

## ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ NARVA-MUSTAJÕE И SIMUNA-VAIATU

### NARVA –MUSTAJÕE (шоссе № 13109, 14,5-16,1 км)

В строительстве основания дорожного полотна методом поверхностной стабилизации на экспериментальном участке длиной 1630 м использовались три вида сланцевой золы. Толщина слоя составила 25-35 см.

Этапы строительства включали: снятие старого асфальтового покрытия, его измельчение, укладку слоя щебня и измельченного асфальта (фрезы), распределение вяжущего, перемешивание щебня, фрезы и цемента при помощи стабилизатора грунта. Затем на перемешанный слой укладывался второй слой вяжущего – золы, с последующим перемешиванием всех компонентов с водой. В заключение на уплотненный слой укладывался двухслойный асфальт.



Рисунок 1. Конструкция дорожного полотна экспериментального участка

### SIMUNA-VAIATU (шоссе № 17192, 3,0-4,3 км)

Участок дороги Simuna-Vaiatu проходит по заболоченной местности (торфяники). Обычно торф полностью извлекается и заменяется более стабильными материалами (щебень, песок и т.д.). В рамках проекта испытывается относительно новая технология – масс-стабилизация торфяников с применением сланцевой золы. Суть технологии заключается в том, что торф не извлекается, а перемешивается на месте с вяжущим агентом. В качестве вяжущего агента используется смесь золы и цемента. Принцип стабилизации показан на рисунке 2.

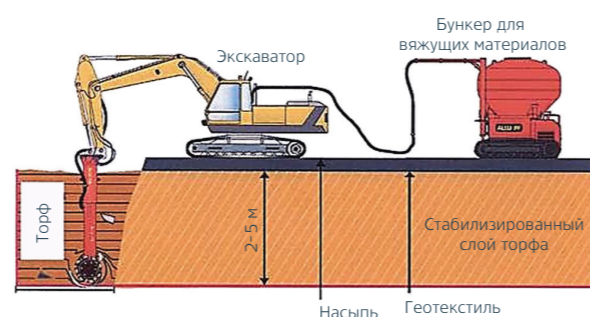


Рисунок 2. Принцип масс – стабилизации мягких почв

Этапы строительства включают: снятие старого покрытия, масс-стабилизацию торфа, строительство земляного полотна на стабилизированный слой торфа, строительство дорожного полотна.

В процессе масс-стабилизации зола и цемент из двух бункеров по закрепленным на экскаваторе шлангам подаются в миксер – вращающийся барабан, посредством которого идет впрыскивание вяжущего агента в торф и одновременное перемешивание торфа и вяжущего агента. Миксер опускается и поднимается сквозь толщу торфа на глубину до четырех метров. Со временем перемешанный с вяжущим агентом торф твердеет, обеспечивая стабильное основание для последующего строительства дороги.

# OSAMAT

## Пилотный проект по изучению возможностей применения сланцевой золы в строительстве дорог в Эстонии



В 2010 году в рамках программы Европейского Союза LIFE+ был дан старт проекту OSAMAT.

### ЦЕЛЬ ПРОЕКТА OSAMAT

доказать целесообразность использования сланцевой золы в качестве строительного материала с технической, экологической и экономической точек зрения; расширить области применения и увеличить объемы используемой сланцевой золы, и, таким образом, уменьшить отрицательное влияние на окружающую среду.

По завершению проекта предполагается публикация руководства по применению сланцевой золы в дорожном строительстве "European Guideline for the application of the oil shale fly ash in road construction" на основе проведенных в рамках проекта исследований.

### ПРОЕКТ OSAMAT

- Финансируется Европейской Комиссией посредством программы LIFE+.
- Бюджет проекта – 2 379 280 евро, из них

48 % финансирует Европейская Комиссия, 29% Дорожный департамент, остальные 23% расходов покрываются за счет финансирования участников проекта.

- В рамках проекта при строительстве двух экспериментальных участков дорог исследуется применение трех видов сланцевой золы, образующейся на «Нарвских электростанциях».
- В течение двух лет проводятся технические исследования (изучается скорость стабилизации, прочность конструкции, износостойкость дорожного полотна), а также ведутся наблюдения за состоянием окружающей среды (вода, почва, флора).
- Участники проекта: Eesti Energia AS (координатор), Eesti Energia Narva Elektriijaamad AS, Nordecon AS.
- Продолжительность проекта: 2010-2016 гг.
- Страница в интернете: [www.osamat.ee](http://www.osamat.ee)





## ЗОЛА ПРОЕКТА OSAMAT

Ежегодно на золоотвалах Балтийской и Эстонской электростанций складывается около 6 млн. тонн сланцевой золы. В зависимости от состава и способа сжигания сланца образуются разные виды золы (донная, циклонная, электрофильтровая разных полей и др.) с различным химическим составом и свойствами.

Сланцевая зола обладает цементирующими свойствами и поэтому может заменять цемент. В рамках проекта OSAMAT изучается состояние экспериментальных участков дорог, при строительстве которых цемент был заменен золой полностью (то есть в качестве вяжущего в строительной смеси использовалась 100% зола), а также состояние экспериментальных отрезков, при строительстве которых замещение цемента золой составило 50-75%.

В рамках проекта OSAMAT в качестве вяжущего агента исследуется применение трех видов золы в дорожном строительстве.

**1. Циклонная зола – крупная фракция летучей сланцевой золы.** Образуется при пылевидном сжигании сланца, температура сжигания – до 1450 С.

**2. Фильтровая зола deSOx – мельчайшая фракция летучей сланцевой золы.** Образуется при пылевидном сжигании сланца, температура сжигания – до 1450 С.

**3. Электрофильтровая зола CFB – мельчайшая фракция летучей сланцевой золы.** Образуется при сжигании сланца в кипящем слое, температура сжигания – до 850 С.

С 2011 года сланцевая зола зарегистрирована в Европейской системе учета химикатов (European Chemicals Agency (ECHA) database) согласно Европейскому положению REACH. Номер регистрации золы 297-648-1.

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВЫ ЗОЛЫ, А ТАКЖЕ ЕЁ СВОЙСТВА ПРЕДСТАВЛЕНЫ В ТАБЛИЦАХ 1, 2 И 3 СООТВЕТСТВЕННО.

	Фильтровая deSOx	Циклонная	Электрофильтровая CFB	Цемент
Lime CaO <sub>free</sub>	6-12,5	23	8,4	
Periclase MgO	5,4	8	2,9	
Melilite (Ca,Na) <sub>2</sub> (Mg,Al)(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	2,4	4,5	2,3	
Merwinite Ca <sub>3</sub> Mg(SiO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	3,8	6,7	2,1	
C <sub>3</sub> S Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>	-	2,7	1,4	45-60
C <sub>2</sub> S β-Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	16,3	13,9	7,4	15-35
C <sub>3</sub> A 3CaOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	4-14
C <sub>4</sub> AF Ca <sub>2</sub> (Al,Fe <sub>3+</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,1	2,6	1	10-18
Wollastonite CaO · SiO <sub>2</sub>	2	3,7	0,9	
Orthoclase KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	8,9	4,3	14	
Quartz SiO <sub>2</sub>	7,9	6,8	19,4	
Calcite CaCO <sub>3</sub>	5,2	4,2	13,4	
Anhydrite	21,6	9,5	13,4	

Таблица 1. Минералогический состав золы и цемента, %

	Фильтровая deSOx	Циклонная	Электрофильтровая CFB	Цемент
CaO (C)	39	53	28	61-67
SiO <sub>2</sub> (S)	26	22	39	19-23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (A)	6,7	11,9	5,8	2,5-6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (F)	3,9	4,9	5,1	0-6

Таблица 2. Химический состав золы и цемента, %

	Потери при прокаливании, %	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг
PF EF (deSOx)	3,4	290-320
Cycl (PF)	1,0	86-150
CFB EF	3,4	410
Cement	1	320-380

Таблица 3. Свойства золы и цемента

Различия в составах золы влияют на поведение построенной с использованием золы конструкции (скорость стабилизации, прочность). Механизм твердения системы, в которой использовалась сланцевая зола, отличается от механизма твердения конструкции на основе цемента. Если твердение цемента происходит за счет основных «цементных минералов» (табл.1), то в золе их количество небольшое и первичное

твердение происходит за счет свободного оксида кальция CaO и ангидрида CaSO<sub>4</sub>, а основная прочность системы достигается за счет реакций остальных минералов, присутствующих в золе. Из-за этих особенностей золы, построенные с использованием золы конструкции затвердевают медленнее, чем цементные, однако, со временем набирают гораздо большую прочность.