

Янин Е.П. Эмиссия ртути в окружающую среду при производстве цемента в России // Экологическая экспертиза, 2004, № 4, с. 31-42.

Цемент - минеральный вяжущий материал карбонатно-глинистого состава, основными компонентами которого являются оксид кальция, кремнезем, глинозем и оксиды железа. Он обладает определенными гидравлическими свойствами - способностью при смешивании с водой твердеть в воздушной и водной средах с повышением или сохранением прочности. Качество цемента характеризуется маркой, т. е. прочностью материала на сжатие. Обычные цементы имеют марки 300, 400, 500 и 600 кгс/см².

Производство цемента

В России производится около 80 видов цемента, из которых самыми многотоннажными являются портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент. Выпускаются также портландцемент с добавками, декоративный, магнезиальный, глиноземистый и специальные (кислотоупорный, тампонажный, расширяющийся и др.) цементы. В 2001 г. в стране функционировало более 50 цементных заводов (объединенных в акционерные общества и концерны), которые произвели 35271 тыс. т цемента, в том числе 5200 тыс. т тарированного цемента (табл. 1). Производство цемента осуществлялось главным образом мокрым способом, в значительно меньшем объеме - сухим и редко комбинированным (табл. 2). В частности, из почти 250 печей, имеющих на цементных заводах России, только 19 работают по сухому способу [1, 11]. Средняя марка цемента по стране - 426,7 кгс/см² [23]. Общий объем потребления цемента в России, с учетом импорта (71,9 тыс. т в 2001 г.) и экспорта (см. табл. 2), составил примерно 33,6 млн. т.

Таблица 1. Производство цемента в России, млн. т [15]

Показатель	1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002 *
Общее производство,	83	36,5	26,0	28,5	32,4	35,3	39
в т. ч. сухим способом	12,4	4	2,8	3,3	3,8	4,1	- **
Доля сухого способа, %	14,9	10,6	10,8	11,6	11,7	11,6	-

* БИКИ, 203, № 26 (оценка); ** здесь и далее в таблицах прочерк означает, что данные отсутствуют.

Таблица 2. Динамика экспорта цемента из России, тыс. т [15]

1995	1998	1999	2000	2001
1591	1389	1859	2043	2348

В зависимости от масштабов производства на конкретном российском цементном заводе работает от 400-600 до 2200-2700 человек. Общая проектная мощность российских цементных заводов оценивается в 100 млн. т цемента в год.

Сырье и уровни содержания в нем ртути

Полуфабрикатом цемента является цементный клинкер - обожженная до спекания или сплавления сырьевая смесь карбонатных и глинистых пород. Цемент получают тонким помолом цементного клинкера с гипсом или другими добавками или смешиванием тех же компонентов, измельченных раздельно [1, 10, 14]. Основным сырьем для производства цементного клинкера служат карбонатные (известняки, мел, известковый мергель) и глинистые (глина, суглинки, лесс) породы. В среднем на одну тонну цемента требуется 1,6 т исходного сырья. Природная сырьевая смесь карбонатного и глинистого компонентов должна обеспечить определенное соотношение кремнеземистого и глиноземного модулей. Для корректировки их в смесь вводят добавки: железосодержащие (пиритные огарки, колошниковая пыль, отсеvy железной руды), глиноземсодержащие (кварцевые пески, опока, трепел). Количество добавок обычно не превышает 0,09 т на 1 т клинкера. В России для приготовления цементных сырьевых смесей также используются такие искусственные корректирующие добавки (до 20-40% от объема применяемых), как доменные гранулированные шлаки, топливные золы, кремнеземистые отходы, нефелиновый шлам и др.

В середине 1980-х гг. структура потребления топлива цементной промышленности в пересчете на условное топливо составляла (%): природный газ - 54,7, мазут - 27,5, каменный уголь - 16,9, горючие сланцы - 0,9 [3]. В настоящее время 85% выпускаемого в стране цемента производится с использованием газа (основный вид топлива) и мазута (обычно - резервное топливо), остальная часть приходится на каменный уголь и (редко) на горючие сланцы.

Основное количество ртути в производственный процесс вносится с техногенными добавкам, прежде всего, с пиритными огарками (до 49-56%), а также с мелом и глиной (табл. 3-6).

Таблица 3. Ртуть в сырьевых материалах цементного производства, мг/кг (приведены пределы наиболее типичных концентраций) [5, 8, 9, 16, 25]

Природные материалы		Техногенные добавки			
глинистые	карбонатные	пиритные огарки	угольная зола	сланцевая зола	доменные шлаки
0,1-0,3	0,03-0,05	0,19-4,0	< 0,05-0,15	< 0,1-0,4	0,01-0,12

Таблица 4. Содержание ртути в исходном сырье и готовой продукции цементных заводов Беларуси, мг/кг [5]

Компонент	ПО «Кричевцементошифер»		ОАО «Красносельскцемент»	
	т/год	Ртуть, г/т	т/год	Ртуть, г/т
Мел	507633	-	494737	0,05
Глина	71986	0,1	154408	0,066
Гранулированный доменный шлак	72652	0,013	42794	0,01
Гипсовый камень	13331	0,013	20619	0,014
Пиритные огарки	14930	2,16	22247	2,043
Трепел	Не используется	-	27232	0,045
Лигносulfонат	1866	-	1323	-
Фосфогипс	-	-	-	-
Зола ТЭЦ	-	0,118	Не используется	-
Природный газ, м ³ /год	-	-	64887	-
Мазут	42658	-	22701	-
Выпуск цемента	266614	-	389036	-
Цемент М400	-	0,02	-	-
Цемент М500	-	0,038	-	-
Цемент ШПЦ-400	-	-	-	0,009

Таблица 5. Распределение ртути по материальным потокам цементного производства [5]

Материальные потоки	г/т продукции	%
Завод «Кричевцементношифер» (Беларусь)		
Приход:		
С глиной	0,027	11,2
С мелом	0,095	38,9
С пиритными огарками	0,121	49,6
С доменным шлаком	0,0003	0,1
С гипсовым камнем	0,0006	0,2
ИТОГО	0,244	100
Расход:		
С цементом	0,021	8,6
С пылью и дымовыми газами (до очистки)	0,223	91,4
Завод «Красносельскцемент» (Беларусь)		
Приход:		
С глиной	0,026	12,7
С мелом	0,064	30,5
С пиритными огарками	0,116	55,9
С доменным шлаком	0,001	0,5
С гипсовым камнем	0,0007	0,4
ИТОГО	0,208	100
Расход:		
С цементом	0,009	4,3
С пылью и дымовыми газами (до очистки)	0,199	95,7

Таблица 6. Ртуть в сырье и конечной продукции цементных заводов, г. Новороссийск, мг/кг [12]

Материал	Завод			
	Пролетарий	Октябрь	Победа Октября	Верхнебаканский
Мергель высокий	0,03	< 0,01	0,17	0,07
Мергель низкий	0,06	0,06	0,04	0,03
Шлак	0,12	0,05	0,01	0,01
Опока	0,08	0,22	0,02	0,05
Пиритные огарки	2,0	0,78	4,0	0,19
Гипсовый камень	0,02	< 0,01	0,07	0,03
Пыль электрофильтров после обжига	0,23	-	5,9	0,47
То же, после помола	0,06	0,03	0,49	0,26
Цемент (М500)	0,19	0,09	0,06 (М400)	0,01
Грунты промплощадки	0,01	0,06	0,32	0,01

Технологические процессы

Технологический процесс производства цемента включает следующие основные операции:

- подготовка сырьевых материалов и приготовление из них однородной смеси заданного состава;
- обжиг сырьевой смеси материалов до спекания с получением клинкера;
- помол клинкера с соответствующими добавками;
- хранение, упаковка, погрузка и транспортировка цемента.

Сырьевые материалы, применяемые для изготовления цемента, после добычи в карьерах и доставки на завод подсушивают, дробят и измельчают до пылевидного состояния (при сухом способе производства цемента), чтобы увеличить их реакционную поверхность. Полученную сырьевую шихту (после корректирования ее состава в силосах) обжигают при высокой температуре в клинкерообжигательных вращающихся или шахтных печах. Процесс обжига цементной сырьевой смеси во вра-

щающихся печах осуществляется при высоких температурах в зоне спекания (1450°C по материалу и около 2000°C по газовому потоку) и существенных скоростях газового потока (до 15-30 м/с).

Вращающаяся печь представляет собой стальной цилиндр, немного наклоненный, с огнеупорной футеровкой. Сырье подается в верхний торец печи через загрузочный бункер. Топливо в виде распыляемого угля, мазута или природного газа сжигают в нижнем торце печи. Поток горячих газов от сгорания топлива проходит через вращающуюся печь в противотоке с загружаемым сырьем. Клинкер формируется в виде круглых шаров размером с зерно мрамора и твердых, как стекло, выбрасываемых из нижнего торца печи. Затем он охлаждается воздухом в специальных холодильниках, смешивается с гипсом до получения продукта необходимого размера и поступает на промежуточный склад. Продукт обжига - клинкер вместе с гипсом и другими добавками - измельчают в мельницах. На российских цементных заводах применяется в основном открытый цикл помола клинкера [Авдеев, 2000]. С использованием распространенного в мире замкнутого цикла помола в стране выпускается не более 10% цемента. Полученный цемент транспортируют на склад (в силосы), где его упаковывают в мешки (тарируют) или (чаще всего) насыпают в спецвагоны и отправляют потребителям.

Мокрый способ производства цемента характеризуется высокой производительностью печей, лучшей гомогенизацией сырьевой смеси, сравнительно простой технологией производства, возможностью использования высокообводненных сырьевых материалов. При мокром способе тонкое измельчение сырьевой смеси производят в водной среде с получением шихты влажностью 32-45% (для помола в основном используются шаровые барабанные мельницы), после чего клинкер обжигается в печных агрегатах. Основными недостатками мокрого способа являются высокий расход топлива на получение клинкера (в 1,5-2 раза больше, нежели при сухом способе) и большие размеры вращающихся печей, играющих роль испарителей воды. На каждую тонну обжигаемого клинкера расходуется около 300 кг угля или 200 м³ природного газа.

При сухом способе сырьевые материалы сушат, измельчают и перемешивают в сухом виде, в результате чего образуется тонкий минеральный порошок (сырьевая мука) с остаточной влажностью 1-2%. Для сушки сырого материала используют горячие газы, образующиеся при непосредственной работе отдельных печей, или поток отходящих газов от обжиговой печи. Раздробленное сырье дозируют при подаче в мельницы. При сухом способе на каждую тонну обжигаемого клинкера расходуется 170 кг угля или 110 м³ газа.

Применение комбинированного способа производства цемента целесообразно при влажности сырья свыше 15% [14]. По сравнению с мокрым способом расход топлива снижается на 20-30%, производительность печных агрегатов повышается на 10%, но при этом потребление электроэнергии увеличивается на 18%.

Источники и характеристика пылегазовыделений при производстве цемента

Основными источниками пыли и связанных с ней поллютантов при производстве цемента являются печи обжига клинкера и мельницы помола, причем на долю обжиговых печей приходится до

85% всех выбросов цементных заводов [4, 10]. По оценке [10], только вращающиеся печи цементных заводов СНГ при проектной мощности способны выбрасывать в атмосферу около 2 млн. т пыли в год. Величина пылевыноса из печей зависит от способа производства клинкера, размеров и конструкции печей, режима процесса обжига, вида применяемого топлива, наличия в печи теплообменных устройств и их конструкций, характеристики сырьевой смеси. Согласно [9, 2], на каждую тонну клинкера приходится 2500-7500 м³ отходящих газов с запыленностью до очистки 8,5-70 г/м³. Пыль обжиговых печей обычно полидисперсная, с высоким содержанием (до 30-70%) частиц размером менее 10 мкм, характеризуется высокой сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам. Известны усредненные показатели объема отходящих газов и концентрации пыли от основных источников цементного производства, которые используются при расчетах выбросов загрязняющих веществ (табл. 7).

Таблица 7. Усредненные показатели технологических выбросов пыли цементными заводами быв. СССР [17]

Источники выброса	Объем загрязненного воздуха, м ³ /кг продукта	Концентрация пыли, г/м ³
Вращающиеся печи (мокрый способ производства)	5,0	50
Вращающиеся печи (сухой способ производства)	3,0	40
Клинкерные холодильники	1,5-2,9	20-25

Источниками пылевыделения при производстве цемента являются также мельницы сухого помола сырья, сушильные барабаны, дробильные агрегаты, места транспортировки и хранения цемента и сырьевых материалов.

Уровень эмиссии поллютантов в атмосферу определяется степенью очистки отходящих газов и аспирационного воздуха. На российских цементных заводах используются циклоны, рукавные фильтры, электрофильтры с эффективностью улавливания пыли 80-99%; в большинстве случаев коэффициент использования печных электрофильтров на цементных заводах составляет 80-84% [20, 21]. Для очистки отходящих газов от вращающихся печей обжига чаще всего применяются электрофильтры (около 74% от всего очистного оборудования), хотя из них только одна треть приходится на высокоэффективные аппараты; около 7% печей обжига цементных заводов бывшего СССР не оснащены системами пылегазоочистки [4]. Теоретическая эффективность электрофильтров при входной запыленности 10-20 г/м³ находится в пределах 98-99%, что обеспечивает вынос пыли от 0,1 до 0,5 г/м³. На практике, в силу различных причин, эффективность работы очистного оборудования не всегда отвечает его проектной мощности. По оценке [7], на цементных предприятиях бывшего СССР 70% оборудования пылегазоочистки устарело, причем на многих заводах оно имеет низкий уровень технического обслуживания, что приводит к снижению эффективности работы и простоям оборудования. Необходимость повышения качества цемента за счет дальнейшего увеличения тонкости измельчения сырьевой и цементной шихты, а также осуществляемое в последние годы увеличение мощностей предприятий путем реконструкции существующих и строительства новых технологических линий для сухого и мокрого способов производства увеличивает общий объем пылевыделений, содержащих тонкодисперсные частицы.

С точки зрения эффективности работы пылегазоочистного оборудования в настоящее время имеется значительная потребность в модернизации практически всех цементных заводов России [11]. Например, если за рубежом проблема охраны окружающей среды от выбросов цементных заводов находится на втором этапе реализации, когда принимаются интенсивные меры по снижению выбросов таких веществ, как оксиды азота, углерода, серы, то российская цементная промышленность все еще не преодолела этапа борьбы с выбросами в атмосферу твердых частиц [1]. В России лишь на одной печи («Невьяновский цементный завод») обжиг клинкера осуществляется по современной схеме с применением системы запечных теплообменников и выносного декарбонизатора [1, 11].

Международная ассоциация производителей цемента и изделий на его основе (МГА цемент) разработала совместно с ЗАО «Концерн Цемент» при участии цементных заводов проект программы развития отечественной цементной промышленности в 2001-2005 гг. В частности, среди намечаемых мероприятий особое внимание уделено реконструкции электрофильтров на 50-70 отечественных печах с целью снижения пылевыбросов до предельно допустимых норм. Только в последние годы на отдельных заводах лишь намечаются мероприятия по утилизации избыточных газов от клинкерного холодильника (ОАО «Такайцемент», Новороссийский цементный завод «Победы октября»). На самом крупном в Европе заводе «Мальцовский портландцемент» лишь в 2001 г. были осуществлены ремонт и оздоровление технологических процессов и восстановлена работа электрофильтров. На многих заводах производится реконструкция печей. Например, на Щуровском цементном заводе (г. Коломна) в зимний период 1999-2000 гг. на 50% реконструирован электрофильтр У2-2-4-74, что позволило уменьшить выброс пыли в атмосферу в 10 раз [24].

Отечественной промышленностью не выпускается соответствующее оборудование, позволяющее эффективно улавливать мелкодисперсные пыли в нативных условиях работы предприятий (не отапливаемые помещения, значительные перепады температуры и влажности). В таких условиях невозможно регенерировать ткань рукавов рукавных фильтров, поры которой забиваются влажной пылью и цементируются. Ежегодно на предприятиях страны выявляются неисправные очистные установки. Из года в год доля неисправных установок остается в пределах 10-15% количества проверенных. В этом немаловажную роль играет ненадежность и конструктивные недостатки систем пылегазоочистки. Известны случаи залпового (аварийного) выброса в атмосферу цементной пыли. Например, в 1998 г. подобный выброс в атмосферу цементной пыли заводом «Липецкцемент» составил 89,24 т [18].

Удельные выбросы пыли и ртути при производстве цемента

Белорусские исследователи, основываясь на усредненных показателях технологических выбросов обжиговых печей и клинкерных холодильников (учитывался объем отходящих газов и их запыленность) и на эффективности пылеулавливания, получили следующие значения удельных выбросов пыли: при эффективности очистки 94% - 13,2 кг/т цемента; при 96,8% - 7,0 кг/т цемента, при 99,8% - 0,439 кг/т цемента [5, 26]. Для сравнения - удельные выбросы пыли на цементных заводах в Цен-

тральной и Восточной Европы, принадлежащих в настоящее время Heidelberg Cement, составляли в 1995 г. 0,42 кг на 1 т клинкера, в 2001 г. - 0,12 кг/т клинкера [19].

При обжиге сырьевой смеси вместе с пылеобразованием может происходить образование паров ртути, которые способны сорбироваться уловленной электрофильтрами пылью. Как уже отмечалось, в пылегазовые выбросы цементных заводов (до очистки) поступает до 90-95% ртути, участвующей в технологическом процессе [13]. Остальная ее часть концентрируется преимущественно в конечной продукции. При наличии систем очистки значительное количество ртути осаждается на фильтрах. Содержание ртути в пыли с электрофильтров двух цементных заводов в Беларуси составляло 0,148 мг/кг, из газочастиц после электрофильтров 0,07 мг/кг и 0,165 мг/кг [5]. Для расчета эмиссионных факторов белорусские исследователи использовали значение содержания ртути в пыли цементного производства в 0,128 мг/кг. В парогазовой фазе отходящих газов содержание ртути составляло 0,0014 мг/м³ [5]. Очевидно, что в этой концентрации учитывается и ртуть, выделяющаяся при сгорании топлива (на большинстве российских заводах используется природный газ, доля которого в поставке ртути в атмосферу невелика). В частности, если исходить из типичной структуры используемого топлива в отечественной цементной промышленности (мазут - примерно 27%, газ - примерно 57%, уголь - примерно 16%) и количества топлива на 1 т цемента (мазут - 160 кг, уголь - 300 кг, газ - 200 м³), а также удельных выбросов ртути при сжигании указанных видов топлива (уголь - 0,017 г/т, мазут - 0,06 г/т, газ - 0,1 мкг/м³), то можно рассчитать средний по стране удельный выброс металла в цементной промышленности при сжигании топлива, который составляет не более 0,003 г ртути на 1 т цемента. Основное влияние на величину эмиссионного фактора оказывает степень очистки газопылевых потоков. При оценке удельных выбросов ртути рассчитывались и суммировались ее выбросы с пылью и в газовой фазе (табл. 8).

Таблица 8. Удельные выбросы ртути в атмосферу для цементной промышленности стран СНГ, рассчитанные на основании экспериментальных данных, г/т цемента [5, 26]

При эффективности очистки выбросов, %		
94	96,8	99,8
0,023	0,014	0,004

* В США эмиссионный фактор оценивается в 0,065 г ртути на 1 т клинкера.

Эмиссия ртути цементными заводами России

В 1993-1998 гг. в России в среднем по отрасли производства строительных материалов эффективность улова вредных веществ составляла 92,8% [6, 22]. Если ориентироваться на данные табл. 8, то удельный выброс ртути при эффективности очистки в 92,8% составит 0,027 г/т цемента. Расчеты, основанные на данных [5, 13, 20, 26], среднее содержание ртути в товарном цементе составляет примерно 0,043 г/т (при расчете среднего значения не учитывались приводимые авторами цитируемой работы максимальное и минимальное содержание ртути в цементе). На основе указанных эмиссионных факторов в табл. 9 дается оценка выбросов ртути в атмосферу российскими цементными заводами, а также выход ее с товарным цементом.

Таблица 9. Расчетная эмиссия ртути в атмосферу цементной промышленностью России в 2001 г.

Регион	Производство цемента		Ртуть в цементе, т	Эмиссия ртути, т, очистка 92,8%,
	Общее, тыс. т	В том числе основными заводами, тыс. т		
Центральный ФО	12524,9		0,537	0,337
Белгородская область	3455	ОАО «Осколцемент» (г. Старый Оскол) - 1730; ЗАО «Белгородцемент» (г. Белгород)	0,148	0,093
Брянская область	3423,4	ОАО «Мальцовский портландцемент» (г. Фокино) - 3423,4	0,147	0,092
Воронежская область	305,3	Подгоренский цемзавод (пгт. Подгоренский)	0,013	0,008
Липецкая область	1600	ОАО «Липецкцемент» (г. Липецк) - 1600	0,069	0,043
Московская область	2290,2	«Воскресенскцемент» (г. Воскресенск); ОАО «Щуровский цемент» (г. Коломна); ОАО «Подольск-Цемент» (г. Подольск) «Цемдекор» (г. Подольск)	0,098	0,062
Рязанская область	1451	ОАО «Михайловцемент» (г. Михайлов)	0,062	0,039
Северо-Западный ФО	2086,7		0,089	0,056
Республика Коми	146,7	Воркутинский цементный завод (г. Воркута, пос. Цементнозаводской)	0,006	0,004
Архангельская область	327	Савинский цементный завод	0,014	0,009
Ленинградская область	1613	ОАО «Сланцевский цементный «Цесла» (г. Сланцы); Цементный завод филиала «Пикалевский глинозем» ОАО «Металлург» (г. Пикалево); Волховский алюминиевый завод	0,069	0,043
Южный ФО	5314,7		0,229	0,143
Карачаево-Черкесская Республика	1038,4	«Кавказцемент» (пос. Усть-Джегута)	0,045	0,028
Краснодарский край	2132,3	ОАО «Новоросцемент» (г. Новороссийск); ОАО «Атакайцемент» (г. Новороссийск, пос. Гайдук) ОАО «Верхнебакинский цементный завод» (г. Верхнебакинский)	0,092	0,057
Волгоградская область	2123	ОАО «Себряковскцемент» (г. Михайловка)	0,091	0,057
Ростовская область	22		0,0009	0,0006
Приволжский ФО	6917,5		0,293	0,188
Республика Башкортостан	827,5	ОАО «Сода» (г. Стерлитамак) - 800	0,035	0,022
Республика Мордовия	2058	«Мордовцемент» (пос. Комсомольский)	0,088	0,055
Оренбургская область	557,3	ОАО «Новотроицкий цементный завод» (г. Новотроицк)	0,024	0,015
Пермская область	781,7	«Горнозаводскцемент» (г. Горнозаводск); Пашийский металлургическо-цементный завод (пос. Пашия)	0,034	0,021
Самарская область	290,3	«Жигулевские стройматериалы» (г. Жигулевск-7);	0,012	0,008
Саратовская область	1417,1	«Вольскцемент» (г. Вольск-2); «Вольск АЦИ»	0,063	0,040
Ульяновская область	985,6	«Ульяновскцемент»; Сенгилеевский цементный завод	0,037	0,027

Продолжение табл. 9

Уральский ФО	3878		0,162	0,104
Свердловская область	2535,6	ОАО «Невьянский цементник» (г. Невьянск) - 713; «Сухоложскцемент» (г. Сухой Лог)	0,109	0,068
Тюменская область (ЯНАО)	4,7		< 0,0002	< 0,0001
Челябинская область	1337,7	ОАО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод» (г. Магнитогорск); ОАО «Катавский цемент» (г. Катав-Ивановск); «Силикатчик» (г. Челябинск)	0,057	0,036
Сибирский ФО	3623,5		0,155	0,097
Республика Бурятия	106,7	ОАО «Тимлюйцемент» (пос. Каменск)	0,004	0,003
Алтайский край	52,9		0,002	0,001
Красноярский край	871,7	ОАО «Цемент» (г. Красноярск) - 436; Норильский ГМК (г. Норильск); Химико-металлургический завод (г. Красноярск)	0,037	0,023
Иркутская область	423	«Ангарскцемент» (г. Ангарск)	0,018	0,011
Кемеровская область	1665,2	«Топкинский цемент» (г. Топки); Яшкинский цементно-шиферный ком- бинат (пгт. Яшкино)	0,072	0,045
Новосибирская область	513	«Искитимцемент» (г. Искитим) - 513	0,022	0,014
Дальневосточный ФО	916,5		0,056	0,035
Республика Саха (Якутия)	203	ОАО «Якутскцемент» (п. Мохсоголлох, Хангаласский район) - 203	0,009	0,005
Приморский край	755,4	ОАО «Спаскцемент» (г. Спасск- Дальний) - 390; Новоспасский цементный завод	0,032	0,020
Камчатская область	12,7		0,0005	0,0003
Магаданская область	14,4	ОАО «Колымацемент» (осуществляется помол цемента из клинкера, получаемо- го с ОАО «Спаскцемент» морским пу- тем)	0,0006	0,0004
Еврейская автономная область	331	ОАО «Теплоозерский цементный за- вод» (пгт. Теплоозерск)	0,014	0,009
Россия в целом	35271		1,521	0,960

Примечание. Производство цемента по регионам страны приводится по [15]; конкретными заводами дается по сведениям из журнала «Цемент и его применение», 2002, № 1-6.

В табл. 10 приведена структура распределения ртути, поступающей в цементное производство с различными материальными потоками, рассчитанная автором этих строк для модельных объектов, изученных белорусскими исследователями, а также в существенной мере ориентировочная структура распределения ртути для российской цементной промышленности в целом. Сведений о том, куда поступает уловленная существующими очистными установками пыль, отсутствуют. Не исключено, что она повторно включается в производство.

Таким образом, ежегодная эмиссия ртути в атмосферу российскими цементными заводами в 2001 г. составила примерно 0,96 т; около 1,5 т ртути поступило в товарный цемент, несколько тонн ртути было уловлено вместе с пылью очистными установками цементных заводов.

Таблица 10. Структура распределения ртути, поступающей в цементное производство с различными материальными потоками *

Распределение ртути, % от общей массы, поступающей в производство	Модельные объекты **		Цементная промышленность России, степень очистки выбросов 80%
	ПО «Кричевцемент-шифер», степень очистки выбросов 89,8%	ОАО «Красносельск-цемент», степень очистки выбросов 98,9%	
С товарным цементом	~ 8,6	~ 4,3	~ 11,3
Уловлено очистным установками	~ 82	~ 94,6	~ 71
Выброшено в атмосферу	~ 9,4	~ 1,1	~ 17,7

* Потери ртути с неорганизованными источниками пыления, твердыми отходами, сточными водами не учитываются (судя по всему, они не превышают 4-5% от общей массы металла, участвующего в технологических процессах); ** для расчетов использованы данные [5, 20, 21].

Как уже отмечалось, на многих цементных заводах страны проводятся мероприятия, направленные на обновление устаревшего технологического оборудования, ремонт и совершенствование систем подавления пылегазовых выбросов, на снижение потерь сырья и конечной продукции. Это будет способствовать снижению эмиссии ртути в атмосферу. В то же время, предполагается заметное увеличение объемов производства цемента (включая возобновление временно не работавших в 2001 г. некоторых цементных заводов). Планируется также изменение структуры используемого топлива и, в частности, перевод заводов с природного газа на каменный уголь в качестве основного топлива. Есть планы по применению вторичного топлива. Например, на ОАО «Щуровский цемент» (г. Коломна, Московская область) разработан проект по сжиганию во вращающейся печи 300 тыс. шт. отработанных автошин в год. Все это позволяет предположить, что в ближайшие годы (3-5 лет) будет наблюдаться некоторое увеличение эмиссии ртути цементной промышленностью России.

Литература

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
5. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: Опыт оценки удельных показателей / С.В. Какарева, В.С. Хомич, Т.И. Кухарчик и др. - Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 1998. - 156 с.
- 6.
- 7.
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.

- 13.
- 14.
- 15.
- 16.
- 17.
- 18.
- 19.
- 20.
- 21.
- 22.
- 23.
- 24.

25. Янин Е.П. Экологические последствия добычи, переработки и использования горючих сланцев // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2002, № 5, с. 2-68.

26. Heavy metals emission factors assessment for the CIS countries / S. Kakareka, V. Khomich, T. Kukharchyk et al. - Minsk: Institute for Problems of Natural Resources Use and Ecology of the National Academy of Sciences of Belarus, 1998. - 159 p.