

Агеева М.С., канд. техн. наук, доц.,  
Шапвалов С.М., канд. техн. наук, доц.,  
Боцман А.Н., аспирант,  
Ищенко А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ\*

ageevams@yandex.ru

*Многие отходы промышленности и городского хозяйства, представляющие большой практический интерес, остаются недостаточно востребованными по разным причинам. В этом плане популяризация возможных направлений применения отходов и достигаемого при этом эффекта имеет важное значение. Одной из основных отраслей комплексного использования сырья горнодобывающей промышленности, является отрасль строительных материалов, где данное сырье может выступать в качестве основы для создания новых высокоэффективных материалов. Прогнозирование свойств таких материалов достаточно сложная задача, решение которой может быть достигнуто за счет формирования системного подхода к определению показателей качества, а также прогнозированию и регулированию свойств материалов в зависимости от целей и задач, решаемых строителями и технологами производства.*

**Ключевые слова:** отходы, прогнозирование свойств, эффективные материалы, сырьевая база, переработка, утилизация.

**Введение.** Современный уровень развития промышленного производства использует огромные минерально-сырьевые и энергетические ресурсы, из которых менее десятой части используется в качестве полезного продукта, а остальное складывается в виде отходов на полигонах, хранилищах, захоронениях [1, 2]. С ростом объемов производства растут размеры промышленных свалок, в связи с чем на каждом предприятии необходимо осуществлять контроль количества и качества отходов, соотношение их с количеством и качеством выпускаемой продукции, а также проводить совершенствование производства с целью снижения образования отходов [3]. Многие отходы промышленности и городского хозяйства, представляющие большой практический интерес, остаются недостаточно востребованными по разным причинам. В этом плане популяризация возможных направлений применения отходов и достигаемого при этом эффекта имеет важное значение [4].

**Основная часть.** Сырьевая база России достаточно разнообразна, при этом его распределение на всей территории, как правило, неравномерно. Так, например, сосредоточение в отдельных зонах характерно для определенных горных пород, используемых для производства строительных материалов: бокситов – для производства алюминиевых цементов; огнеупорных глин – для огнеупоров, фарфора, фаянса; чистых известняков – для портландцемента; хорошо вспучивающихся глин – для керамзитового гравия; плотных и прочных осадочных и магматических горных пород – для щебня. Относительно равномерно распределены строи-

тельные пески, легкоплавкие глины и суглинки.

Таким образом, комплексный подход к использованию природного минерального сырья сегодня отсутствует, и возможности местной сырьевой базы реализуются недостаточно [5]. В то же время в регионах с развитым промышленным потенциалом образуется огромное количество промышленных отходов, источником которых являются предприятия химии, нефтехимии, нефтепереработки, энергетики, металлургии и другие, отчисляющие значительные средства на их хранение [6]. С накоплением промышленных отходов нарушается экологическое равновесие, что фиксируется экологическими службами и проявляется в резком загрязнении окружающей среды, связанном с образованием свалок и выбросов. В связи с этим, земельным комиссиям приходится отводить участки для хранения отходов, которые с большей эффективностью могли бы быть использованы в градостроительстве или в сельском хозяйстве. Образование отходов происходит на всех стадиях движения сырья: от момента его добычи, когда оно еще является природным ресурсом, до завершения эксплуатации изготовленного из него изделия.

Резервы ресурсосбережения при комплексной переработке сырья и использовании отходов весьма значительны. Капитальные вложения, необходимые для переработки вторичного сырья, примерно в четыре раза меньше, чем при получении продукции из первичного сырья [7]. Очевидно, что следует вкладывать средства в безотходные технологические процессы, которые сберегают сырьевые и энергетические ресурсы и вместе с тем обеспечивают высокое ка-

чество продукции [8].

Из отраслей, потребляющих промышленные отходы, наиболее емкой является промышленность строительных материалов, доля сырья которой в себестоимости продукции достигает 50 % и более. Многие отходы по своему составу и свойствам близки к природному сырью. Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах, а также на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья. Кроме того, из промышленных отходов можно создать новые строительные материалы с высокими технико-экономическими показателями [9,10].

Вместе с тем накопленный научный и практический опыт использования отходов промышленности в России и за рубежом позволяет рассматривать их как ценное сырье для производства строительных материалов [11]. Все отходы делятся на две большие группы – минеральные и органические, при этом преимуществом обладают первые, т.к. их больше, они лучше изучены и имеют огромное значение для производства строительных материалов.

При разработке подхода к выбору экономически целесообразных направлений утилизации промышленных отходов в производстве строительных материалов учитывается следующее: максимальное использование преимуществ исходного состояния (химической активности, дисперсности и агрегатного состояния); при утилизации выбор технологии с минимальной переработкой [12,13]. При этом следует отметить, что направление утилизации выбирается и обосновывается технологами, а задачи доведения до кондиции и соблюдения правил хранения должны быть возложены на экологические и санитарные службы. Основными параметрами, характеризующими любой промышленный отход, являются: химико-минералогический состав; агрегатное состояние; объем образования. Для выбора направления использования отхода каждый его вид должен пройти несколько уровней оценки по различным критериям с учетом основных параметров [14].

Сегодня имеются глубокие теоретические исследования в области шламовых, шлаковых и зольных отходов, отходов горнодобычи и переработки, отходов древесины и т.д. Как показывает практика, из отходов или из отходов в комбинации с природным минеральным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы [15-17]. Разработаны и апробированы технологии получения из отходов металлургических, нефтеперерабатывающих,

нефтехимических, химических, энергетических предприятий дорогостоящих глиноземистого и расширяющегося цементов, жаростойкого бетона, высокоэффективных добавок для керамзита, керамического кирпича и других материалов [18]. Из крупнотоннажных отходов энергетики – зол и шлаков – можно производить практически все строительные материалы, изделия и конструкции, используемые при возведении жилых и промышленных зданий, сельскохозяйственных объектов, дорожных сооружений и т.п. Надо полагать, взятый ныне в России ориентир на производство строительных материалов, изделий и конструкций из отходов промышленности и местных материалов сулит весомые выгоды [19].

Сложный физико-химический состав и структура отходов ряда промышленных производств позволяют рассматривать их как реальную сырьевую базу промышленности строительных материалов, в том числе производства вяжущих веществ. Многочисленными исследованиями и практическим внедрением доказана возможность производить обычный портландцемент, шлакопортландцемент, жидкое стекло, силикатные, шлако- и золощелочные вяжущие вещества, используя шлаки черной и цветной металлургии, золы ТЭЦ, микрокремнезем, белиловые шламы и другие многотоннажные отходы промышленности.

Так, шлаки черной и цветной металлургии, бокситовые шламы, топливные золы и некоторые другие отходы промышленности содержат  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , которые лежат в основе расчета состава сырьевой смеси для получения портландцементного клинкера необходимого минералогического состава [20].

Однако в ряде случаев содержание элементов в отходах бывает недостаточно стабильным, и в нем недостает некоторых компонентов для полного обеспечения расчетного состава. В таких случаях, приняв за основу химический состав техногенного сырья, производят расчет недостающих компонентов (оксидов) и определяют количественный состав добавок и возможность обогащения сырья природными материалами или какими-либо побочными продуктами в виде корректирующей добавки [21].

Идентичная химико-минералогическая основа шлаков и клинкера портландцемента дает основание использовать их в качестве минеральной добавки и создать целую серию шлакопортландцементов, играющих существенную роль в производстве бетонных и железобетонных изделий [22].

Также, одним из известных видов вяжущих является шлакощелочное вяжущее (ШЩВ),

алюмосиликатный компонент которых может быть представлен: доменными шлаками, электротермофосфорными шлаками, шлаками цветной металлургии (шлаки от выплавки свинца, цинка, никеля, меди и т.д.), сталеплавильными шлаками (мартеновские, конверторные, ваграночные, феррохромовые), белиловыми шламами (например, нефелиновый – отход производства глинозема; бокситовый и др.), топливными отходами (золы, шлаки и золошлаковые смеси), отходами производства минеральной ваты.

В качестве щелочного компонента могут быть использованы любые соединения щелочных металлов, способных создавать в воде щелочную среду. Такими соединениями являются едкие щелочи (натр едкий технический, гидрат оксид калия технический), несиликатные соли слабых кислот (сода кальцинированная техническая из нефелинового сырья, калий углекислый технический, натрий фтористый), силикатные соли и растворимые стекла с силикатным модулем от 0,5 до 3 (растворимый и кремнекислый силикаты натрия), отвечающие требованиям соответствующих нормативных документов [23].

Глубокие теоретические исследования и практический опыт использования автоклавной обработки силикатных изделий, ячеистых бетонов и других строительных материалов позволяют считать автоклавную технологию одним из эффективнейших методов получения бетонов и изделий различного назначения, плотности и структуры с использованием широкой номенклатуры вяжущих веществ, в том числе вяжущих на основе отходов промышленности (шлаков, зол, шламов, отходов ГОК, стеклобоя и многих других) [24].

Таким образом, возможность использования тех или иных промышленных отходов для производства вяжущих веществ определяется разнообразием свойств исходного сырья, степенью его подготовленности для применения в строительстве и т.д. Эти различия должны быть учтены при выявлении экономической эффективности их использования. Для каждого отхода необходимо определить не только наиболее рациональный способ переработки, но и соответствующую область применения.

**Выводы.** Накопленный научный и практический опыт использования отходов промышленности в России и за рубежом позволяет расценивать их как ценное сырье для производства строительных материалов. Сегодня имеются глубокие теоретические исследования в области шламовых, шлаковых и зольных отходов, отходов горнодобычи и переработки, отходов древесины и т.д. Как показывает практика, из отходов или из отходов в комбинации с природным ми-

неральным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы.

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-41-08006; с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 370 с.
2. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О. Ресурсы и энергосберегающие технологии строительных материалов на основе минерально-щелочных и геополлимерных вяжущих: учеб. пособие. Пенза: ПГУАС, 2013. 156 с.
3. Лесовик В.С., Володченко А.А. К проблеме техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 38–41.
4. Русина В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов: учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2007. 224 с.
5. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // Современные наукоемкие технологии. 2006. №2. С. 59–60.
6. Лютенко А.О., Лебедев М.С., Строкова В.В. Анализ отходов горной добычи как потенциального источника сырья для производства дорожно-строительных материалов // Вестник ВолгГАСУ. Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ. 2013. № 31. С. 445–449.
7. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 29–32.
8. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 10–14.
9. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. Промышленные отходы для производства композиционных гипсовых вяжущих / В сб.: Научные и инженерные проблемы строительной технологической утилизации техногенных отходов. // БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2014. С. 230-235.
10. Агеева М.С., Шаповалов С.М., Усенко

М.В. Закладочные смеси на основе техногенного сырья курской магнитной аномалии / Сб. «Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов» // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, 2014. С. 50–53.

11. Русина В.В., Тарасова Н.Ю., Грызлова Е.О. Бетоны специального назначения на основе жидкого стекла из микрокремнезема // Технологии бетонов. Информ. научно-техн. журн. 2006. № 1. С. 34–35.

12. Лесовик Р.В., Богусевич В.А., Ильинская Г.Г. К вопросу об использовании техногенного сырья КМА для бетонных работ при отрицательных температурах // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. Белгород: РААСН, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. С. 23–25.

13. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. 2013. №6–3. С. 525–529.

14. Лесовик В.С. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении В сборнике: Стройсиб - 2015. Строительные материалы - 4С: состав, структура, состояние, свойства Международный сборник научных трудов. 2015. С. 26–30.

15. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79–83.

16. Ключев А.В., Ключев С.В., Лесовик Р.В., Михайлова О.Н. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для производства мелкозернистого бетона армированного фибрами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 81–84.

17. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 5. С. 14–21.

18. Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Михайлова О.Н., Махова Т.А. Оценка энергетического состояния сырья для получения строительных материалов // Строительные материалы. 2012. № 10. С. 53–55.

19. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 4. С. 3–11.

20. Лесовик Р.В., Ключев А.В., Ключев С.В. Мелкозернистый сталефибробетон на основе техногенного песка для получения сборных элементов конструкций // Технологии бетонов. 2014. № 2 (91). С. 44–45.

21. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56–59.

22. Фомина Е.В., Кожухова М.И., Кожухова Н.И. Оценка эффективности применения алюмосиликатной породы в составе композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 31–35.

23. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 21–24.

24. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113–116.

---

**Ageeva M.S., Shapovalov S.M., Botsman A. N., Ischenko A. V.**

#### **REVISING THE APPLICATION OF INDUSTRIAL WASTES WHEN BINDERS PRODUCTION**

*A lot of household and industrial wastes are of interest in application but they are not popular due to different reasons. In this case realization of possible directions of waste application and resulting effect are very important. One of the basic ways of complex application of raw materials from mining industry is construction industry where these raw materials can be basic when development of new high effective materials. Properties forecasting of these materials is complex problem that can be solved by formation of system concept for determination of quality parameters as well as forecasting and variation of properties of final materials according to requirements of production process and its purpose.*

**Key words:** wastes, properties forecasting, effective materials, source of raw materials, recycling, utilization.

---

**Агеева Марина Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ageevams@yandex.ru

**Шапвалов Сергей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: serega-shap@yandex.ru

**Боцман Алексей Николаевич**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lesha-90-t@ Rambler.ru

**Ищенко Алина Валентиновна**, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru