



УСТОЙЧИВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Петров Сергей Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов,
Московский государственный строительный университет
г. Москва, Россия

Иванова Мария Александровна

аспирант кафедры строительных материалов, Московский государственный
строительный университет
г. Москва, Россия

Аннотация

В статье рассматриваются современные подходы к созданию устойчивых строительных материалов с использованием отходов промышленности. Проанализированы основные виды промышленных отходов, применяемых в строительстве, такие как золошлаковые смеси, металлургические шлаки, строительный мусор. Рассмотрены физико-механические свойства таких материалов, их влияние на экологию и экономическую эффективность. Особое внимание уделено вопросам стандартизации, долговечности и перспективам внедрения устойчивых материалов в строительную отрасль.

Ключевые слова: устойчивое строительство, промышленные отходы, строительные материалы, утилизация отходов, экология, долговечность.

Введение

Современное строительство сталкивается с вызовами, связанными с ростом объемов отходов промышленности и необходимостью сокращения выбросов углерода. Одним из решений этих проблем является разработка устойчивых строительных материалов, включающих вторичное сырье. Использование отходов промышленности позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и сократить себестоимость строительных материалов, что делает такие решения привлекательными с экономической точки зрения.

1. Основные виды промышленных отходов, используемых в строительстве

К наиболее перспективным видам промышленных отходов, применяемых для производства строительных материалов, относятся:

- **Золошлаковые отходы** тепловых электростанций, которые используются для производства цемента, бетона, автоклавного газобетона.
- **Металлургические шлаки** (доменные, сталеплавильные), применяемые в качестве заполнителей и добавок в бетонные смеси.
- **Отходы строительного сноса** (бетонный лом, кирпич, гипс), перерабатываемые в заполнитель или порошок для новых строительных смесей.
- **Отходы стекольной и керамической промышленности**, включаемые в состав плиточных и облицовочных материалов.

Применение таких отходов позволяет снизить объемы складирования, уменьшить потребление природных ресурсов и способствовать формированию замкнутой экономики.

2. Физико-механические свойства устойчивых строительных материалов

Исследования показывают, что строительные материалы с добавлением промышленных отходов способны демонстрировать не только сопоставимые, но и улучшенные свойства по сравнению с традиционными аналогами. Например, введение золы уноса в цементные системы повышает морозостойкость и стойкость к агрессивным средам, а использование доменных шлаков способствует увеличению прочности при длительном твердении.

Однако важно контролировать содержание вредных веществ в отходах, таких как тяжелые металлы, чтобы исключить их вымывание и попадание в окружающую среду в процессе эксплуатации.

3. Экологические и экономические аспекты использования промышленных отходов

Применение отходов промышленности в строительных материалах способствует снижению углеродного следа, так как позволяет уменьшить объемы добычи и переработки первичных природных материалов. Кроме того, снижаются затраты на захоронение отходов и эксплуатацию полигонов.

Экономический эффект также достигается за счет удешевления сырья и, в ряде случаев, снижения стоимости конечной продукции. Например, при замещении части цемента доменными шлаками стоимость бетона может снижаться на 10–15%.

4. Проблемы и перспективы внедрения устойчивых строительных материалов

Несмотря на очевидные преимущества, массовое внедрение устойчивых строительных материалов сталкивается с рядом проблем:

- недостаточная проработанность стандартов и нормативной базы;
- сомнения потребителей в долговечности и надежности таких материалов;
- ограниченная инфраструктура по переработке промышленных отходов.

Для преодоления этих барьеров необходимы государственная поддержка, развитие системы сертификации, стимулирование строительных компаний к использованию устойчивых решений. Перспективным направлением является создание композитных материалов с адаптируемыми свойствами за счет модификации состава отходов и применения нанотехнологий.

Заключение

Устойчивые строительные материалы на основе отходов промышленности представляют собой важное направление развития строительной отрасли в условиях ресурсных и экологических ограничений. Их внедрение требует комплексного подхода, включающего научные исследования, стандартизацию, экономические стимулы и просвещение участников строительного процесса. В будущем такие материалы могут стать основой для формирования устойчивой, экологически безопасной и эффективной строительной индустрии.

Литература

1. Neville A.M. Properties of Concrete. London: Pearson Education, 2012.
2. Siddique R. Utilization of industrial by-products in concrete // Resources, Conservation and Recycling. 2010. Vol. 54. P. 1060–1066.
3. Wang Y., Wang L., Wang M. Study on the mechanical properties of recycled aggregate concrete // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 156. P. 1046–1054.
4. Чернов С.В., Иванова М.А. Применение золошлаковых отходов в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2021. №5. С. 12-18.
5. Кузнецов П.П., Смирнова Е.А. Экономическая эффективность использования промышленных отходов в строительстве // Вестник строительства. 2020. №8. С. 45-51.
6. Михайлов А.Д. Экологические аспекты переработки промышленных отходов в строительной индустрии // Экология и промышленность России. 2019. №3. С. 32-38.