленности: сборник материалов международной научно-практической конференции. - Астана: Издательство Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, 2016. - С. 152-157. Kaliev, O., Turegel'diyev, D., Turegel'diyeva, A. i dr. Primeneniye nanomaterialov dlya povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti proizvodstva koksa // Nanotekhnologii v promyshlennosti: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Astana: Izdatel'stvo Yevraziyskogo natsional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva, 2016. - S. 152-157.

11. Шаймерденова, Д., Мусабеков, К., Байтелесова, А. и др. Разработка методики определения содержания бензапирена в коксе // Вестник Казахского национального университета имени аль-Фараби: серия химическая и экологическая. - 2015. - № 4. - С. - 54-58. Shaymerdenova, D., Musabekov, K., Baytelesova, A. i dr. Razrabotka metodiki opredeleniya sodержaniya benzapirena v kokse // Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta imeni al'-Farabi: seriya khimicheskaya i ekologicheskaya. - 2015. - № 4. - S. - 54-58.

М.С. Переяславский, А.А. Чернышева, В.Л. Лехтмец

Инновациялар мен жаңа технологиялар, әлемдік Кокс нарығын талдау және кокс өндірісінің болашағы

Инновациялар мен жаңа технологиялар тақырыбын қарастыру, әлемдік кокс нарығын талдау және кокс өндірісінің болашағы, мақалада жаңа технологияларды қарастыру және әлемдік кокс нарығын талдау ұсынылады, осы саланың қоршаған ортаға тигізетін әсерін терең талдау ұсынылады. Авторлар әртүрлі процестер мен қоршаған орта параметрлерін зерттейді, ықтимал проблемаларды анықтайды және процестің қауіпсіздігін жақсарту және қоршаған ортаға теріс әсерді азайту үшін шешімдер ұсынады.

Бұл зерттеу тәсілі экологиялық тұрақтылық стандарттарына сәйкес келетін салалар үшін маңызды ресурс болып табылады. Зерттеу нәтижелері өндірістік және экологиялық мәселелермен айналысатын ғылыми қауымдастықты да қызықтырады.

Сонымен қатар, бұл зерттеудің қоғам үшін маңыздылығын атап өткен жөн. Кокс өндірісіндегі өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздікті арттыру қоршаған ортаны қорғауға және өндірістік нысандардың жанында тұратын адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуға көмектеседі. Кокс өндірісінің қауіпсіздігі мен тиімділігі бірінші орында тұруы керек, бұл мақсатқа жетуде осы бағыттағы зерттеулердің маңызы зор.

Түйін сөздер: кокс, өнеркәсіптік қауіпсіздік, экологиялық қауіпсіздік, технологиялық параметрлер, инновациялар, өңдеу, байыту, гидротазарту, процесс, қатты отын, ХЭА, стандарттар, "қоршаған ортаны қорғау туралы" Қазақстан Республикасының Заңы, "қауіпті өндірістік объектілердегі өнеркәсіптік қауіпсіздік туралы" Қазақстан Республикасының Заңы, нормативтік-техникалық құжаттар, аммиак, скруббер, технология.

M.S. Pereyaslavsky, A.A. Chernysheva, V.L. Lehtmetz

Innovations and new technologies, analysis of the global coke market and prospects for coke production

Considering the topic of innovation and new technologies, analysis of the global coke market and prospects for coke production, the article proposes to consider new technologies and analyze the global coke market, the article offers an in-depth analysis of the environmental impact of this industry. The authors examine various process and environmental parameters, identify potential problems, and propose solutions to improve process safety and reduce negative environmental impacts.

Раздел 1. «Металлургия»

This research approach is an important resource for industrial companies seeking to meet environmental sustainability standards. The results of the study are also of interest to the industrial and environmental research community.

In addition, the relevance of this research to society should be noted. Improving industrial and environmental safety in coke production will help to protect the environment and improve the quality of life of people living near the production facilities. The safety and efficiency of coke production should be the first priority, and research in this area plays a significant role in achieving this goal.

Keywords: coke, industrial safety, environmental safety, technological parameters, Innovations, processing, enrichment, hydrotreating, process, solid fuel, IEA, standards, Law of the Republic of Kazakhstan "On Environmental Protection", Law of the Republic of Kazakhstan "On Industrial Safety at hazardous production facilities", regulatory and technical documents, ammonia, scrubber, technology.

List of used literature

1. Glagoleva O.F., Kapustin V.M., Golubeva I.A. Improving the efficiency and environmental safety of the coking process of petroleum raw materials (review) // Oil refining and petrochemistry. – 2019. – No. 9. – pp. 7-12. 1. Glagoleva O.F., Kapustin V.M., Golubeva I.A. Povysheniye effektivnost i ekologicheskoy bezopasnost protsesssa koksovaniya nefryanogo syr'ya (obzor) // Neftepererabotka i neftekhimiya. – 2019. – No. 9. – S. 7-12.
2. Kapustin V.M., Chernysheva E.A. Prospects of oil refining in Russia in new conditions // NEFTEKOKS-2021: Proceedings of the VII International Forum (Moscow, October 19-20, 2021). Kapustin V.M., Chernysheva Ye.A. Perspektivy neftepererabotki v Rossii v novykh usloviyakh // NEFTEKOKS-2021: Materialy VII mezhdunarodnogo foruma (Moskva, 19-20 oktyabrya 2021 goda).
3. Kandelaki T.L. The market of petroleum coke of the Russian Federation and the world // NEFTEKOKS-2021: Proceedings of the VII International Forum (Moscow, October 19-20, 2021). Kandelaki T.L. Rynok nefryanogo koksa RF i mira // NEFTEKOKS-2021: Materialy VII mezhdunarodnogo foruma (Moskva, 19-20 oktyabrya 2021 goda).
4. Kapustin V.M., Gureev A.A. Oil refining technology. In 4 parts. Part two. Physico-chemical processes. – M.: Chemistry, 2015. – 400 p. Kapustin V.M., Gureyev A.A. Tekhnologiya pererabotki nefi. V 4-kh chastyakh. Chast' vtoraya. Fiziko-khimicheskiye protsessy. – M.: Khimiya, 2015. – 400 s.
5. Kashtalyan G.V. Research of environmental problems and development of measures to improve environmental safety in coke production in the conditions of the Makeyevsky coke Chemical plant of PJSC Makeyevcox: summary on the topic of graduation work / G.V. Kashtalyan; scientific supervisor V.V. Kochura; Donetsk National Technical University, Faculty of Ecology and Chemical Technology, Department of ore-thermal processes and low-waste technology, specialty "Ecology and environmental protection". – Donetsk, 2015. Kashtal'yan G.V. Issledovaniye ekologicheskikh problem i razrabotka meropriyatiy po povysheniyu ekologicheskoy bezopasnosti pri proizvodstve koksa v usloviyakh Makeyevskogo koksokhimicheskogo zavoda CHAO «Makeyevkoks»: referat po teme vpusknoy raboty / G.V. Kashtal'yan; nauchnyy rukovoditel' V.V. Kochura; Donetskii natsional'nyy tekhnicheskii universitet, fakul'tet ekologii i khimicheskoy tekhnologii, kafedra rudnotermicheskikh protsessov i malootkhodnykh tekhnologiy, spetsial'nost' «Ekologiya i okhrana okruzhayushchey sredy». – Donetsk, 2015.
6. Coke production: eco-friendly and economical innovations are coming to the industry // Neftegaz.RU [Electronic resource]. – Access mode: <https://neftegaz.ru/analisis/companies/689786-proizvodstvo-koksa-v-otrasl-prikhodyat-ekologichnye-i-ekonomichnye-innovatsii/> (date of request: 02/05/2024). Proizvodstvo koksa: v otrasl' prikhodyat ekologichnyye i ekonomichnyye innovatsii // Neftegaz.RU [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://neftegaz.ru/analisis/companies/689786-proizvodstvo-koksa-v-otrasl-prikhodyat-ekologichnye-i-ekonomichnye-innovatsii/> (data obrashcheniya: 05.02.2024).
7. Abdrakhmanov, A.A., Kuleshov, V.V., Sadykov, A.K., etc. Investigation of the influence of technological parameters of coke production on its quality and environmental safety // Bulletin of the K.I. Satpayev Kazakh National Technical University. Series: Chemical and Biotechnology. - 2019. - No. 3. - pp.

Раздел 1. «Металлургия»

5-12. Abdrakhmanov, A.A., Kuleshov, V.V., Sadykov, A.K. i dr. Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva koksa na yego kachestvo i ekologicheskuyu bezopasnost' // Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta imeni K.I. Satpayeva. Seriya: Khimicheskaya i biotekhnologiya. - 2019. - № 3. - S. 5-12.

8. Baymukhametov, B.S., Mukhametzhanov, E.Zh., Zhumabaev, N.B. et al. Assessment of the environmental condition of atmospheric air in the zone of influence of coke production // Ecology and nature management of Kazakhstan: a collection of scientific papers. - Almaty: KazNITU Publishing House, 2018. - pp. 98-104. Baymukhametov, B.S., Mukhametzhanov, Ye.ZH., Zhumabayev, N.B. i Dr. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya atmosfernogo vozdukha v zone vliyaniya koksokhimicheskogo proizvodstva // Ekologiya i prirodopol'zovaniye Kazakhstan: sbornik nauchnykh trudov. - Almaty: Izdatel'stvo KazNITU, 2018. - S. 98-104.

9. Gorbunov, G.I., Sharipov, R.S., Sharipova, A.R., etc. Investigation of the process of coke oven gas disinfection based on sorption technologies // Oil and gas business: electronic scientific journal. - 2017. - No. 4. - pp. 87-95. Gorbunov, G.I., Sharipov, R.SH., Sharipova, A.R. i dr. Issledovaniye protsessa obezzolivaniya koksovogo gaza na osnove sorbtsionnykh tekhnologiy // Neftegazovoye delo: elektronnyy nauchnyy zhurnal. - 2017. - № 4. - S. 87-95.

10. Kaliev, O., Turegeldiev, D., Turegeldieva, A. et al. The use of nanomaterials to improve the efficiency and environmental safety of coke production // Nanotechnology in industry: collection of materials of the international scientific and practical conference. - Astana: Publishing House of L.N. Gumilev Eurasian National University, 2016. - pp. 152-157. Kaliyev, O., Turegel'diyev, D., Turegel'diyeva, A. i dr. Primeneniye nanomaterialov dlya povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti proizvodstva koksa // Nanotekhnologii v promyshlennosti: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Astana: Izdatel'stvo Yevraziyskogo natsional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva, 2016. - S. 152-157.

11. Shaimerdenova, D., Musabekov, K., Baytelesova, A. et al. Development of a methodology for determining the content of benzopyrene in coke // Bulletin of the Al-Farabi Kazakh National University: chemical and environmental series.- 2015.- No. 4.- pp. 54-58. Shaymerdenova, D., Musabekov, K., Baytelesova, A. i dr. Razrabotka metodiki opredeleniya sodержaniya benzapirena v kokse // Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta imeni al'-Farabi: seriya khimicheskaya i ekologicheskaya.- 2015.- № 4.- S.- 54-58.