



Шумаков И.В.



Юнис Башир



Таха Лотфи

Шумаков И.В., д.т.н., профессор,
зав. кафедрой технологии строительного производства,
☎ +38 (097) 941-33-28 ✉ shumakov.hisi@gmail.com,
Юнис Башир, к.т.н.,
доцент кафедры строительной механики,
☎ +38 (093) 661-04-94 ✉ docbasheer01@gmail.com,
Таха Лотфи, аспирант,
☎ +38 (099) 001-77-63 ✉ loutfi.taha@hotmail.com,
Харьковский национальный университет
строительства и архитектуры (ХНУСА),
ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002

Igor Shumakov, D.Sc,
Head the Department of construction technologies,
☎ +38 (097) 941-33-28 ✉ shumakov.hisi@gmail.com,
Basheer N. Younis, Ph. D.,
assistant professor of structural mechanics Department,
☎ +38 (093) 661-04-94 ✉ docbasheer01@gmail.com,
Lotfi Taha, postgraduate student,
☎ +38 (099) 001-77-63 ✉ loutfi.taha@hotmail.com,
Kharkiv National University
of Civil engineering and Architecture,
Str. Sumy, 40, Kharkov, 61002

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В ЛИВАНЕ

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ В ЛИВАНІ

PROSPECTS FOR WASTE USE IN LEBANON

Аннотация. Для Ливана актуальным является использование различных промышленных отходов для замены мелкого заполнителя и цемента в бетоне, что подтверждено соответствующими экспериментальными исследованиями.

Ключевые слова: отходы, рисовая шелуха, бетон, прочность при сжатии.

Анотація. Для Лівану актуальним є використання різних промислових відходів для заміни дрібного заповнювача і цементу в бетоні, що підтверджено відповідними експериментальними дослідженнями

Ключові слова: відходи, рисова лушпиння, бетон, міцність при стисненні.

Summary. For Lebanon, it is relevant to use various industrial wastes to replace fine aggregate and cement in concrete, which is confirmed by relevant experimental studies.

Keyword: waste, rice husks, concrete, compressive strength.

Актуальность темы исследования

Повышение уровня жизни населения, развитие промышленности и других отраслей неизменно ведет к увеличению количества отходов. Эта проблема актуальна как для стран с высоким уровнем развития, так и для развивающихся. Ежегодно объемы мирового мусора возрастают примерно на 3% [1]. В развитых странах на темпы накопления мусора, как правило, влияют уровень развития легкой и пищевой промышленности, индустрии упаковочных материалов, климатическая зона, менталитет и благосостояние населения. Поскольку города разрастаются проблема становится все более острой. По прогнозам, к 2050 г. объем отходов на душу населения возрастет приблизительно до 70%, причем половина будет приходиться на Азию [2]. Данная проблема актуальна и для Ливана (табл. 1) [2].



Рис. 1. Затрудненное движение на улицах Бейрута (2016 г.)



Рис. 2. Массовая протестная акция в Бейруте «От вас дурно пахнет!» (2016 г.)

В развитых европейских странах (Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Италия, Нидерланды, Швеция, Швейцария) этот показатель уже в 1995–96 гг. достиг 340–440 кг, в Австрии и Финляндии – свыше 620, а в США превысил 720 кг на одного человека в год (рис. 3) [3].

Как показывают данные, количество отходов в Ливане превышает показатели США в 3 раза, несмотря на меньшую в сотни раз площадь территории. Проблема ливанского мусора представляет угрозу не только самой стране, но и всему средиземноморью – из-за отсутствия полноценного контроля за отходами и эффективных мер утилизации мусор попадает в Средиземное море. По словам Пауля Аби Рахеда, директора ливанского экологического движения (Lebanon Eco Movement), то, что происходит, чрезвычайно опасно – мусор выбрасывается в море, новые отходы попадают в него практически ежедневно [4]. Ливан занимает «почетное» место среди стран-лидеров с наибольшим количеством отходов, кроме того остается все меньше площади, которую можно использовать для захоронения отходов, все меньше ресурсов для этого. Разлагаясь, отходы отравляют воздух, почву, подземные воды и превращаются в угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Проблему возможной переработки отходов можно отнести к категории экологических, но с другой стороны, она тесным образом связана с решением сложных технических и экономических вопросов и требует привлечения специалистов разных сфер.

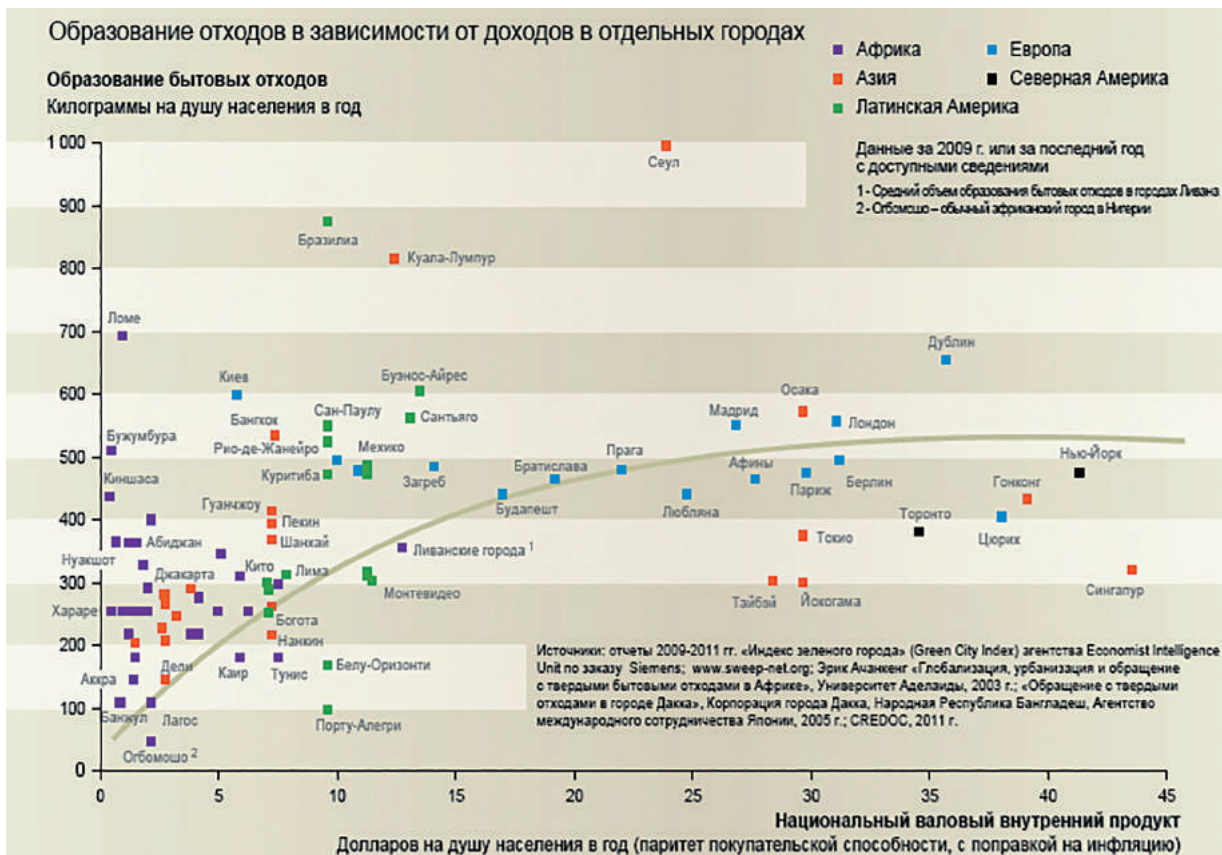


Рис. 3. Удельные показатели генерации отходов в зависимости от валового внутреннего продукта в отдельных городах мира

Таблица 1.

Справочная информация об отходах в Ливане (2017)

Население: ливанских граждан беженцев	5600000 чел. 2500000 чел.
Общий объем твердых бытовых отходов (MSW)	2,04 млн. тонн
Генерация отходов на душу населения: городские территории сельские территории	0,95-1,2 кг/день 0,8 кг/день
Прирост объемов генерации MSW	1,65% в год
Объемы отходов по некоторым отраслям: медицина промышленность переработка продукции животноводства	25040 т/год 188850 т/год 40000 т/год

Анализ последних публикаций

В сравнении со странами третьего мира, где проблема отходов почти не решается, в Ливане в последние годы наблюдаются активность на государственном уровне. Данная проблема является политически взрывоопасной. Ливанские власти так и не смогли построить в окрестностях Бейрута мусороперерабатывающие предприятия, средства на которые выделил Евросоюз и главной причиной этого явилась коррупция. При широкой огласке проблемы государственная политика недостаточно эффективна, и основным «рупором» остаются активисты и ученые. Так, публикации о кризисе в сфере отходов Ливана и его необратимых воздействиях доступны в интернете [5]. В научном пространстве вопросами отходов в Ливане занимались Шамес Майя и Хайфа Абу Маялах, они освещают данную проблему в контексте индустрии туризма, которая является основным источником дохода для страны (до 60% от ВВП) [6]. Вопросами

совершенствования экологического менеджмента в ливанской фармацевтической промышленности занимались Май А. Масуд, Н. Макарем, В. Рамадан, Р. Наккаш, в частности, за счет внедрения добровольной системы экологического менеджмента ISO 14001 [7]. Оценкой ущерба для экологии Ливана от отходов занимались Карин Аби-Ганем, Халед Нахле, Габи Халаф, Даниэль Косса [8]; М. Эль Муджаббер, Б. Бу Самра, Т. Дарвиш, Т. Аталла [9, 10, 11]. В данных работах были предложены основные мероприятия по учету, накоплению и утилизации. Оценочные характеристики Экологическому движению в Ливане дал Салпи Джундуриан в работе [12]. Обзор упомянутых источников показал разноотраслевую освещенность темы в научных публикациях, при этом нет исследований по изучению и оценке использования отходов в строительной отрасли в рамках устойчивого развития.

Основная часть

Состав промышленных отходов Ливана плохо документирован. При отсутствии законодательных требований и строгого контроля большинство промышленных и опасных отходов смешиваются с городскими отходами. Из отходов, которые собирают, около 48% идет на свалки и лишь 8% перерабатывается. Около 22 тыс. промышленных предприятий Ливана генерируют широкий спектр твердых отходов, что соответствует 8,23% от общего объема. Неопасные отходы (упаковка, пенополистирол, деревянные поддоны, пищевые отходы и т.д.) составляют

92,2% [14]. Значительными являются объемы отходов, образующихся в результате сноса зданий. В одном только Бейруте за последние два года образовалось около миллиона тонн строительных отходов.

Использование широко распространенных промышленных отходов в практике гражданского строительства может привести к реальной возможности значительного уменьшения загрязнения окружающей среды (табл. 2). Авторами был выполнен анализ данных для перспектив использования осадка сточных вод при производстве кирпича, для новых составов бетонов с учетом технической целесообразности использования такого осадка, подтвержденной в работах [15–18]. Проанализированы возможности повторного использования шлама с бумажных фабрик, где основные элементы включают Al, Mg, Si и Ca, оксиды которых в значительной степени используются в строительной отрасли [19–22]. Использование размолотого гранулированного доменного шлака также отвечает современным требованиям, причем в производстве цемента их экономию можно довести до 20% [30].

Использование дополнительных цементирующих материалов стало неотъемлемой частью высоких прочностных и эксплуатационных показателей бетонных конструкций [32]. Бетоны, содержащие 5% шлама с бумажных фабрик, показали прочность на сжатие выше, чем бетон без таких добавок (рис. 4).

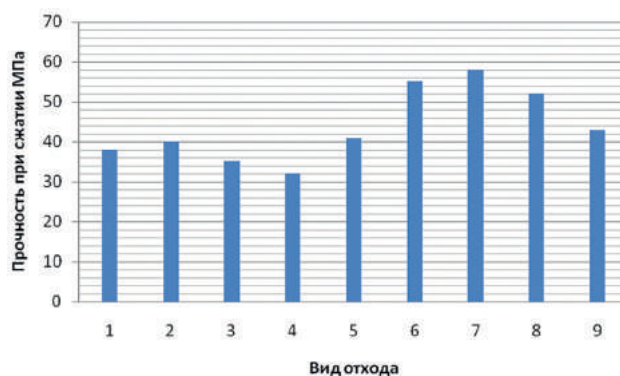


Рис. 4. Прочность на сжатие бетонных образцов с применением различных промышленных отходов

Прочность на сжатие образцов измеряли через 1, 7, 28 и 60 дней после изготовления. Пользуясь полученными данными, сформирован алгоритм использования промышленных отходов в производстве бетона (рис. 5).



Рис. 5. Алгоритм использования промышленных отходов в производстве бетона

Таблица 2.

Характеристики некоторых видов отходов для производства строительных материалов

№	Типы отходов	Прочность при сжатии, МПа	Кол-во отхода, %
1	Карьерная пыль, зола	38	40
2	Рисовая шелуха	40	30
3	Крошка резиновая	43	30
4	Осадок сточных вод	35	20
5	Шлам бумажных фабрик	41	20
6	Зола-унос	58	30
7	Бумажная масса в бетоне	32	20
8	Пемза мелкозернистая	52	45
9	Гранулированный шлак	55	25

Выводы

Для условий Ливана актуальным является использование различных промышленных отходов для замены мелкого заполнителя и цемента в бетоне, что подтверждено соответствующими экспериментальными исследованиями. Подтверждено, что прочность на сжатие для бетона, полученного с применением

золы-уноса в качестве частичной замены цемента является самой высокой. Определены перспективы использования различных видов отходов, генерируемых в Ливане.

Литература:

1. Катрин Сильги : история мусора. *histoire des homes et de leurs ordures du moyen age a nos jours* <https://www.labyrinth.ru/books/290100/>
2. <https://share.america.gov/ru/кризис-отходов-в-ливане-острота-пробл>
3. Solid Waste Management in Lebanon: Challenges and Recommendations Ismail I. Abbas¹, Jinane K. Chaaban, Abdel-Rahman Al-Rabaa, Ali A. Shaar. *Journal of Environment and Waste Management*. 2017. Vol. 4(2), pp. 053-063.
4. <https://realist.online/article/livanskij-musornyj-krizis-ugrozhaet-sredizemnomoryu>
5. Hilal N., Fadlallah R., Jamal D., El-Jardali F. Approaching the Waste Crisis in Lebanon : Consequences and Insights into Solutions. 2015. K2P.
6. Socrat Ghabban, Maya Shames, Haifa Abou Mayaleh. Trash Crisis and Solid Waste Management in Lebanon- Analyzing Hotels' Commitment and Guests' Preferences. *Journal of Tourism Research Hospitality*. 2017. № 6 (3). Pp.100-169.
7. May A. Massoud, N. Makarem, W. Ramadan & R. Nakkash. Environmental management practices in the Lebanese pharmaceutical industries: implementation strategies and challenges. *Environ Monit Assess*. 2015. № 187. P. 107.
8. Abi-Ghanem C., Nakhle K., Khalaf G., Cossa D. Mercury distribution and methylmercury mobility in the sediments of three sites on the Lebanese coast, eastern Mediterranean. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2011. № 60(3). Pp. 394-405.
9. M. El Moujabber, B. Bou Samra, T. Darwish, T. Atallah. Comparison of Different Indicators for Groundwater Contamination by Seawater Intrusion on the Lebanese Coast. *Water Resources Management*. 2006. Volume 20. Issue 2. Pp. 161-180.
10. Chbib C., Net S., Hamze M., Dumoulin D., Ouddane B., Baroudi M. Assessment of pesticide pollution in groundwater Akkar, northern Lebanon. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018. № 25 (15). Pp.14302-14312.
11. Rami Z. Morsi, Rawan Safa, Serge F. Baroud, Cherine N. Fawaz, Jad I. Farha, Fadi El-Jardali, Monique Chaaya. The protracted waste crisis and physical health of workers in Beirut : a comparative cross-sectional study. *Environmental Health*. 2017. № 12. Pp.16-39.
12. Salpie Djoundourian. Environmental movement in Lebanon. *Environment Development and Sustainability*. 2009. № 11(2). Pp. 427-438.
13. <http://www.basel.int/>
14. SWEEPNET. Country report on the solid waste management in Lebanon. 2014.
15. Alleman J.E., Berman N.A. Constructive sludge management. *Journal of Environmental Engineering*. 1984. № 110 (2). Pp. 301-311.
16. Tay J.H. Bricks Manufactured from Sludge. *Journal of Environmental Engineering*. 1987. № 113(2). Pp. 278-285.
17. Tay J.H., Show K.Y., Hong S.Y. Potential reuse of wastewater sludge for innovative applications in construction industry. *Bulletin of the College of Engineering, N.T.U.* 2002. № 86. Pp. 103-112.
18. Khanbilvardi R., Afshari S. Sludge ash as fine aggregate for concrete mix. *Journal of Environmental Engineering*. 1995. № 121(9). Pp. 633-638.
19. Tay J.H. Potential use of sludge ash as construction material. Elsevier Science Publishers. B.V.1986. № 13. Pp. 53-58.
20. Naik T.R., Friberg T.S., Chun Y.C. Use of pulp and paper mill residual solids in production of cellucrete. *Cem. Concr. Res*. 2004. № 34(7). Pp. 1229-1234.
21. Marcis C., Minichelli D., Bruckner S., Bachiorrini A. and Maschio S. Production of monolithic ceramics from incinerated municipal sewage sludge, paper mill sludge and steelworks slag. *IndCeram*. № 25(2). Pp. 89-95.
22. Chindaparsirt P., Buapa N. and Cao H. Mixed cement containing fly ash for masonry and plastering work. *Constr Build Mater*. 2005. № 19(8). Pp. 612-618.
23. Liaw C.T., Chang, H.L., Hsu W.C. and Huang C.R. A novel method to reuse paper sludge and cogeneration ashes from paper mill. *J. Hazard. Mater* 1998. № 58. Pp. 93-103.
24. Smith R.G. and Kamwanja G.A. The use of rice husk for making a cementitious material, proc. Joint Symposium on the Use of Vegetable Plants and their Fibers as Building Material. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2014. Vol. 3. Issue 1.
25. Zhang M.H., Lastra R. and Malhotra V.M. Ricehusk ash paste and concrete: Some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste. *Cement and Concrete Research*. 1996. № 26(6). Pp. 963-977.
26. Sakr K. Effects of silica fume and rice husk ash on the properties of heavy weight concrete. *Journal of materials in civil engineering*. 1996. № 18(3). Pp. 367-376.
27. Sata V., Jaturapitakkul C., Kiattikomol K. Influence of pozzolana from various by-product materials on mechanical properties of high-strength concrete. *Construction and Building Materials*. 2007. № 21(7). Pp. 1589-1598.
28. Nicole P.H., Monteiro P.M. and Carasek H. Effect of silica fume and rice husk ash on alkali-silica reaction. *Materials Journal*. 2000. № 97(4). Pp. 486-492.
29. Ernstbrunner L. Rejects from paper manufacture utilized in the cement works. *Das Papier*. 1997. № 51(6). Pp. 284-286.
30. ACI committee report by Hogan and Meusel. 1981.
31. Corinaldesi, Maria Letizia Ruello and Gabriele Fava. Paper Mill Sludge Ash as supplementary Cementitious Material. Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies. June 2010. The University of Wisconsin Milwaukee Centre for By-products.
32. Alireza Naji Givi, Suraya Abdul Rashid, Farah Nora Aziz, Mohamad Amran Mohd Salleh. Contribution of rice husk ash to the properties of mortar and concrete : a Review. *Journal of American Science*. 2010. № 6(3). Pp. 157-165.