

Песок для строительных работ и техногенные пески

Д.А. Зорин¹, И.Ю. Бурлов²

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Аннотация: Одним из важных компонентов строительных смесей и бетонов является песок. Песок - самый доступный сырьевой материал, но во многих странах добыча песка наносит вред экологии или является дефицитным материалом. Некоторым странам приходится закупать песок. Для замены строительных песков предлагаются различные отходы при дроблении и помоле, отсева бетонного и кирпичного лома. Пустынный песок не всегда подходит для строительных смесей из-за своих физических свойств. Техногенные пески имеют различное происхождение и вследствие этого имеют различный химический и минералогический состав, обладают различными свойствами и строением. Для определения применимости заменителя песка требуется проводить исследования как самого техногенного песка, так и изделий на его основе.

Ключевые слова: добыча песка, техногенные пески, отсев дробления бетонного лома, отсев дробления кирпичного лома, отходы обогащения.

Основными компонентами бетона являются цемент, песок, щебень и вода. По некоторым оценкам, самое добываемое полезное ископаемое в мировом масштабе - песок. Огромный спрос на твердую горную породу объясняется увеличивающейся потребностью в использовании при изготовлении стекла и бетона.

В некоторых прибрежных странах песок также применяется для насыпей с целью увеличения материковой площади. При чрезмерной добыче песка наносится ущерб природному ландшафту, речной и морской береговой линии, и связанных с ними экосистемами.

Песок находится практически на всей поверхности Земли. Так как доступ к нему свободный, то учет добычи вести достаточно трудно.

В настоящее время песок составляет 85% от всех добытых нерудных полезных ископаемых. Специалисты программы ООН по окружающей среде подсчитали, что приблизительный объем добычи песка составляет более 50 млрд. тонн в год.

Основная доля песка добывается для изготовления бетона. Также песок применяется при производстве асфальта и дорожных покрытий, при производстве стекла, а кроме того, при разработке нефте- и газовых месторождений. Доля песка в дорожном асфальте доходит до 90%. Примерно 60% от мировой добычи песка происходит в Китае.

Как утверждают многие исследования, спрос на песок стремительно растет, а количество мест добычи ограничено. Такие темпы добычи песка будут иметь очень серьезные последствия как для окружающей среды, так и для мировой экономики. С течением времени проблема становится все серьезней из-за быстрого развития регионов и целых стран [1].

Многие страны, например, Камбоджа, Индонезия, Вьетнам, вводят запрет на экспорт песка, так как это угрожает экологической обстановке и собственному потреблению.

Крупнейшим импортером песка в 2011 году по приблизительным расчетам был признан Сингапур. Это связано с экономическим ростом и большими объемами строительства и увеличением площади путем намыва новых участков суши.

В Объединенных Арабских Эмиратах собственного песка практически не осталось, и покупатели вынуждены завозить песок из других стран. К примеру, для строительства многоэтажных зданий песок был куплен в Австралии.

Поскольку существует большой спрос на песок для строительства, незаконная добыча песка в некоторых странах встречается довольно часто.

Не любой песок подходит для всех целей. Например, песок из пустынь не желателен для строительства. Зерна пустынного песка округлены ветровой эрозией и плохо связываются в каркасе бетонного камня.

По этой причине песок чаще всего добывают из русел рек и с морского дна. Однако, морской песок имеет существенные недостатки по сравнению с

речным песком. В нем находится повышенное содержание соли, которую нужно удалять. Морские соли могут вызывать коррозию в арматуре и других металлических элементов конструкции.

Всё это делает речной песок первоочередным материалом добычи.

По мнению экологической группы Всемирного фонда дикой природы (WWF), добыча речного песка является наиболее негативной по воздействию на окружающую среду. Разрушительными являются методы добычи. В промышленных масштабах песок из русел рек добывается с помощью плавучих платформ с ковшами на конвейерных лентах, комплексно-механизированными горно-обогачительными агрегатами (драга). При такой добыче сильно меняются речные стоки, разрушаются берега, понижается уровень грунтовых вод.

В Сводном государственном реестре участков недр и лицензий указывается, что самые объемные залежи песка в России расположены в Смоленской, Воронежской, Самарской областях, а также под Санкт-Петербургом и Московском регионе. Речной и морской песок добывается, в основном, на побережье Азовского моря и в Ленинградской области.

Некоторые исследователи считают, что песок является возобновляемым ресурсом и реки могут восполнять потери песка в руслах и на береговой зоне. Но количество добытого песка не должно превышать естественную изменчивость наносов речных песков [2]. Для соблюдения равновесия в экологии, добыча песка в реках не должна превышать скорость пополнения запасов песка в верхнем течении [3].

Для экономии и рационального использования песка есть несколько путей. Во многих странах, где новое строительство идет на месте старых построек, можно применять переработанный строительный мусор, как добавку в бетон. Также заменить песок в бетоне могут зола из

мусоросжигательных заводов и электростанций. Еще одним заменителем песка служит пыль, получаемая при добыче горных пород.

Существует много исследований с разработкой методик применения заменителей песка или техногенных песков.

Во всех строительных работах, где требуется применение строительных растворов, используют кварцевые пески, согласно ГОСТ «Песок для строительных работ. Технические условия». Вместе с кварцевыми песками могут применяться другие пески – известняковые, доломитовые, полевошпатовые, диоритовые, гранитные, которые соответствуют ГОСТ «Песок для строительных работ. Методы испытаний».

Техногенные пески иногда сильно различаются по своему происхождению и условиям получения, химическому и минеральному составу, строению и свойствам. Чаще всего применяются техногенные пески, состоящие из отсеков дробления и отходов обогащения горных пород [4,5]. Главным свойством техногенных песков при их использовании, как добавок, является их химический и минеральный состав. Природные пески состоят в основном из кварца, а техногенные пески могут включать в себя различные минералы.

Недостаток в виде низкого содержания кварца сказывается на уменьшении активности цемента с таким песком. Положительным моментом является полиминеральный состав, который обеспечивает снижение энергозатрат при помолу, что приводит к снижению себестоимости цемента и изделий на его основе.

Отходы обогащения горных пород образуются в большем объеме, чем отсеков дробления и помола. Техногенные пески отходов обогащения являются продуктом мокрой магнитной сепарации магнетитовых пород, а также образуются при флотации, гравитации и в процессе грохочения различных полезных ископаемых.

Более половины получаемых техногенных песков образуются при обогащении кварцита, мрамора и глинистых сланцев и других метаморфических горных пород. Для них характерно разнообразие минерального состава и присутствие различных видов кварца.

Такие пески часто применяются в качестве мелкого заполнителя в строительных растворах. Однако, крупность зерен у техногенных песков не должна превышать 5 мм [6].

Главные характеристики мелкого заполнителя по нормативам являются: модуль крупности песка, зерновой состав, вид поверхности зерен, минералогический состав, межзерновая пустотность и водопотребность, наличие различных примесей [7].

Для определения качества техногенных песков по сравнению со стандартными песками рассчитывался коэффициент качества песка (ККП) по формуле:

$$\text{ККП} = R_{\text{п}} / R_{\text{в.п.}},$$

где $R_{\text{п}}$ – предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона на изучаемом песке; $R_{\text{в.п.}}$ – предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона на песке Вольского месторождения.

Исходя из полученных результатов видно, что техногенные пески различаются по качеству, как заменитель стандартных песков композитных вяжущих веществ [8]. Это подтверждается широким разбросом показателей по коэффициенту качества песка. Применение техногенных песков позволяют получать мелкозернистые бетоны с различными свойствами и сферами применения. Увеличение областей применения мелкозернистых бетонов с повышенным содержанием цемента связано с более широким применением техногенных песков.

Исследования показали, что по коэффициенту качества песка, пригодными песками для изготовления бетонных и цементных изделий являются отсеvy дробления и отходы обогащения. Применение техногенных песков, как замена стандартным пескам, положительно скажется на экологической обстановке и частично снизит затраты на изготовление изделий.

Таблица № 1

Свойства песков и образцов бетона на их основе

	Модуль крупности (Мкр)	Прочность на сжатие, R _{сж} (МПа)	Коэффициент качества песка (ККП)
Отсев дробления кварцитопесчаника фракции 0,3-5 мм	4,7	32,5	1,75
Отсев дробления гранита	3,3	30,6	1,6
Отсев дробления ВПГС Северного Кавказа	3,8	25,9	1,4
Отсев дробления кварцитопесчаника (КВП)	3,7	23,6	1,27
Песок Вольского месторождения	2,5	18,6	1
Песок Нижне-Ольшанского месторождения	1,3	9,8	0,53
Отходы алмазообогащения	0,29	4,83	0,26

Еще одним из видов техногенных песков являются отсеvy дробления бетонного лома (ОДБЛ) и отсев дробления кирпичного боя (ОДКБ), которые остаются в большом количестве от сноса заданий [9, 10]. Железобетонный лом, образуемый при сносе ветхого и аварийного жилья, разбора строительных конструкций, перерабатывается на мобильных дробильно-

сортировочных комплексах и разделяется на щебень (70%) и мелкий песок (30%). Щебень применяется для подсыпки дорожного полотна, устройства временных и внутриплощадочных дорог, как крупного заполнителя в традиционных тяжелых бетонах. Мелкий песок и отсев при переработке остается невостребованным и складироваться на окружающих площадях. Так как фракция мелкой пыли составляет до 50%, это негативно сказывается на экологической обстановке вокруг предприятия [11,12]. Одним из способов утилизации таких отходов является вторичное применение отсевов путем его повторного использования в комплексных вяжущих материалах.

Техногенные пески значительно отличаются от природных заполнителей строением зерен, присутствием пыли в составе, полиминеральностью поверхности зерен, повышенной водопотребностью, шероховатостью и неоднородностью поверхности зерен [13]. Для мониторинга соответствия отсевов дробления бетонного лома и керамического кирпичного лома исследуются зерновой, минеральный и химический составы отсевов. Большинство исследований установило, что отсевы дробления не соответствуют требованиям по гранулометрии из-за концентрации частиц в крупных фракциях [14]. Однако, при нужной подготовке и отборе необходимых фракций, могут применяться для обогащения местных песков.

При применении различных отсевов их зерновой состав должен быть доработан, так как растворная смесь должна быть удобоукладываемой при низком расходе вяжущего [15]. При анализе продуктов дробления кирпичного боя исследователями было установлено, что отходы имеют такую же структуру и пористость как у сырьевых материалов.

Размолотые отходы кирпичного боя, отсевов и песков характеризуются небольшой лещадностью полученных зерен, что положительно сказывается на связывании в цементный камень.

При исследовании различных отходов дробления бетонного лома установлено, что отходы близки по химическому составу портландцементу [16]. Анализ химического состава ОДБЛ и ОДКБ (таблица 2 и 3) показывает, что оксиды являются реакционноспособными и могут вступать в процессы гидратации.

Таблица № 2

Отсев дробления бетонного лома

Содержание, %						
SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Остальные
51,4	35,2	5,0	3,7	1,5	1,25	1,85

Таблица № 3

Отсев дробления кирпичного боя

Содержание, %						
SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Остальные
52,8	34,5	5,0	3,3	1,3	1,22	1,68

Физико-механические свойства отсевов дробления были установлены на строительных растворах. Отсевы применялись в виде мелкого заполнителя состава в соотношении 1:3 на портландцементе марки ЦЕМ I 42,5Н. Водоцементное отношение составляло 0,6-0,7. На рисунке 1 представлены полученные результаты.

Из полученных результатов видно, что полученные растворы соответствуют нормам по прочности для строительных растворов.

Бетоны и строительные смеси на основе техногенных песков рекомендуется использовать при подготовительных работах при заливке фундамента, создании подстилающего слоя для дорожного покрытия,

сооружении площадок, на которых планируется монтировать железобетонные конструкции.

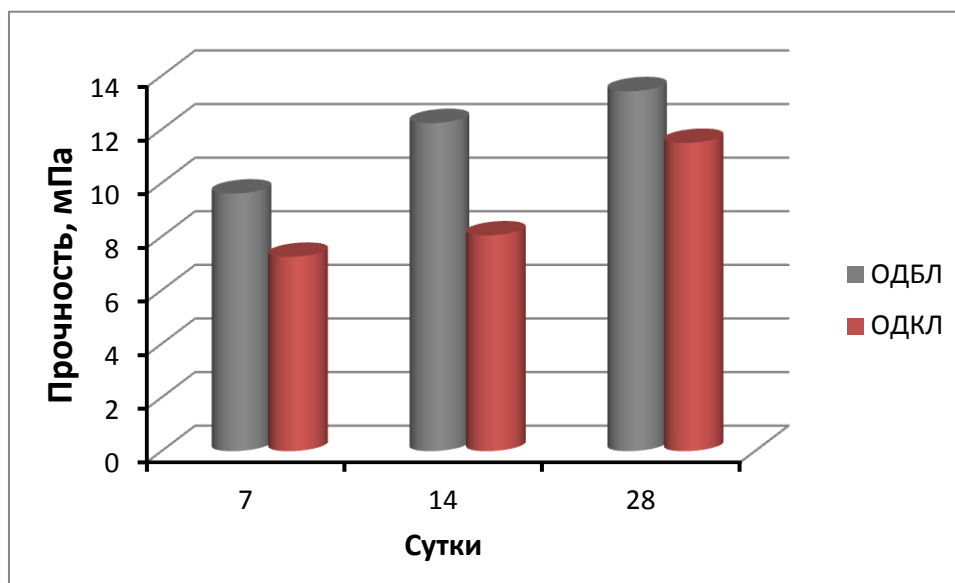


Рис.1. – Прочностные характеристики образцов на основе ОДБЛ и ОДКЛ

Бетон марки М100 на основе отходов дробления применяется при подготовительных работах в нежилых сооружениях, где смесь заливают непосредственно на грунт. Например, бетонирование пола в подвалах, благоустройство ландшафтов парков и загородных участков или выполнение внутренней отделки зданий.

Применение техногенных песков, заменителей и отходов дробления уменьшает объемы использования природных песков и объем их добычи. Использование отходов дробления и отсевов решает проблему утилизации вторичного сырья, что положительно сказывается на экологической обстановке целых районов и городов.

Литература

1. Torres A., Liu J. Jack, Brandt J., Lear K. The World is Facing a Global Sand Crisis. 2017. 6 p.
2. Koehnken L., Rintoul M. Impacts of sand mining on ecosystem structure,



process and biodiversity in rivers // World Wildlife Fund nternational. 2018. 165 p.

3. Ashraf M. A., Maah M. J., Yusoff I., Wajid A., Mahmood K. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia // Scientific Research and Essays. 2011. Vol. 6(6). pp. 1216-1231. URL: [researchgate.net/publication/235920506_Sand_Mining_Effects_Causes_and_Concerns_A_Case_Study_from_Bestari_Jaya_Selangor_Peninsular_Malaysia](https://www.researchgate.net/publication/235920506_Sand_Mining_Effects_Causes_and_Concerns_A_Case_Study_from_Bestari_Jaya_Selangor_Peninsular_Malaysia)

4. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». 2011. №1. С. 10–14.

5. Алфимова Н.И., Трунов П.В. Продукты вулканической деятельности как сырье для производства композиционных вяжущих // Сухие строительные смеси. 2012. № 1. С. 37-38.

6. Копаница Н.О., Макаревич М.С. Особенности формирования зернового состава сухих строительных смесей // Нетрадиционные технологии в строительстве: Материалы второго Междунар. науч.-техн. семинара. Томск. 2001. С. 59-69.

7. Муртазаев С-А. Ю., Исмаилова З.Х., Успанова А.С. Строительные растворы с использованием комплексных минеральных добавок из золошлаковых смесей // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РА-АСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. В 3 ч. БГТУ. 2016. Ч. 1. С. 347-354.

8. Лесовик Р. В. К выбору техногенных песков для получения композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов // Технологии бетонов. 2015. № 1-2(102-103). С. 60-63.

9. Баженов Ю.М., Батаев Д. К-С. Материалы и технологии для ремонтно-восстановительных работ в строительстве. 2000. 232 с.
10. Курочка П. Н., Мирзалиев Р.Р. Свойства щебня из продуктов дробления вторичного бетона как инертного заполнителя бетонных смесей // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441
11. Кудряков А.И., Аниканова Л.А., Копаница Н.О. Влияние зернового состава и вида наполнителей на свойства строительных растворов // Строительные материалы. 2001. №11. С. 28-29.
12. Муртазаев С-А. Ю., Бисултанов Р.Г., Саламанова М.Ш., Муртазаева Т. С-А. Современные подходы к использованию природного сырья горных территорий для получения эффективных строительных композитов // Устойчивое развитие горных территорий. 2016. №3. С. 238-247.
13. Курочка П.Н., Гаврилов А.В. Соотношение размера частиц в полидисперсных структурах как первый шаг к оптимизации составов композиционных вяжущих // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1596
14. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. М.: Изд-во АС. 2011. 112 с.
15. Пшеничный Г.Н. Проблемы, существующие в бетоноведении // Технологии бетонов. 2014. №12. С. 42-46.
16. Успанова А.С., Исмаилова З.Х., Хадисов В.Х., Хаджиев М.Р. Строительные растворы на заполнителях из техногенных песков // Вестник ГНТУ. Технические науки. 2020. Т. 16. № 3(21). С. 75-85. – DOI: 10.34708/GSTOU.2020.70.83.010.

References

1. Torres A., Liu J. Jack, Brandt J., Lear K. The World is Facing a Global Sand Crisis. 2017. 6 p.
-

2. Koehnken L., M. Rintoul. World Wildlife Fund International. 2018. 165 p.
 3. Ashraf M. A., Maah M. J., Yusoff I., Wajid A., Mahmood K. Scientific Research and Essays. 2011. Vol. 6(6). pp. 1216-1231 URL: [researchgate.net/publication/235920506_Sand_Mining_Effects_Causes_and_Concerns_A_Case_Study_from_Bestari_Jaya_Selangor_Peninsular_Malaysia](https://www.researchgate.net/publication/235920506_Sand_Mining_Effects_Causes_and_Concerns_A_Case_Study_from_Bestari_Jaya_Selangor_Peninsular_Malaysia)
 4. Sheychenko M.S., Lesovik V.S., Alfimova N.I. «Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova». 2011. №1. pp. 10–14.
 5. Alfimova N.I., Trunov P.V. Sukhie stroitel'nye smesi. 2012. № 1. pp. 37-38.
 6. Kopanica N. O., Makarevich M. S. Netraditsionne tekhnologii v stroitel'stve: Materialy vtorogo Mezhdunar. nauch. tekhn. ceminara. [Non-traditional technologies in construction: materials of the second international. Scientific and technical seminar]. Tomsk. 2001. pp. 59-69.
 7. Murtazaev S-A. Yu., Ismailova Z. H. and Uspanova A. S. Intellekтуал'nye stroitel'nye kompozity dlya zelenogo stroitel'stva: sb. dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiyu zaslužennogo deyatelya nauki RF, chlena-korrespondenta RA-ASN, doktora tekhnicheskikh nauk, professora Valeriya Stanislavovicha Lesovika v 3 vol. BGTU. [Mortars using complex mineral additives from ash and slag mixtures]. 2016. Vol. 1. pp. 347-354.
 8. Lesovik R. V. Tekhnologii betonov. 2015. № 1-2(102-103). pp. 60-63.
 9. Bazhenov, Yu. M. and Bataev, D. K-S. Materialy i tekhnologii dlya remontnovosstanovitel'nyh rabot v stroitel'stve. [Materials and technologies for repair and restoration works in construction]. KomTekh, Moskva, 2000. 232 p.
 10. Kurochka P. N., Mirzaliev R.R. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4-2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441
 11. Kudyakov, A. I., Anikanova, L. A., and Kopanica, N. O. Stroitel'nye materialy. 2001. № 11. pp. 28-29.
 12. Murtazaev S-A. Yu, Bisultanov R.G., Salamanova M.Sh., Murtazaeva T. S-A. Ustojchivoe razvitie gornyh territorij. 2016. № 3. pp. 238-247.
-



13. Kurochka P.N., Gavrilov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 2 URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1596

14. Bazhenov Yu. M., Korovyakov V. F., Denisov, G. A. Tekhnologiya suhikh stroitel'nyh smesej. [Dry mortar technology]. Publishing House AS, Moskva, 2011, 112 p.

15. Pshenichnyj G. N. Tekhnologii betonov. 2014. № 12. pp. 42-46.

16. Uspanova A.S., Ismailova Z.Kh., Khadisov V.Kh., Khadzhiev V.R. Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki. 2020. T. 16. № 3(21). pp. 75-85. DOI:
[10.34708/GSTOU.2020.70.83.010](https://doi.org/10.34708/GSTOU.2020.70.83.010).