

НОВАЯ ПАРАДИГМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СИНТЕЗА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

ЛЕСОВИК В.С.

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

Экологические проблемы современности:

- появление дыр в озоновом слое, который защищает все живое; на планете от смертельных космических лучей;
- исчезновение многих тысяч видов животных и растений;
- мировой океан все меньше и меньше способен регулировать; природные процессы;
- тотальное загрязнение атмосферы, дефицит чистого воздуха;
- сокращение запаса полезных ископаемых;
- повсеместное уменьшение площади лесного покрова.

В 2010 году в атмосферу было выброшено рекордное количество углекислого газа – 30,6 гигатонн, что на 1,6 гигатонн больше, чем в 2009 году.

За 2008 г. увеличили выбросы в атмосферу 10,8 тыс. предприятий (2006 г. – 10,7 тыс., 2005 г. – 9,4 тыс., 2004 г. – 9,2 тыс.). Половину всех образовавшихся отходов составляют отходы угледобычи в Кемеровской области – 1910 млн т (неопасные отходы). Более 100 млн т отходов в 2008 г. образовалось в Мурманской, Свердловской, Белгородской, Иркутской областях, Республике Карелия, Забайкальском крае.

Общий объем сброса загрязненных сточных вод, как и в прошлые годы, несколько снизился и составил 17,1 км³ (98,3% к уровню 2007 г.), однако на 0,1 км³ вырос сброс сточных вод без всякой очистки (2007 г. – 3,4 км³).

Человечество стоит на пороге самого критического периода своего развития:

- проблемы развития (сосуществования) органического и неорганического мира;
- истощение запасов углеводов;
- деградация окружающей среды;

- экстремальные метеоусловия;
- дефицит пресной воды.

Как результат природные и техногенные катастрофы, на лицо политический, экономический и социальный кризис.

Более половины населения земли оказывается в ситуации, когда приходится дышать воздухом, содержащим вредные вещества в концентрациях в 5 и более раз превышающих предельно допустимые нормы. По данным Европейской экономической комиссии ООН, через российскую границу в воздушных потоках с запада на восток идет в 4 раза больше серы чем в обратном направлении. От загрязнения воздуха страдает не только человек, но также животные и растения. Загрязнение атмосферы таит в себе угрозу здоровью людей, наносит большой экономический ущерб. Загрязнение воздуха вызывает патологии связанные с воздействием пыли, сернистого ангидрида, серной кислоты и диоксида азота.

Около 30 % городских жителей имеют проблемы со здоровьем, и одна из основных причин этому – воздух с низким содержанием кислорода. Объем кислорода на морском побережье его количество составляет в среднем 21,9 %. Объем кислорода большого города составляет уже 20,8 %. А в помещении и того меньше, так как и без того недостаточное количество кислорода уменьшается за счет дыхания людей в помещении. За сутки человек в среднем вдыхает $8,63 \text{ м}^3$ воздуха, а за год эта цифра составит 3110 м^3 . Учитывая, что концентрация пыли в промышленных городах, может составлять $0,5...1,0 \text{ мг / м}^3$, за год в нос поступает около 3 кг пыли! А за всю жизнь?!

15 – 20 лет назад мы не думали о том, что будем покупать воду в бутылках. Около 1,3 миллиарда человек на планете пользуются в быту только загрязненной водой. В начале XX века писатель-фантаст Александр Беляев написал фантастический роман «Продавец воздуха». Уже в скором времени события этого романа могут стать повседневной реальностью. Не исключено, что воздух станет товаром для продажи.

Наряду с проблемами загрязнения воздуха, почвы и воды человечество столкнулось с проблемой борьбы с шумом. Всё это обусловлено тем, что вредное воздействие шума на организм человека, на животный и растительный мир бесспорно, установлено наукой.

Человек и природа все больше страдают от его пагубного воздействия.

Долгое время влияние шума на организм человека специально не изучалось, хотя уже в древности знали о его вреде и, например, в античных городах вводились правила ограничения шума. В настоящее время ученые во многих странах мира ведут различные исследования с целью выяснения влияния шума на здоровье человека. Их исследования показали, что шум наносит ощутимый вред здоровью человека. Из ежегодно получаемой энергии 51 % используется, 49 % теряется при хранении, транспортировке, и превращении из одного вида в другой.

Техногенный метасамотоз (ТМ). Стадия в эволюции СМ, характеризующийся приспособлением композита к изменяющимся при эксплуатации зданий и сооружений условиям. Химическое взаимодействие в системе «Вязущее заполнитель-наполнитель-добавки-порový раствор –окружающая среда» с изменением химического состава, при котором растворение исходных компонентов и синтез новообразований происходит почти одновременно. Одними из механизмов ТМ являются противоречия между вещественным составом и текстурой СК и новыми термодинамическими условиями в которое они попадают во время строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Весь комплекс сложнейших физико-химических превращений при эксплуатации строительных композитов, может привести к упрочнению материала при увеличении нагрузки при условии правильного проектирования и соблюдения технического регламента при производстве. При несоблюдении условий, или в случае нагрузки на материал превышающей проектные значения, композит может разрушиться в том числе, за счет процессов на рис 1.

Трансдисциплинарное исследование. Разобщенность наук особенно негативно отражается на данном этапе эволюции вида Homo Sapiens; можно сказать на критическом этапе взаимоотношений органического и неорганического мира. В настоящее время необходимы комплексные трансдисциплинарные исследования. Стирается разница между органическим и неорганическим миром. Система «Человек-Материал-Среда обитания» это сложная открытая система, для исследования которой возможно трансдисциплинарная наука – геоника (геомиметика).

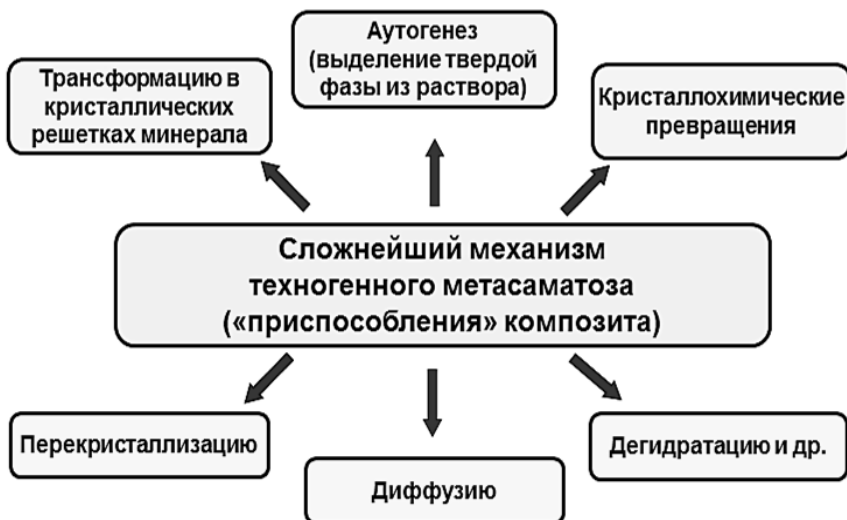


Рис. 1. Процессы влияющие механизм техногенного метасаматоза

Трансдисциплинарное исследование основывается на широко-масштабном использовании и переносе знаний, закономерностей, познавательных схем из одних дисциплин в другие с получением эмерджентных свойств – свойств которыми не обладают отдельные звенья (дисциплины), но они являются следствием эффекта целостности системы.



Рис. 2. Переход к трансдисциплинарным исследованиям

КИБЕРНЕТИКА – наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в различных системах, будь то машины, живые организмы или общество (Норберт Виннер 1948):

БИОНИКА – исследование объектов органического мира с целью создания новых образцов техники (Джек Стайл 1960);

ГЕОНИКА – исследование объектов неорганического мира с целью создания новых технологий производства материалов (Лесовик В.С.).



Рис. 3. Направления геоники

Информация, полученная при изучении строения поризованных вулканических горных пород позволила получить высокоэффективные теплоизоляционно-конструкционные стеклокомпозиты нового поколения с пределом прочности при сжатии в 3,5 раз выше чем у традиционного пеностекла. Природный аналог полученного материала – вулканическое стекло и вспененные высокопоризованные базальты, обладающее высокими физико-механическими показателями.

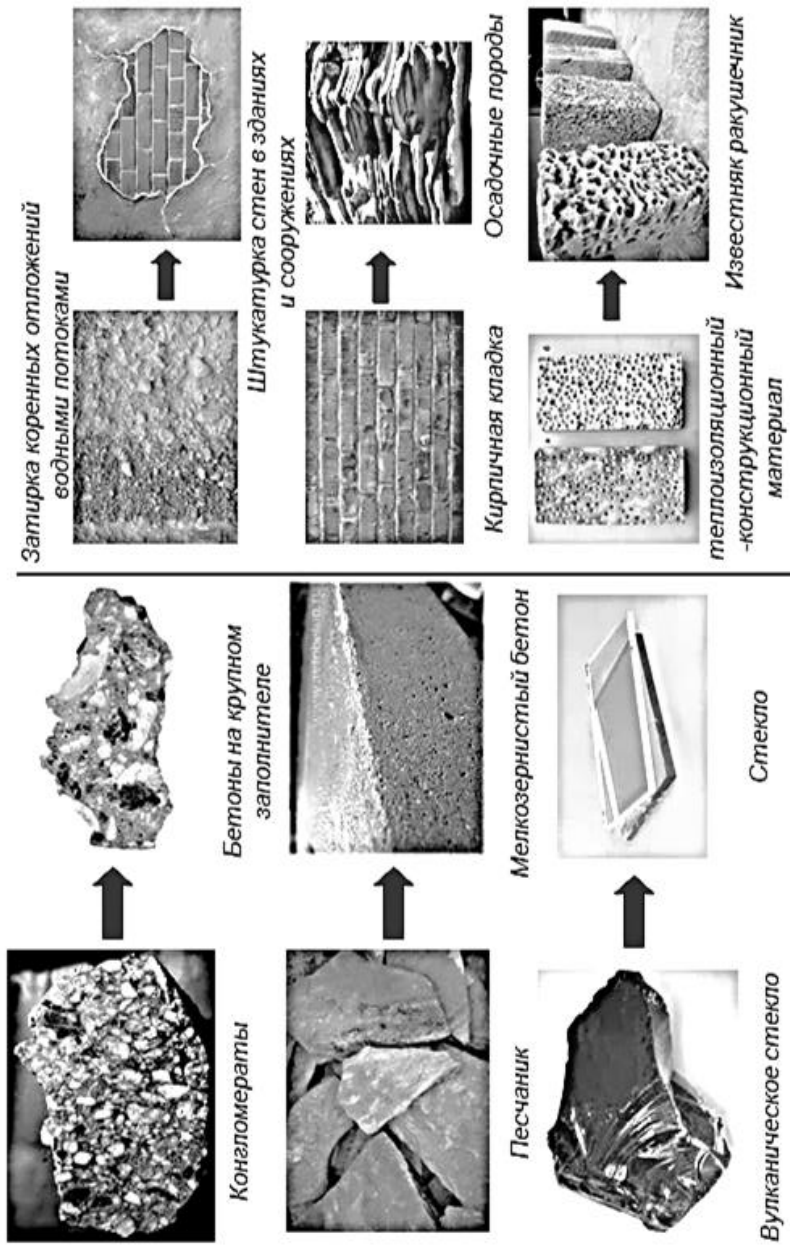


Рис. 4. Искусственные материалы и их природные аналоги

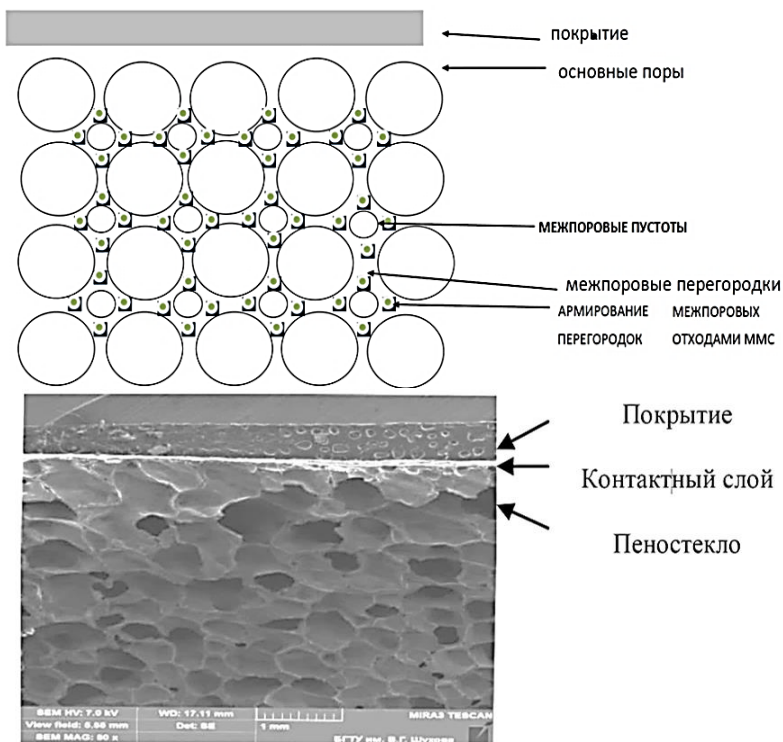


Рис. 5. Строение полосчатых горных пород

Исследование строения полосчатых горных пород позволило увеличить адгезию (предел прочности на отрыв) в 3,8 раза.

А с учетом применения специально разработанного кладочного раствора позволяет увеличить прочность кладки в 25 – 30 раз.

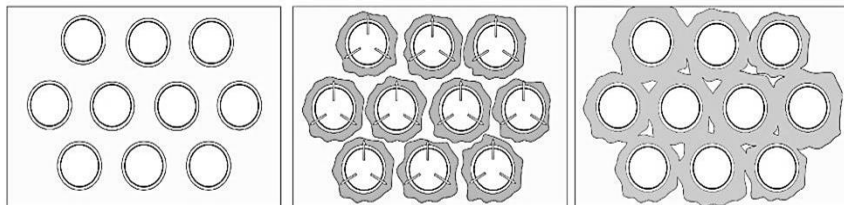


Рис. 6. Исходная структура и автоклавная обработка

Закон сродства структур. Подразумевается проектирование слоистых композитов и ремонтных систем на нано-, микро- и макро-

уровне аналогичных базовой матрице, что приводит к существенному повышению адгезии и долговечности материалов.



Рис. 7. Многокомпонентная система работающая как единое целое

Использование положений закона сродства структур позволило увеличить адгезию ремонтных смесей в 2,8 раза. Прочность при сжатии в возрасте 28 суток увеличилась в 2 раза. Прочность при изгибе увеличилась в 1,5 раза. Адгезия возросла в 2,8 раза. Деформация усадки ниже допустимых норм. Морозостойкость возросла в 1,5 раза.

Интеллектуальные материалы это композиты при проектировании которых заложена система взаимодействия с окружающей средой, позволяющая материалам реагировать на внешние воздействия и положительно влияющая на триаду «человек-материал- среда обитания».

Вода в породе находится в сложном взаимодействии с ее минеральным каркасом, границы и соотношения между ними условны и постоянно изменяются: пар; химически связанная вода; физически связанная вода (пленочная и капиллярно-удержанная); свободная или гравитационная вода. В условиях жаркого климата, когда наблюдается дефицит жидкой фазы в самом бетоне, частички туфа, входящие в состав вяжущего, в процессе твердения отдают капиллярно-удержанную воду, а это приведет к активизации процессов структурообразования и синтезу более плотной однородной структуры материалов в процессе твердения и эксплуатации бетонов.



Рис. 8. Микроструктура вулканического туфа

В условиях эксплуатации при различных нагрузках микротрещины, самоликвидируются за счет взаимодействия влаги, содержащейся в частицах туфа, с непрореагировавшими клинкерными минералами. Частицы туфа в процессе эксплуатации отдают запасенную ими капиллярно-удержанную воду, а это приведет к активизации процессов структурообразования и синтезу более плотной однородной структуры материалов в процессе твердения и эксплуатации бетонов, это так называемые интеллектуальные композиты.

Проведение таких мероприятий позволило повысить предел прочности при сжатии бетона до 128 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе 35 МПа, модуль упругости до 83×10^{-3} МПа.

Реализация концепции проектирования строительных композитов будущего позволило создать высокопрочные бетоны с пределом прочности при сжатии до 170 МПа. Предложить системы внутреннего ухода в условиях жаркого климата, которые позволяют повысить эффективность строительных композитов в условиях жаркого климата.

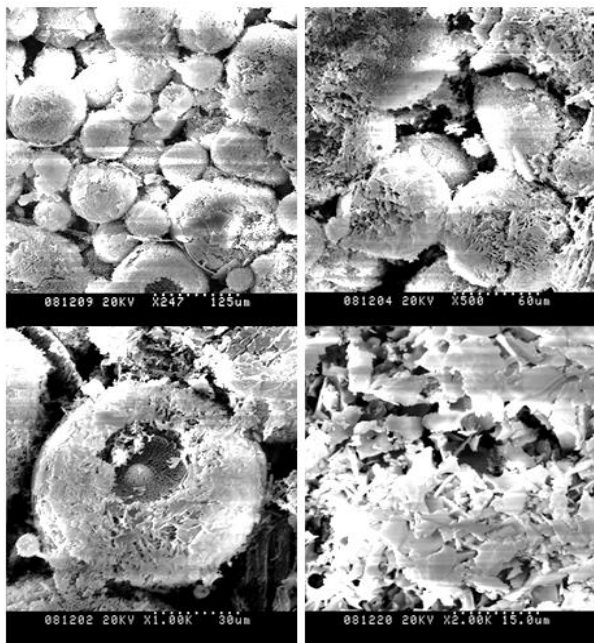


Рис. 9. Гранулы порошка SiO_2 , полученные криохимической сушкой

Разработаны принципы повышения эффективности огнезащитных и гидрофизических свойств строительных материалов из древесины, заключающаяся в автоклавной обработке поверхности материала композицией из высокодисперсных базальта, сапонит-содержащего отхода (ССО) обогащения кимберлитовых руд и негашеной извести.

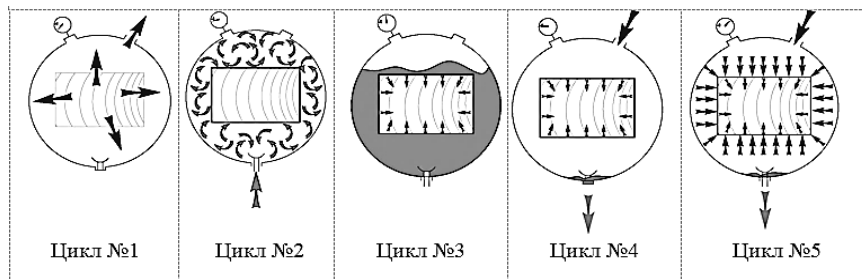


Рис. 10. Автоклавная обработка поверхности материала композицией из высокодисперсных базальта, сапонит-содержащего отхода (ССО) обогащения кимберлитовых руд и негашеной извести

Предложена и научно обоснована модель структурообразования минерального слоя в поровом поверхностном слое древесины, проникающего по всей поверхности образца на глубину 300-400 мкм.

Сформированный в автоклавном режиме из минеральных новообразований защитный слой на поверхности древесины обладает прочной однородной пространственной структурой из сцементированных гидросиликатами кальция частиц базальта.

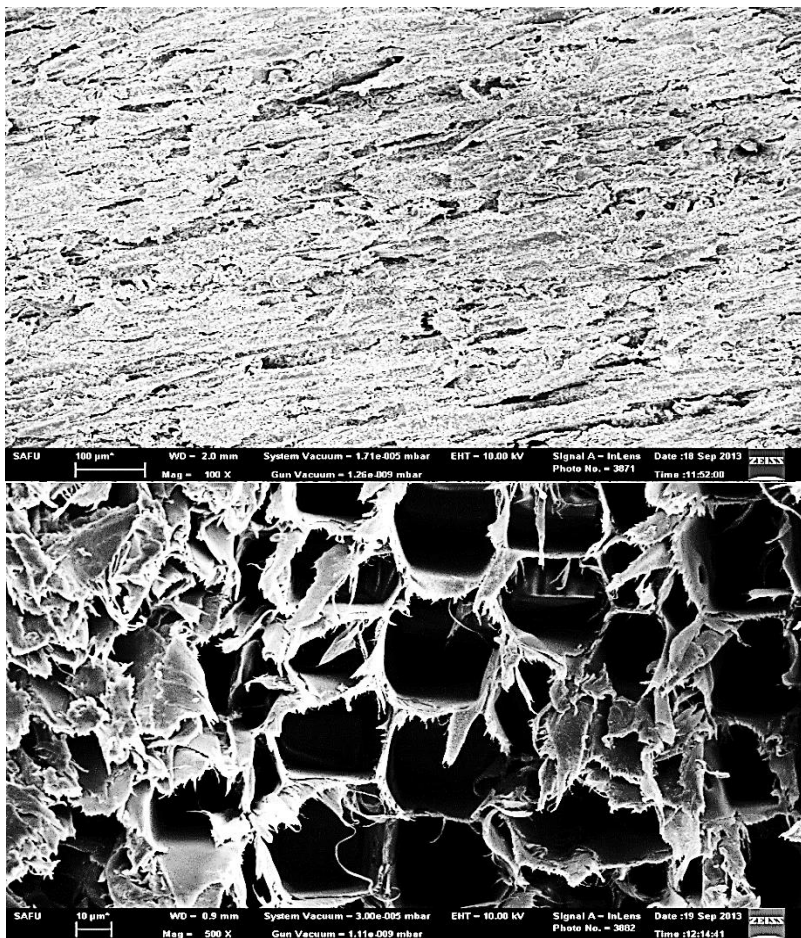


Рис. 11. Поверхность модифицированного образца и поверхность контрольного образца древесины

Теоретическая основа оптимизации высокопористой структуры ячеистого бетона. Разработка более совершенных способов поризации формовочных масс, а также путей совершенствования технологии неавтоклавных ячеистых бетонов и улучшения их физико-механических и эксплуатационных свойств обуславливает необходимость разработки принципов формирования пористой структуры материалов для улучшения качества неавтоклавных ячеистых бетонов и устранения имеющихся недостатков традиционных технологий. Предложены подходы для получения неавтоклавного газобетона с высокими строительно-техническими свойствами, включающие разработку специальных композиционных вяжущих с модификаторами структуры ячеистого бетона и разработку технологических приемов оптимизации высокопористой структуры ячеистого бетона при изготовлении изделий, монолитного газобетона и сухих смесей.

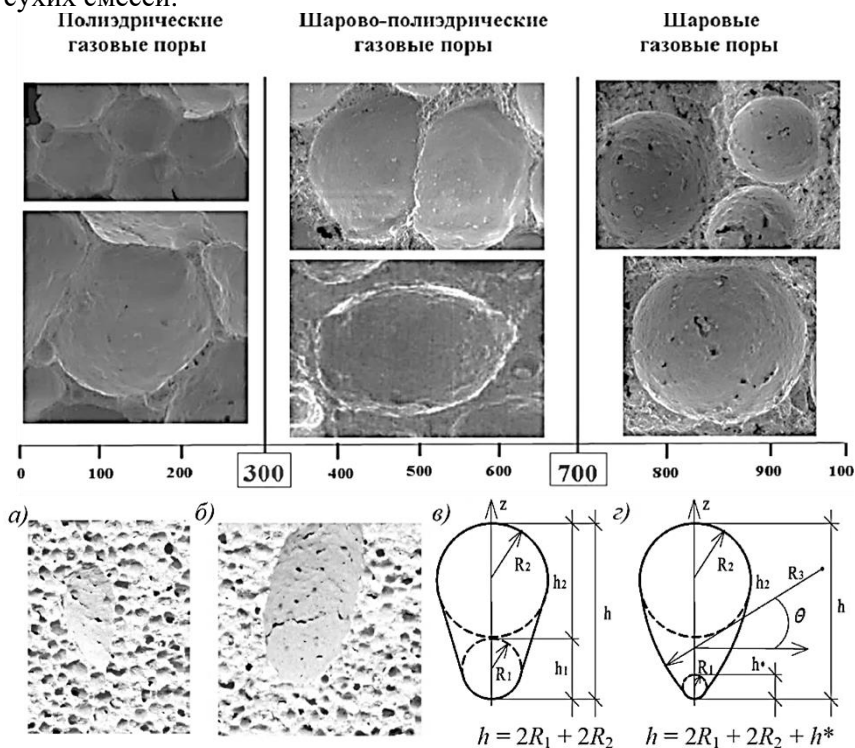


Рис. 12. Внутренняя структура

Таблица 1 – Характеристики ингредиентов

Вязущие (ингредиенты)	НГ, %	Срок схватывания, мин		Прочность, МПа, в возрасте, сут					
		начало	конец	при изгибе			на сжатие		
				3	7	28	3	7	28
ЦЕМ I 42,5 Н	26,4	120	220	6,3	7,5	8,6	38,4	41,1	49,2
ЦЕМ I 42,5 Н + карбонатный наполнитель + Melflux 1641 F	23,4	105	165	6,6	8,6	9,8	48,7	62,4	70,5
ЦЕМ I 42,5 Н + Полипласт СП-1 + перлит	27,4	45	145	7,34	9,69	12,45	50,7	66,9	87,1
ЦЕМ I 42,5 Н + Полипласт П-1 + отсеvy дробления КВП	23,8	90	185	6,9	8,1	9,63	44,3	55,4	69,3
ЦЕМ I 42,5 Н + Полипласт П-1 + отсеvy дробления КВП + мел	23,3	80	170	7,2	9,4	11,03	47,8	61,3	75,5
Клинкер + гипс	25,7	95	140	7,2	9,5	10,1	53,1	65,7	73,5
Клинкер + гипс + карбонатный наполнитель + Melflux 1641 F	27,0	100	185	8,7	11,4	12,6	60,5	80,8	90,5
Клинкер + Полипласт СП-1 + перлит + гипс	28,9	40	150	7,26	9,33	12,65	52,3	67,2	91,1
Клинкер + гипс + Полипласт П-1 + отсеvy дробления КВП	20,3	65	155	8,2	9,6	11,55	53,2	64,8	82,4
Клинкер + гипс + Полипласт П-1 + отсеvy дробления КВП + мел	20,0	50	150	8,5	10,6	12,26	62,4	74,0	87,7

Аддитивные технологии или технологии послойного синтеза, сегодня одно из наиболее динамично развивающихся направлений в строительстве. Сегодня 3D печать вызывает самый живой интерес общественности. За достаточно короткий промежуток времени, прошедший с момента появления первых 3D-принтеров, люди научились печатать посуду, одежду, игрушки, расходные материалы для принтеров и сами принтеры, машины, и даже человеческие органы и ткани. Следующим шагом на пути развития технологии 3D-печати стала печать строительных конструкций и жилых домов. Родоначальником отрасли стал Чарльз Халл, основатель компании 3D Systems. В 1986 году инженер собрал первый в мире стереолитографический 3D-принтер, благодаря чему цифровые технологии сделали огромный рывок вперед. Приблизительно в то же время Скотт Крамп, позже основавший компанию Stratasys, выпустил первый в мире FDM-аппарат. С тех пор, рынок трехмерной печати стал стремительно расти и пополняться новыми моделями уникального печатного оборудования.

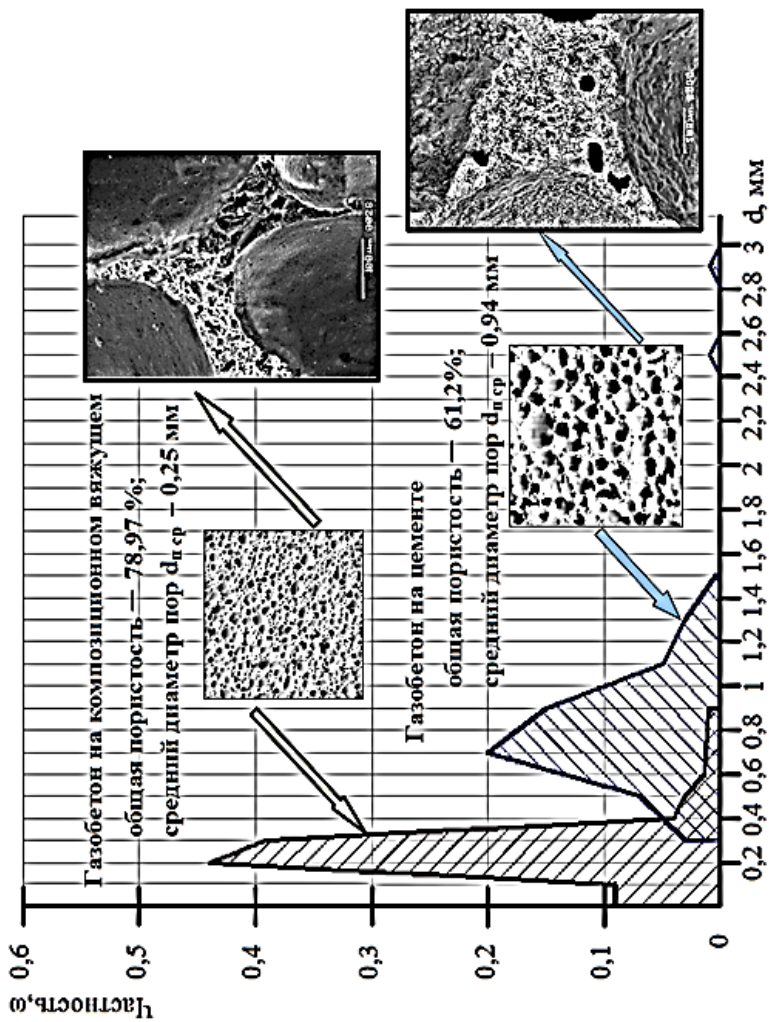


Рис. 13. Характер распределения пор по размерам монолитных газобетонов в зависимости от вида вяжущего

Работы по созданию технологии и оборудования для 3D – аддитивных технологий продолжают во многих странах мира, но нового научного подхода к созданию эффективных композитов для таких технологий нет. В настоящее время без учета эволюционных изменений в окружающей среде, теоретически обосновать и разработать новые виды эффективных композитов невозможно.

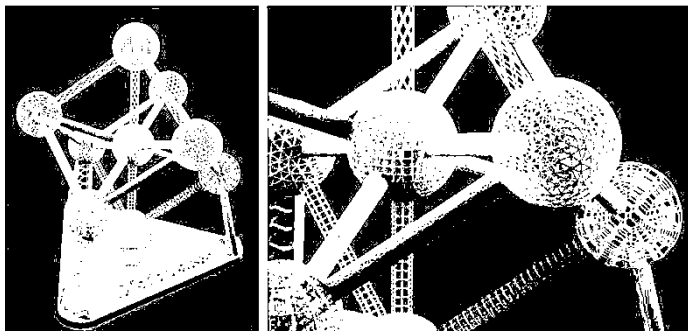


Рис. 14. Пример элементов полученных 3D-принтерами

Уникальный 3D-принтер-манипулятор, который может строить бетонные конструкции. Разработала эту новинку голландская компания CyBe Additive Industries. Новый робот-манипулятор ProTo R 3DP разрабатывался с нуля, на основе постоянного экспериментирования. Для распечатки дома применяется уникальная установка. Она состоит из четырех 3D-принтеров шириной 10 м и высотой 6,6 м. В качестве строительного материала используется смесь цемента и отходов горнодобывающей промышленности.



Рис. 15. Установка их из четырех 3D-принтеров

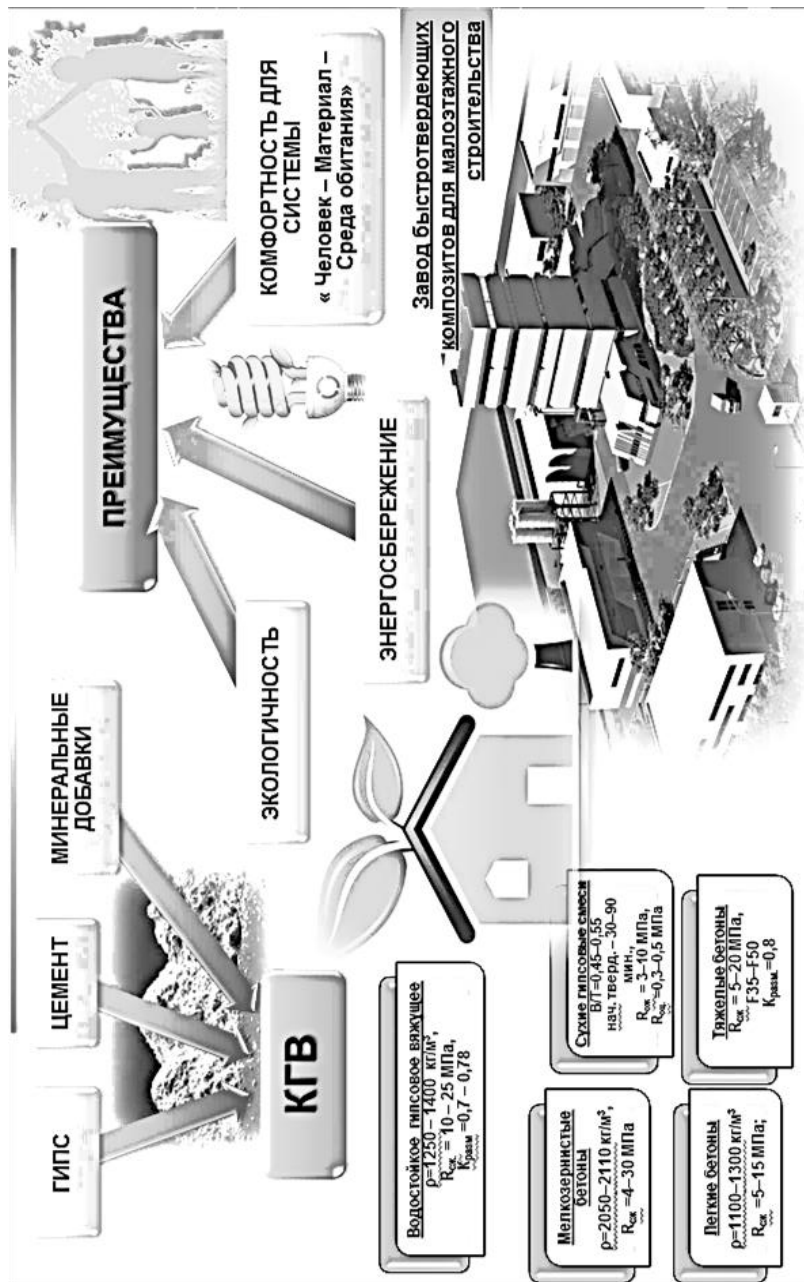
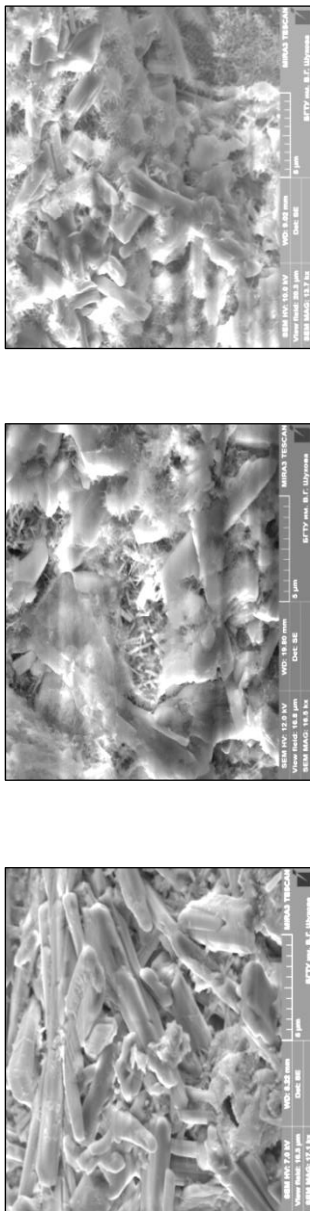


Рис. 16. Композиционные водостойкие гипсовые вяжущие

Составы и свойства тяжелого бетона на КГВ и портландцементе

№	Фактический расход материалов на 1 м ³ , кг						Рсж, МПа		Набора марочной прочности в первые сутки, %
	Цемент	КГВ	Щебень	Песок	Вода	КХД	1 сутки	28 суток	
1	–	340	1200	590	180	–	7,5	10,5	70
2	–	340	1200	590	155	0,3	9,5	19,0	50
3	–	400	1200	350	175	–	8,0	15,2	53
4	–	400	1200	350	160	0,3	11,0	23,6	47
5	–	500	1100	350	185	–	11,5	20,5	57
6	–	500	1100	350	165	0,3	15,0	32,0	47
7	340	–	1200	590	180	–	4	28,5	15
8	500	–	1100	350	165	–	8	34,5	24



2 часа

7 сут

28 сут

Рис. 17. Свойства композиционные гипсовых вяжущих

Внедрение результатов. На основе технологии по регенерации, и повторного использования асфальтобетона с помощью ресайклинга разработаны составы композиционного вяжущего, на основе которого осуществлен капитальный ремонт 175 км дорог Белгородской области.

Разработана система управления процессами структурообразования при твердении цементно-бетонной смеси за счет использования органоминеральных добавок и создания высокоплотной упаковки заполнителей. Синтезированный таким образом материал обладает повышенными эксплуатационными характеристиками и долговечностью. Однослойная бетонная дорога в Курской области, Суджанский район (длина 5 км, ширина 6 м).

Технология производства высокоэффективной пластифицирующе-воздухововлекающей добавки для цементно-бетонных смесей с использованием местного сырья. Сырьем для производства пластифицирующе-воздухововлекающей добавки являются боенская кровь, щетина, роговица (рога и копыта) и мицелий. Добавка снижает водопоглощение затвердевшего раствора более чем на 20 %. Испытания показывают устойчивый прирост прочности в пределах 30 %, и возможное снижение расхода цемента от 5 до 10 %, без снижения качества продукции. Выход растворной смеси увеличивается на 2-3% при одновременном повышении марки раствора. Замечено тиксотропное поведение раствора и его длительная жизнеспособность. Выпущено более 5 тыс. тонн продукции. Внедрение разработки было осуществлено на предприятиях ООО «Первая строительная компания», ООО «Завод ЖБК-1» (г. Белгород) и на заводе по производству сухих строительных смесей «БИРС» (г. Москва).

Технологическая линия по производству пенобетона с использованием композиционных вяжущих. Технологические линии (ООО «ЭЦ Экостройматериалы») успешно работают на предприятиях России, Украины, Казахстана, Латвии, Таджикистана, Белоруссии, Узбекистана, Грузии, Киргизии, Ирана, Уганды, Марокко, Эквадора, Кабо-Верде, Болгарии и Ливии – произведены более миллиона куб.метров пенобетона.