

# Развитие принципов устойчивого развития в жилищно-коммунальном хозяйстве путем внедрения инновационной интеграционной минерально-матричной технологии геополимеризации органоминеральным отсевом ТКО.

ООО «НТЦ «Технологии XXI века»

ОАО «Автопарк №1 «Спецтранс»

ООО «Новый-Свет Эко»



# Первичный органоминеральный отсев ТКО с высоким содержанием органических веществ (ОМО)

- ОМО – продукт автоматизированного комплекса мусоросортировки с высоким валовым содержанием тяжелых металлов и их подвижных форм, а так же микробиологических показателей. ПОМ не соответствует санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам, предъявляемым к качеству почв.

## Проблематика ОМО

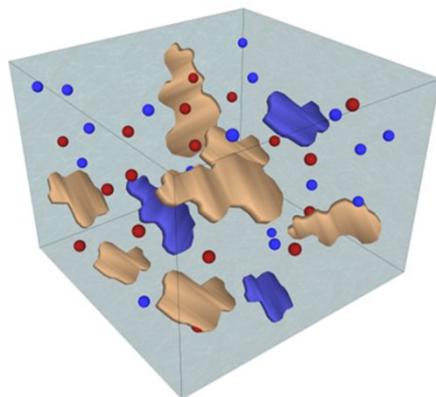
- Обработка в биотермических барабанах не решает проблему обезвреживания экотоксикантов и позволяет лишь частично уничтожить патогенную микрофлору;
- Область возможного использования смеси без обработки – только депонирование на полигоне;
- Плотность ОМО приводит к неэффективному использованию полезного объема полигона;
- ОМО является материалом, способствующим образованию горючих газов;

# Требования к решениям

Предлагаемые решения должны соответствовать следующим условиям:

- Уничтожать патогенную микрофлору и значительно снижать миграционную активность загрязнителей;
- Обладать максимально возможным коэффициентом трансформации ОМО (обеспечивать повышение плотности ОМО в теле конечного продукта);
- Устранить риски образования горючих газов и исключение их возгорание;
- Ограничить прямой доступ к компонентам ОМО животным, птицам и насекомым;
- Обеспечить получение полезного продукта пригодного для дальнейшего применения как на полигоне, так и за его пределами;
- Обеспечивать экономическую целесообразность внедрения и конкурентоспособность по сравнению с альтернативными методами переработки.

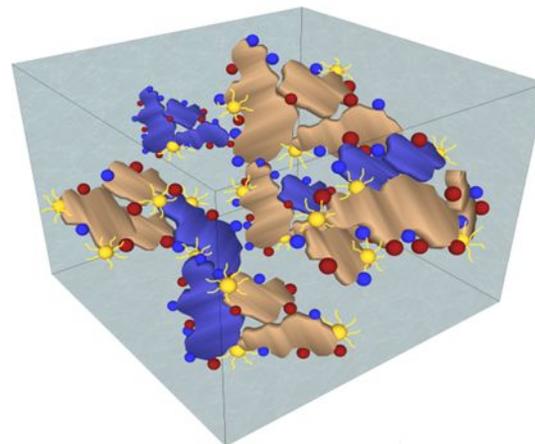
# ИММ-технология



Гидрофильные частицы глинистых минералов  
Экотоксиканты (загрязнители)  
МКД

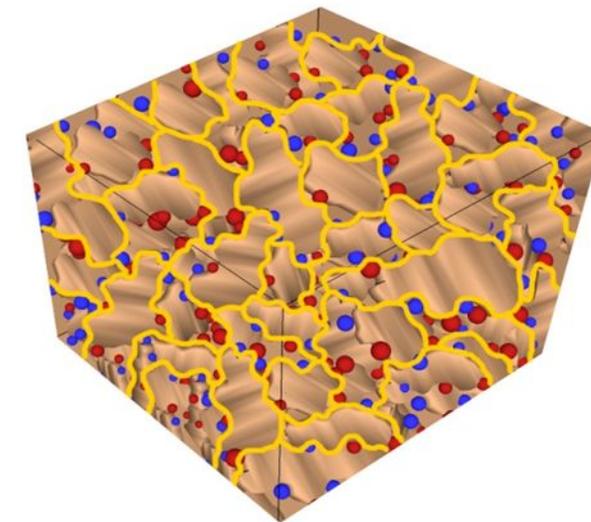
При введении в отходы МКД, представляющей собой микрочастицы алюмосиликатных минералов модифицированных ионами щелочноземельных металлов, происходит резкое увеличение рН до значений 9-10 единиц.

В сильно щелочной среде частицы глинистых пород подвергаются гидратации и переходят в зольгелевую фазу. Выведенная, таким образом, из равновесного состояния система, стремится вернуться в равновесное состояние, вовлекая во вновь образуемую структуру экотоксиканты и составляющие МКД. При этом загрязнители становятся частью новообразованного композита, благодаря чему, их миграционная способность сводится к минимуму.



Гидрофильные частицы глинистых минералов  
Экотоксиканты (загрязнители)  
МКД  
Цемент

Для ускорения протекания процессов литификации в полученной смеси с достижением необходимых физико-механических характеристик конечного материала в проектном возрасте (на 28 сутки), производится добавление минеральных вяжущих веществ, например цемента.



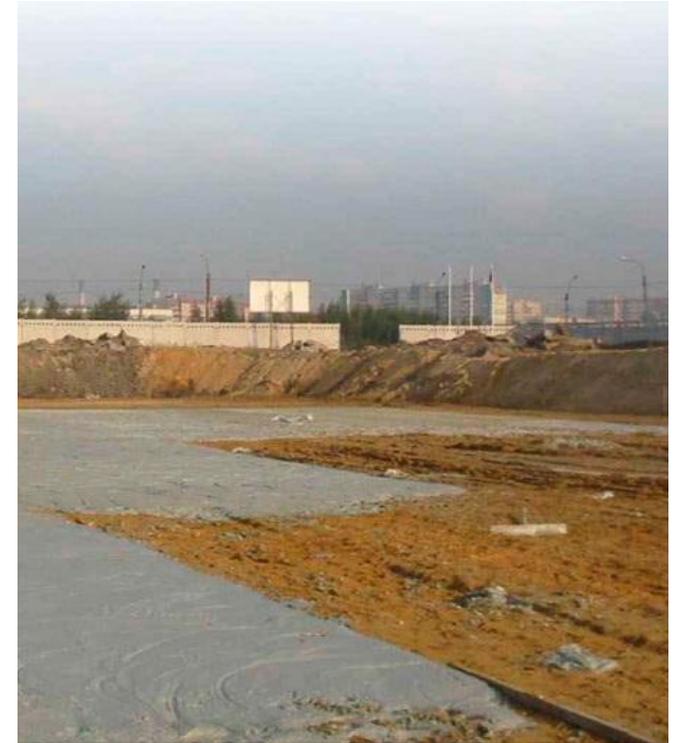
В результате вышеописанных физико-химических процессов, образуется строительный композиционный монолит с надежно изолированными в его структуре экотоксикантами и обладающий заданными физико-механическими характеристиками.

# Получаемая продукция: Геополимер ГУТ

Геополимер ГУТ может быть использован для:

- Устройства оснований и нижних слоев покрытий автомобильных дорог и аэродромов;
- Устройства конструктивных слоев оснований автомобильных дорог и промышленных площадок (в том числе кустовых);
- Устройства гидроизоляционных конструктивных слоев, а также геохимических барьеров, например, при рекультивации шламохранилищ, свалок, оборудовании полигонов для хранения отходов.
- Отсыпки территории под строительство;
- Рекультивации ранее образованных полигонов промышленных и бытовых отходов;
- Формирование обваловок;
- Устройство тела дамб;
- Укрытие полигонов и нарушенных земель, для планировочных и противоэрозионных целей;

$\rho = 2,0 - 2,1 \text{ т/м}^3$  | прочность на сжатие ( $R_{сж}$  (кг/см<sup>2</sup>): 10-60 |  
коэф. водоустойчивости более 0.7 | коэф. морозостойкости: не ниже F5  
|коэф. фильтрации: не более 1.10<sup>-5</sup>м/сутки



# ИММ-технология, как решение, соответствующее требованиям

- Обеззараживание ОМО происходит при глубоком щелочном гидролизе органоминеральной массы, приводящем к уничтожению патогенной микрофлоры;
- Обезвреживание ОМО происходит в результате хемосорбционного поглощения тяжелых металлов минеральной матрицей. Тяжелые металлы являются комплексообразующими элементами и в процессе переработки связываются в создаваемом с их участием минерале и не выделяются в окружающую среду;
- Низкая фильтрационная способность получаемого материала обеспечивает консервацию, препятствует вымыванию загрязнителей из непереработанных кусков (агрегатов) ОМО;
- Применение ИММ-технологии позволяет существенно уменьшить объем отхода (в случае использования ОМО в 3–5 раза);
- За счет интеграции процесса получения комплексообразователей в технологическую цепочку переработки ОМО, достигается значительная экономия, сравнимая со стоимостью обработки в биотермических барабанах.

**Вывод:** в соответствии с принятыми предпосылками применение ИММ-технологии для переработки ОМО представляется целесообразным и требует проведения опытных испытаний.

# Задачи проведенных опытных испытаний

1. Проанализировать соответствие отдельных физико-механических характеристик материала ГУТ, изготовленного из ОМО по трем фокусным рецептурам на опытной площадке, показателям ГУТ, полученным в лабораторных условиях;
2. Определить оптимальную, с точки зрения работы смесительного оборудования, последовательность внесения компонентов (сухие компоненты, дополнительная вода, отсеб);
3. Определить возможность достижения расчетных показателей степени уплотнения в ограниченном объеме с использованием средств малой механизации (виброплиты);
4. Проанализировать динамику набора прочности техногенного массива в натуральных условиях в сопоставлении с лабораторными данными;
5. Продемонстрировать улучшение органолептических характеристик ГУТ в сравнении с ОМО;
6. Практически подтвердить теоретически обоснованный коэффициент трансформации ОМО (увеличение плотности);
7. Исходя из полученных результатов, осуществить выбор наиболее оптимальной рецептуры ГУТ или произвести ее корректировку.

# Внешний вид ОМО



# Внешний вид геополимера ГУТ



# Опытные испытания: органолептические показатели

Показатель	ОМО	ГУТ
Внешний вид	Неоднородная масса с нарушенной структурой	Однородное вещество с монолитной структурой
Консистенция	Рыхлая, наблюдается легкая слеживаемость	Гомогенная плотная смесь
Запах	очень сильный (запах, настолько сильный, что не обратить на него внимание невозможно)	слабый (запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание)
Цвет	Преимущественно коричневый (с разноцветными включениями)	Серый, с малоразличимыми разноцветными включениями
Энтомологическая активность, наличие беспозвоночных	Наблюдается активность мух и насекомых, наличие в материале беспозвоночных	Активность мух и насекомых практически отсутствует, наблюдается гибель беспозвоночных

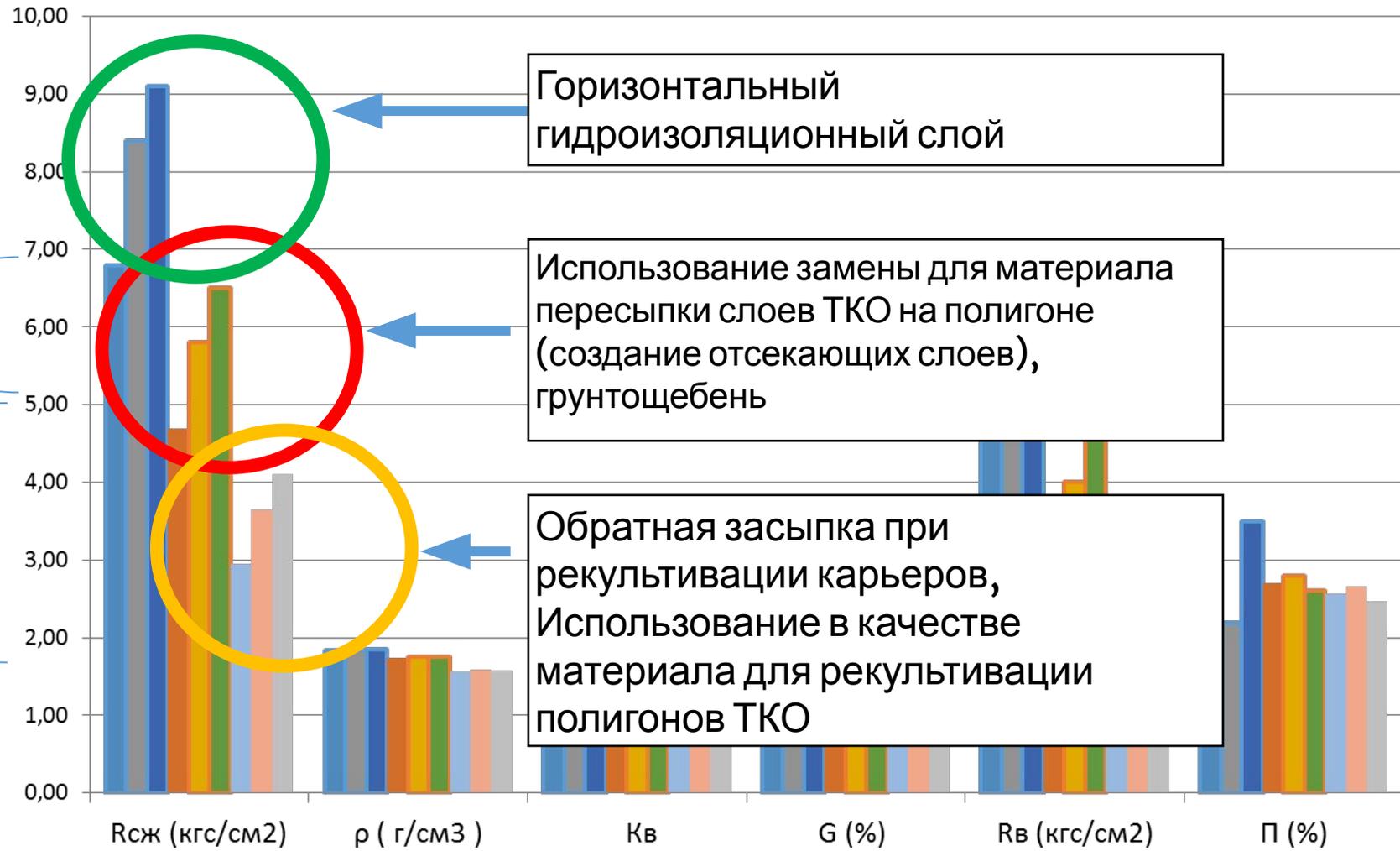
# Требуемые физико-механические свойства материала ГУТ в зависимости от области применения

(4)

(3)

(2)  
(5)

(1)



- Лабораторные условия 3 сутки
- Лабораторные условия 7 сутки
- Лабораторные условия 14 сутки
- Опытная площадка 3 сутки
- Опытная площадка 7 сутки
- Опытная площадка 14 сутки
- Полевые условия 3 сутки
- Полевые условия 7 сутки
- Полевые условия 14 сутки

\* См. номера (1), (2) и т.п. на стр. 13

# Результаты опытных испытаний

- В результате проведенных испытаний по всем основным задачам проекта удалось получить положительные результаты;
- В целом, реализация ИММ-технологии для получения геокомпозита ГУТ с использованием ОМО, подтвердила принципиальную возможность и целесообразность ее применения;
- Предложенная рецептура подтвердила свою целесообразность как с экономической точки зрения, так и с точки зрения достижения необходимых физико-механических показателей;
- Продемонстрировано значительное снижение фактора запаха;
- Достигнут более высокий, в сравнении с методом прессования, коэффициент трансформации ОМО (2–2,5 при прессовании и 3–5 при ИММ-технологии).
- **Возможная целевая сфера использования геокомпозита ГУТ, полученного при переработки ОМО – материал для рекультивации полигонов ТКО и карьеров.**

# Акт лабораторных испытаний

## 1. Бактериологические исследования\*:

№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерений	Результаты исследований	Величина допустимого уровня, не более	Нормативные документы на методы исследований
1	Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ)	КОЕ/100 мл	Менее 30	-	МУК 4.2.1884
2	Общие колиформные бактерии (ОКБ)	КОЕ/100 мл	Менее 30	-	МУК 4.2.1884
3	Энтерококки	КОЕ/100 мл	0	-	МУК 4.2.1884

Исследования выполнялись на условиях субподряда бактериологической лабораторией Испытательного лабораторного центра Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области»

## 2. Паразитологические исследования\*:

№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерений	Результаты исследований	Величина допустимого уровня, не более	Нормативные документы на методы исследований
1	Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол)	экз/25 л	не обнаружено	-	МУК 4.2.1884-04
2	Жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	экз/50 л	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2314-08

# Применение геокомпозита ГУТ при рекультивации нарушенных внутригородских территорий г. СПб



# Выводы

- Дальнейшим этапом внедрения предлагаемой технологии, может стать создание и реализация пилотного проекта по рекультивации полигона и карьера на территории Ленинградской области.
- Положительным эффектом от реализации подобного проекта станет полное использование продукта в качестве аналога геотехнического укрывного и гидроизоляционного материала.