

СЫРЬЕ ДЛЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Столевич А.С., Столевич И.А., Трибрат В.И.

(Одесская Государственная академия строительства и архитектуры)

Приведены результаты химического анализа илистых грунтов, физико-механические свойства заводских проб кералита, физико-механические характеристики промышленных партий кералита и кералитобетона. Обоснована экономическая целесообразность применения кералитового гравия.

Легкие бетоны на пористых заполнителях представляют собой универсальный материал, позволяющий при его рациональном использовании решать многие актуальные задачи современного строительства. Одновременно решаются экологические, ресурсосберегающие и экономические проблемы за счет технологических и техногенных отходов при применении и изготовлении местных пористых заполнителей.

Ведущее место в общем объеме выпуска пористых заполнителей (около 75%) в стройиндустрии продолжает занимать высокоэнергоемкий керамзит, требующий расширения разработок карьеров глинистого сырья и тем самым непоправимо нарушая природный ландшафт и окружающую среду.

Между тем главным девизом третьего тысячелетия является сохранение окружающей среды. Основное внимание должно быть уделено ресурсосбережению, экономии сырья и материалов, затрат труда.

Последнее предопределяет стремление сохранить ресурсы природных материалов, а для этого существенно сократить или совсем исключить разработку карьеров глинистого сырья для производства керамзита (как это имеет место в странах Западной Европы), сократить разработку горных массивов для производства плотного заполнителя при замене его высокопрочным пористым. Будут использоваться заполнители из побочных продуктов или отходов различных производств (металлургии, энергетики и др.).

Наряду с этим, для создания и поддержания навигационных габаритов акваторий портов и внутренних водных путей проводятся капитальные и ремонтно-эксплуатационные дноуглубительные работы с выемкой большого объема грунтов. В портах Черноморского и Азовского бассейнов Украины объем дноуглубительных работ составляет более 10 млн. м³ в год. Эти грунты, представленные до 80% типичны-

ми илами, сбрасываются на прибрежные подводные свалки (дампинг), что приводит к нарушению биологического равновесия в экосистеме „море-суша”. Попытка переноса дампинга на большие глубины значительно увеличивает затраты на дноуглубительные работы и не снижает ущерб от загрязнения моря.

В мировой практике нет опыта оптимальной переработки и рационального использования в строительстве вынутых при дноуглублении илистых грунтов.

Разработанная и внедренная технология утилизации грунтов при дноуглублении решает актуальную задачу производства новых строительных материалов – гравия, щебня, песка из бросовых грунтов в современных условиях дефицита сырьевых ресурсов. Впервые получены опытно-промышленные партии качественного вспученного пористого заполнителя – кералита, путем обжига илистого сырья в более короткий период и при более низкой температуре (1150...1170⁰С) по сравнению с легкоплавкими глинами.

Исследования физико-механических и термических свойств донных отложений, проводилось в лабораторных печах обжига в ЧерноморНИИпроекте, НИИКерамзите, НИИСТРОМе и в промышленных печах обжига на Кулиндоровском керамзитовом заводе (Одесса).

Заводские испытания промышленных проб илов из береговых отвалов Белгород-Днестровского (Солганы) и Южного (Визирка, Мещанка, Александровка) портов проводились в печи обжига ПВ 2,5x40, температура в зоне обжига контролировалась оптическим прибором «Проминь» с точностью замеров до 0,5⁰С.

Выявленные теоретические основы физико-механических процессов поризации илов при обжиге, позволяют отнести грунты (илы), разрабатываемые при дноуглублении, к ценному исходному сырью для производства пористых заполнителей.

Опытные партии качественного заполнителя, полученные путем обжига илистого сырья при высокой температуре, по своим физико-механическим характеристикам и экономическим показателям выгодно отличаются от традиционного глинистого сырья.

Разработанная технология промышленного производства пористых заполнителей пластическим способом, с применением в качестве исходного сырья донных илистых отложений, обеспечивает их рациональное использование и защиту окружающей природной среды. Суглинистые и глинистые илы имеют широкое распространение практически во всех прибрежных лиманно-морских и речных (устья) отложениях.

Химические составляющие исследованных проб находятся в преде-

лах нормативных требований к традиционному глинистому сырью. Результаты химического анализа илистых отложений акваторий и береговых отвалов ряда портов приведены в табл.1.

Таблица 1

Результаты химического анализа илистых грунтов (силикатный состав)

| Наименование химических составляющих (результаты спектрального анализа) | Место отбора проб илистых грунтов и содержание основных химических составляющих, % по массе | | | | | Требования к глинистому сырью ГОСТ 9757-90 ТУ 21-0284730-12-90 |
|---|---|---------------------------|--|---------------------------------|--|---|
| | п. Южный (Аджал. лиман) | п. Николаев (вост.набер.) | п. Белгород – Днестровский (берег.отвал) | п. Усть – Дунайск (эксп.свалка) | п. Мариуполь (акватория и подходной канал) | |
| SiO ₂ | 59,2 | 71,3 | 64,2 | 53,0 | 69,2 | ≤70 |
| Al ₂ O ₃ +TiO ₂ | 17,3 | 15,6 | 12,7 | 15,8 | 7,4 | 10 -25 |
| Fe ₂ O ₃ +FeO | 5,2 | 2,8 | 5,0 | 7,0 | 3,6 | 2,5 – 12,0 |
| CaO | 5,5 | 2,5 | 7,5 | 5,0 | 7,0 | ≤ 6,0 |
| MgO | 3,0 | 1,2 | 2,1 | 3,0 | 1,3 | ≤ 4,0 |
| SO ₃ | 1,3 | 0,5 | 1,0 | 2,4 | 1,0 | ≤ 1,5 |
| K ₂ O + Na ₂ O | 3,2 | 1,5 | 3,0 | 10,0 | 3,1 | 1,5 – 6,0 |

Полученные результаты генезиса и свойств грунтов показали, что современные донные отложения практически во всех месторождениях по своему гранулометрическому, минералогическому и химическому составу очень близки к составу легкоплавких глин – традиционному сырью для производства строительной керамики (табл.1).

Попытка рационального использования илов делалась отечественными и зарубежными учеными в прошлом столетии (Е.Д. Зайцев – 1962, С. Вольфке – 1969, Л.Н. Тацки – 1970, В.Н. Виноградов – 1972, С. Ресс – 1980, И. Уолтер – 1981, А.А. Кучеренко – 1988 и др.). Все они ограничивались лабораторными исследованиями и предлагали применять илы в качестве органоминеральной добавки. В отчетах инженерного корпуса Военно-морского департамента США по исследованиям воздействия вынутых грунтов на окружающую среду приводятся данные о попытках использования грунтов дноуглубления в строительстве. В публикациях этого инженерного корпуса «Полезное использование вынутых грунтов» (1987) и «Дноуглубительные работы приносят

пользу птицам» (1989) представлены данные об использовании вынутых грунтов в основном на засыпках и в образовании искусственных территорий.

Вспучиваемость сырьевой илистой массы определяется интервалом температуры, внутри которого происходит уменьшение кристаллической и нарастание жидкой фазы, т.е. интервала перехода материала от твердого в пиропластическое состояние. Этот интервал для илов, определенный в диапазоне температур (1150-1170⁰С) значительно ниже интервала для легкоплавких глин (1170 - 1200⁰С), что способствует сокращению энергозатрат. Степень вспучиваемости определяется отношением объема вспученной массы к объему абсолютно сухого сырца и колеблется от 2,5 до 5 и более. Применительно к морским илам коэффициент вспучиваемости выразится отношением плотности в куске опытной пробы заполнителя к плотности пробы сухого ила, взятой в прудовой зоне берегового отвала (карьер илистого сырья).

Опытами в лабораторной и промышленной печах обжига при предварительном нагреве (200-500⁰С), термоподготовке (200-1050⁰С) и обжиге (1100, 1150, 1170, 1180 и 1200⁰С) установлены основные экспериментальные зависимости вспучиваемости и качества заполнителя кералита от химических составляющих и свойств илистого исходного сырья.

Опытно-промышленные и заводские испытания предусматривали проведение исследований технологических свойств илов путем обжига отдельных партий из 12, 18, 36, 50, 60 и 80 тонн илистого сырья. Шихта из ила и глины, и отформованные из нее гранулы просушивались в сушильном барабане до 17-18,5%, при температуре отходящих газов 400-550⁰С. Температура в зоне вспучивания в печи обжига устанавливается в пределах 1130-1160⁰С. Вращение печи – 3 об/мин.

Крупномасштабные заводские испытания позволили получить из оптимальных модифицированных шихт гранулы разного размера (5 - 40мм) округлой формы со спекшейся стекловидной корочкой и шероховатой поверхностью, с насыпной плотностью 360 – 540 кг/м³. По своим физико-механическим характеристикам (плотность, прочность, водопоглощение, морозостойкость и др.), приведенным в табл.2., вспученный материал соответствовал стандарту на пористые заполнители первой и высшей категории качества. Впервые получен вспучиванием бросовых илистых грунтов дноуглубления поризованный материал с мелкоячеистой внутренней структурой, обладающий малой плотностью при значительной прочности с высокими теплоизоляционными свойствами. Название нового материала «кералит» подчеркивает его родство с керамзитом и учитывает природу исходного илистого сырья,

а также физико-механические свойства.

Результаты исследований нового заполнителя показали, что илокералитовый гравий (кералит) соответствует требованиям стандартов и может быть рекомендован для получения конструкционных и теплоизоляционных бетонов прочностью до 25 МПа. В табл.3 приведены средние характеристики, полученные по результатам испытаний опытных партий кералитового гравия.

Таблица 2

Физико-механические свойства заводских проб кералита

| Наименование показателя | Фракция, мм | | Значение по ГОСТ 9757-90 |
|--|-------------|------------|--------------------------|
| | 5 - 10 | 10 - 20 | |
| Насыпная плотность, кг/м ³ | 350 - 540 | 300 - 500 | 250 - 600 |
| Содержание фракции, % | 36,5 | 61,5 | — |
| Прочность при сжатии (сдавливании в цилиндре), МПа | 2,5 - 3,3 | 2,0 - 2,5 | 0,8 - 2,5 и более |
| Водопоглощение, % | 7 - 9 | 9 - 11 | Не более 30 |
| Влажность, % | 0,1 - 0,4 | 0,2 - 0,5 | Не более 5,0 |
| Коэффициент формы зерен | 1,3 - 1,4 | 1,3 - 1,5 | Не более 2,5 |
| Коэффициент вспучивания | 2,5 - 3,0 | 2,5 - 5,0 | - |
| Содержание размолотых зерен, % | 3 | 4 | Не более 15 |
| Морозостойкость (25 циклов), % | Нет потерь | Нет потерь | Не более 8 |
| Потеря в массе при кипячении, % | 3,2 | 3,2 | Не более 5 |
| Содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений, % | 0,02 | 0,02 | Не более 1 |

Физико-механические характеристики легких бетонов с заполнителем из кералитового гравия приведены в табл.4. Опытные партии перекрытий, стеновых блоков, мелкоштучных камней с новым пористым заполнителем – кералитом были изготовлены на Кулиндоровском ЗЖБК ПО «Одесжелезобетон». Проведенные лабораторные исследования и опытно-промышленные испытания подтвердили техническую возможность применения кералита в качестве заполнителя в легкие бетоны. Кералитобетон является эффективным материалом для производства ограждающих (многослойные стеновые панели, крупные стеновые блоки, плиты покрытия) и несущих (фермы, балки, плиты перекрытия) конструкций, в том числе и предварительно напряженных.

Таблица 3

Физико-механические характеристики промышленных партий кералита (средние значения)

| Прочность (сдавливанием в цилиндре) МПа | Насыпная плотность, кг/м ³ | Коэффициент конструктивного качества, М | Удельная плотность, г/см ³ | Плотность в цементном тесте, кг/м ³ | Марка по насыпной плотности |
|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--|-----------------------------|
| 3,15 | 462 | 680 | 2,51 | 1050 | 500 |

Стоимость кералитобетона в 2,3 – 2,5 раза ниже, чем керамзитобетона за счет дешевого исходного илистого сырья и, соответственно, меньшей себестоимости заполнителя.

Таблица 4

Физико-механические характеристики кералитобетона

| Кубиковая прочность, МПа | Призменная прочность, МПа | Среднее значение коэф. призменной прочности, ф | Модель упругости в возрасте 28 суток, МПа | Среднее значение коэф. Пуассона, М | Деформация усадки на 180 сут. | Деформация ползучести на 180 сут. |
|--------------------------|---------------------------|--|---|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 11-29 | 10-26 | 0,96 | 10200-15600 | 0,22 | (59-81)·10 ⁵ | (60-90)·10 ⁵ |

Результаты дальнейших исследований и заводских испытаний позволили совершенствовать и расширить область использования безотходной технологии утилизации илистых грунтов береговых гидростроительств, разработать и зарегистрировать в Госстандарте технические условия на право промышленного производства кералита, регламентирующие требования к илистому сырью и к полученным из него строительным материалам, а так же технические условия на легкие кералитобетонные изделия и конструкции.

Многолетний природохозяйственный мониторинг (наблюдение и оценка состояния окружающей среды) системы «море-суша», в связи с выполнением капитальных и ремонтных дноуглубительных работ с выемкой больших объемов заиленных грунтов показывает, что разработанная технология утилизации таких грунтов является единственной альтернативой дампингу. При внедрении данной технологии значительно уменьшается, а в ряде случаев полностью исключается ущерб, наносимый морской среде при дампинге, и нарушение экологии при захоронении грунтов дноуглубления на суше.