

Перспективы использования золошлаковых материалов при строительстве автомобильных дорог в Сибирском федеральном округе

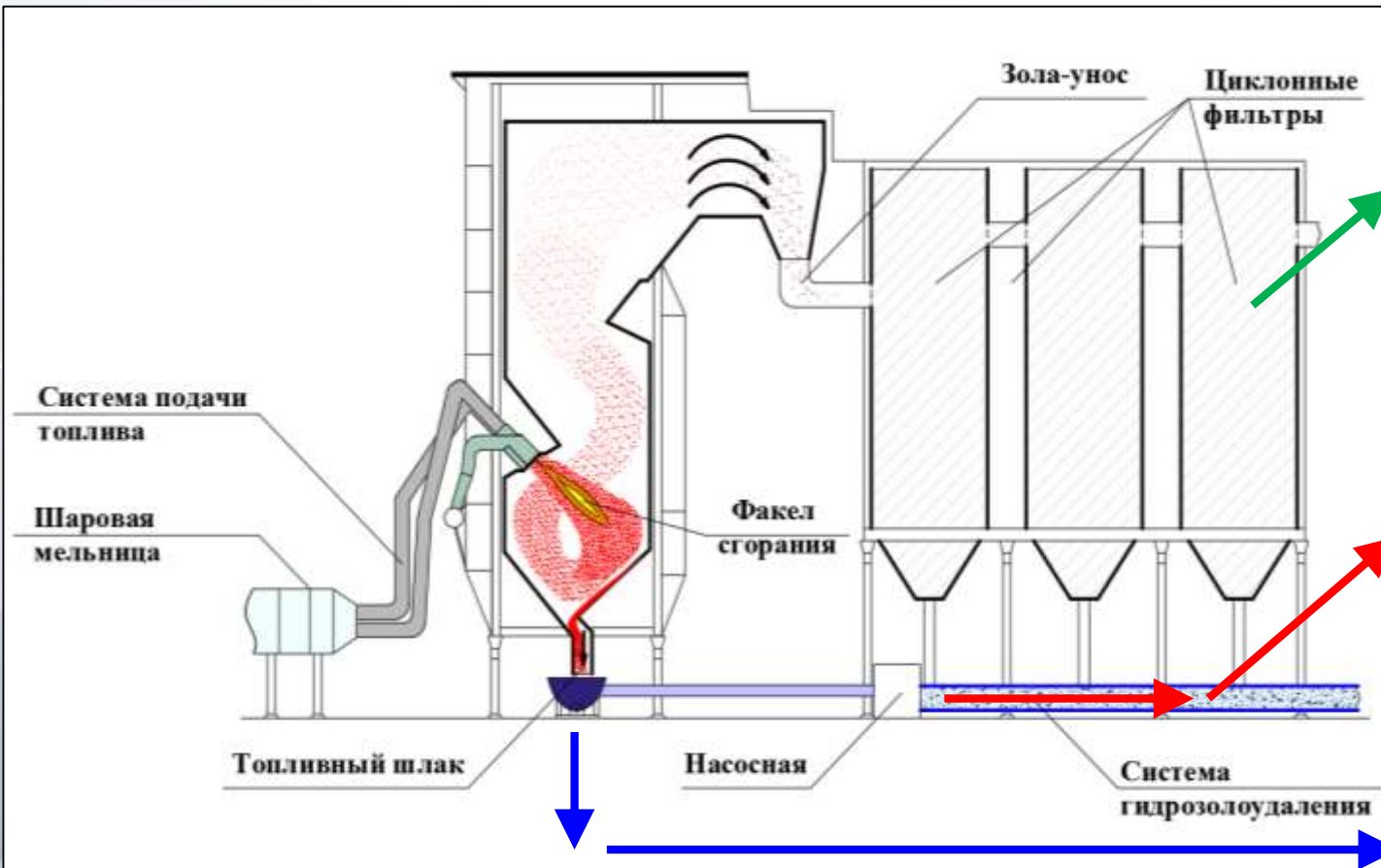
Лунёв Александр

к.т.н, Директор центра компетенций
"ИВМРСО" ФГБОУ ВО «СибАДИ»

+7 (999) 453 39 30
lunev.al.al@gmail.com

Получение золошлаковых материалов

Упрощенная схема сжигания угля на ТЭС



Зола-унос



Золошлаковая смесь



Шлак топливный



Золошлаковые материалы

Отвал ЗШС (ТЭЦ-3, СГК, г. Новосибирск)

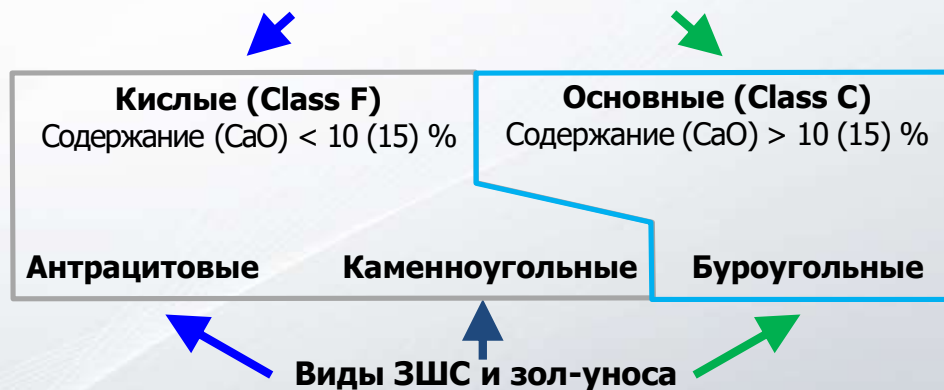


Сырьевые запасы ППСУ

- ✓ На территории РФ складировано свыше 1,6 млрд. тонн;
- ✓ Ежегодно в отвалы добавляется порядка 25-26 млн. тонн;
- ✓ На территории РФ имеются сотни отвалов тепловых электростанций.

Золошлаковые смеси - побочный продукт, получаемый при сжигании твердого топлива (угля) в топках котлов и удаляемый совместно с водой.

Виды ЗШС и зол-уноса



Пути использования

- ✓ Строительство насыпей и оснований автомобильных дорог;
- ✓ Рекультивация полигонов ТБО;
- ✓ Вертикальные планировки территорий под застройку;
- ✓ Использование в производстве бетонных изделий и кирпича;
- ✓ Производство вяжущих материалов.

Проработанные направления использования

Производство вяжущих (КМВ и геополимеры)



Основные преимущества:

- Снижение эмиссии CO₂;
- Расширение пула строительных материалов;
- Снижение стоимости;
- Повышение прочности.

Отсыпка земляного полотна из ЗШС



Основные преимущества:

- Отсутствие карьеров;
- Сниженное давление на основания;
- Снижение стоимости;
- Отсутствие липкости.

Укрепленные основания и стабилизированный РС



Основные преимущества:

- Отсутствие карьеров;
- Нет дефицита в сырье;
- Снижение стоимости;
- Высокое качество.

Возможности применения золошлаковых материалов



Применение ЗШС в нижней части насыпей земляного полотна АД:

- Возможно использовать ЗШС только ниже рабочего слоя в чистом или стабилизированном виде.
- Возможно использовать топливные шлаки во всем земляном полотне.



Использование в рабочем слое насыпей земляного полотна АД:

- Топливные шлаки без ограничения пригодны во всем земляном полотне;
- ЗШС можно использовать в стабилизированном /укрепленном виде, а также с применением мероприятий по контролю водно-теплового режима;
- как вяжущее для укрепления/стабилизации грунтов.



Применение в слоях оснований АД:

- Топливные шлаки возможно использовать в дополнительных слоях дорожной одежды, рабочем слое земляного полотна.
- ЗШС пригодны только в укрепленном виде или как вяжущее/компонент КМВ для укрепления грунтов и инертных материалов.

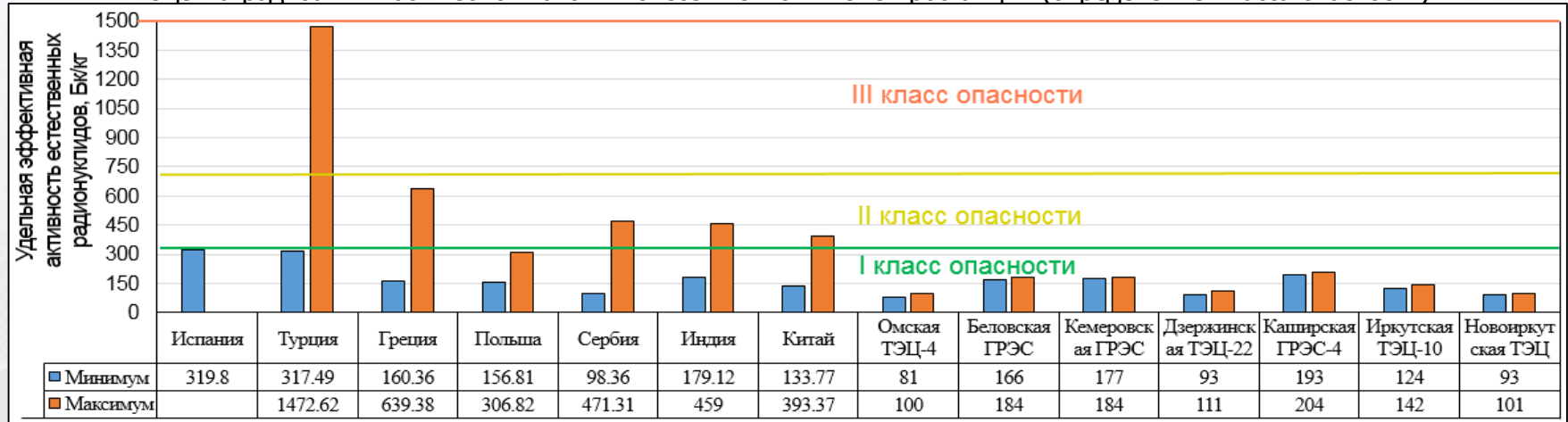


На подходах к мостам и в местах устройства водопропускных труб:

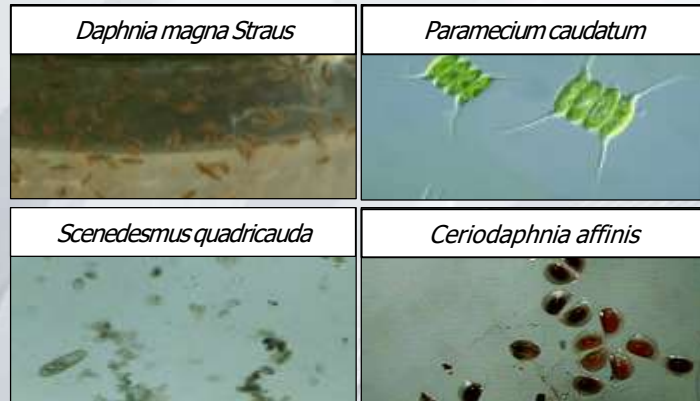
- ЗШС часто непригодны для использования в связи с низким коэф. фильтрации.
- Топливные шлаки потенциально пригодны засыпок труб и подходов.

Экологическая оценка применения ЗШС

Оценка радиоактивности золошлаковых смесей тепловых электростанций (определение класса опасности)



Оценка влияния золошлаковых смесей на популяции гидробионтов (определение класса опасности)



Название электростанции	Культура гидробионтов	Потери популяции, %	Присвоенный класс опасности
Омская ТЭЦ-4	Daphnia magna Straus	3,3	V (практически неопасные отходы)
	Scenedesmus quadricanda	9,0	

Химический элемент	Золошлаковая смесь Омской ТЭЦ-4	Золошлаковая смесь Омской ТЭЦ-5	Предел по требованиям ГН 2.1.7.2511-09
Цинк	35,4	39,2	220,0
Медь	47,0	45,4	132,0
Свинец	28,7	29,3	130,0
Кадмий	0,28	0,082	2,0
Мышьяк	6,9	8,8	10,0

Исследование роста травяного покрова на ЗШС

Наблюдение за ростом трав на откосе
опытного участка

Лабораторный
посев



Изучение опытного участка



Подбор культур для рекультивации и
засева откосных частей

Кислица
обыкновенная



Клевер



Пырей ползучий



Чистец



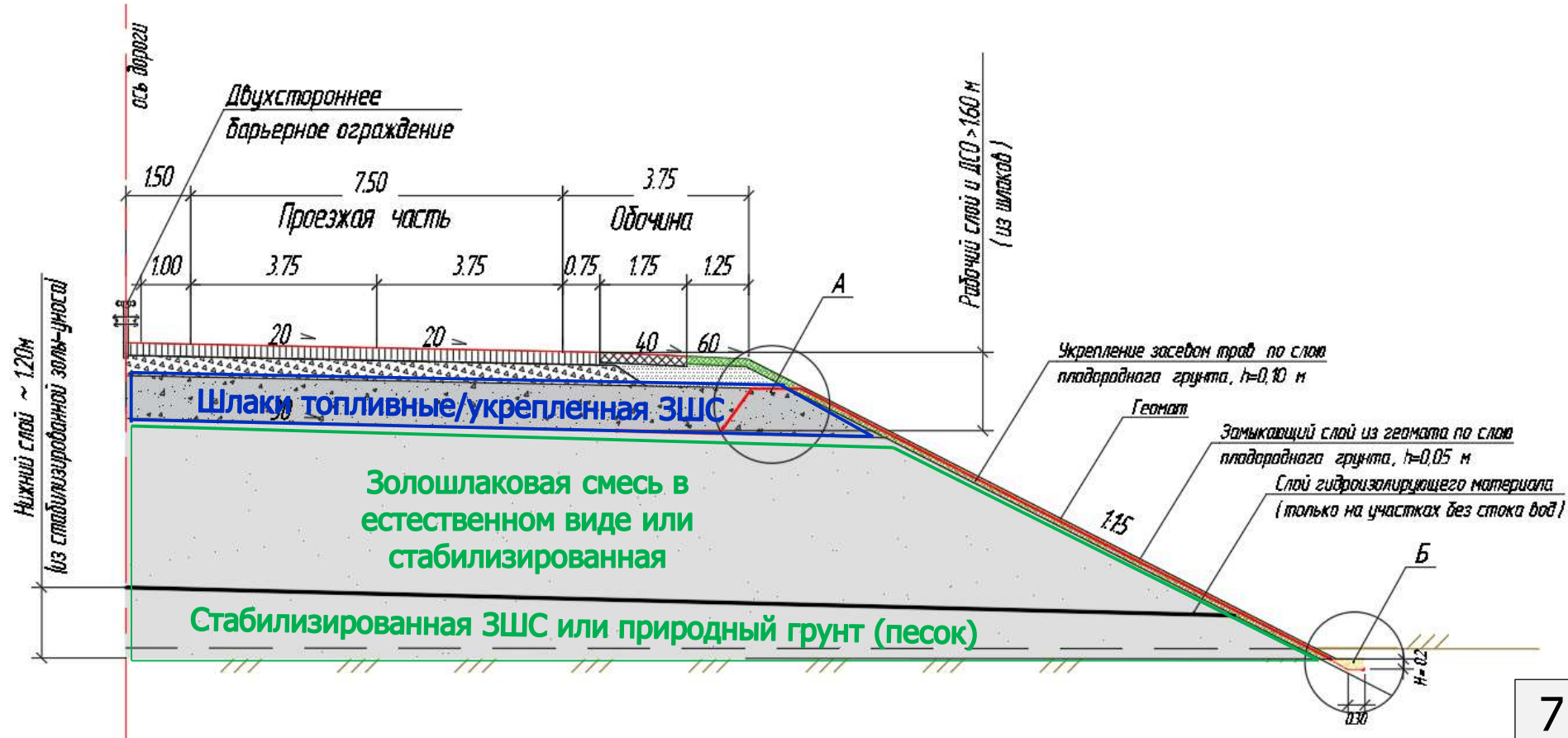
Горец птичий



Овсяница

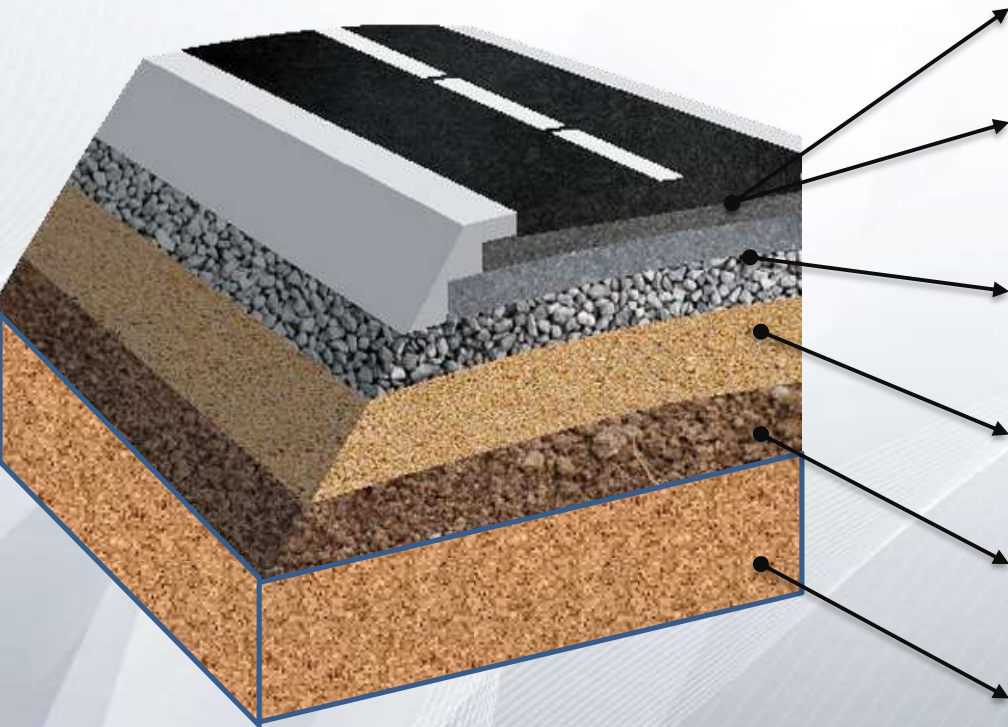


Примерная конструкция с использованием ЗШМ



Объемы применения ЗШС в конструкциях дорог

Схема конструкции автомобильной дороги



Направления утилизации ЗШС и их доли

- 1. Верхние слои покрытий ($\approx 0,5\%$);
(100-300 м³ за погонный км)
- 2. Слои покрытий на дорогах с низкой интенсивностью движения ($\approx 3,5\%$);
(700-5000 м³ за погонный км)
- 3-5. Слои оснований ($\approx 20\%$);
(1000-8000 м³ за погонный км);
- 6. Морозозащитные слои оснований ($\approx 10\%$);
(1000-8000 м³ за погонный км);
- 7. Земляное полотно ($\approx 43\%$);
(20000-180000 м³ за погонный км);
- 7. Планировочные работы ($\approx 23\%$);
(1-4 млн. м³ за км²);

Расположение отвалов ППСУ в СФО



- - место дислокации ФГБОУ ВО СибАДИ (г. Омск);
- - расположение крупных отвалов ЗШС (потенциальные регионы внедрения);
- - возможные регионы использования;

Перспективные объекты



Северный обход г. Омска

- Расположение между двумя золоотвалами с пригодным ЗШМ;
- Протяженность участка применения ЗШМ 50 км;
- Возможность применения около 3,3 млн тонн ППСУ.



Транспортная развязка на ПК 467+20 Северо-западного обхода г. Кемерова

- Сложные условия (требуется снижение массы сооружения);
- Точечная потребность в материале (съезды 1, 2, 3 и 4 с дальностью от отвала 20 км);
- Возможность использования порядка 190 тыс. м³ ППСУ.



Автомобильная дорога «Шарап-Восточный»

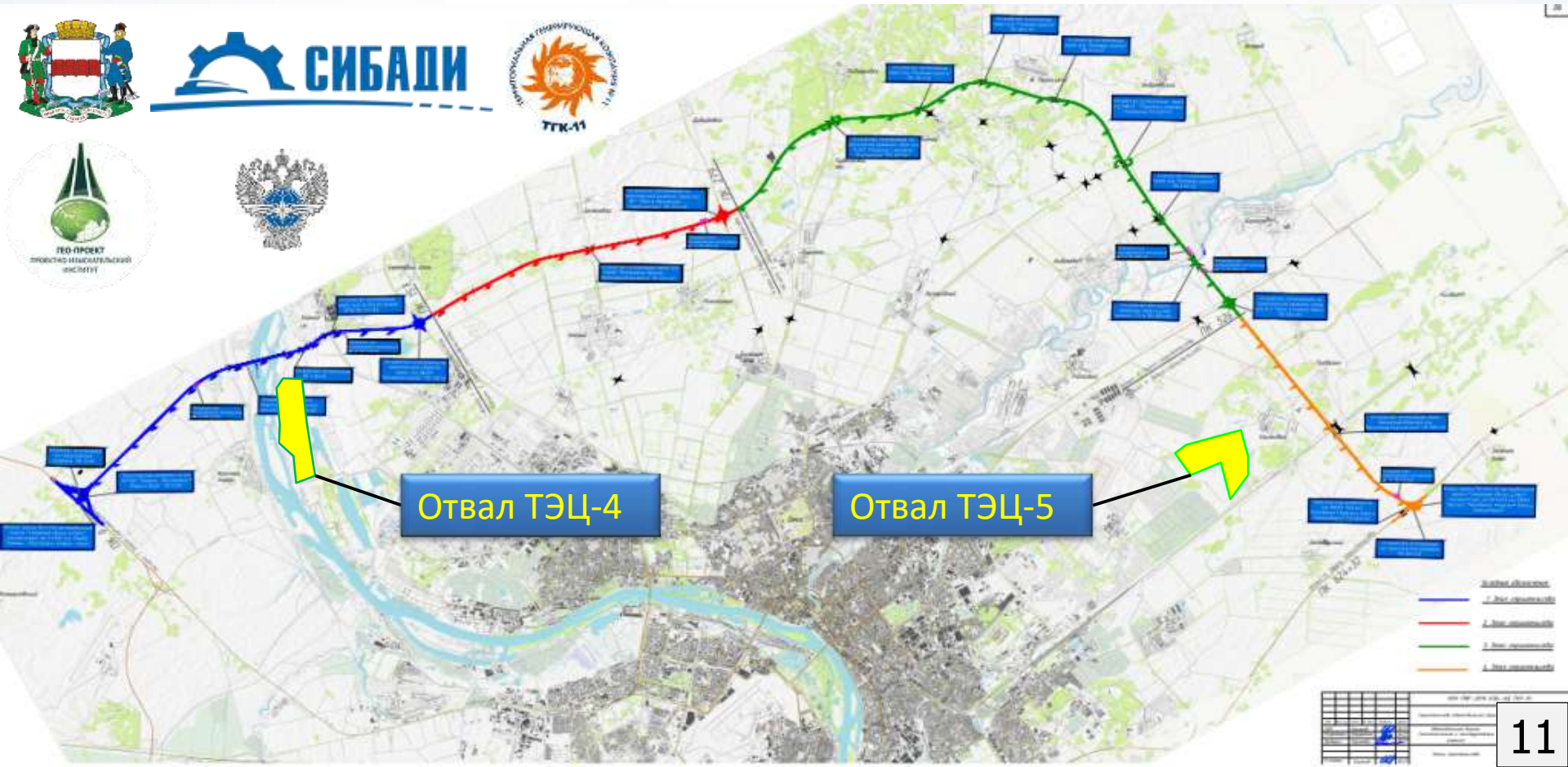
- Сходные характеристики используемых материалов рабочего слоя и ЗШМ;
- Замена часть смеси С-5 на шлаковый песок;
- Возможность использования порядка 200 тыс м³ ППСУ.



Улица Доватора в г. Новосибирске

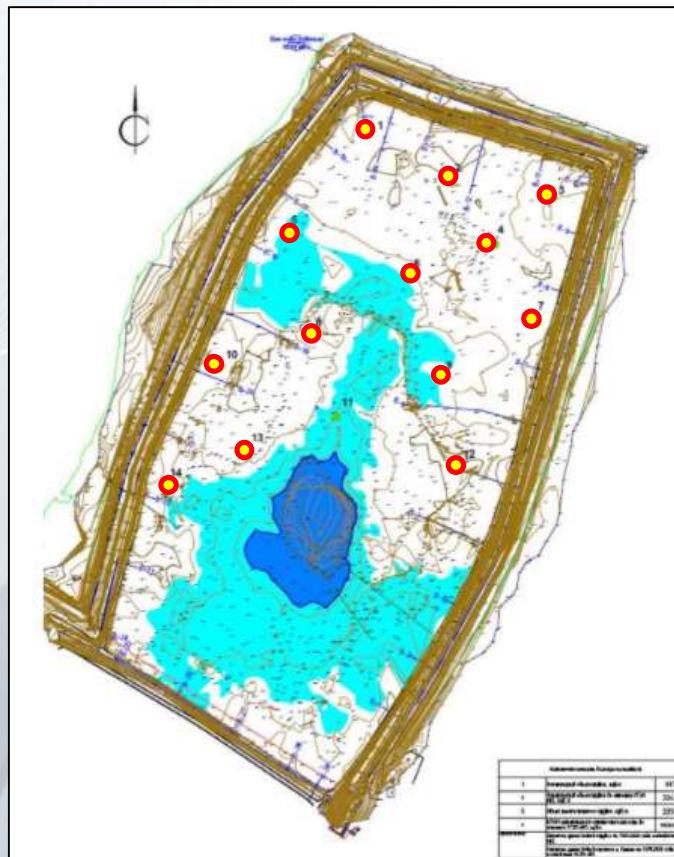
- Большая потребность в материалах (1,38 млн м³);
- Сложные грунтовые условия, которые требуют использования пористых материалов;
- Возможность использовать порядка 600 тыс. м³ ППСУ.

Автомобильная дорога «Северный обход г. Омска»



Исследования ЗШМ для АД «Северный обход г. Омска»

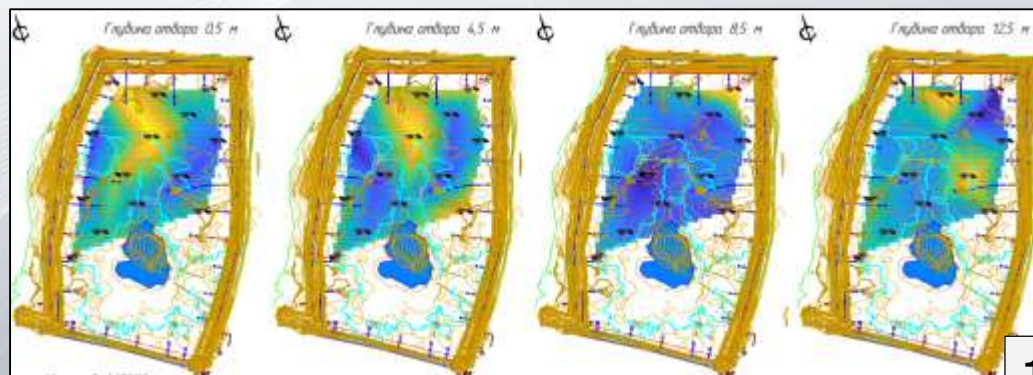
Схема отбора проб



Отбор проб на отвалах ТЭЦ

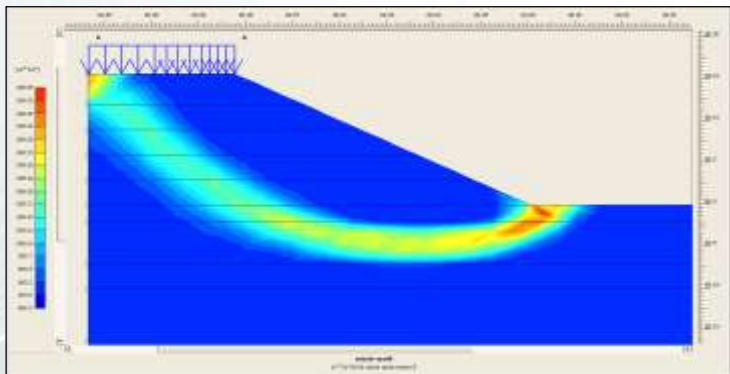


Составление карт распределения свойств

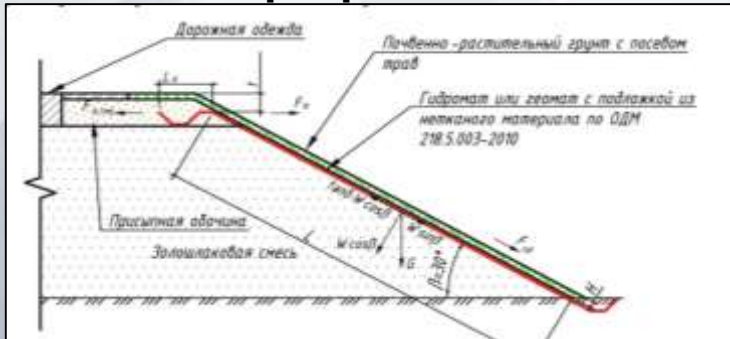


Расчет конструкций для АД «Северный обход г. Омска»

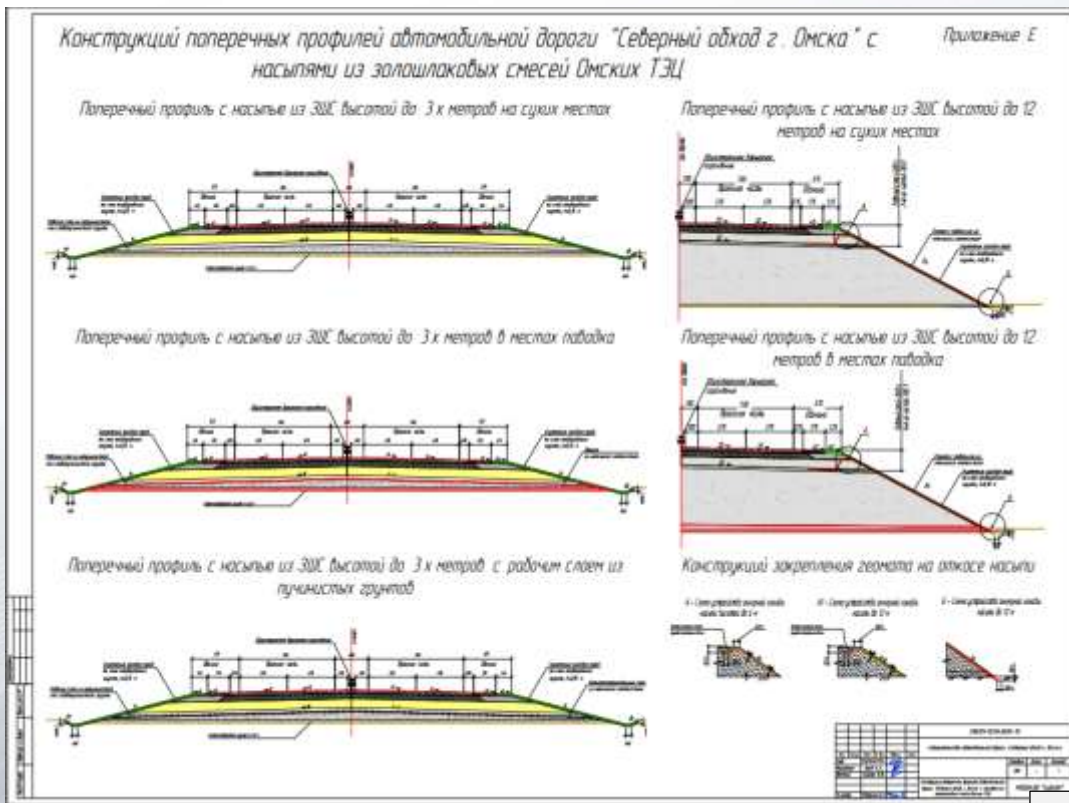
Оценка устойчивости насыпи



Оценка эффективности армирования



Разработка конструкций земляного полотна



Эффективность применения ЗШС


Применение ЗШМ эффективно на участке с ПК 111+00 по ПК 627+64,19, на котором требуется 1 949 213,91 м³ грунтов.



Вариант 1 – Суглинок из карьера

3 705 748,96 т суглинка
2 675 150 319,07 руб.

 **Большой объем перевозок.**

 **Истощение природных резервов.**



Вариант 2 – ЗШС из отвалов ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5

3 294 171,52 т ЗШС
1 122 545 233,28 руб.



Освобождение емкости на 2 года.



Экономия 1,55 млрд. рублей.

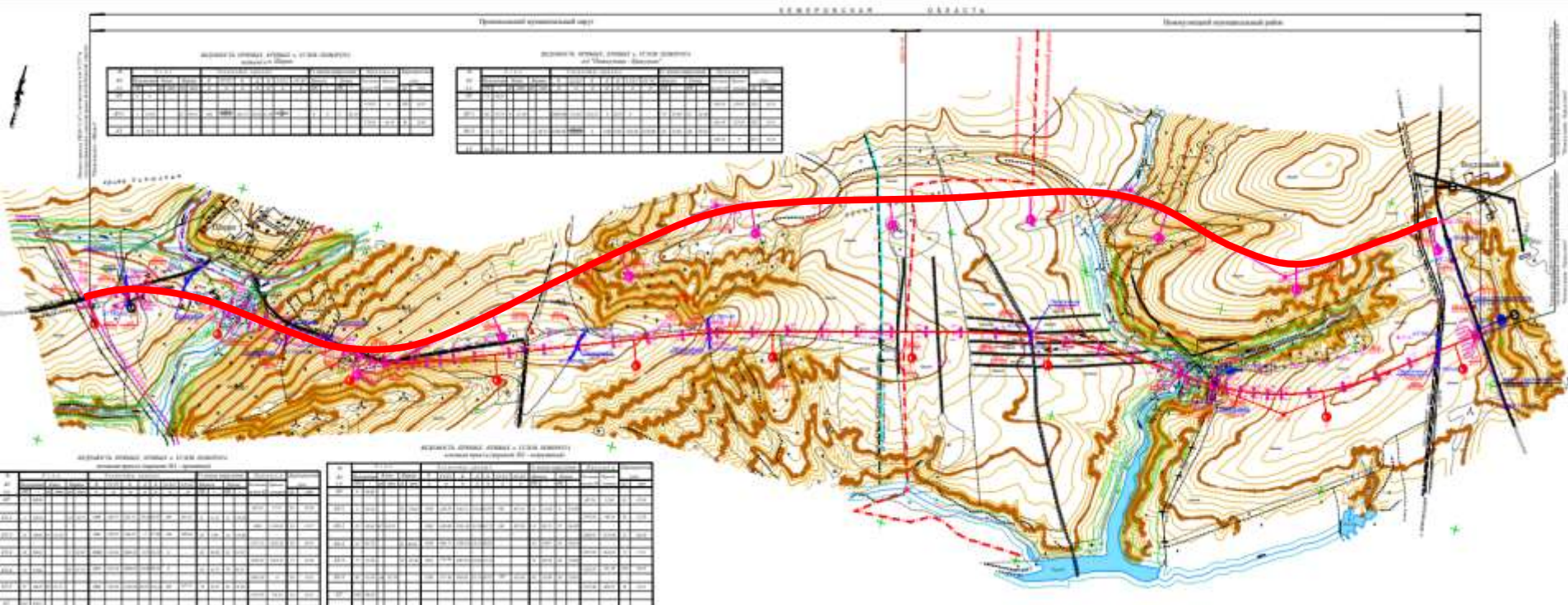
Автомобильная дорога «Шарап-Восточный»

Схема автодороги
«Шарап-Восточный»

Отвал Томь-
Усинской ГРЭС



Автомобильная дорога «Шарап-Восточный»



Возможно применить шлаковый песок Томь-Усинской ГРЭС следующим образом:

- замена рабочего слоя из доменного шлака на всем протяжении трассы;
- замена части щебеночно-песчаной смеси С-5 на на всем протяжении трассы;
- замена суглинка в насыпи земляного полотна на ПК9+00-16+10.

Автомобильная дорога «Шарап-Восточный»

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
1. Конструктивный слой № 1 — Щебёночно-мастичный асфальтобетон с использованием полимерно-битумного вяжущего ПБВ 60, с максимальным размером зёрен 22 мм	
2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон для основания на битумном вяжущем марки БНД 100/130, с максимальным размером зёрен 32 мм	
3. Конструктивный слой № 3 — Асфальтобетон на битумном вяжущем марки БНД 100/130, с максимальным размером зёрен 22 мм	
4. Конструктивный слой № 4 — Смеси щебёночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	
5. Конструктивный слой № 5 — Смеси щебёночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	
Доменный шлак — Материал	

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
1. Конструктивный слой № 1 — Щебёночно-мастичный асфальтобетон с использованием полимерно-битумного вяжущего ПБВ 60, с максимальным размером зёрен 22 мм	
2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон для основания на битумном вяжущем марки БНД 100/130, с максимальным размером зёрен 32 мм	
3. Конструктивный слой № 3 — Асфальтобетон на битумном вяжущем марки БНД 100/130, с максимальным размером зёрен 22 мм	
4. Конструктивный слой № 4 — Смеси щебёночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	
5. Конструктивный слой № 5 — Смеси щебёночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	
6. Конструктивный слой № 6 — Золошлаковый песок	
Золошлаковый песок — Материал	

- Большая стоимость материала;
- Истощение природных ресурсов.

- Сохранение толщины конструкции;
- Замена рабочего слоя и половины слоя ЩПС С-5;
- Конструкция работает как дренаж.

Автомобильная дорога «Шарап-Восточный»

Вариант 1 – Исходное решение

ДО - 878 441 264,80 руб.
ЗП - 263 821 329,2 руб.

Вариант 2 – ЗШМ в рабочем слое

ДО – 878 441 264,80 руб.
ЗП – 247 408 825,9 руб. ↓ -17 млн.

Вариант 3 – ЗШМ в подстилающем слое

ДО - 779 185 743,7 руб. ↓ - 99 млн.
ЗП - 263 821 329,2 руб.

Вариант 4 – ЗШМ в раб. и подстилающих слоях

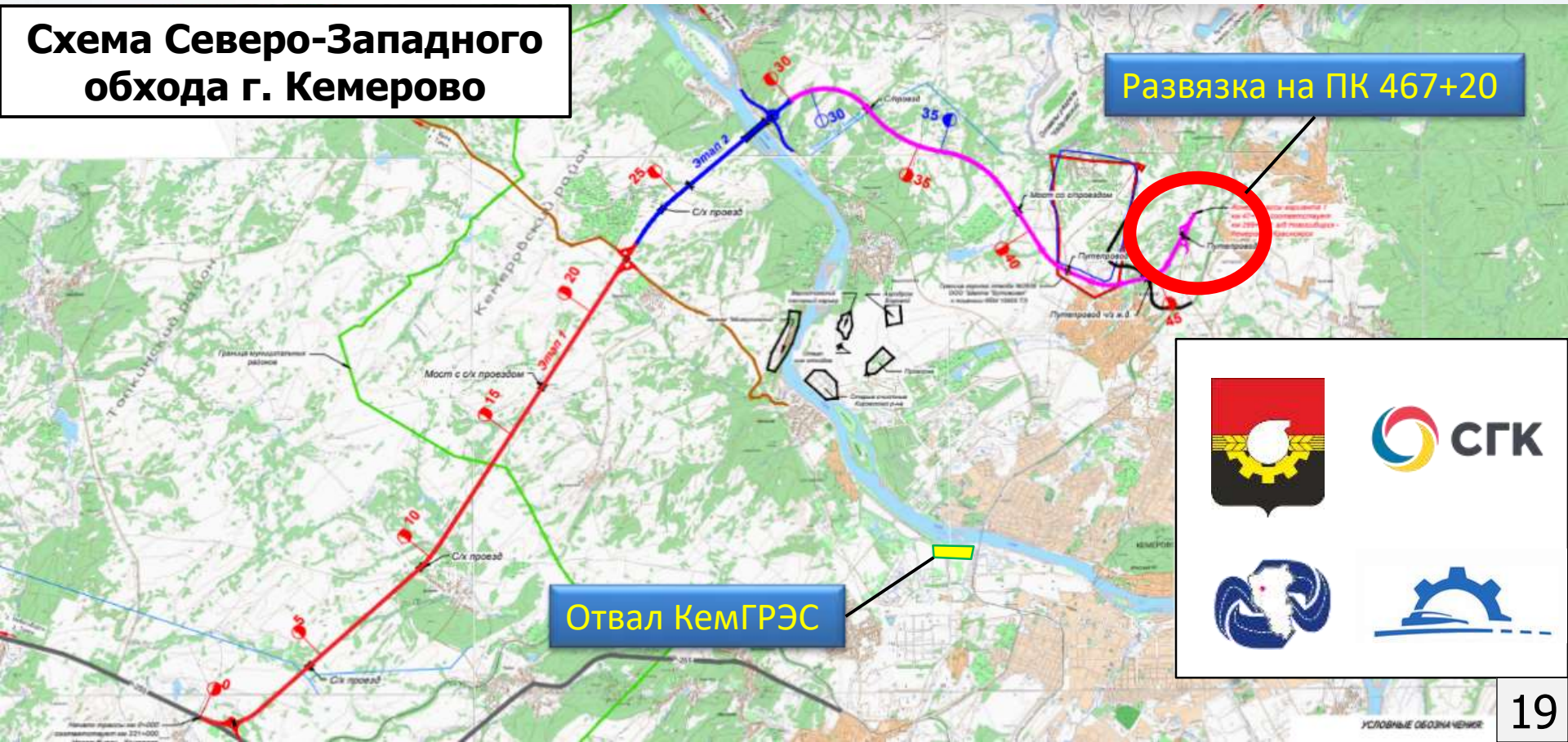
ДО - 779 185 743,7 руб. ↓ - 116 млн.
ЗП – 247 408 825,9 руб.

Транспортная развязка на ПК 467+20 на автодороге «Северо - Западный обход города Кемерово»

Схема Северо-Западного обхода г. Кемерово

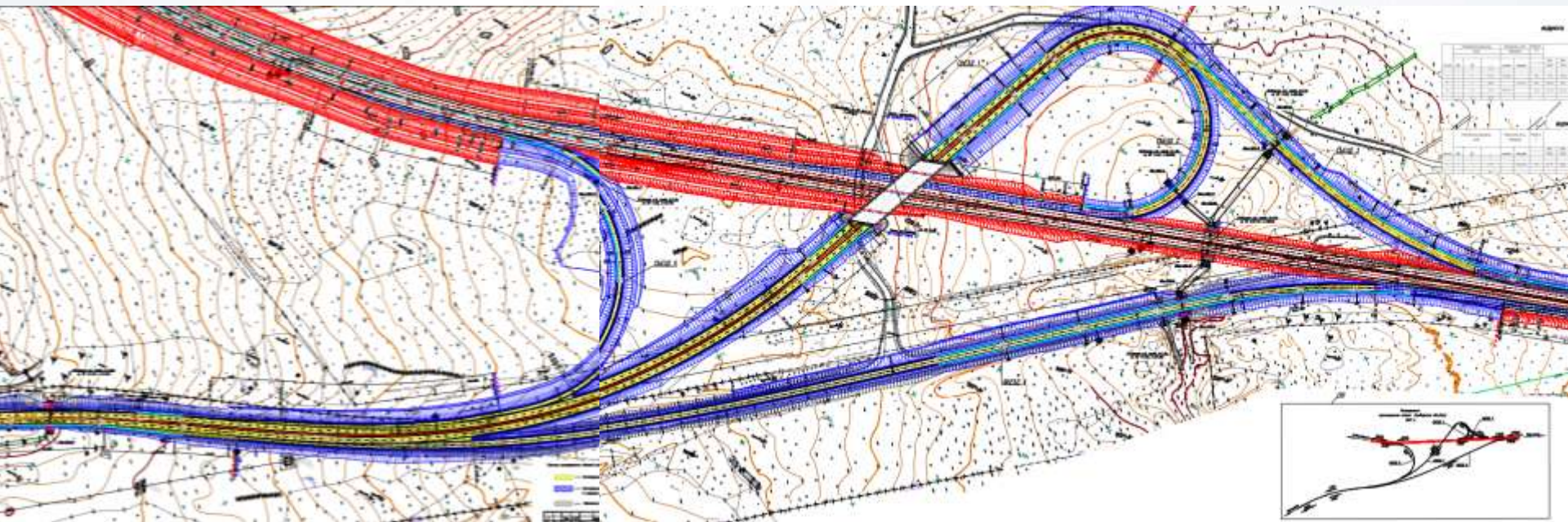
Развязка на ПК 467+20

Отвал КемГРЭС



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Транспортная развязка на ПК 467+20 на автодороге «Северо - Западный обход города Кемерово»

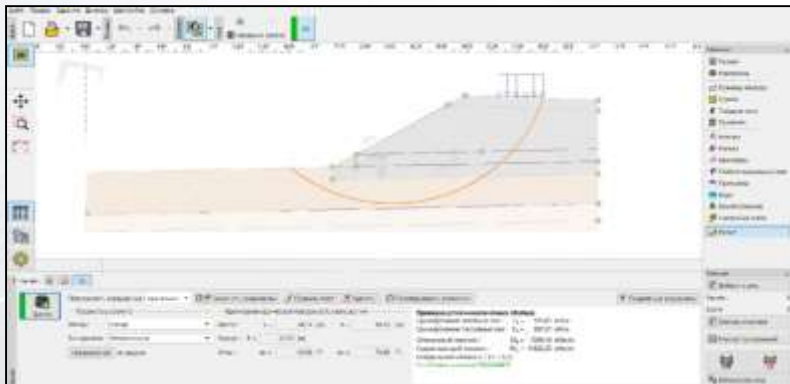


Возможно рассмотреть применение ЗШС в земляном полотне на участках:

- съезд 1 с ПК0+00 до 8+00;
- съезд 2 на всем протяжении;
- съезд 3 с ПК0+00 до 4+00;
- съезд 4 с ПК 12+80 до 14+64.

Транспортная развязка на ПК 467+20 на автодороге «Северо - Западный обход города Кемерово»

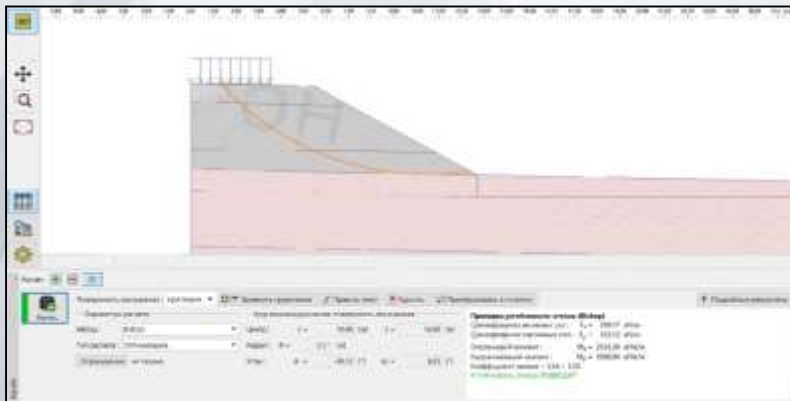
Съезд 1 – Насыпи до 11 метров



Съезд 2 – Насыпи на слабых грунтах



Съезд 3 – Насыпи на прочных грунтах



Съезд 4 – Низкие насыпи (малый объем)



Транспортная развязка на ПК 467+20 на автодороге «Северо - Западный обход города Кемерово»

Применение ЗШС в земляном полотне возможно на участках:

- съезд 1 с ПК0+00 до 8+00;
- съезд 2 с ПК0+00 до 2+97;
- съезд 3 с ПК0+00 до 4+00;
- съезд 4 с ПК 12+80 до 14+64.

Транспортная развязка на ПК 467+20



Съезд 1

137 тыс. м³



Съезд 2

21 тыс. м³



Съезд 3

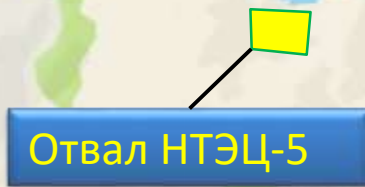
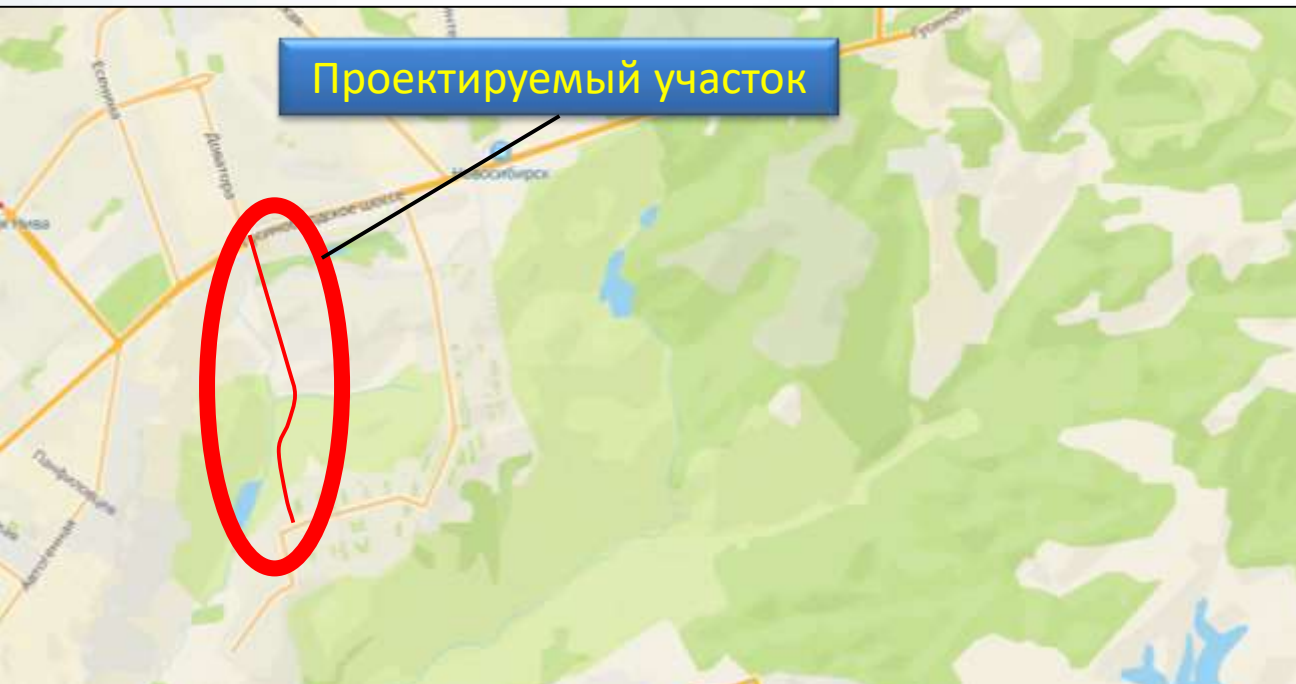
22 тыс. м³



Съезд 4

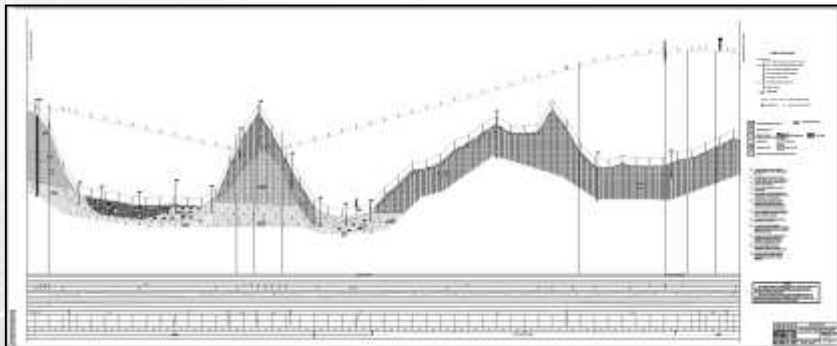
10 тыс. м³

Автомобильная дорога общего пользования по ул. Доватора к жилому массиву «Плющихинский»



Автомобильная дорога общего пользования по ул. Доватора к жилому массиву «Плющихинский»

Анализ проектной документации



Исследование отвала НТЭЦ-5



Оценка пригодности применения



Оценка характеристик ЗШМ



Эффективность применения ЗШС

Применение ЗШМ эффективно на участках с ПК 6+20 по ПК 8+60 и с ПК9+80 по ПК 17+20 на котором требуется 1,2 млн. м³ грунтов.



Вариант 1 – Песок из отсевов дробления

1,38 млн. м³ песка из отсевов дробления

Затраты на материал от **550,20** млн. руб.

 Цена за м³ от 400 руб.

 Трата материала для аб. и пр



Вариант 2 – Слои из песка и ЗШС из отвала

0,78 млн. м³ песка из отсевов дробления + 0,6 млн. м³ ЗШС

Затраты на материал от **320,40** млн. руб.

 Цена за м³ от 2 руб.

 Упрочняется с годами

Строительство дороги НОВ-1 НОВ-2 (г.Омск, золоотвал ТЭЦ-5)

До начала участка (ПК 0+00)



Начало участка (ПК 0+00)



После конца участка (ПК 13+00)



Конец участка (ПК 13+00)



Отбор проб на объектах с основаниями из укрепленной ЗШС

Западный обход г. Омска

Площадка ООО «Стройсервис»

Дорога НОВ-1 НОВ-2 АО «ТГК-11»



Осколок керна основания (марка М10)

Керн основания (марка М40)

Керн основания (марка М60)



Строительство транспортной развязки на дороге I В категории в Ступинском районе Московской области



Работы по строительству объекта

Производство работ стандартным комплектом машин



Наличие включений (не подготовлен отвал)



Работы в зимний период



Наличие размывов (нет укрепления откосов)

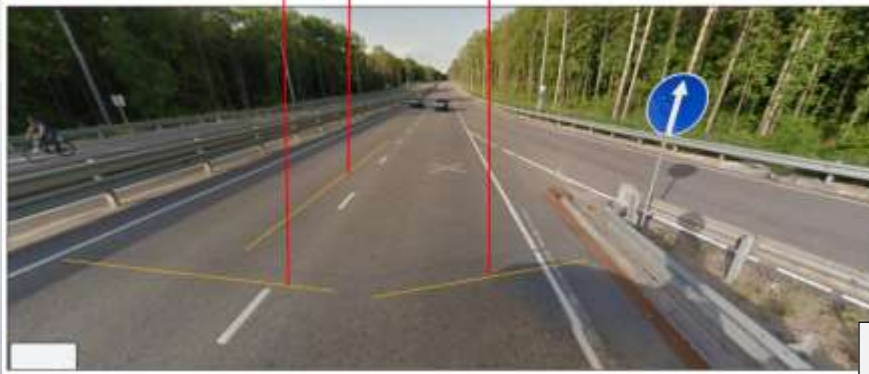


Результат визуального осмотра объекта (2020)

Травяной покров, трещины на участках без ЗШС



Проявление трещин на стыках (зимний период)



Строительство транспортной развязки в Люберецком районе Московской области (Лыткарино—Железнодорожный)



Работы по строительству объекта

Работы в зимний период с переувлажненной ЗШС



Результат визуального осмотра объекта (2020)

Плотный травяной покров, но только на ЗШС



Размывы в зоне рабочего слоя из песка



Важная проблема - нарушение технологии строительства

Пересечение на перегоне Михнево-Жилево (г. Кашира, 2016 г) :



Строительство обочин трассы Омск-Новосибирск (Новосибирская область, 2017 г):



Пересечение М-5 и Лыткаринское шоссе (г. Москва, 2019 г)



Академгородок, ремонт выбоин покрытия золобетоном (г. Новосибирск, 2016 г) :



Перспективы использования золошлаковых материалов при строительстве автомобильных дорог в Сибирском федеральном округе

Лунёв Александр

к.т.н, Директор центра компетенций
"ИВМРСО" ФГБОУ ВО «СибАДИ»

+7 (999) 453 39 30
lunev.al.al@gmail.com