

*Шейченко М. С., аспирант,  
Лесовик В. С., член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф.,  
Алфимова Н. И., канд. техн. наук, доц.*

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

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

shms2005@yandex.ru

*В настоящей работе представлено исследование отходов мокрой магнитной сепарации Ковдорского месторождения в качестве мелкого заполнителя в бетон и как компонента композиционных вяжущих. Представлены результаты исследований размолоспособности отходов и комплекс исследований по разработке рецептурно-технологических параметров композиционного вяжущего.*

**Ключевые слова:** композиционное вяжущее, отходы мокрой магнитной сепарации

Актуальной задачей современного материаловедения является утилизация отходов промышленности, которые, накапливаясь в отвалах, отчуждают огромные земельные площади и увеличивают техногенную нагрузку на окружающую среду. На сегодняшний день отрасль строительных материалов является единственной отраслью, которая способна широко и эффективно использовать отходы промышленности, решая при этом проблемы ресурсосбережения в строительстве и охраны окружающей среды.

Утилизация бытовых и промышленных отходов является целесообразным не только с точки зрения охраны окружающей среды, но и является важным ресурсом повышения эффективности производства строительных материалов за счет экономии тепловой энергии, снижения транспортных расходов и снижения себестоимости продукции в целом.

Наиболее крупнотоннажными являются отходы, образующиеся при обогащении таких полезных ископаемых как железная руда, золото, алмазы и т.д. Необходима разработка малоотходных технологий и комплексного использования недр.

В ряде же стран существуют целые программы и национальные стратегии по утилизации отходов промышленности [1, 2].

В последние годы мировое сообщество пересмотрело стратегию развития нашей цивилизации, выдвинув взамен доминирующего направления безграничного «научно-технического прогресса» стратегию, основные критерии которой – ограничение потребления природных ресурсов, энергосбережение, защита окружающей среды [3]. Эти же критерии являются базовыми и в стратегии развития строительного комплекса России на период до 2010 г. [4].

В «Стратегии развития строительного комплекса Российской Федерации до 2010 г.» [5] ставятся задачи рационального использования

природных ресурсов и вовлечения в производство техногенных отходов различных отраслей промышленности, замещения на 20–30 % природного сырья производственными и бытовыми отходами в производстве строительных материалов.

С одной стороны, это связано с необходимостью в современных условиях расширения сырьевой базы промышленности строительных материалов, что обусловлено растущими темпами строительства и потребностью в качественных и недорогих строительных материалах. С другой стороны, в регионах с развитой промышленностью ежегодно образуется и затем накапливает большое количество промышленных отходов, которые требуют утилизации.

В обозримом будущем в России, как и в других странах, наиболее распространенным материалом в строительстве будет бетон и его различные виды. Поэтому основное направление утилизации отходов промышленности видится именно за счет их применения в бетоне в виде заполнителя и компонента вяжущего.

В связи с этим, нами были проведены исследования возможности использования отходов обогащения железных руд Ковдорского месторождения в качестве компонента композиционного вяжущего (КВ).

Ковдорское месторождение приурочено к палеозойскому интрузиву оливинитов, пироксенитов, меллититовых пород и мельтейгитов. Оно представляет собой вертикально уходящее без изменений на глубину более 2 км тело эллипсоидного сечения, которое сложено рудоносными форстерит-кальцитовыми и кальцитовыми породами. Главными концентраторами железа в них является магнетит, пятиокиси фосфора – апатит, циркония – бадделейт.

Исследуемое техногенное сырье – отходы мокрой магнитной сепарации (ММС) представляют собой тонкодисперсный песок темно-

серого цвета с насыпной плотностью 1545 кг/м<sup>3</sup> и модулем крупности 0,75, наиболее представительной является фракция 0,14 и менее [6].

Применение их в промышленности строительных материалов сдерживается, прежде всего, тем, что они имеют отличный от традиционного применяемых в строительстве химический и минералогический составы. Главным образом это выражается в низком содержании SiO<sub>2</sub>, и в отличие от природных песков, которые по своему составу мономинеральны и представлены в основном кварцем, отходы ММС полиминеральны и состоят в большей степени из не традиционных для строительного материаловедения оливинита и пироксенита..

Для данных техногенных песков характерны преимущественно кубовидные, близкие к изометричным, зерна (рис. 1). Поверхность зерен покрыта пылевидным материалом выветри-

вания материнской породы, что в свою очередь и предопределяет их высокие показатели водо- (10,9 %) и цементопотребность (0,96 %).

Все выше изложенное дает возможность предположить, что полидисперсный состав исследуемых пород будет способствовать образованию плотной структуры композита, а развитость поверхности обеспечит адгезию с цементным камнем, что в свою очередь положительно отразится на физико-механических характеристиках конечного изделия.

Для подтверждения теоретических предположений была рассмотрена возможность использования отходов ММС как компонента КВ, в частности определен его коэффициент качества и проведен сравнительный анализ с другими песками природного и техногенного происхождения (табл. 1) [7].

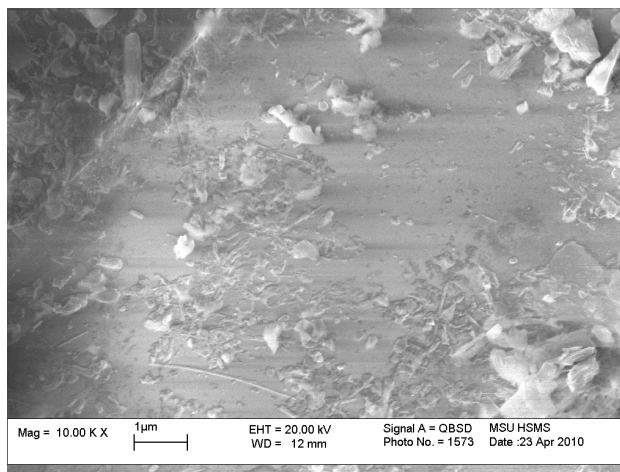
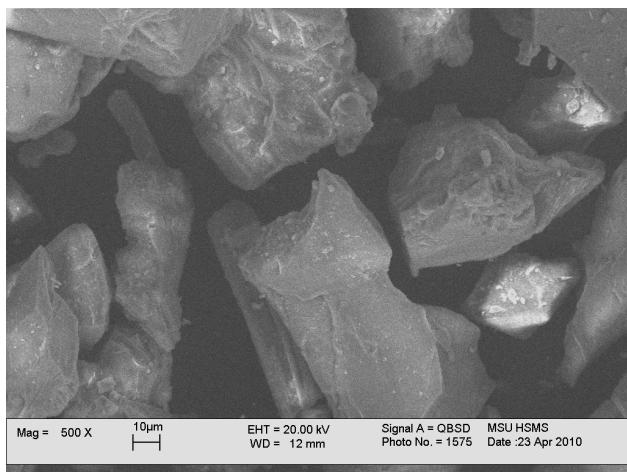


Рисунок 1. Общий вид частиц отходов ММС

Таблица 1

**Показатели коэффициент качества пород различного генезиса как компонента композиционного вяжущего**

№ п/п	Наименование минерально компонента ТМЦ	K <sub>к</sub>
1	Отсев дробления КВП, фракции 0,315-5	1,29
2	Отходы ММС Лебединского месторождения	1,02
3	Песок Вольского месторождения	1
4	Песок Нижне-Ольшанского месторождения	0,95
5	Отходы ММС Ковдорского месторождения	0,92
6	Отсев Солдато-Александровского карьера	0,77
7	ОАО Архангельской алмазоносной провинции	0,31

а

б

Анализ результатов свидетельствует о том, что исследуемые породы обладают хорошими показателями коэффициента качества (0,92) и могут быть использованы для производства композиционных вяжущих.

Необходимо отметить, что на активность КВ в значительной степени влияет прочность контактной зоны вяжущего и наполнителя. В связи, с чем был проведен сравнительный анализ микроструктуры контактной зоны цементного камня с активированным в процессе помола компонентом, который подтвердил предположение о неплохой адгезии исследуемых пород. Однако в зоне контакта цементного камня с зерном отходов ММС наблюдается незначительное снижение адгезии, в сравнении с зерном кварцевого песка Вольского месторождения, что обусловлено качественными показателями исследуемых пород компонента и, в частности, их ультроосновным составом, а так же наличием на их поверхности пылеватых частиц.

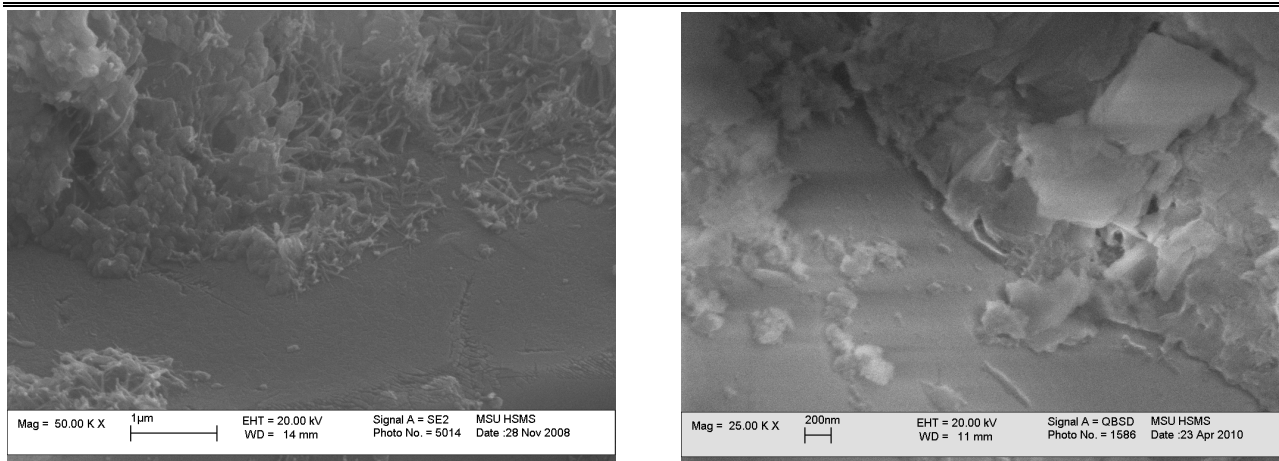


Рисунок 2. Контактная зона цементного камня с минеральным компонентом:  
*а* – Вольский песок; *б* – отходы ММС

Так как себестоимость производства композиционных вяжущих во многом определяется размолоспособность компонентов, используемых для их производства, были проведены исследования по определению кинетики помола рассматриваемого сырья при производстве тонкомолотых цементов (ТМЦ-70, ТМЦ-60, ТМЦ-50).

Из полученных результатов (рис. 3) видно, что увеличение доли отходов ММС в компози-

ционном вяжущем способствует более быстрому нарастанию удельной поверхности, так у ТМЦ-50 удельная поверхность за 30 минут помола увеличилась на 62,5 %, у ТМЦ-60 – на 56,1 %, а у ТМЦ-70 – на 50,7 %, это свидетельствует о том, что отходы ММС обладают меньшей твердостью в сравнение с клинкерными минералами.

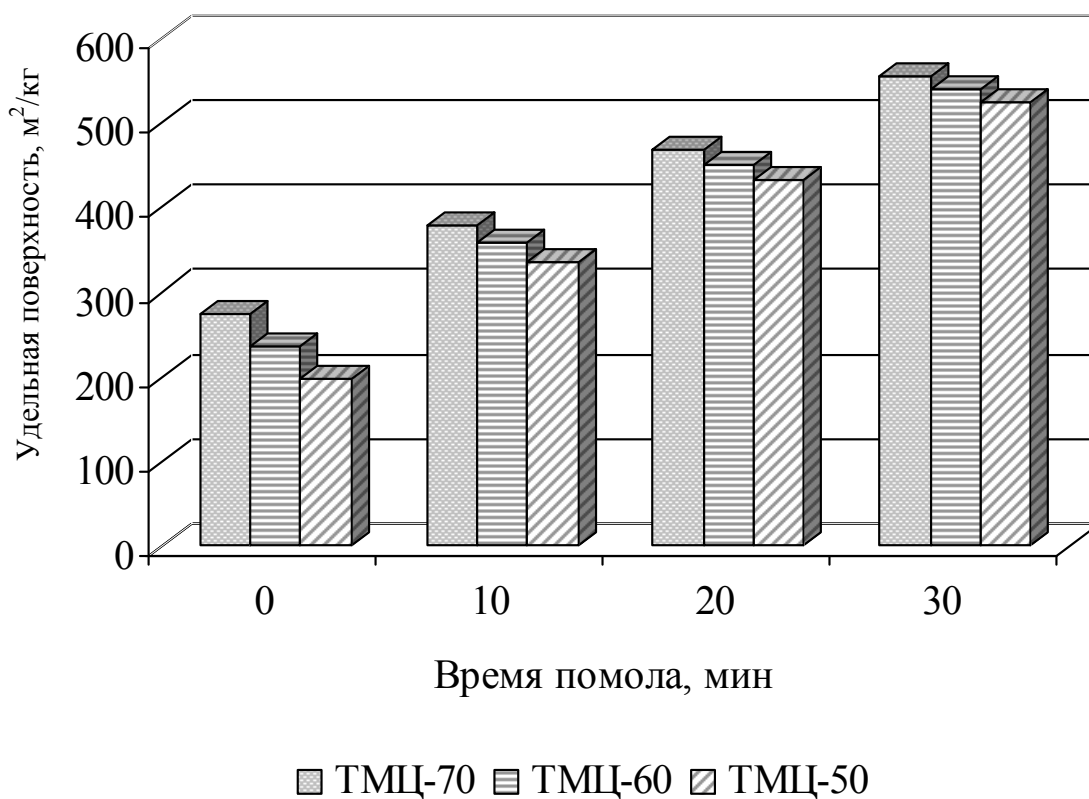


Рисунок 3. Кинетика помола композиционных вяжущих с различным содержанием отходов ММС

Таким образом, применение отходов ММС для производства композиционных вяжущих

будет нести в себе не только экономический, но и экологические эффекты.

Проведен комплекс исследований по разработке рецептурно-технологических параметров композиционного вяжущего. В качестве факторов варьирования оптимизации состава композиционного вяжущего были приняты: количест-

во минерального компонента (30–50 % от массы КВ), расход суперпластификатора Мельмента (0–0,8 % от массы КВ) (табл. 2).

Таблица 2

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	1	
Отходы ММС, % от массы	X <sub>1</sub>	30	40	50	10
Мельмент % от массы	X <sub>2</sub>	0	0,4	0,8	0,4

Выбор факторов и параметров оптимизации производился исходя из технологической и экономической целесообразности. Варьирование расходов суперпластификатора преследовало цель выявления их минимального количества, обеспечивающего получение материала с требуемыми характеристиками.

Выходным параметром для подбора оптимального состава служила прочность при сжатии.

Математическая обработка производилась с применением программы SigmaPlot.

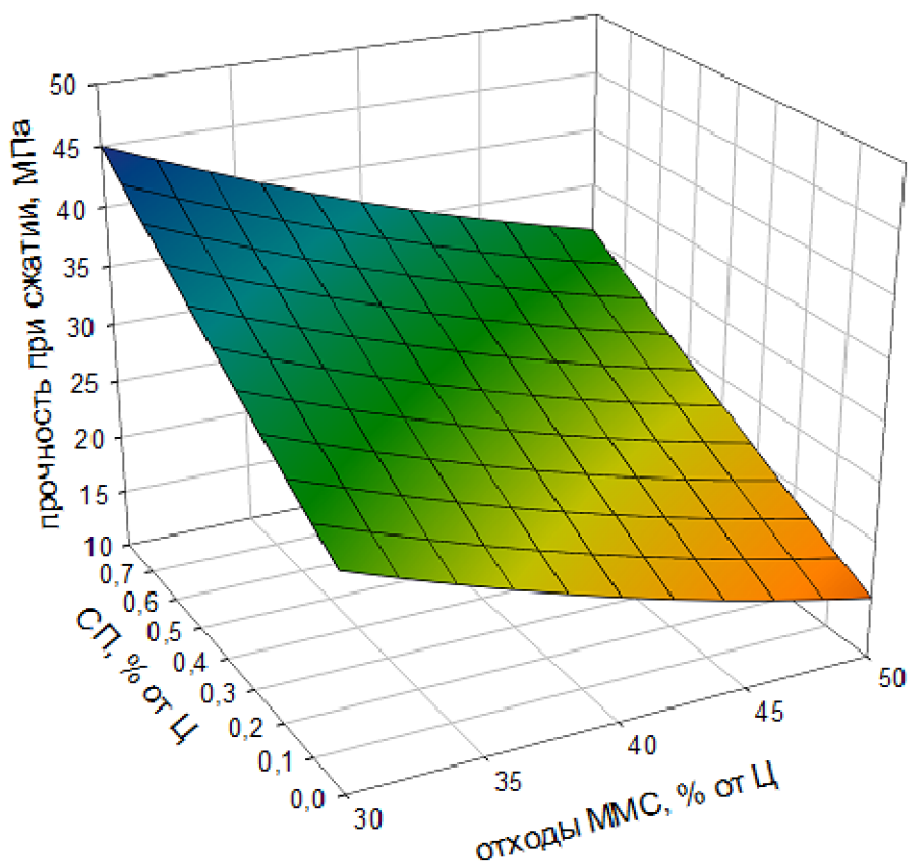


Рисунок 4. Зависимости предела прочности на сжатие композиционного вяжущего

Полученные номограммы (рис. 4) дали возможность просматривать закономерности

при изменении значения каждого фактора. Оптимальным составом является тот у которого

самая высокая прочность, по данным полученным из номограмм можно сказать что таковым является состав с содержанием минерального компонента 30 % от массы КВ и суперпластификатора Мельмента – 0,8 % от КВ.

Таким образом, разработаны принципы использования отходов ММС Ковдорского месторождения как сырья для производства композиционных вяжущих веществ и выявлены закономерности изменения прочностных показателей композитов на их основе в зависимости от содержания и вида используемой породы и количества суперпластификатора.

Применение отходов мокрой магнитной сепарации, с введением экспериментально подобранного количества суперпластификатора, позволит сократить количество вяжущего, как самого дорогостоящего и энергоемкого материала, без снижения прочности конечного изделия.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рахимов, Р. З. Достижения, проблемы и перспективные направления развития исследований и производства шлакощелочных вяжущих и бетонов / Р. З. Рахимов, Н. Р. Хабибуллина // Достижения, проблемы и перспективные направления развития теории и практики строительного материаловедения: материалы десятых академических чтений РААСН, Казань-Пенза, 24-29 апр. 2006 г. / Казанский гос. арх. -стр. ун-т – Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства; отв. ред. Р. З. Рахимов. – Казань-Пенза, 2006. – С. 57–59.
2. Boswell, J. Protecting the future. Mining legislation and the environment / J. Boswell // Civil engineering. – 2004. – № 8. – pp. 8–10.
3. Ильичев, В. А. Строительный комплекс в век информационных технологий и один день без них / В. А. Ильичев // Архитектура и строительство Москвы. – 2002. – № 2-3. – С. 46–50.
4. Барина, Л. С. Строительство – определяющий фактор устойчивого развития / Л. С. Барина, Ю. С. Волков // Информационный бюллетень. – 2002. – № 5. – С. 2–4.
5. Стратегия развития строительного комплекса Российской Федерации на период до 2010 года. – М.: Госстрой РФ, 2003.
6. Алфимова, Н.И. Перспективы использования отходов мокрой магнитной сепарации Ковдорского месторождения в дорожном строительстве / Н.И. Алфимова, П.В. Трунов, А.О. Лютенко // Эффективные материалы, технологии, машины и оборудование для строительства и эксплуатации современных транспортных сооружений: сб. докл. Междунар. научн.-практич. конф., Белгород 3–4 дек. 2009 г. / Белгор. гос. технолог. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – С.11–13.
7. Лесовик, Р.В. К проблеме использования техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов и изделий на их основе / Р.В. Лесовик // Строительные материалы. – 2007. – № 9. – Приложение «Наука». – № 10. – С. 13 – 15.