

# Горные машины и экологические стандарты стран мира

Марк Леонтьевич ХАЗИН\*

Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург

## Аннотация

**Цель работы** – анализ проблем использования горных машин с дизельными двигателями, выхлопные газы которых оказывают вредное влияние на здоровье человека и окружающую среду.

**Методология проведения исследований.** Проанализированы экологические проблемы, возникающие при использовании горных машин, и экологические нормы, регламентирующие использование дизельных двигателей в разных странах мира.

**Результаты.** Охрана окружающей среды является одной из важнейших проблем человечества, так как от ее решения зависят жизни людей, их здоровье и благосостояние. В горнодобывающей промышленности эксплуатируется огромное количество оборудования с дизельными двигателями: карьерные самосвалы, экскаваторы, буровые станки и другие горные машины. Выхлопные газы двигателей содержат токсичные элементы, оказывающие значительное влияние на здоровье персонала и окружающую среду. Загазованность рабочей атмосферы влечет за собой необходимость остановки карьера, а ухудшение видимости на трассе также обуславливает частичную или полную остановку работы оборудования, пока содержание вредных веществ в воздухе не снизится до нормы. На сегодняшний день экологические требования к двигателю автомобиля являются приоритетными, поэтому мировое двигателестроение направлено не только на повышение их производительности, но и на значительное улучшение их экологических характеристик. Проблема загрязнения атмосферы вредными веществами, содержащимися в выхлопе дизельных двигателей, становится глобальной. Для ее решения требуются совместные усилия многих стран. Инструментом для сближения в данной сфере служат международные конвенции и принятие соответствующих стандартов.

**Выводы.** Большинство стран Европы, Азии и Америки ориентируются на сходные нормы по содержанию вредных веществ в выхлопных газах. Евросоюз в этом плане является своеобразным авторитетом: он наиболее часто обновляет эти показатели и внедряет жесткое правовое регулирование. Другие страны следуют за такой тенденцией и также обновляют нормы выбросов.

**Ключевые слова:** карьерный самосвал, экология, открытые горные работы, выбросы, токсичные элементы, дизельное топливо, карьер.

## Введение

Охрана окружающей среды является одной из важнейших проблем человечества, так как от ее решения зависят жизнь людей, их здоровье и благосостояние. В горнодобывающей промышленности эксплуатируется огромное количество оборудования с дизельными двигателями: карьерные самосвалы, экскаваторы, буровые станки и другие горные машины. Дизельные двигатели горных машин, внедорожной и специальной техники дают существенный объем загрязняющих выбросов из-за низкого качества отечественного дизельного топлива и специфических условий работы на ограниченных площадях. Загазованность рабочей атмосферы влечет за собой необходимость остановки карьера, а ухудшение видимости на трассе также обуславливает частичную или полную остановку работы оборудования, пока содержание вредных веществ в воздухе не снизится до нормы [1, 2]. На сегодняшний день экологические требования к двигателю автомобиля являются приоритетными, поэтому мировое двигателестроение направлено не только на повышение их производительности, но и на значительное улучшение их экологических характеристик. Кроме того, на многих

карьерах используются самосвалы, экскаваторы и буровые станки, выпущенные еще в конце XX в. Эта техника оснащена отечественными двигателями, которые неотягивают до мировых экологических норм.

В Сибири и на Крайнем Севере имеются значительные проблемы эксплуатации транспортных средств с мощными двигателями. В частности, из-за проблем запуска при низких температурах дизели часто не глушатся в течение всего зимнего периода. В результате вырабатывается ресурс двигателя, имеет место значительный перерасход топлива и, соответственно, увеличение объемов выбросов выхлопных газов. Кроме горных машин значительную долю в загрязнение окружающей среды вредными выбросами выхлопных газов вносят стационарные дизель-электрические станции. Выбросы дизельных двигателей оборудования в пределах арктической части Российской Федерации оказывают значительное влияние на общую концентрацию черного углерода (сажевых частиц) в Арктике. Природа Севера весьма чувствительна к такому воздействию [3–5]. Кроме сажи в выхлопных газах двигателей также содержатся многие тяжелые металлы

\* Khasin@ursmu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6081-4474>

(бериллий, кадмий, ртуть и др.), которые попадают в почву, поверхностные и грунтовые воды [6].

#### Цель работы

Целью работы является анализ проблем использования горных машин с дизельными двигателями. Дизельные двигатели горных машин, как правило, работают в тесном окружении людей. При постоянном воздействии выхлопных газов на организм развиваются иммунодефицит, бронхиты, страдают сосуды головного мозга, нервная система и другие органы. Формальдегиды и другие углеводороды в выхлопных газах дизельных двигателей, возможно, вызывают рак у людей при воздействии в течение года. Так, например, рак легких был обнаружен у горнорабочих, которые подвергались воздействию выхлопных газов дизельных двигателей на протяжении 10–20 лет [7–10].

#### Методология проведения работы

Основная доля двигателей внутреннего сгорания горных машин приходится на технологический транспорт – специальную и внедорожную технику. На сегодняшний день экологические требования к двигателю автомобиля являются приоритетными [11, 12]. Развитие двигателей горных машин направлено на повышение их производительности, уменьшение затрат труда на их техническое обслуживание и ремонт; повышение топливной экономичности и значительное улучшение экологических характеристик.

#### Европа

Для внедорожной техники, тягачей и карьерных самосвалов, в том числе и дизельных генераторов, действует серия европейских стандартов Stage (Директива 97/68/ЕС), которые регламентируют максимальное содержание в выхлопных газах четырех токсичных составляющих – оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) и углерода (СО), углеводородов (СН) и твердых частиц или сажи (РМ).

Первый стандарт Stage 1 был введен в 1999 г. Более жесткие нормы Stage 2 вступали в действие поэтапно с 2001 по 2004 г., в зависимости от полезной мощности двигателей. С января 2001 г. под их действие попали двигатели мощностью 18–37 кВт, а затем и дизели мощностью от 130 до 560 кВт, которыми оборудуются строительные и горные машины массой от 20 до 100 т (табл. 1).

Одним из направлений улучшения экологических характеристик дизельных топлив является уменьшение в их составе соединений серы. Требования к их содержанию постоянно ужесточаются: от 500  $\text{млн}^{-1}$  (в 1996 г.) до 50  $\text{млн}^{-1}$  (в 2005 г.). В 2010 г. в соответствии с европейскими стандартами Euro 5 максимальное содержание серы в бензине и дизельном топливе должно составлять 10  $\text{млн}^{-1}$  [6].

Нормы Stage 3 постепенно вступили в силу с 2006 по 2013 г., а нормы Stage 4 были введены в действие в 2014 г. Эти стандарты дополнительно к тем категориям дви-

**Таблица 1. Нормы Евросоюза Stage 1 и Stage 2 по токсичности выхлопных газов дизельных двигателей внедорожных машин.**  
Table 1. European Union Stage 1 and Stage 2 emission standards for off-road diesel engines.

Норма	Полезная мощность (нетто), кВт	Год	Содержание токсичных веществ в выхлопных газах, г/(кВт × ч)			
			СО	СН	$\text{NO}_x$	Сажа
Stage 1	37–75	1999	6,5	1,3	9,2	0,85
	75–130		5,0	1,3	9,2	0,70
	130–560		5,0	1,3	9,2	0,54
Stage 2	18–37	2001	5,5	1,5	8,0	0,80
	37–75	2004	5,0	1,3	7,0	0,40
	75–130	2003	5,0	1,0	6,0	0,30
	130–560	2002	3,5	1,0	6,0	0,20

Под действие Stage 2 с 31 декабря 2006 г. также подпадают двигатели, работающие при постоянной частоте вращения.

**Таблица 2. Нормы Евросоюза Stage 3 и Stage 4 по токсичности выхлопных газов дизельных двигателей внедорожных машин.**  
Table 2. European Union Stage 3 and Stage 4 emission standards for off-road diesel engines.

Норма	Полезная мощность, кВт	Категория	Год	Содержание токсичных веществ в выхлопных газах, г/(кВт × ч)			
				СО	СН	$\text{NO}_x$	Сажа
Stage 3A	19–37	K	2007	5,5	7,50	–	0,600
	37–75	J	2008	5,0	4,70	–	0,400
	75–130	I	2007	5,0	4,00	–	0,300
	130–560	H	2006	3,5	4,00	–	0,200
Stage 3B	19–37	P	2013	5,0	4,70	4,7	0,025
	37–75	N	2012	5,0	0,19	3,3	0,025
	75–130	M	2012	5,0	0,19	3,3	0,025
	130–560	L	2011	3,5	0,19	2,0	0,025
Stage 4	56–130	R	2014	5,0	0,19	0,4	0,025
	130–560	Q	2014	3,5	0,19	0,4	0,025

гателей, которые подпадают под действие норм Stage 1 и Stage 2, ограничивают токсичность выхлопных газов двигателей железнодорожных локомотивов и водных судов, используемых на внутренних водных транспортных артериях. Под действие норм Stage 3–4 (табл. 2) подпадают только новые транспортные средства и оборудование, а машины, уже находящиеся в эксплуатации, можно продолжать использовать, если двигатели соответствуют нормам Stage 1 и Stage 2.

Стандарт Stage 4 ограничивает предельное содержание сажи (твердых частиц) в пределах 0,020–0,025 г/(кВт × ч). Системы выпуска двигателей, чтобы обеспечить соответствие этим нормам (составляющим приблизительно 90 %-ное уменьшение содержания токсичной составляющей по сравнению с нормами Stage 2), по-видимому, придется оборудовать сажевыми фильтрами. Для некоторых двигателей может также потребоваться нейтрализация выхлопных газов при помощи каких-либо устройств в системе выпуска, например, избирательная каталитическая нейтрализация выхлопных газов с аммиачным реагентом (SCR), чтобы обеспечить соответствие очень жестким нормам Stage 4 по NO<sub>x</sub> – 0,4 г/(кВт × ч).

На основе директив Евросоюза разрабатываются национальные стандарты государств-членов этой организации. Следом за Евросоюзом другие государства также стали вводить подобные экологические нормативы.

#### Нормы выбросов в США

Двигатели всех транспортных средств (легковые и

большегрузные автомобили, а также внедорожная техника) в США подпадают под действие стандартов Tier. Всеобъемлющий характер стандартов Tier проявляется даже в принятой классификации двигателей по мощности: 0–18 кВт, 19–55 кВт, 56–129 кВт, 130–560 кВт и более 560 кВт, тогда как европейские нормы охватывают всего лишь дизельные двигатели мощностью 56–129 кВт и 130–560 кВт. Для каждой группы установлены свои ограничения вредных выбросов.

Федеральные стандарты Tier 1 для дизельных двигателей мощностью свыше 37 кВт (50 л. с.) внедорожных машин были приняты в 1994 г. и вступали в действие поэтапно, в период с 1996 по 2000 г. Стандарты Tier 2 и Tier 3 (табл. 3) вводили в действие с 2000 по 2008 г.

Двигатели всех типоразмеров также должны соответствовать нормам дымности: 20 % непрозрачности на режиме разгона, 15 % – при торможении двигателем, 50 % – при максимальной мощности. Нормы предусматривают проверку по нескольким другим контрольным величинам, получаемым путем пересчета: осреднение, объединение и обмен значений содержания токсичных веществ, а также по максимальным величинам. «Предел по токсичности семейства двигателей» (FEL) служит критерием осредненных показателей токсичности выхлопных газов всего семейства двигателей.

Нормы Tier 4 (табл. 4), введенные в действие поэтапно с 2008 по 2015 г., предусматривают значительное сокращение NO<sub>x</sub> и сажи, а также более строгие ограничения

**Таблица 3. Нормы США Tier по токсичности выхлопных газов дизельных двигателей внедорожных машин.**  
Table 3. US Tier emission standards for off-road vehicle diesel engine emissions.

Мощность двигателя, кВт (л. с.)	Норма	Год	Содержание токсичных веществ в выхлопных газах, г/(кВт × ч) (г/(л. с. × ч))				
			CO	CH	NMHC + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Сажа
Менее 8 (менее 11)	Tier 1	2000	8,0 (6,0)	–	10,5 (7,8)	–	1,00 (0,75)
	Tier 2	2005	8,0 (6,0)	–	7,5 (5,6)	–	0,80 (0,60)
8–19 (11–25)	Tier 1	2000	6,6 (4,9)	–	9,5 (7,1)	–	0,80 (0,60)
	Tier 2	2005	6,6 (4,9)	–	7,5(5,6)	–	0,80 (0,60)
19–37 (25–50)	Tier 1	1999	5,5 (4,1)	–	9,5 (7,1)	–	0,80 (0,60)
	Tier 2	2004	5,5 (4,1)	–	7,5(5,6)	–	0,60 (0,45)
37–75 (50–100)	Tier 1	1998	–	–	–	9,2 (6,9)	–
	Tier 2	2004	5,0 (3,7)	–	7,5 (5,6)	–	0,30 (0,22)
	Tier 3	2008	5,0 (3,7)	–	4,7 (3,5)	–	Не установлены
75–130 (100–175)	Tier 1	1997	–	–	–	–	–
	Tier 2	2003	5,0 (3,7)	–	6,6 (4,9)	–	0,30 (0,22)
	Tier 3	2007	5,0 (3,7)	–	4,0(3,0)	–	Не установлены
130–225 (175–300)	Tier 1	1996	11,4(8,5)	1,3 (1,0)	–	9,2 (6,9)	0,54 (0,40)
	Tier 2	2003	3,5 (2,6)	–	6,6 (4,9)	–	0,20 (0,15)
	Tier 3	2006	3,5 (2,6)	–	4,0(3,0)	–	Не установлены
225–450 (300–600)	Tier 1	1996	11,4 (8,5)	1,3 (1,0)	–	9,2 (6,9)	0,54 (0,40)
	Tier 2	2001	3,5(2,6)	–	6,4 (4,8)	–	0,20 (0,15)
	Tier 3	2006	3,5 (2,6)	–	4,0 (3,0)	–	Не установлены
450–560 (600–750)	Tier 1	1996	11,4 (8,5)	–	–	9,2 (6,9)	0,54 (0,40)
	Tier 2	2002	3,5(2,6)	–	6,4 (4,8)	–	0,20 (0,15)
	Tier 3	2006	3,5 (2,6)	–	4,0 (3,0)	–	Не установлены
Более 560 (более 750)	Tier 1	2000	11,4 (8,5)	1,3 (1,0)	–	9,2 (6,9)	0,54 (0,40)
	Tier 2	2006	3,5 (2,6)	–	6,4 (4,8)	–	0,20 (0,15)

Примечание. NMHC – неметановые углеводороды.

Если нормы по уровню содержания сажи не установлены, то двигатели должны соответствовать нормам Tier 2.

содержания СН. Нормы содержания СО остались без изменений, как в Tier 2, 3.

Нормы Tier 4 предусматривают оценку по предельно допустимым нормам (NTE). Для двигателей большинства категорий по нормам NTE допускается превышать уровень содержания каждой токсичной составляющей выхлопных газов в 1,25 раза относительно указанного в стандарте. Двигатели должны соответствовать требованиям норм NTE как при сертификации, так и в период всего срока эксплуатации.

Если обратиться непосредственно к цифрам, то последние редакции американских стандартов соответствуют европейским (табл. 3, 4). Что касается ограничения количества серы в дизельном топливе, то впервые количество серы на обоих континентах начинает лимитироваться в стандартах Euro 3 и Tier 3.

Стандарты EU Stage 4 и US Tier 4 Final – самые «свежие» действующие экологические стандарты по ограничению вредных выбросов двигателей внедорожной техники. Эти стандарты схожи по номенклатуре и нормам. Это сделано для того, чтобы в условиях современной глобализации не было необходимости для каждого рынка создавать отдельные двигатели.

Однако в Евросоюзе уже рассматривается проект новых, более жестких норм по выбросам – Stage 5, которые предположительно могут вступить в действие не ранее 2019 или 2020 г. (табл. 5). В США это будет соответствовать стандарту Tier 5.

Стандарты Stage 4 распространяются сейчас на двигатели мощностью от 56 до 560 кВт. В сферу действия Stage 5 попадут все силовые агрегаты независимо от мощности: менее 19 кВт и свыше 560 кВт.

Следует отметить, что для установки соответствия Tier 5 нормам Stage 5 в экологические стандарты США придется внести принципиальные изменения. Дело в том, что в Stage 5 ограничивается количество твердых частиц (PN) в выбросах, и для выполнения этих требований необходимо обязательно использовать сажевый фильтр DPF, в то время как нормы Tier 4 могут быть выполнены без использования сажевого фильтра.

Большую озабоченность ученых и транспортников вызывают выбросы дизельными двигателями дисперсных частиц (particulate matter – PM). В чистом виде сажа является нетоксичной. Однако частицы сажи, имея высокую адсорбционную способность, несут на своей поверхности токсичные вещества. Наибольшую опасность

**Таблица 4. Нормы США Tier 4 и Tier 4 Final по токсичности выхлопных газов дизельных двигателей внедорожных машин.**  
**Table 4. US Tier 4 and Tier 4 Final emissions standards for off-road diesel engines.**

Мощность двигателя, кВт (л. с.)	Год	Содержание токсичных веществ в выхлопных газах, г/(кВт × ч) (г/(л. с. × ч))				
		СО	NMHC	NMHC + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Сажа
<i>Tier 4</i>						
Менее 8 (менее 11)	2008	8,0 (6,0)	–	7,5 (5,6)	–	0,40 (0,3)
8–19 (11–25)	2008	6,6 (4,9)	–	7,5 (5,6)	–	0,40 (0,3)
19–37 (25–50)	2008	5,5 (4,1)	–	7,5 (5,6)	–	0,30 (0,22)
	2013	5,5 (4,1)	–	4,7 (3,5)	–	0,03 (0,022)
37–56 (50–75)	2008	5,0 (3,7)	–	4,7 (3,5)	–	0,30 (0,22)
	2013	5,0 (3,7)	–	4,7 (3,5)	–	0,03 (0,022)
56–130 (75–175)	2012–2014	5,0 (3,7)	0,19 (0,14)	–	0,4 (0,3)	0,02(0,015)
130–560 (175–750)	2011–2014	3,5 (2,6)	0,19 (0,14)	–	0,4 (0,3)	0,02(0,015)
Более 900 (1223)	2014	3,5 (2,6)	0,40 (0,30)	–	3,5 (2,6)	0,10 (0,07)
<i>Tier 4 Final</i>						
130–560 (175–750)		3,5 (2,6)	0,19 (0,14)	–	0,4 (0,3)	0,02(0,015)

**Таблица 5. Нормы Евросоюза Stage 5 по токсичности выхлопных газов дизельных двигателей внедорожных машин и генераторных установок.**

**Table 5. EU Stage 5 emission standards for exhaust gas of diesel engines of off-road vehicles and generator sets.**

Тип двигателя	Диапазон мощности (нетто), кВт	Дата «выхода на рынок»	Содержание токсичных веществ в выхлопных газах, г/(кВт × ч)				
			СО	СН	NO <sub>x</sub>	PM (масса частиц)	PN (количество частиц), 1/(кВт × ч)
Дизель	< 8	2019	8,0	7,50 <sup>a, c</sup>	–	0,400 <sup>b</sup>	–
Дизель	8–19	2019	6,6	7,50 <sup>a, c</sup>	–	0,400	–
Дизель	8–37	2019	5,0	4,70 <sup>a, c</sup>	–	0,015	1 × 10 <sup>12</sup>
Дизель	37–56	2019	5,0	4,70 <sup>a, c</sup>	–	0,015	1 × 10 <sup>12</sup>
Все	56–130	2020	5,0	0,19 <sup>e</sup>	0,40	0,015	1 × 10 <sup>12</sup>
Все	130–560	2019	3,5	0,19 <sup>e</sup>	0,40	0,015	1 × 10 <sup>12</sup>
Все	> 560	2019	3,5	0,19 <sup>d</sup>	3,50	0,045	–
Генераторные установки	> 560	2019	3,5	0,19 <sup>a</sup>	0,67	0,035	–

представляют наночастицы диаметром менее 50 нм, глубоко проникающие в легкие человека и способствующие развитию сердечно-сосудистых и раковых заболеваний [3, 7]. Сажа может долгое время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая этим время действия токсичных веществ на человека [6]. Причем новые, более современные модели дизелей выделяют большее количество мелких частиц, чем дизели, изготовленные по старой технологии [13].

В октябре 2014 г. Европейская комиссия приняла «Директиву по качеству топлива», требующую от дистрибьюторов топлива для автомобильного транспорта сократить к 2020 г. на 6 % интенсивность выброса выхлопных газов [14]. Поэтому в нормах Stage 5 будут введены новые ограничения по содержанию в отработавших газах двигателей твердых частиц (сажи) не только по массе – PM, но и по количеству – PN, а также оксидов азота NO<sub>x</sub> (табл. 5). Норма PN введена для того, чтобы высокоэффективные технологии фильтрования твердых частиц (сажи), например фильтры с активной (управляемой) регенерацией, гарантированно использовались на всех двигателях, подпадающих под действие данных норм.

#### *Регулирование дизельных двигателей в Азии*

В странах Азии нормативно-правовая база для ограничения уровня вредных выхлопов от дизельных двигателей представляет собой совокупность европейских и американских стандартов с местными особенностями.

В Индии по всей стране действуют нормы Bharat Stage 3, но в Дели и еще в 11 крупных городах уже введены нормы Bharat Stage 4.

В Китае программы по контролю выбросов загрязняющих веществ автомобилями появились в 1980-е гг., а общенациональный стандарт (CNS) был принят в конце 1990-х гг. Постепенно Китай начал применять более строгие стандарты выбросов выхлопных газов для легковых и тяжелых грузовых автомобилей в соответствии с европейскими нормами. Эквивалентом Euro 1 стал China 1, Euro 2 – China 2 и т. д. Эти нормы уже введены на территории таких крупных городов, как Пекин, Шанхай и Гуанчжоу [15, 16]. Стандарты China 5 и 6 одинаковы для всех видов топлива, но более жесткие, чем Euro 6.

В Японии действует своя нормативно-правовая база, лимитирующая уровень вредных выхлопов от дизельных двигателей. Последняя редакция стандартов 2009 г. по своему значению представляет собой что-то среднее между Tier 4 и Euro 5. По этим нормам пределы выбросов оксидов азота дизельными двигателями мощностью от 56 до 560 кВт должны быть сокращены до 0,4 г/(кВт × ч). Для двигателей мощностью 56–130 кВт стандарты вступили в силу в 2015 г., а дизельные двигатели большей мощности подпали под их действие еще в 2014 г. Для дизельных двигателей внедорожной техники и электростанций разработаны MOT/MOC standards, которые достаточно близки к европейским и американским нормам Stage 4 и Tier 4, но не соответствуют им.

На территории таких стран, как Малайзия, Индонезия, Филиппины, Вьетнам и Таиланд, пока действуют стандарты, основанные на Euro 2.

В Бразилии первый стандарт был введен в 1988 г. В основном эти нормы соответствуют европейским, однако действующий стандарт PROCONVE L6, хотя и является аналогом Euro 5, не включает в себя обязательное наличие фильтров для фильтрации твердых частиц или количества выбросов в атмосферу.

Большинство остальных стран перенимают нормы, принятые в США, Европе или Японии. Так, в Австралии и Новой Зеландии действуют нормы Euro, которые вступили в силу практически в то же время, что и в европейских странах. Некоторые государства напрямую признают европейские, американские или японские сертификаты. Это зависит от экономических и политических отношений с теми или иными регионами. Таким образом, на данный момент в большинстве стран двигатели внедорожной техники и электростанций подпадают под действие ограничений, равнозначных Stage 2.

#### *Экологические стандарты в России*

Россия также пытается не отставать от стандартов Евросоюза по выбросам выхлопных газов. Экологические нормы для тяжелой внедорожной техники регулирует ГОСТ Р41 96–99, равнозначный Stage 1 (Tier 1). 27 февраля 2008 г. был утвержден (постановлением Правительства РФ № 118 с изменениями, утвержденными 30 декабря 2008 г. постановлением № 1076) и, следовательно, с 27 августа 2008 г. в России вступил в силу технический регламент, согласно которому устанавливается содержание серы в дизельном топливе от 10 до 500 ppm в зависимости от класса. Однако примерно в течение трех лет (для топлива разных классов даты различаются, 2011–2014 гг., а для топлива класса V срок не ограничивается) допускается выпуск в оборот дизельного топлива, содержащего 2000 ppm серы. Поэтому использование низкосортного дизельного топлива, от которого отказались все развитые страны, продлится еще немало лет. Во многих карьерах все еще используются карьерные самосвалы, экскаваторы и буровые станки, выпущенные в 1990-е гг., с отечественными двигателями, которые не соответствуют современным мировым нормам и находятся на уровне Stage 1, 2. Для этого оборудования устаревшие марки дизельного топлива подходят лучше, а его стоимость ниже.

В настоящее время самосвалы БелАЗ (наиболее распространенная модель карьерных самосвалов в РФ) комплектуются импортными двигателями и по экологическим характеристикам практически не отличаются от зарубежных аналогов [17].

#### **Выводы**

Большинство стран мира ориентируются на сходные нормы по содержанию вредных веществ в выхлопных газах. Евросоюз в этом плане является своеобразным авторитетом: он наиболее часто обновляет эти показатели и внедряет жесткое правовое регулирование.

В условиях глобализации сближение стандартов по регулированию содержания токсичных веществ в выхлопных газах двигателей между странами обусловлено не только стремительно развивающимися международными экономическими отношениями, но и необходимостью бороться за чистоту окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов П. И. Журавлев А. Г., Фефелов Е. В., Фурин В. О., Ворошилов А. Г., Тарасов А. П., Бабаскин С. Л. Сокращение загазованности карьерного пространства при применении новых видов карьерного транспорта // ГИАБ. 2008. № 2. С. 260–271.
2. Шешко О. Е. Эколого-экономическое обоснование возможности снижения нагрузки на природную среду от карьерного транспорта // ГИАБ. 2017. № 2. С. 241–252.
3. Холод Н. М., Малышев В. С., Эванс М. Снижение выбросов черного углерода карьерными самосвалами // Горная промышленность. 2015. № 3 (121). С. 72–76.
4. Никифорова В. А., Видищева Е. А., Видищева Д. Д., Глеба В. С. Анализ влияния выбросов автотранспорта на уровень загрязнения атмосферного воздуха: региональный аспект // Устойчивое развитие регионов России: от стратегии к тактике. 2017. С. 114–119.
5. Hays M. D., Preston W., George B. J., George I. J., Snow R., Faircloth J., Long T., Baldauf R. W., McDonald J. Temperature and driving cycle significantly affect carbonaceous gas and particle matter emissions from diesel trucks // Energy & Fuels. 2017. Vol. 31, № 10. С. 11034–11042. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b01446>
6. Бойченко С. В. Шкильнюк И. А. Экологические аспекты использования моторных топлив (обзор) // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2014. № 5/6. С. 35–44.
7. Kachuri L., Villeneuve P. J., Parent M-É., Johnson K. C. Workplace exposure to diesel and gasoline engine exhausts and the risk of colorectal cancer in Canadian men // Environmental Health. 2016. Vol. 15, № 1. P. 4–16. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0088-1>
8. Taxell P., Santonen T. Diesel engine exhaust: basis for occupational exposure limit value // Toxicological Sciences. 2017. Vol. 158, № 2. P. 243–251. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfx110>
9. Thiruvengadam A., Besch M., Carder D., Oshinuga A. Unregulated greenhouse gas and ammonia emissions from current technology heavy-duty vehicles // Journal of the Air & Waste Management Association. 2016. Vol. 66, № 11. P. 1045–1060. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1158751>
10. Хазин М. Л., Тарасов П. И., Фурзиков В. В., Тарасов А. П. Эколого-экономическая оценка использования карьерных самосвалов // Изв. вузов. Горный журнал. 2018. № 7. С. 85–94. <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2018-7-85-94>
11. Frey H. C. Trends in onroad transportation energy and emissions // Journal of the Air & Waste Management Association. 2018. Vol. 68, № 6. P. 514–563. <https://doi.org/10.1080/10962247.2018.1454357>
12. Osorio-Tejada J. L., Llera-Sastresa E., Scarpellini S. A multi-criteria sustainability assessment for biodiesel and liquefied natural gas as alternative fuels in transport systems // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2017. T. 42. С. 169–186. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2017.02.046>
13. Чернецов Д. А. Токсичность отработавших газов дизелей и их антропогенное воздействие // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2010. № 10/12. С. 54–59.
14. European Commission, Climate action: Reducing the carbon content of transport fuels, Press release, Brussels, 2014.
15. Song H., Ou X., Yuan J., Yu M., Wang C. Energy consumption and greenhouse gas emissions of diesel/LNG heavy-duty vehicle fleets in China based on a bottom-up model analysis // Energy. 2017. Vol. 140. P. 966–978. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.011>
16. Xing Y., Song H., Yu M., Wang C., Zhou Y., Liu G., Du L. The characteristics of greenhouse gas emissions from heavy-duty trucks in the Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) region in China // Atmosphere. 2016. Vol. 7, № 9. P. 121–132. <https://doi.org/10.3390/atmos7090121>
17. Стелук О. Г., Семко С. Н., Зуёнок А. С. Большегрузные карьерные самосвалы и машины повышенной проходимости – серийная продукция предприятия сегодня // Горный журнал. 2013. № 1. С. 30–41.

Статья поступила в редакцию 15 октября 2019 года

# Mining machinery and environmental regulations of countries worldwide

Mark Leont'evich KHAZIN\*

Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

## Annotation

**The purpose of the work** is to analyze the problems of using mining machines with diesel engines, the exhaust gases of which have a harmful effect on human health and the environment.

**Research methodology.** The environmental problems arising from the use of mining machines, and environmental standards governing the use of diesel engines in different countries of the world are analyzed.

**Results.** Environmental protection is one of the most important problems of humanity, since people's lives, their health and well-being depend on its solution. The mining industry operates a huge amount of equipment with diesel engines: mining trucks, excavators, drilling rigs and other mining machines. Engine exhaust fumes contain toxic elements that have a significant impact on human health and the environment. The gas pollution of the working atmosphere entails the need to stop the quarry, and the deterioration of visibility on the highway also causes a partial or complete shutdown of the equipment until the content of harmful substances in the air drops to normal. Today, environmental requirements for a car engine are priority, so the global engine industry is aimed not only at increasing their performance, but also at significantly improving their environmental performance. The problem of air pollution by harmful substances contained in the exhaust of diesel engines is becoming global. To solve it requires the joint efforts of many countries. International conventions and the adoption of relevant standards serve as a tool for rapprochement in this area.

**Conclusions.** Most countries in Europe, Asia and America are guided by similar standards for the content of harmful substances in exhaust gases. The EU in this regard is a kind of authority: it most often updates these indicators and implements strict legal regulation. Other countries are following this trend and are also updating emission standards.

**Keywords:** mining dump truck, ecology, open cast mining, emissions, toxic elements, diesel fuel, open cast mine.

## REFERENCES

1. Tarasov P.I., Zhuravlev A.G., Fefelov E.V., Furin V.O., Voroshilov A.G., Tarasov A.P., Babaskin S.L. 2008, Reducing the contamination of a career space when using new types of career transport. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], No 2. pp. 260–271. (In Russ.)
2. Sheshko O. E. 2017, Ecological and economic justification of the possibility of reducing impact on the environment from mining. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin]. No 2. pp. 241–252. (In Russ.)
3. Kholod N. M., Malyshev V. S., Evans M. 2015, Reducing black carbon emissions by mining trucks. *Gornaya promyshlennost'* [Mining industry], No 3 (121). pp. 72–76. (In Russ.)
4. Nikiforova V. A., Vidishcheva E. A., Vidishcheva D. D., Gleba V. S. 2017, *Analiz vliyaniya vybrosov avtotransporta na uroven' zagryazneniya atmosfernogo vozdukh: regional'nyy aspekt* [Analysis of the influence of motor vehicle emissions on the level of air pollution: regional aspect]. Sustainable development of Russian regions: from strategy to tactics. pp. 114–119. (In Russ.)
5. Hays M. D., Preston W., George B. J., George I. J., Snow R., Faircloth J., Long T., Baldauf R. W., McDonald J. Temperature and driving cycle significantly affect carbonaceous gas and particle matter emissions from diesel trucks. *Energy & Fuels*. 2017. Vol. 31, No 10. pp. 11034–11042. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b01446>
6. Boychenko S. V., Shkilnyuk I. A. 2014, Environmental aspects of the use of motor fuels (review). *Energotekhnologii i resursosberezheniye* [Energy technologies and resource saving], No 5/6. pp. 35–44. (In Russ.)
7. Kachuri L., Villeneuve P. J., Parent M-E., Johnson K. C. 2016, Workplace exposure to diesel and gasoline engine exhausts and the risk of colorectal cancer in Canadian men. *Environmental Health*. Vol. 15, № 1. pp. 4–16. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0088-1>
8. Taxell P., Santonen T. 2017, Diesel engine exhaust: basis for occupational exposure limit value. *Toxicological Sciences*. Vol. 158, No 2. pp. 243–251. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfx110>
9. Thiruvengadam A., Besch M., Carder D., Oshinuga A. 2016, Unregulated greenhouse gas and ammonia emissions from current technology heavy-duty vehicles. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. 66, No 11. pp. 1045–1060. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1158751>
10. Khazin M.L., Tarasov P.I., Furzikov V.V., Tarasov A.P. 2018, Ecological and economic assessment of the use of mining trucks. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], No 7. pp. 85–94. (In Russ.) <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2018-7-85-94>
11. Frey H. C. 2018, Trends in onroad transportation energy and emissions. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. 68, No 6. pp. 514–563. <https://doi.org/10.1080/10962247.2018.1454357>
12. Osorio-Tejada J. L., Llera-Sastresa E., Scarpellini S. 2017, A multi-criteria sustainability assessment for biodiesel and liquefied natural gas as alternative fuels in transport systems. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. Vol. 42. pp. 169–186. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2017.02.046>
13. Chernetsov D. A. 2010, Toxicity of diesel exhaust gases and their anthropogenic impact. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], No 10/12. pp. 54–59. (In Russ.)
14. 2014, European Commission, Climate action: Reducing the carbon content of transport fuels, Press release, Brussels.

\* Khasin@ursmu.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6081-4474>

15. Song H., Ou X., Yuan J., Yu M., Wang C. 2017, Energy consumption and greenhouse gas emissions of diesel/LNG heavy-duty vehicle fleets in China based on a bottom-up model analysis. *Energy*. Vol. 140. pp. 966–978. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.011>
16. Xing Y., Song H., Yu M., Wang C., Zhou Y., Liu G., Du L. 2016, The characteristics of greenhouse gas emissions from heavy-duty trucks in the Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) region in China. *Atmosphere*. Vol. 7, № 9. pp. 121–132. <https://doi.org/10.3390/atmos7090121>
17. Stepuk O. G., Semko S. N., Zuyonok A. S. 2013, Heavy-duty mining trucks and cross-country vehicles - serial production of the enterprise today. *Gorniy zhurnal* [Mining Journal], No 1. pp. 30–41. (*In Russ.*)

*The article was received on October 15, 2019*