

ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ ЧЁРНОГО МОРЯ - В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А.Кучеренко¹, *д.т.н., проф.*, В.А.Парута¹, *к.т.н., доц.*,
Л.И.Лавренюк¹, *к.т.н., доц.*, Л.Г.Мирченко², *преподаватель*

¹ *Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

² *Мореходный колледж технического флота Одесской национальной
морской академии, Украина*

Хозяйственная деятельность в Черноморском бассейне связана с необходимостью дноуглубительных работ для возведения зданий, оздоровительных и спортивных комплексов, гидротехнических сооружений, прокладки фарватеров для захода большегрузных судов и т. п. К примеру, только для прокладки фарватера ежегодно на береговых отвалах выгружали до 0,5 млн. м³ илистого грунта. Они занимали большие площади плодородных земель и нарушали экологию региона. Илистый грунт – это вторичный ресурс. Авторы предлагают его использовать в промышленности строительных материалов в качестве исходного сырья, стоимость которого на порядки ниже природного. Работа связана с изучением свойств вторичных ресурсов и свойств того продукта, который из него можно получить.

Свойства исходного сырья. *Ил дноуглубления.* Химический состав приведён в таблице 1. Илистый грунт береговых отвалов дноуглубления влажностью 30-36% содержит до 70% пылеватых частиц, 18-22% - глинистых и 5-8% - песчаных. По числу пластичности ил относится к среднепластичным. Коэффициент вспучивания – 2,6.

Сравнивая оценочные характеристики ила и глинистых пород одесского региона видим их заметную разницу: у глинистых пород больше железистых и алюминатных составляющих, а у ила – сернистых и карбонатных.

Глинистая порода работающего Одесского керамзитового завода отвечала следующим техническим характеристикам: пылеватых частиц 28-54%, коэффициент вспучивания – 2. Получали керамзитовый гравий с техническими характеристиками, приведёнными в таблице 2 в графе «выпускаемый». Илистый грунт использовали как добавку к этой глине.

Таблица 1

Химический состав глиносодержащего сырья

Оксиды	Илистый грунт порта Южный на глубине, м			Глинистые породы, К _{вс}		В глине сравнительно с илом, раз
	0	6	11	2,6	≥4,5	
SiO ₂	51,6	53,4	55,0	62,07	50-65	≥1,2
Al ₂ O ₃	14,6	13,2	13,4	16,25	16-25	>1,22-1,7
Fe ₂ O ₃	3,5	2,6	3,4	5,39	8-10	>2,1-2,9
FeO	1,7	1,8	1,8			
CaO	5,7	4,5	2,7	3,7	3-4	<1,4
MgO	2,03	2,39	2,73	1,56	3-5	≥1,8
K ₂ O	2,83	2,69	2,79	4,09	3-6	>1,5-2,1
Na ₂ O	1,47	1,45	1,51			
SO ₃	3,27	2,44	2,88	0,07	-	<14,3-46,7
TiO ₂	0,6	0,6	0,7	0,49	-	=
MnO	0,17	0,14	0,13	Следы	-	<
P ₂ O ₅	0,34	0,33	0,32	-	-	-
Ппп	12,45	13,26	11,47	-	-	-

Таблица 2

Свойства керамзита на рекомендуемой сырьевой смеси

Показатели свойств керамзита фракции 5-20 мм и единицы измерения	Рекомендуемый, при расходе ила, % по массе			Выпуск-каемый
	90	65	40	
Насыпная плотность, кг/м ³	400	420	470	550
Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	3,0	3,3	3,7	3,0
Содержание расколотых зёрен, %	4,2	4,4	5,2	12,3
Водопоглощение, %	5,8	4,6	4,0	18
Коэффициент формы зёрен	1,4	1,4	1,4	1,5

Изобретение Одесского инженерно-строительного института, Одесского филиала «ЧерноморНИИПроект» государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института морского транспорта [1] для изготовления керамзита основано на использовании сырьевой смеси, включающей грунт донных отложений Чёрного моря порта Южный и глину, отличающейся тем, что, с целью улучшения качества керамзита за счёт снижения содержания расколотых зёрен и уменьшения водопоглощения при снижении плотности керамзита, она содержит илистый грунт береговых отвалов, образуемых при дно-

углублении, а в качестве глины слабовспучивающееся глинистое сырьё – при следующем соотношении компонентов смеси: илистый грунт береговых отвалов – 40-90% и слабовспучивающееся глинистое сырьё – 10-60%, таблица 2.

Преимущества облагораживания глинистых пород илистым грунтом: достигается проектная марка керамзитовых заводов 400 с прочностью, соответствующей выпускаемой (3,0 МПа) вместо 550, что на 38% выше, форм зёрен приближается к шарообразной, расколотых зёрен меньше в 2,9 раза, а водопоглощение керамзита ниже в 3,1 раза.

Применение ила с большими потерями при прокаливании (11-13%) приводит к более интенсивному газообразованию и вспучиванию гранул. Содержание в иле большего количества пылеватых и глинистых частиц (до 90%) стимулирует понижение максимальной температуры обжига на 100⁰С и более.

ЧерноморНИИПроектом разработаны технические условия [2].

Грунтобетон [3]. *Исходное сырьё*. Покровный суглинок и ил дна Чёрного моря, химический состав которых, представлен в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав компонентов

Исходное сырьё	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O Na ₂ O	ппп
суглинок, %	68,7	4,03	11,4	3,3	2,1	-	10
ил, %	53,7	2,9	15,5	5,1	2,4	2,7	-

Гранулометрический состав суглинка в % по массе: частиц пылеватых – 13, глинистых – 64 . песчаных – 23; морского ила – пылеватых – 72, глинистых – 22 . песчаных – 6. В качестве вяжущего используется портландцемент М400.

Сырьевую смесь получают путем смешивания компонентов с последующей формовкой, уплотнением под давлением 10 МПа и выдерживанием в камере нормального твердения при температуре 20±2 °С и 100% влажности, либо во влажных опилках.

Сырьевая смесь предлагаемого состава для грунтобетона набирает прочность значительно интенсивнее, чем в известных, достигает 70% марочной прочности уже на третьи сутки. В таблице 4 представлены полученные результаты.

Преимущество предлагаемого технического решения - получение качественного материала на основе техногенного продукта-отхода ила дноуглубительных работ. Состав компонентов в % по массе: глинистый компонент – 45-65, портландцемент М400 – 7-11%, морской ил –

20-40, вода – 3-8. Предназначен для малоэтажного строительства при возведении объектов дачного типа и для сельскохозяйственного строительства.

Таблица 4

Рецептурные и физико-механические параметры грунтобетона

Наименование компонентов	Расход по массе, %	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, через сутки, МПа			
			1	3	7	28
Суглинок цемент ил вода	65 7 20 7	1950	3,07	6,18	7,03	7,89
Суглинок цемент ил вода	62 9 20 8	1975	4,93	7,47	9,08	9,73
Суглинок цемент ил вода	60 11 40 9	1973	5,67	8,83	10,24	11,18

Мелкозернистые бетоны [4] готовили на основе морской песчано-гравийной смеси, характеристики которой непостоянны и варьируются в следующих пределах: насыпная плотность – 1030...1150 кг/м³, истинная плотность – 2,2...2,5 г/см³, модуль крупности $M_k=1,44$, пустотность – 50...55%, влажность – 4...13%, количество зерен крупнее 10 мм – 8...10%, 5 мм – 15...17%, зерновой состав смеси приведен в таблице 5.

Таблица 5

Зерновой состав песчано-гравийных смесей

Полные остатки, %, на ситах с размером отверстий, мм					
2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	<0,14
8,5-8,9	12-13,2	20-26,6	39-42,4	62,3-91	90-93,7

В качестве вяжущего использовался портландцемент с насыпной плотностью 1370 кг/м³, истинной плотностью – 3,1 г/см³, нормальной густотой – 27,6%, прочностью при сжатии – 40,8 МПа, при изгибе –

7,16 МПа. Изготовление блоков производилось по следующей схеме; в бетономешалку принудительного действия засыпалась песчано-гравийная смесь, затем цемент, вода, перемешивание составляющих составило 3...4 мин. После укладки в формы смесь уплотнялась на виброплощадке с амплитудой 0,35 мм, частотой 270...290 Гц. Твердение бетона производилось в нормальных условиях, либо при тепловлажностной обработке по режиму 3+6+2 ч. при 80 °С.

При расходе цемента М400 – 144...198 кг/м³ прочность при сжатии бетона составила 4,1...6,2 МПа, средняя плотность – 1740...1760 кг/м³. Такой материал может быть использован в качестве стенового для малоэтажного строительства. К его недостаткам следует отнести повышенную влажность, что ухудшает теплотехнические параметры ограждающей конструкции а также санитарно-технические и гигиенические условия эксплуатации. Повышенная влажность бетона объясняется повышенной водопотребностью смеси – до 410 л/м³ ввиду способности пористого заполнителя активно извлекать воду из растворной составляющей.

Выводы. Ил дноуглубления Чёрного моря, как вторичное сырьё, без переработки с успехом можно утилизировать в промышленности строительных материалов. При этом достигается и экономический эффект в отказе от добычи, транспортировании и переработки природной глины, в количестве до 90%, а также в экологическом факторе (меньше размеры карьера добычи глины и площадей под береговые отвалы ила).

Summary

Studing the properties and possibility of using the sludge from the deep bottom of the Black Sea in the industry of building material: expanded clay, soil-concrete, sand and gravel mixture, sea sand, fine-grained concrete.

1. Кучеренко А.А. Сырьевая смесь для изготовления керамзита /В.А.Парута, Л.И. Лавренюк и др. Авторское свидетельство №1698212. 1991. -С.1-4.
2. Технические условия на грунты илистые для производства кералитовых гравия, щебня и песка. ТУ 234 УССР-1272001-01-91. ЧерноморНИИПроект. – 16 с. 3. Кучеренко А.А. Стеновые грунтоблоки на морских илах /В.А.Парута, Л.И Лавренюк и др. Информционный листок №91-054. 1991. -С.1-4. 4. Кучеренко А.А. Мелкозернистые бетоны на отходах пиления мзвестняков и некондиционных морских песках /В.А.Парута, Л.И Лавренюк и др. Информционный листок №90-013. 1990. -С.1-4.