

**УДК 504.75**

СЕМОЧКИНА А. С., студент гр. 23-С-УС1(КубГТУ),  
ТЛЕХУСЕЖ М. А., доцент, к.х.н, доцент (КубГТУ).  
Научный руководитель: ТЛЕХУСЕЖ М.А.,  
доцент, к.х.н., доцент (КубГТУ).  
г. Краснодар

## **ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕМЕНТА НА ЭКОЛОГИЮ**

В настоящее время часто поднимается вопрос об экологическом состоянии окружающей среды. Одними из факторов наибольшего её загрязнения являются производство цемента и его применение при строительстве. Необходимо понимать, что с каждым годом количество вредных выбросов в атмосферу только увеличивается, и поэтому экологизации производства цемента и его применения стоит уделить большее внимание.

При производстве цемента главными факторами негативного влияния на природу являются пыль, газообразные выбросы в атмосферу и излишнее потребление ресурсов. Заводы, изготавливающие цемент, также сливают отходы в реки, моря и озера, что нарушает стабильность этих экосистем.

Согласно последним данным, выбросы двуокиси углерода от цементной промышленности составляют до 8% от общего объема выбросов данного газа в мире. Они находятся на одном уровне с выбросами от тепловых электростанций, представляя тем самым реальную угрозу для экологической обстановки на планете. В соответствии с прогнозом Всемирного делового совета по устойчивому развитию, к 2050 г. производство цемента увеличится на 12–23%. Учитывая сопровождающие этот процесс огромные выбросы загрязняющих веществ, а также затраты энергии, необходимые для производственных манипуляций, цемент становится важным негативным фактором, мотивирующим к поиску решений по сокращению выбросов и достижению устойчивого развития [1].

К основным процессам производства цемента относятся измельчение и термическая обработка шихтов, полуфабрикатов и продуктов в потоках горячего газа, приводящая к выбросу пыли в атмосферу. При работе вращения печей пылеунос добавляет 825% к весу сухого исхода; запыленность газа при этом составляет 10-60 г/м<sup>3</sup>. Таким образом, четверть сырьевой массы, частично уже обожженной, выбрасывается в воздух. Этого нельзя допускать не только по санитарным нормам, но и по экономическим причинам [2].

В России основными способами производства цемента являются мокрая и сухая технологии. Мокрая технология применяется при производстве цемента из мела (карбонатный компонент), глины (силикатный компонент) и железосодержащих добавок (конверторный шлам, железистый продукт, пиритные огарки). При этом влажность глины должна быть менее 20%, а влажность мела — менее 29%. При добавлении к перечисленным компонентам воды создается шихта, которая представляет собой водную суспензию с

влажностью 30-50%. Далее сырье подвергается обжигу, в результате которого образуются маленькие шарики – клинкеры, которые затем измельчаются в порошок, т.е. собственно цемент. В свою очередь, при сухой технологии сырье сушится перед помолом или в его процессе, а шихта выходит в виде тонкоизмельченного сухого порошка. Существует также комбинированный способ, который включает использование как сухого, так и мокрого методов. Он имеет две разновидности. В первом случае сырье подготавливается по технологии мокрого способа, а затем смесь высушивается до влажности 16-18% на фильтрах перед обжигом. При втором варианте для подготовки сырьевой смеси используется технология сухого способа, к смеси добавляется 10-14% воды, после чего она гранулируется и подвергается обжигу. Готовый цемент упаковывается в бумажные мешки и транспортируется к потребителю по окончании производственного цикла [3].

Стоит отметить, что цемент относится к группе энергоёмких материалов. Стоимость энергии в среднем составляет 25% от стоимости законченной продукции. Большая часть энергии потребляется в обжиговых печах, где температура достигает 1450°C, а остальная энергия тратится на измельчение и помол материалов.

Цементное производство является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, особенно углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Так, при производстве цемента происходит сжигание топлива и карбонизация известняка, что и приводит к высвобождению значительного количества  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Однако в ходе производственных процессов, связанных с обработкой цемента, выделяются и другие загрязняющие вещества: оксиды азота ( $\text{N}_x\text{O}_y$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) и пыль. Все они ухудшают качество воздуха и оказывают негативное влияние на здоровье людей и животных.

Кроме того, в цементной пыли обнаруживаются таллий, ртуть и другие металлы, негативно влияющие на человеческий организм. В частности, ртуть легко проникает в слизистые оболочки дыхательных путей, причём порядка 80% вдыхаемых паров остаются и накапливаются в организме. Сама же пыль раздражает кожу и слизистые оболочки, вызывая зуд, жжение и сыпь. Наиболее частое попадание пыли в организм происходит через дыхательные пути и желудочно-кишечный тракт (т.е. при вдыхании или проглатывании) [4]. Пылеобразование происходит вследствие хранения и погрузки, во время движения подъёмного крана и т.д. Химический и минералогический состав цементной пыли вреден для окружающей среды, однако стоит отметить, что его воздействие на здоровье человека считается вредным, но не опасным [6].

Добыча необходимых для производства цемента полезных ископаемых (например, глины) также негативно влияет на экосистемы и приводит к опустыниванию плодородных земель. Цементные заводы и строительные площадки занимают большие территории; их строительство и деятельность могут приводить к разрушению и загрязнению природных экосистем, включая леса, реки и подземные воды. Растущий спрос на цемент также способствует увеличению потребности в воде для производства и строительных работ.

При обследовании 234 работников [5] цементного производства выяснилось, что у сотрудников, имеющих большой опыт работы в условиях высокой пылевой загрязненности, наблюдается нарушение баланса окислительного метаболизма. Это связано с возрастанием содержания малонового диальдегида МДА (коэффициент корреляции  $r = 0,85$ ). Одновременно с этим отмечается снижение активности антиоксидантных ферментов: каталазы, супероксиддисмутазы (СОД), миелопероксидазы в нейтрофилах МПн (коэффициент корреляции  $r = - 0,64 - 0,88$ ). Обнаружено увеличение уровней иммуноглобулинов IgA, IgE и циркулирующих иммунных комплексов в 1,6-2,0 раза, а также повышение уровня медиаторов воспаления (ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-8, ФНО- $\alpha$ , ИЛ-4) в 2,0-3,5 раза по сравнению с контрольной группой. Во всех группах сотрудников с большим стажем отмечается высокая активность воспалительных процессов, подтвержденная повышенными уровнями глобулинов ( $\alpha_2$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -глобулинов), наблюдаемыми у 35-69% работников, а также увеличением коэффициента цитокинового баланса Иц в 1,8 раза; такие показатели говорят об активации провоспалительной составляющей [5].

Улучшение экологических характеристик существующих цементных заводов путем изменения режима их работы и модернизации пылеулавливающих систем не всегда возможно и экономически оправдано. Как следствие, наилучшим решением этой экологической проблемы является строительство новых цементных заводов с современным экологически безопасным оборудованием [7].

Для уменьшения негативного влияния цементной промышленности на экологию проводятся исследования и разрабатываются инновационные решения. Среди них можно выделить энергоэффективные технологии производства цемента, а также замену некоторой его части более экологически чистыми альтернативами (например, смесью мелкого известняка и глины) [8]. Кроме того, необходимо повышать эффективность использования цемента на этапе строительства, а также практиковать рециклинг и утилизацию цементных отходов. Наконец, «зеленые» строительные сертификации и использование возобновляемых материалов в значительной мере способствуют снижению влияния строительства на экологию. Одним из примеров подобной практики являются демонтаж и отбор перерабатываемых материалов. В частности, такие строительные материалы, как бетон и кирпич, могут быть переработаны и использованы повторно при новом строительстве. Это снижает потребность в новых материалах, включая цемент, и уменьшает экологическую нагрузку в целом.

В последнее время исследователи активно трудятся [8] над разработкой новых материалов, которые могут заменить или сократить использование цемента: геополимеров, волоконных композитов, древесно-целлюлозных материалов и других экологичных альтернатив.

Сотрудничество швейцарских ученых с коллегами из других стран способствовало разработке инновационной смеси LC3 [8]. Использование очень мелкого известняка и глины, обожженной в специальных печах, позволит сократить вредные выбросы в атмосферу при производстве безопасного цемента

на 45%. В результате смешивания двух вышеназванных материалов получается прочная цементная паста с отсутствием воздушных пор. LC3 имеет высокий рейтинг безопасности, превосходящий портландцемент; ожидается, что в ближайшем будущем он вытеснит портландцемент на рынке производства бетона примерно на 50%.

Экологически чистый цемент из ракушек также сможет заменить обычный цемент уже в скором времени. Каждый год пищевая промышленность выбрасывает более 7 млн т морских ракушек, используемых при производстве и готовке морепродуктов. Несмотря на естественное происхождение, выброшенные морские ракушки представляют собой серьёзную экологическую проблему; при этом они состоят из минерального карбоната кальция, который является основным компонентом цемента. Так называемый Sea Stone, или «морской камень», получают путем измельчения ракушек и их соединения с натуральными нетоксичными связующими веществами [9]; итоговую смесь помещают в форму и оставляют застывать. На данный момент такой цемент ещё не подходит для строительных конструкций из-за своей хрупкости, поэтому его используют только в декоративных целях. Тем не менее, ученые отмечают, что этот материал можно сделать более прочным и со временем использовать и для строительства.

В исследованной нами работе [10] показана возможность увеличения объема выпускаемого портландцемента, а также его улучшения и гарантии его качества при использовании комплексных добавок. Кроме того, некоторые современные исследования привели к важному открытию: прочностные качества бетонов можно сохранять путем введения в раствор бактерий, в результате жизнедеятельности которых образуется кальцит. При этом в бетоне с введенными микроорганизмами происходит так называемый «саморемонт» [11].

Сохранение природной среды важно не только при проведении строительных работ и производстве стройматериалов, но и в сельском хозяйстве. Так, на кафедре химии КубГТУ синтезированы экологически чистые активаторы прорастания семян пшеницы [12, 13, 14], не наносящие ущерба природе.

Таким образом, для уменьшения воздействия на среду обитания производства и применения цемента необходим поиск экологически чистых альтернатив этому материалу, а также быстрое внедрение подобных товаров на рынки. Это поможет сократить количество выбросов загрязняющих веществ, оптимизировать энергопотребление, а также способствовать переработке и утилизации отходов.

#### Список литературы:

1. Панова, А. В. Технологии производства цемента и негативное воздействие на окружающую среду / А. В. Панова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 1 (396). — С. 21-23. — URL: <https://moluch.ru/archive/396/87638/> (дата обращения: 05.11.2023).

2. Чомаева М.Н. Цементное производство и экологические проблемы в Карачаево-Черкесии (на примере ЗАО «Кавказцемент») // Апробация. - 2014. - №4 (19). - С. 106-110.
3. Софронова А.Н. Влияние вредных факторов цементного производства на здоровье человека // Материалы МСНК "Студенческий научный форум 2023". – 2020. – № 1. – С. 65-67; URL: <https://publish2020.scienceforum.ru/ru/article/view?id=36> (дата обращения: 06.11.2023)
4. Вишаренко, В.С. Экологические проблемы городов и здоровье человека/ В.С.Вишаренко, Н.А. Толоконцев. - JL: Знание, 2002. – 32с.
5. Крючкова Е.Н. Особенности изменений в организме при интенсивном воздействии факторов цементного производства // Гигиена и санитария. 2022. № 101(12). С. 1528-1533. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1528-1533>. (дата обращения: 05.11.2023)
6. Сергеева Н.В. Загрязненность снежного покрова мемориала. - Балашиха: Рос.гос. аграр. заоч. ун-т, 2001. – 8 с.
7. Шаптала В.В Моделирование и расчет систем очистки запыленных выбросов цементного производства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2015. № 6. – С. 208-209.
8. И. Райли. Мировая цементная промышленность и технология: прошлое, настоящее и будущее // Цемент и его применение. 2020. № 5 . С. 15-16 URL: <https://jcement.ru/reading/cemchem/mirovaya-tsementnaya-promyshlennost-i-tekhnologiya-proshloe-nastoyashchee-i-budushchee/>. (дата обращения: 07.11.2023)
9. Lizzie Crook. Sea stoon is a concrete-like material made from shells.// DEZEEN. 2020. – С. 5-6 URL: <https://www.dezeen.com/2020/08/28/sea-stone-newtab-22-design-shells-materials/> (Дата обращения: 07.11.2023)
10. Каспарян, А. Э. Влияние добавок на свойства портландцемента / А. Э. Каспарян, М. А. Тлехусеж // Студенческий научный форум : Материалы Международной студенческой научной конференции, Москва, 01 декабря 2019 года – 06 2020 года / Под редакцией Н.Е. Старчиковой. Том III. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Евроазиатская научно-промышленная палата", 2020. – С. 63-66. – EDN WENHJW.
11. Щербак, Д. В. Неорганические вяжущие вещества / Д. В. Щербак, М. А. Тлехусеж // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2019. – № 4-4. – С. 102-105. – EDN BVKSHR.
12. Тлехусеж, М. А. Влияние обработки семян пшеницы препаратами ряда карбамоилсодержащих 2-фурилоксазолидинов на их посевные качества / М. А. Тлехусеж // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: Сборник научных статей по итогам седьмой международной научной конференции, Казань, 30–31 июля 2020 года. Т. Часть 1. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Конверт", 2020. – С. 130-131. – EDN DSNOGF.
13. Бадовская, Л. А. Влияние гетарил-1,3-оксазолидинов на посевные качества семян озимой пшеницы / Л. А. Бадовская, М. А. Тлехусеж, Н. И. Ненько // Агрохимия. – 2017. – № 1. – С. 46-49. – EDN XQOAPV.

---

14. Патент № 2797172 С1 Российская Федерация, МПК А01N 37/18, А01N 37/22, А01Р 21/00. Активатор прорастания семян озимой пшеницы, содержащий мочевиный фрагмент : № 2022131748 : заявл. 06.12.2022 : опубл. 31.05.2023 / М. А. Тлехусеж; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный технологический университет". – EDN DOBPHB.