

5. Требования к оценке естественной радиоактивности полезных ископаемых при проведении горных работ на месторождениях строительного сырья, Киев, ГКС, 1997. -45с.

УДК 639

ГУБИН Г.Г., ГУБИН Г.В., ЯРОШ Т.П.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### **КАЧЕСТВО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В МЕСТАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ГМК)**

*В статье рассмотрены основные источники и причины загрязнения окружающей среды в районах размещения предприятий ГМК.*

*У статті розглянуті основні джерела і причини забруднення навколишнього середовища в районах розміщення підприємств ГМК.*

*The article describes the main sources and causes of pollution in the areas where mining companies.*

Одной из основных причин загрязнения атмосферы является сжигание топлива, а воды сброс неочищенных стоков в водоемы. Приводятся меры по оздоровлению водного и воздушного бассейнов в местах дислокации комбинатов ГМК.

Техногенное воздействие на окружающую среду приводит к экологическим последствиям, т.к. нарушает устойчивость экосистем и их продуктивность, к социальным последствиям, приводя к росту заболеваемости, понижению работоспособности, вызывая генетические дефекты и уменьшая продолжительность жизни людей, к экономическим последствиям, уменьшая количество и продуктивность сельхозугодий, ухудшая качество и увеличивая себестоимость продукции.

Международным сообществом для предотвращения экологических и социальных катастроф разработана концепция устойчивого развития. Устойчивое развитие – это социально-экономическое развитие с целью обеспечения достойной жизни нынешних поколений людей без ущерба для будущих поколений.

Средство достижения такой цели – экономический рост, ограничения - состояние окружающей среды. Справиться с экологическими угрозами одной даже крупной стране не под силу. Следует проводить политику коллективной экологической безопасности в мире.

Экологическая ситуация в ГМК Украины не благоприятная, если не сказать плохая. Отсутствует достоверная картина экологического состоя-

ния отрасли. А принимаемые решения по улучшению состояния окружающей среды, как правило, не выполняются в необходимых объемах.

Рассмотрим кратко основные особенности техногенной нагрузки на примере Криворожского железорудного бассейна [1]:

- сброс оборотных вод без очистки или с частичной очисткой в реки Саксагань и Ингулец в количестве 200 млн м<sup>3</sup> ежегодно, в т.ч. шахтных высокоминерализованных вод в объеме 11-12 млн. м<sup>3</sup>. Дренажные воды шахт, карьеров и коммунальные стоки, имеющие кислую среду, проникают в горные породы карбонатного состава и приводят к образованию локальных карстовых воронок, коррозии и проседанию фундаментов зданий и сооружений;

- многолетнее откачивание воды из подземных выработок привело к нарушению гидрогеологического режима региона на глубину более 1,0 км и подтоплению свыше 9,0 тыс. га городской территории;

- складирование отходов только горнорудных предприятий в количестве 12 млрд т привело к возникновению техногенных месторождений;

- существенное загрязнение атмосферы в связи с выбросами в нее сотен тысяч т пыли и газообразных веществ. При взрывах на карьерах на расстоянии 1-1,5 км ПДК по пыли превышает в 15-20 раз, в течение 1-4 часов в радиусе 2-4км из пылевой тучи рассеивается от 200 до 500 т пыли крупностью менее 5 мкм (97-99,5%). На хвостохранилищах при ветре 4-9 м/с на дамбах образования концентрация пыли колеблется от 32 до 600 мг/м<sup>3</sup>, иногда на расстоянии 3-3,5 км ПДК превышает в 5 раз.

В ГМК больше всего окружающую среду загрязняют агломерационные фабрики, построенные в основном в 1950-1960 годах. Выбросы пыли на них составляют порядка 36% от всей пыли комбинатов в расчёте на 1 т стали. Большая часть выбросов приходится на газообразные вещества. Если сравнить отечественную металлургию с металлургией зарубежных стран, то выбросы на меткомбинатах Украины на тонну стали в 10 раз больше, чем на зарубежных, содержание вредных газообразных веществ в них больше в 3,3 раза. Удельные выбросы основных загрязняющих веществ на 1 т выплавляемой стали и их распределение по основным металлургическим переделам на репрезентативном предприятии стран СНГ приведены в таблице 1[2], а в таблице 2 указаны удельные выбросы загрязняющих веществ на 1 т стали на предприятиях стран СНГ и Западной Европы [3]. Как следует из таблицы 2, металлургические предприятия стран СНГ имеют выбросы в несколько раз больше по сравнению с западноевропейскими и в сравнении с Оскольским электрометаллургическим комбинатом в России, использующим технологию бескокосовой металлургии;

- нарушение земель (34 тыс. га) при незначительных темпах их рекультивации, а также необходимость отвода земель, в т ч. Сельхозугодий, под складирование твердых и жидких отходов;

- значительное загрязнение почв токсичными химическими элементами (до 30 токсичных элементов, 18 из которых относятся к первому, второму и третьему классам опасности по токсичности для человека) [4];

- дополнительная высокая дозовая нагрузка от природных радионуклидов (радон 222) [5];

- предельная концентрация нарушений земной коры и развитие экзогенных геологических процессов (оползни, провалы, карст, проседание почв) неотектонических процессов (разломы земной коры и движение ее блоков). Общие объемы земной коры, которые подвержены антропогенным геомеханическим процессам в Кривбассе составляют 16-17 млрд м<sup>3</sup> массой около 50 млрд т при интенсивности нарушений 117-118 млн. м<sup>3</sup>/год, которая ежегодно возрастает вследствие открытых и подземных горных работ образовалось более 6 млрд м<sup>3</sup> пустот. Все это чревато возникновением техногенных землетрясений, природа которых пока точно не выяснена.

Таблица 1

*Отходы образующиеся на репрезентативном металлургическом предприятии стран СНГ в расчете на 1 т выплавляемой стали.*

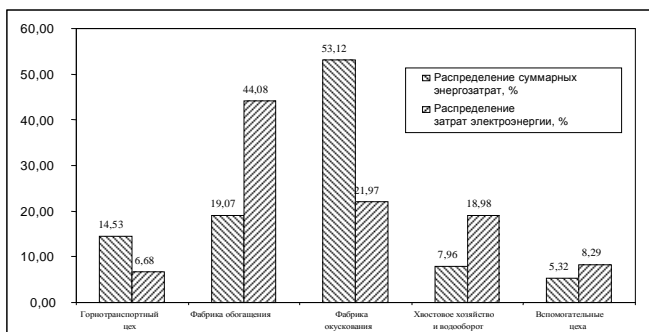
Виды производства	Пыль		Диоксид серы		Оксиды азота		Оксид углерода		Сумма	
	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%
Агломерация	1,785	36,5	1,717	53,5	0,55	20,0	27,2	74,0	31,25	65,15
Производство кокса	0,485	9,4	0,350	10,9	0,27	9,8	2,99	8,05	4,095	8,55
Доменное производство	0,666	12,9	0,090	2,8	0,074	2,7	1,86	5,1	2,64	5,80
Сталеплавильное производство	0,987	19,2	0,117	3,7	0,612	22,2	3,92	10,65	5,635	11,77
Другие производства	1,257	22,0	0,945	29,1	1,25	45,3	0,83	2,2	4,285	8,93
Итого:	5,18	100	3,20	100	2,76	100	36,8	100	47,957	100

Таблица 2

*Удельные выбросы основных загрязняющих веществ, в расчете на 1 т выплавляемой стали.*

Тип отходов	Предприятия стран СНГ	ММК (Россия)	Voestalpine (Австрия)	Hoogovens (Нидерланды)	ОЭМК (Россия)
Пыль, кг/т	5,18	7,3	0,52	0,4	1,64
Диоксид серы, кг/т	3,2	4,1	0,63	1,1	0,25
Оксиды азота, кг/т	2,76	2,8	0,61	1,2	2,8

Одной из важнейших причин загрязнения окружающей среды является сжигание органического топлива для производства энергии. В настоящее время расход энергии у нас на ГОКах и в целом в ГМК значительно превышает по удельному расходу по сравнению с промышленно развитыми странами. На рис. 1 приведены потребление энергии в основных структурных подразделениях горно-обогатительного комбината.



*Рис. 1. Распределение энергозатрат между основными структурными подразделениями горно-обогатительного комбината*

Показано, что основными потребителями энергоресурсов являются процессы обогащения и окучивания, на которые приходится 72,19% затрат энергии. Наиболее энергозатратными технологическими процессами является окучивание концентрата – 53,12% суммарных затрат ГОКа. На обогащение приходится 19,07%. В тоже время обогатительная фабрика является основным потребителем электроэнергии – 44,08% общекombинатских затрат, за ней следует фабрика окучивания и хвостовое хозяйство с водооборотом. Отсюда следует, что для получения наибольшей экономии электроэнергии на ГОКе, необходимо применить инновационные технологии и оборудование для измельчения. И такие существуют уже сейчас в разной степени готовности их использования на предприятиях. Сюда можно отнести, дезинтеграцию руды в роллер-прессах, вертикальных мельницах, роликовых мельницах, в шаровых мельницах с высокой степенью заполнения. Но сегодняшние собственники их топ менеджеры не восприимчивы к отечественным инновациям и предпочитают финансировать зарубежных разработчиков и производителей новой техники.

На рис. 2 приведена энергоёмкость всех главных технологических переделов ГМК. Как следует из данных рисунка, основным потребителем энергии является доменное производство чугуна. При выплавке чугуна основные затраты связаны с расходом кокса. Затраты топливно-энергетических ресурсов в доменном цехе обычно составляют 40-58% расхода всех энергоресурсов на производство готовой продукции ГМК, т.

е. проката. Общая энергоёмкость производства проката составляет 39-40 кДж/т. ГКМ Украины до недавнего времени потребляла более 53 млн. т условного топлива, в т. ч. 9 млрд. м<sup>3</sup> природного газа, из которых 2,5 млрд. м<sup>3</sup>/год вдували в доменные печи.

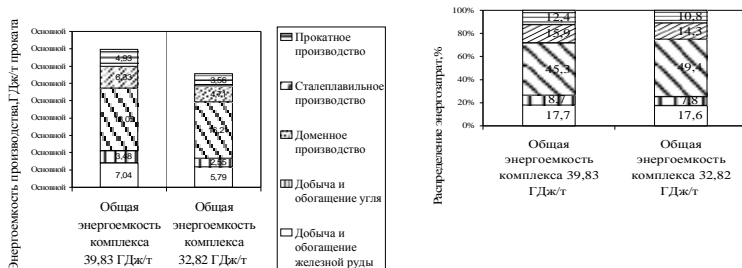


Рис. 2. Энергоёмкость технологических переделов ГКМ.

а) энергоёмкость производств в настоящее время; б) энергоёмкость производств после проведения организационно-технических мероприятий.

В доменном производстве имеются резервы снижения расхода кокса и отказа от природного газа – это вдувание пылеугольного топлива (ПУТ). Технология ПУТ позволит уменьшить расход кокса с 500 кг/т чугуна до 350-250 кг/т чугуна. Однако для этого требуется кардинальное улучшение качества кокса и железорудной части шихты, вывод сырого известняка из доменной шихты, снижения количества шлака, а значит увеличение содержания железа в агломерате и окатышах, повышение температуры дутья, внедрение новых приборов для системы оперативного контроля и др.

Для снижения расхода энергии, улучшения охраны окружающей среды и повышения конкурентоспособности мировые производители металла проводят радикальные мероприятия в ГКМ. Так, в США из 197 доменных печей за 25 лет осталось функционирующих только 34. Производство стали осуществляется на 60-70% в кислородных конверторах и 40-30% в электродуговых печах. Металлургия пошла по пути сооружения мини-заводов для выплавки стали из металлолома и применения литейно-прокатных модулей. В США, например, на долю мини-заводов приходится порядка 60% выплавляемой стали. Прогнозируется, что в США и странах ЕС доля чугуна при производстве стали снизится с 50% до 10-15%. На выплавку 1 т стали из металлолома на передельных заводах расходуется 8,5 ГДж энергии, а на интегрированных заводах с полным циклом из железорудного сырья 19 ГДж.

К основным достоинствам мини-заводов относят низкую капиталлоёмкость относительно небольшие затраты энерго-материальных ресурсов,

низкий уровень загрязнения окружающей среды, т.к. отсутствует добыча и переработка железной руды и угля.

Получение плоского проката рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений развития металлургии. Технической основой таких предприятий являются литейно-прокатные модули (ЛМП), совмещающие процессы непрерывной разливки стали на заготовку и её последующую прокатку. Такая схема позволяет в 8-10 раз снизить затраты энергетических ресурсов, в 40-50 раз сократить потери металла в окалину, в 5-10 раз повысить производительность труда, в 10-20 раз снизить выбросы парниковых газов при значительном уменьшении капитальных затрат.

Ряд стран пошли по пути бескоксовой металлургии, особенно те, где имеются запасы природного газа, а также те, где велики месторождения энергетических углей [6].

С точки зрения экологии, главное преимущество бескоксowych технологий – это исключение коксо-химических выбросов.

Как уже отмечалось, в ГМК Украины больше всего загрязняют аглофабрики. Это объясняется тем, что используется физически устаревшее изношенное оборудование и технологии. Во всем мире имеется 250 агломерационных установок, из которых 70 – в странах ЕС, большинство из них на современном техническом уровне. Например, на аглофабрике «Фест Альпине» (Австрия) работает установка MEROS, обеспечивающая остаточное содержание пыли в аглогазах менее  $3 \text{ мг/м}^3$ , отфильтровывается 97% диоксида и 95% тяжелых металлов. Все это за счёт противоточного введения добавок. Для улавливания пыли применяют сухую газоочистку в рукавных фильтрах. Сама установка представляет собой реактор диаметром 10 м и высотой 56 м, снабженной самыми современными устройствами для фильтрования, продувки, электропитания, контроля и измерений. Мелкодисперсная пыль, а также металлические и органические вредные вещества с высокой скоростью связываются в последовательных технологических операциях путем вдувания адсорбирующих и десульфуризирующих средств. В этой технологии не образуется сточных вод. Каждый час на установке очищается 1 млн.  $\text{м}^3$  отходящих газов при производстве 3 млн т агломерата в год.

Работа многих зарубежных аглофабрик является для нас примером, как можно окусковывать руду не принося большого ущерба окружающей среде.

Теперь вернемся к загрязнению водного бассейна, связанного с откачкой шахтных вод и существованием шламохранилищ на ГОКах. Согласно проектам в хвостохранилище ГОКов Кривбасса должно перекачиваться ежегодно около 2,5 млрд.  $\text{м}^3$  пульпы с массовой долей твердого 3-5%. На подачу 1000 т отходов в хвостохранилище расходуется 6500-8000 кВт·ч электроэнергии, а на перекачку на обогатительную фабрику  $1000 \text{ м}^3$

осветленной воды – 200-400 кВт·ч. Расход воды на фабриках составляет 30-40 м<sup>3</sup>/т концентрата.

На хвостовое хозяйство и водооборот затрачивается почти 19% энергии от суммарных затрат ГОКа (рис. 1).

Хвостохранилища представляют собой сложные гидротехнические сооружения, наносящие значительный ущерб окружающей среде, как в результате пыления пляжей, так и подтапливания и засаливания сельскохозяйственных угодий, а также загрязнения наземных и подземных вод.

В настоящее время в развитых горнодобывающих странах принята схема внутрифабричного водооборота, позволяющая значительно сократить затраты на перекачку хвостов и осветления воды. Такая технология применяется на Лебединском ГОКе (Россия). Установлено, что предварительное сгущение хвостов до 25% твёрдого уменьшает объём перекачиваемой пульпы в 5 раз, и до 50% твёрдого – почти в 10 раз. Несмотря на прогрессивность данного способа, он не устраняет многих проблем, так остаётся необходимость в сооружении дамб и плотин хвостохранилищ, а значит, не решаются вопросы защиты окружающей среды и безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений.

Наиболее радикальным направлением является сухое складирование отходов. Однако такая схема требует определенной подготовки хвостов. На рис. 3 представлена схема обезвоживания отходов обогащения при полном замкнутом внутрифабричном водообороте и сухом складировании хвостов [7]. Отвальные хвосты направляются в радиальный сгуститель, после сгущения до 40-50% твёрдого их обезвоживают на дисковых вакуум-фильтрах до влажности кека 19-22%. Для ускорения осветления можно применять различные флокулянты.

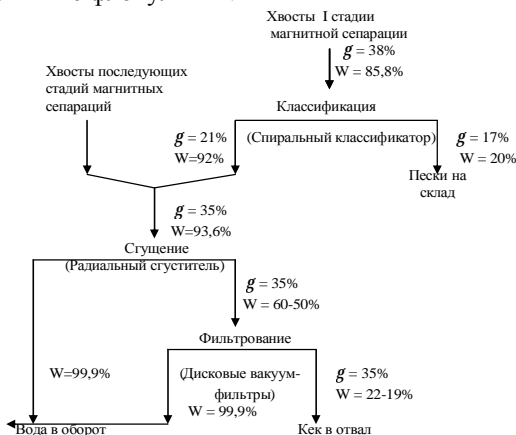


Рис. 3. Схема обезвоживания отходов обогащения при полном замкнутом внутрифабричном водообороте и сухом складировании хвостов.

Более поздние исследования показали возможность интенсификации процессов сгущения и фильтрования мокрых отходов обогащения. Интенсификация сгущения достигалась как за счет применения полочных сгустителей, так и обработки сгущаемой пульпы постоянным электрическим током для электрофоретического ускорения осаждения частиц [8, 9].

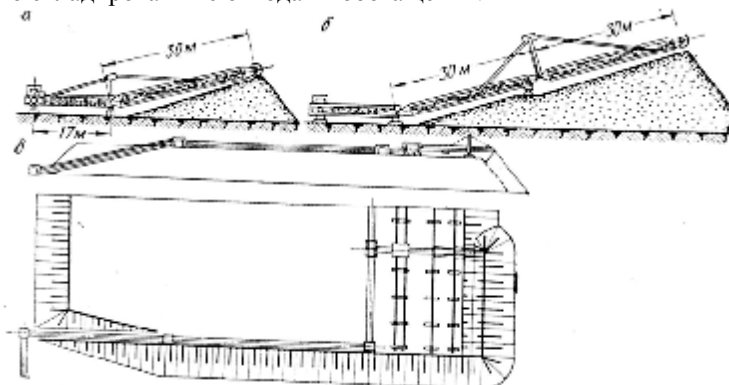
Интенсификация вакуум-фильтрования также достигалась при наложении на кек постоянного тока, что приводило к ускорению переноса влаги. Установлена возможность дополнительного снижения влажности материала крупностью 94-97% класса минус 0,074 мм на 4% [10-12].

Определённый интерес представляет также разработка схем обезвоживания отходов обогащения для их последующего безобжигового окускования в виде брикетов или окатышей [13].

Таким образом, современные методы сгущения и фильтрования хвостов обеспечивают их подготовку к сухому складированию, что позволяет устранить загрязнение водных объектов от стоков обогатительных фабрик ГОКов.

В работе [14] представлена технология сухого складирования больших масс хвостов при помощи консольных отвалообразователей (рис. 4).

Известна идея использования отвалов вскрышных пород для совместного складирования с отходами обогащения.

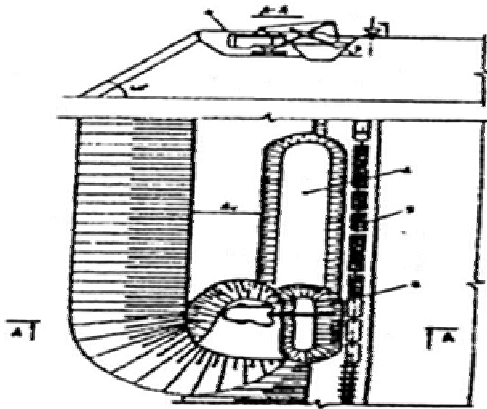


*Рис. 4. Схема сухого складирования хвостов с использованием на отвале опорно-звеньевых консольных отвалообразователя:*

*а – отсыпка отвала первым звеном; б – отсыпка отвала вторым и последующими звеньями; в – заполнение хвостами первого яруса отвала*

Предложен способ отвалообразования скальных пород с одновременным захоронением отходов городских сочных вод (рис. 5) [15], который позволяет не только использовать существующую транспортную инфраструктуру и технику отвального хозяйства, но и производить захоронение в принципе любых отходов.





*Рис. 5. Схема совместного отвалобразования пород вскрывши и отходов обогащения*

Можно констатировать, что имеются научные и технические предпосылки для осуществления в Кривбассе энерго-ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий. Эти технологии позволят предотвратить загрязнение атмосферы, вод и окружающих территорий, уменьшить необходимость отчуждения земель сельхозугодий для производственных нужд, а также снизить риски техногенных катастроф.

*Список литературы:*

1. Губин Г.В., Голярчук Н.И. Проблемы техногенной безопасности в горнодобывающих регионах (на примере Кривбасса). Горная промышленность. Специальный выпуск. Февраль 2011. -С. 50-54.
2. Карабасов Ю.С., Юсфин Ю.С., Курунов И.Ф. и др. Проблемы экологии и утилизации техногенного сырья в металлургическом производстве// Теория и практика производства чугуна: Сборник трудов международной научно-технической конференции. Кривой Рог. КГГМК «Криворожсталь». -2004. –С. 90-101.
3. Сеченя И.А., Сафронов А.Ф. Почему чёрная металлургия не соблюдает природоохранные нормы. Исключение из правил// Металлы Евразии. -2001. -С. 94-97.
4. Маяков И.Д. Экологическая оценка состояния геологической среды. Геологическая среда антропогенной экосистемы. Национальный Экоцентр Украины. Криворожское отделение. Кривой Рог, -2001, -С. 29-43.
5. Кривошей Л.О. Обзор состояния и методов обеспечения радионной безопасности в жилье Кривбасса. Геологическая среда антропогенной экосистемы. Национальный Экоцентр Украины. Криворожское отделение. Кривой Рог, -2001, -С. 76-87.
6. Губин Г.В., Півень В.О. Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза. Кривий Ріг, 2010. –333 с.

7. Писарев А.М., Вовк Н.Е. Обезвоживание хвостов Первомайского железорудного комбината// Тематический сборник. Обогащение руд чёрных металлов. –Вып. 5. –1976. –С. 134-138.

8. Губин Г.Г. Экспериментальные исследования сгущения тонкоизмельченных суспензий в гравитационно-электрическом поле// Сб. науч. тр. Качество минерального сырья. –Кривой Рог: КТУ. -2002. –С. 158-162.

9. Гурин А.А., Губин Г.Г., Белик В.В. и др. Технология внутрифабричного водооборота с интенсификацией сгущения воздействием постоянного электрического тока// Науч. техн. сб. Разработка рудных месторождений. –Вып. 87. –Кривой Рог: КТУ. –2004. –С. 57-59.

10. Щербаков О.К., Лебедев А.Н., Горелых А.С. Применение электроосмоса при фильтрации железорудных концентратов// Черметинформация. –1972. -№11. –С. 32-33.

11. Щербаков О.К., Лебедев А.Н., Горелых А.С. Вакуумфильтрация титано-магнетитового концентрата в поле постоянного тока// Горный журнал. –1974. -№9. –С. 58-59.

12. Тильга А.К. Электроосмотическое использование хвостов для использования их в закладке// Сб. науч. тр. ин-та «Казмеханобр» – 1982. -№25. – С.13-15.

13. Савельев С.Г., Губин Г.Г. Разработка схемы безобжигового окускования хвостов обогащения магнетитовых кварцитов// Науч. техн. сб. Разработка рудных месторождений. –Вып. 85. –Кривой Рог: КТУ. –2004. –С. 85-89.

14. Новая технология складирования шламов мокрого обогащения. Л.Р. Мигуцкий, Е.В. Горбунов, Г.Л. Андриуц и др// Бюл. Ин-та Черметинформация. –1972. –Сер. 2. Вып. 4. –С. 13-16.

15. Ковальчук В.А. Использование действующих отвалов для захоронения отходов с последующей их рекультивацией// Разработка рудных месторождений. –Вып. 68. –1999. –С. 3-6.

### **УДК 629.3**

Ю.А. МОНАСТЫРСКИЙ, д-р техн. наук, Е.Ю. ДАНИЛЕНКО, аспирант ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,

ВИВЧАРИК А.С. главный специалист по автотранспорту ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог»

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ГРУЗА И ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГОРЯЧИХ ШЛАКОВ КАРЬЕРНЫМИ САМОСВАЛАМИ БЕЛАЗ 7547**

*Головним показником, що визначає технічний стан працюючого самоскиду при перевезенні гарячого шлаку є температура вантажу. У статті визначено рівень тепловитрат гарячого шлаку при перевезенні його в кузові кар'єрного самоскида БелАЗ 7547. Наведено результати*