28/03/2022

Моделирование фитозахвата над хвостохранилищем в п. Кварцитка с использованием ПО Envi-Met

Проф. Брендан Дюпрей
Хамед Шарифи

Содержание

1. Введение 3
2. Методология 5
   2.1. Область исследования 5
   2.2. Расположение растительного барьера 5
   2.3. Показатели выбросов пыли 8
   2.4. Сценарии моделирования 8
3. Результаты 11
   3.1. Результат для западной стороны 11
   3.2. Результат для восточной стороны 11
4. Выводы 13
5. Приложения 14
   5.1. Приложение I: Общая осажденная масса (TDM) на уровне z 0 (уровень земли) ... 14
   5.2. Приложение I: Концентрация пыли на уровне z 1,8 м 17

Перечень рисунков

Рис. 1. Рабочий процесс программного обеспечения ENVI_Met. 4
Рис. 2. Западная сторона хвостохранилища 6
Рис. 3. Восточная сторона хвостохранилища 7
Рис. 4. Карта-схема предлагаемой схемы посадки 9
Рис. 5. Схема растительности для сценариев 505 и 506 10
Рис. 6. Схема растительности для сценариев 406 и 407 10
Рис. 7. Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 505 [WS:1,0 м/с WD:90°] 15
Рис. 8 Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 506 [WS:1.0м/с WD:90°] 15
Рис. 9. Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 406 [WS:1,0 м/с WD:90°] 16
Рис.10. Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 406 [WS:1,0 м/с WD:90°] 16
Рис. 11. Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 505 17
Рис. 12. Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 505 17
Рис. 13 Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 406 18
Рис. 14. Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 407 18

Перечень таблиц

Таблица 1. Предположения о начальных и граничных условиях, использованные при моделировании ENVI-met 5
Таблица 2. Показатели выбросов пыли от хвостохранилища в районе исследования 8
Таблица 3. Характеристики сценариев. 9
Таблица 4. Общая осажденная масса (TDM) и эффективность растительности для обеих сторон хвостохранилища. 12

1. Введение

Основная идея данного проекта заключается в изучении пылеулавливания в хвостохранилище в районе п. Кварцитка с использованием моделирования различных конструкций насаждений, способствующих эффективному снижению концентрации пыли. Эта мера основана на основном аргументе, что деревья и растительность в целом могут очищать воздух, отфильтровывая загрязняющие вещества. Листья растительности поглощают газообразные загрязнители через устьица, а частицы удаляются из воздуха путем осаждения на листьях и ветвях.
Программное обеспечение ENVI-Met версии 5.0.5 создает модели взаимодействия растений с поверхностью и атмосферой во внешней среде. Причиной использования этого программного обеспечения является его способность использовать теорию вычислительной гидродинамики в различной растительности в разных конфигурациях. Оно использует метод Эйлера для изучения рассеивания загрязнителей воздуха, что позволяет моделировать рассеивание загрязнителей, включая аэрозольные частицы, пассивные газы и реактивные газы. ПО может имитировать среду от уровня микроклимата до локального климата в любом месте. Основными переменными программного обеспечения ENVI-met являются температура воздуха, влажность, скорость и направление ветра, биоклиматология, дисперсия газа и частиц. В программе ENVI-Met необходимо сделать три шага (Рис. 1). Первый шаг — это предварительная обработка, определение геометрии, оцифровка карты и ввод данных, таких как источники загрязнения, типы растительности, типы зданий, типы почвы и т. д. На втором этапе представляются дополнительные параметры и реализуется процесс моделирования. Последний — визуализация симуляции, постобработка и сравнение результатов с помощью интерфейса LEONARDO.

В настоящем исследовании рассеивание и смягчение пыли моделировались с помощью программного обеспечения ENVI_Met с использованием двух выделенных серверов (2 ЦП Intel(R) Xeon(R) E5-2690 v2 с тактовой частотой 3,0 ГГц и 64 Гб оперативной памяти DDR3) для изучения влияния различных конструкций посадок на обеспыливание.

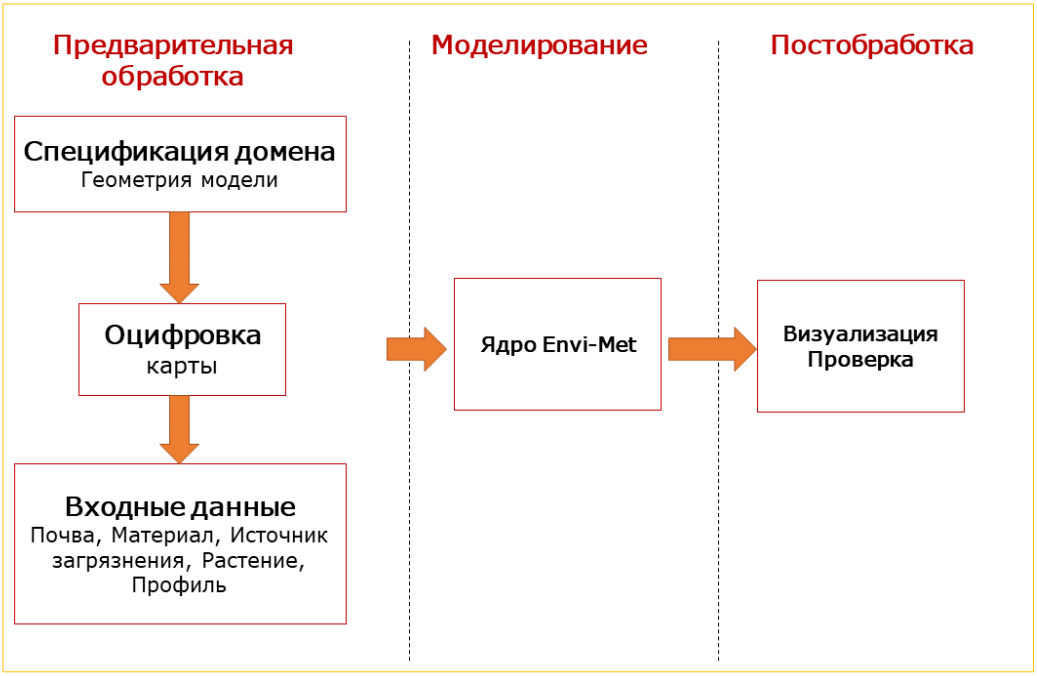

Рис. 1. Рабочий процесс программного обеспечения ENVI_Met.

2. Методология

2.1. Область исследования

Наше исследование было проведено на руднике Аксу (52°27'20,5"N 71°57'22,1"E) в Северном Казахстане с двух сторон хвостохранилища вблизи п. Кварцитка – западной и восточной. Территория рудника Аксу находится в слабоувлажненной, умеренно теплой агроклиматической зоне. Среднегодовая скорость ветра и температура 3,6 м/с и +1,3°C соответственно. Основное внимание в этом исследовании уделяется рассеиванию и удалению пыли путем предложения конструкции растительного барьера вблизи хвостохранилища с обеих сторон. В Таблица 1 собраны начальные и граничные условия, используемые в программном обеспечении ENVI-Met.

Что касается анализа метеорологических данных на лето 2020 года, то в качестве дня моделирования было выбрано 24 августа. Обе стороны имеют сетку с разрешением 3м×3м×2м. Почасовая температура воздуха и относительная влажность были принудительно установлены на границе модели для достижения моделирования с использованием опции «простого воздействия». Скорость ветра 1,0 м/с для обеих сторон была применена для повышения точности и стабильности модели. Также использовались направления ветра 90° с западной стороны и 275° с восточной стороны.

Таблица 1. Предположения о начальных и граничных условиях, использованные при моделировании ENVI-met

Параметр	**Определение**	**Значение**
Время моделирования	Дата начала	24 августа 2020 г.
	Начало моделирования (ч)	06:00
	Общее время моделирования	02 ч. (01 ч раскрутка + 01 ч)
Метеорологические условия	Скорость ветра	1.0 м/с
	Направление ветра	275° - восточная сторона 90° - западная сторона
	Температура атмосферы (принудительно)	Суточный профиль
	Относительная влажность (%) (принудительно)	Суточный профиль
Расчетная область и сетка	Ячейки сетки (x, y, z), $\delta x \times \delta y \times \delta z$	3м × 3м × 2м
Изломанность, облако	Длина изломанности	0.001
	Низкий слой облаков (октанты)	0.00 (ясное небо)
	Средний слой облаков	0.00 (ясное небо)
	Высокий слой облаков	0.00 (ясное небо)

2.2. Расположение растительного барьера

Для концепции растительного барьера рекомендуется сажать деревья через каждые 3 метра или меньше. Имея 60+30+60 и 500+250+500 доступных деревьев для западной и восточной

сторон, рекомендуемая схема посадки составляет 3 метра для 1-го и 3-го рядов и 6 метров для 2-го ряда в продольном направлении, и 3 метра в ширину.

В соответствии с приведенным выше проектом рекомендуемая длина барьера для западной стороны была рассчитана в размере 180 метров, как показано на Рис. 2 зеленой линией. Для посадки 500+250+500 деревьев с восточной стороны, длина барьера оценивалась в 1500 метров, как показано на Рис. 3.

Для исследования эффективности растительного барьера были выбраны 4-метровая олива, 20- или 8-метровый вяз, 10- или 35-метровый клен и трава, учитывая характеристики участка и живучесть упомянутых деревьев.

Рис. 2. Западная сторона хвостохранилища

Рис. 3. Восточная сторона хвостохранилища

2.3. Показатели выбросов пыли

В Таблица 2 приведена интенсивность выброса пыли из хвостохранилища в исследуемом районе. Пыль, выбрасываемая с площади 750 000 м^2 со скоростью 7,98 кг в час, была взята для моделирования рассеивания и удаления пыли для сценариев восточной стороны (отмечено красной линией на Рис. 3)

Таблица 2. Показатели выбросов пыли от хвостохранилища в районе исследования

# Источник загрязнения	Высота (м)	Пыль-PM$_{10}$ кг/час
6089	2	0,64
6139	5	2,65
6138	2	4,68
	Всего	**7,98**

Для источника выброса пыли была смоделирована площадь 26250 м2, чтобы показать его долю в общем выбросе пыли с западной стороны (красная линия отмечена на Рис. 2). Приведенная ниже формула рассчитывает уровень выброса пыли в этой области.

$$\text{Уровень выброса пыли на западной стороне} = \frac{26{,}250\ \text{м}^2}{750{,}000\ m\text{м}^2} \times 7.98\ \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 0.28\ \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

2.4. Сценарии моделирования

Для обеих сторон было исследовано 12 сценариев для моделирования эффекта схемы посадки, как описано в таблице 3. Для западной стороны хвостохранилища рассеивание и удаление пыли моделировались с помощью сценариев 501-510. Сценарий 505 точно соответствует будущей практической посадке, в которой предусмотрены 60 оливковых деревьев в 1-м ряду, 30 8-метровых вязов во 2-м ряду. ряду и 60 10-метровых кленов в 3-м ряду. В сценарии 506 50-сантиметровая посаженная трава на площади 5400 м^2 (около 0,5 га) использовалась в дополнение к растительному барьеру для моделирования эффективности травы. Схемы посадки для сценариев 505 и 506 показаны на рисунке 5, а карта-схема предлагаемой схемы посадки показана на рисунке 4. Сценарий 510 моделировал посадку деревьев с двойной посадкой, в которой 120 оливковых деревьев в 1-м и 2-м рядах, 60 вязов в 3-м ряду и 120 кленов в 4-м и 5-м рядах с интервалом 3 метра в обоих направлениях.

Чтобы смоделировать взаимодействие барьера между пылью и растительностью на восточной стороне хвостохранилища, был разработан сценарий 406 для моделирования без травы, а сценарий 407 – для моделирования с травяным покрытием с использованием результатов сценария для западной стороны. Схемы посадки растительности по сценариям 406 и 407 показаны на рисунке 6.

Таблица 3. Характеристики сценариев.

#	Сценарий	Локация	Источник выброса пыли	Схема					
				Ряд 1		Ряд 2	Ряд 3		Ряд 4
1	501	Запад		Олива		Вяз 20м	Клен 35м		
2	502			Олива		Вяз 20м	Клен 35м		Трава
3	503			Клен 10м		Вяз 20м	Клен 10м		
4	504			Клен 10м		Вяз 20м	Клен 10м		Трава
5	505			Олива		Вяз 8м	Клен 10м		
6	506			Олива		Вяз 8м	Клен 10м		Трава
7	507			Клен 10м		Вяз 8м	Клен 10м		
8	508			Клен 10м		Вяз 8м	Клен 10м		Трава
9	509			Олива		Клен 10м	Вяз 8м		
10	406	Восток		Олива		Вяз 8м	Клен 10м		
11	407			Олива		Вяз 8м	Клен 10м		Трава
				Ряд 1	**Ряд 2**	**Ряд 3**	**Ряд 4**	**Ряд 5**	
12	510	Запад		Олива	Олива	Вяз 8м	Клен 10м	Клен 10м	

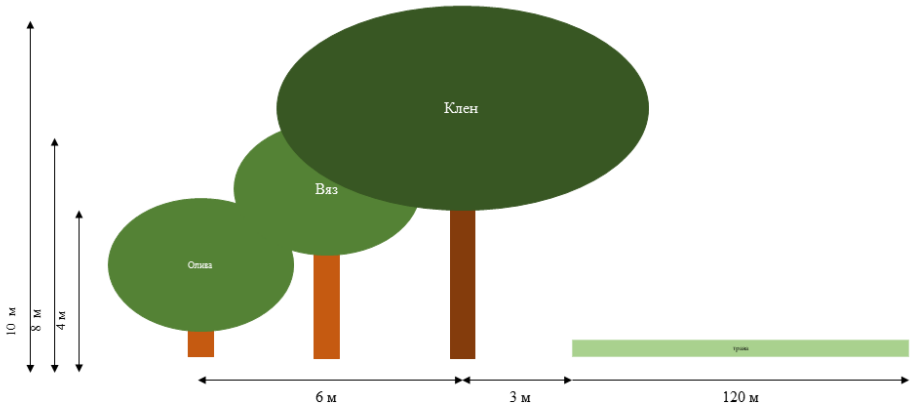

Рис. 4. Карта-схема предлагаемой схемы посадки

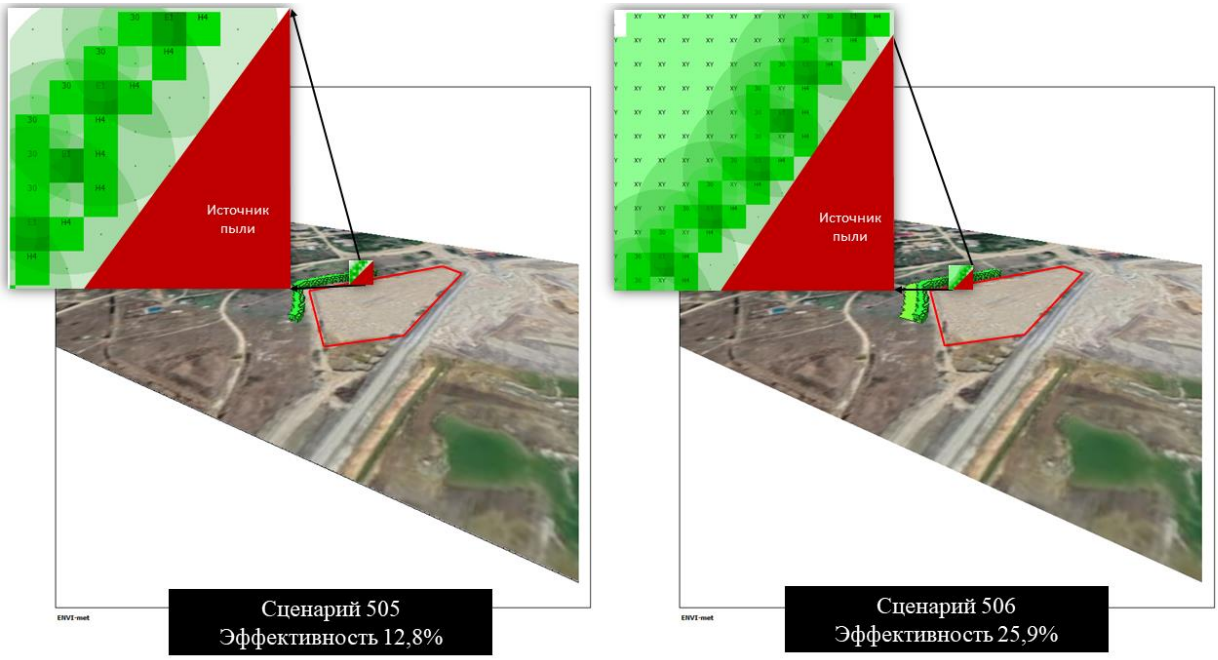

Рис. 5. Схема растительности для сценариев 505 и 506 - растительный барьер и источник пыли показаны зелеными и красными линиями соответственно

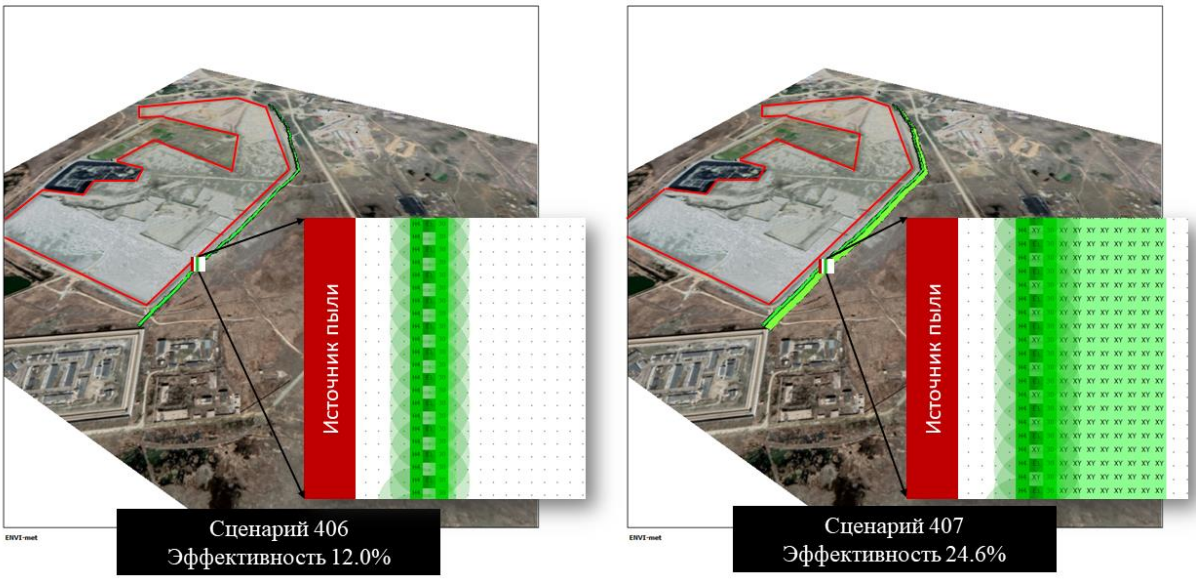

Рис. 6. Схема растительности для сценариев 406 и 407 — растительный барьер и источник пыли показаны зелеными и красными линиями соответственно

3. Результаты

Эффективность растительного барьера в различных сценариях была получена с использованием параметра общей осажденной массы (Total Deposed Mass, TDM), показанного в Таблица 4, т. е. общего количества пыли, осажденной на территории посадки растений, на основе данных, извлеченных из интерфейса LEONARDO.

3.1. Результат для западной стороны

- Результаты показывают, что комбинация [*источник пыли, олива, вяз, клен, трава*] будет более эффективной, чем другие вариации: оливу следует посадить рядом с источником пыли на безопасном расстоянии, вяз посередине и клен – в последний ряд, за ним – 50см травы.
- Сценарий 505 показывает эффективность около 13% с практической точки зрения – всего с 60+30+60 доступными деревьями и с учетом 3,5% источника выброса пыли.
- Согласно сценарию 506, 50-см посадка травы на участке шириной 24 метра и длиной 180 метров (около 0,5 га) рядом с барьером может повысить эффективность на 26%. Рекомендуется посадить траву после кленов с интервалом 3 метра.
- Для сценария двойной посадки деревьев (сценарий 510, 120+60+120 деревьев) результаты показывают эффективность около 18%; есть преимущества в двойной посадке.
- При сравнении сценариев 505 и 501, они показывают, что взрослые деревья лучше улавливают пыль, чем молодые деревья, и эффективность может быть увеличена на 35 %.

3.2. Результат для восточной стороны

- При 500+250+500 посаженных деревьев и с практической точки зрения эффективность рассчитана на уровне 12% с учетом 100% выброса пыли из хвостохранилища вблизи п. Кварцитка по результатам сценария 406.
- При моделировании травяных насаждений (сценарий 407) эффективность растительного барьера достигает около 25%. В этом случае трава может быть гораздо более полезной для улавливания пыли, при которой плотность пыли в хвостохранилище высока и рассеивается на небольшой высоте.
- Настоятельно рекомендуется использовать траву после последнего ряда растительного барьера (клен) на участке шириной 24 метра и длиной 1500 метров (около 4 га).

В Приложении I графически показана общая осажденная масса (TDM) на уровне z 0 метров для сценариев 505, 506, 406 и 407. Кроме того, в Приложении II графически показана концентрация пыли на уровне z 1,8 метра для упомянутых сценариев.

Таблица 4. Общая осажденная масса (TDM) и эффективность растительности для обеих сторон хвостохранилища.

#	Сценарий	Локация	TDM Земля (кг)	TDM Растительность (кг)	Выброс (кг)	Эффективность растительности
1	501	Запад	0,26	0,07	0,56	22,4%
2	502	Запад	0,25	0,11	0,56	35,0%
3	503	Запад	0,26	0,05	0,56	16,7%
4	504	Запад	0,25	0,10	0,56	31,6%
5	505	Запад	0,26	0.04	0,56	12,8%
6	506	Запад	0,24	0,08	0,56	25,9%
7	507	Запад	0,26	0,03	0,56	11,7%
8	508	Запад	0,25	0,08	0,56	26,7%
9	509	Запад	0,25	0,04	0,56	12,4%
10	510	Запад	0,24	0,06	0,56	17,6%
11	406	Восток	10,09	0,70	15,95	12,0%
12	407	Восток	9,81	1,51	15,95	24,6%

4. Выводы

- Программное обеспечение ENVI-Met смоделировало всестороннее исследование взаимодействия пыли и растительности с учетом его сложного характера. Результаты этого исследования полезны для планирования и дают некоторое представление о решении проблем со здоровьем, связанных с плохим качеством воздуха на открытых территориях.
- Растительный барьер должен быть установлен вблизи источников загрязнения с соблюдением безопасного расстояния.
- Более высокий объем растительного барьера может увеличить общее удаление пыли.
- Использование травы рядом с растительным барьером может увеличить удаление мелкой пыли.

5. Приложения

5.1. Приложение I: Общая осажденная масса (TDM) на уровне z 0 (уровень земли)

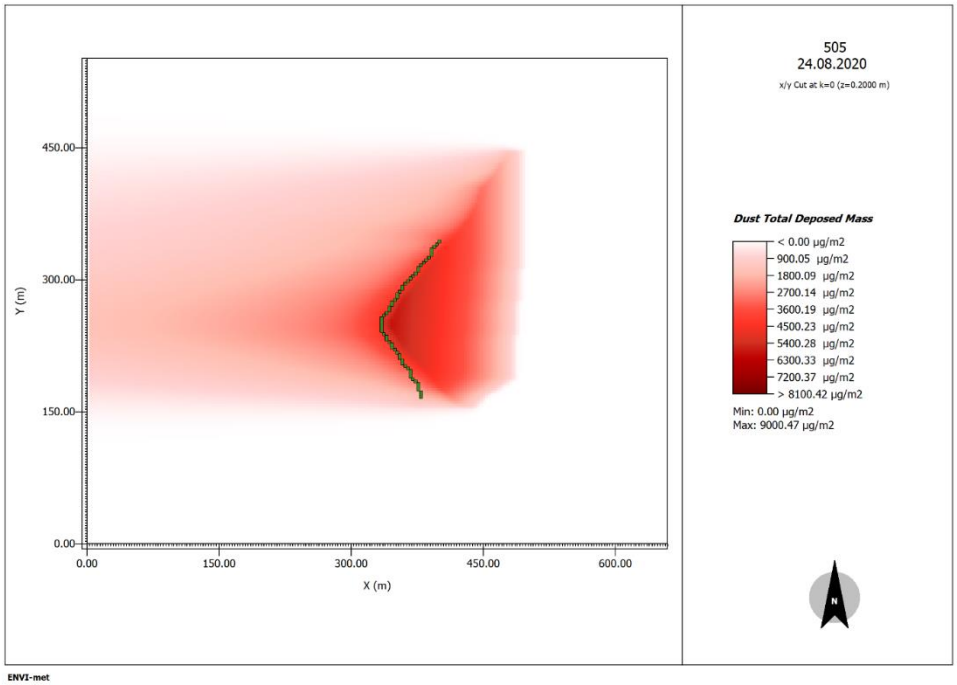

Рис. 7. Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 505 [WS:1,0 м/с WD:90°][1]

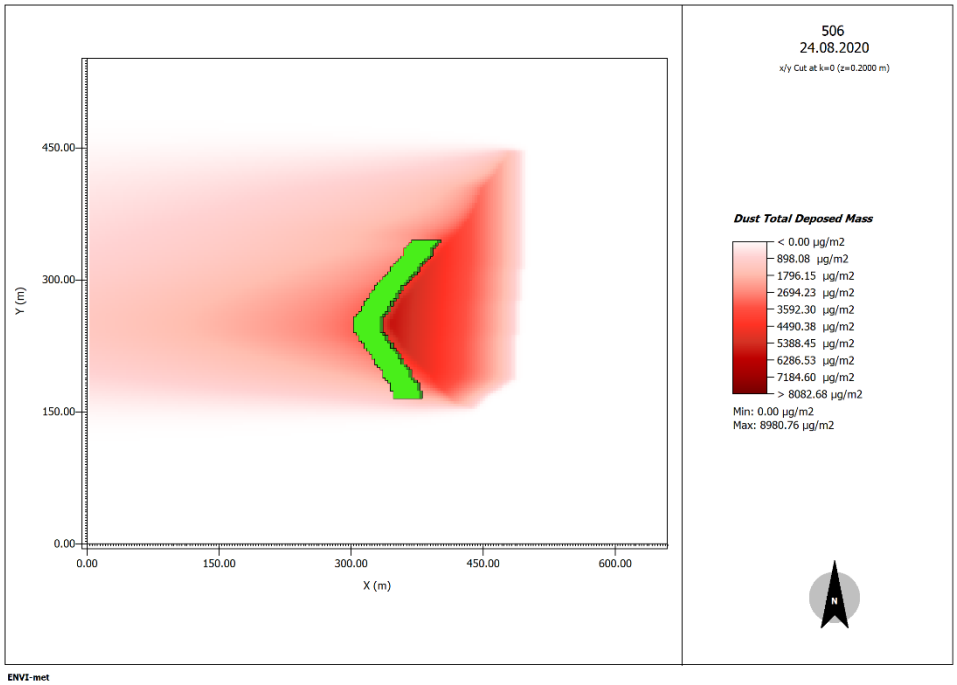

Рис. 8 Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 506 [WS:1.0м/с WD:90°]

[1] WS – wind speed/скорость ветра, WD – wind direction/направление ветра

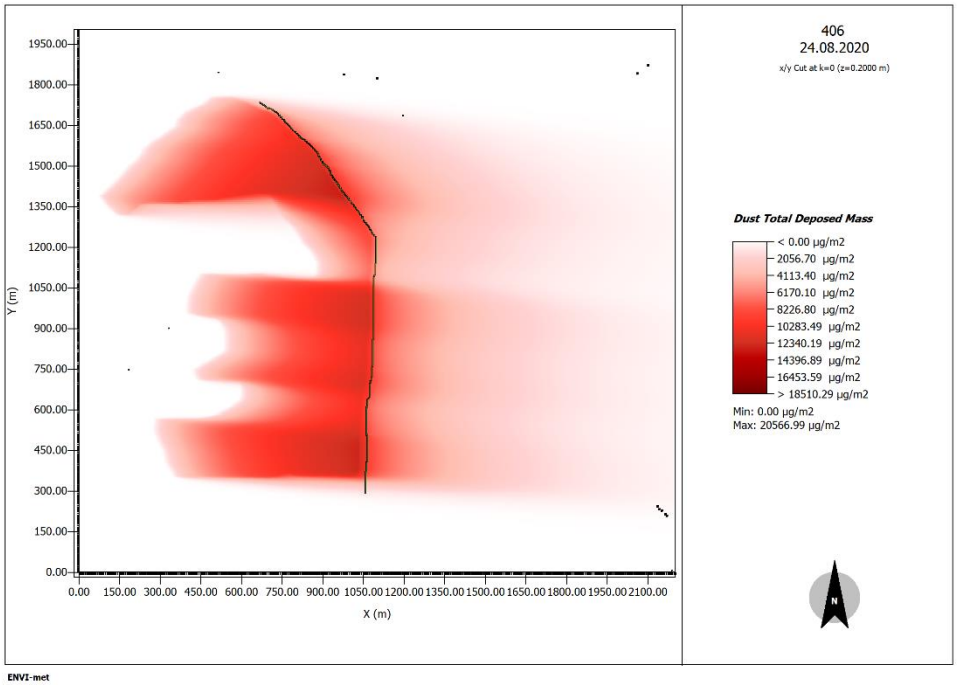

Рис. 9. Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 406 [WS:1,0 м/с WD:90°]

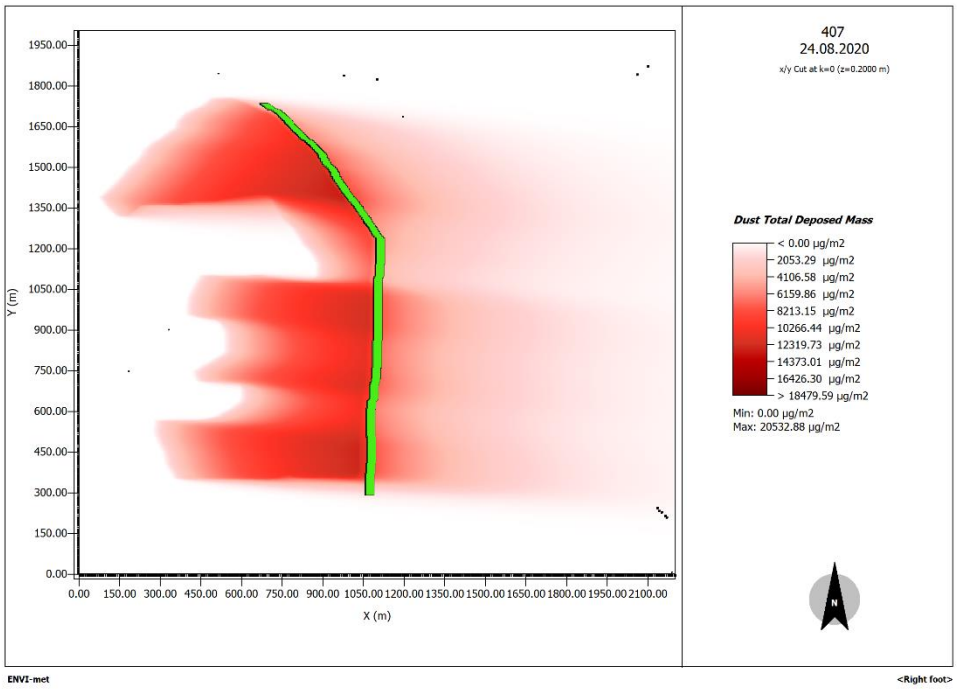

Рис.10. Общая осажденная масса (TDM) на высоте 0,0 м для сценария 406 [WS:1,0 м/с WD:90°]

5.2. Приложение I: Концентрация пыли на уровне z 1,8 м

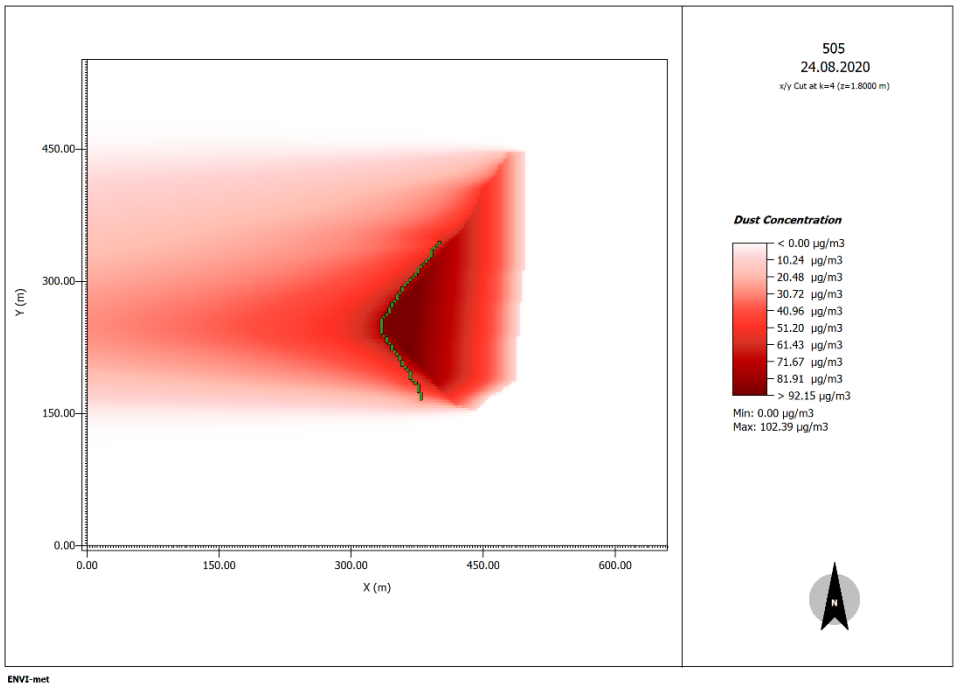

Рис. 11. Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 505

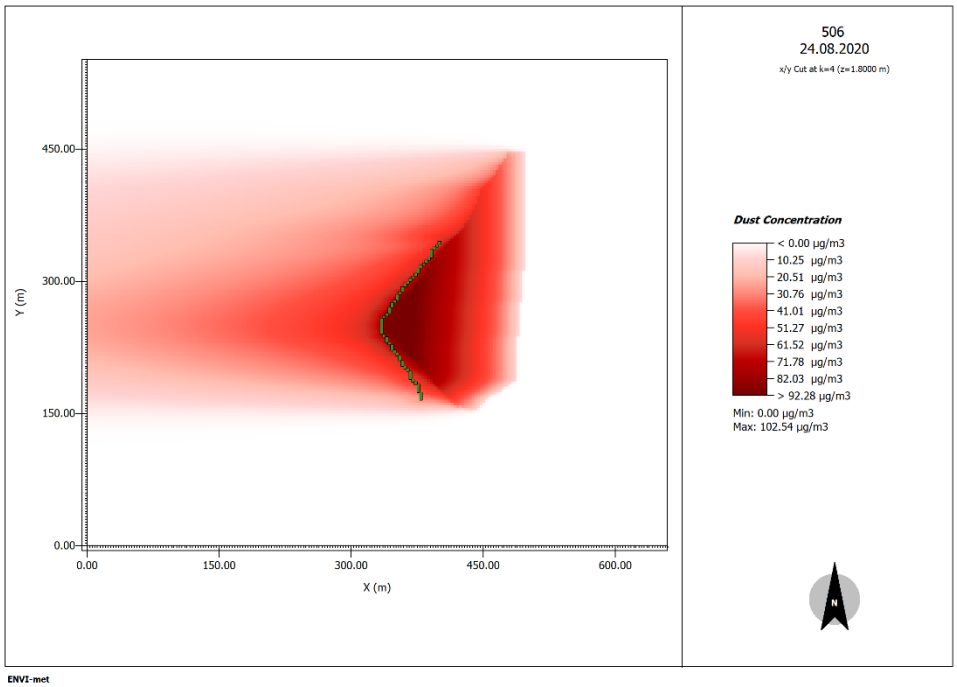

Рис. 12. Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 505

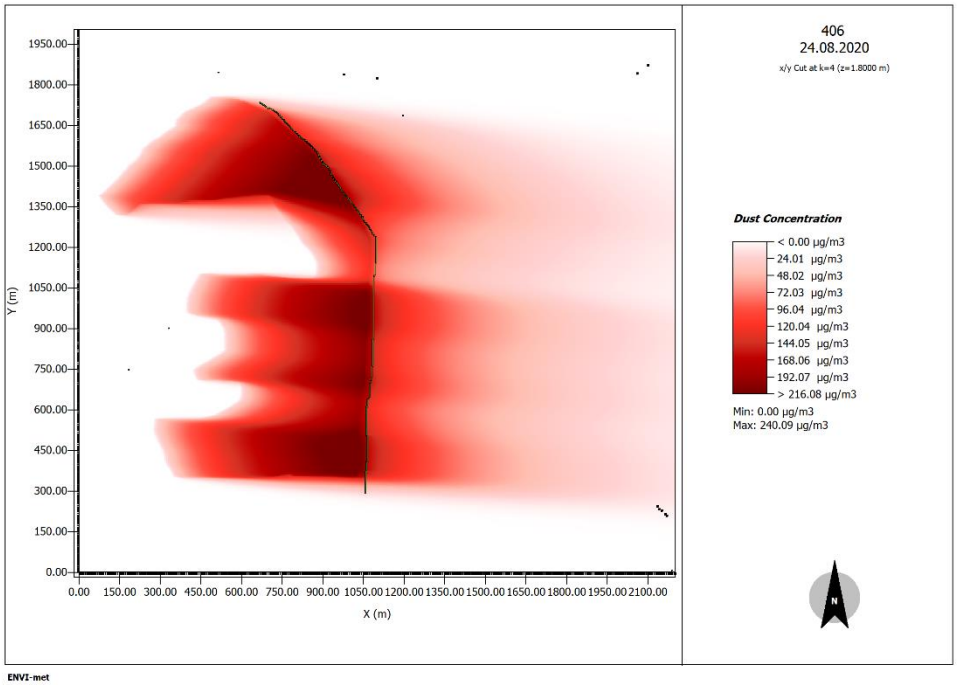

Рис. 13 Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 406

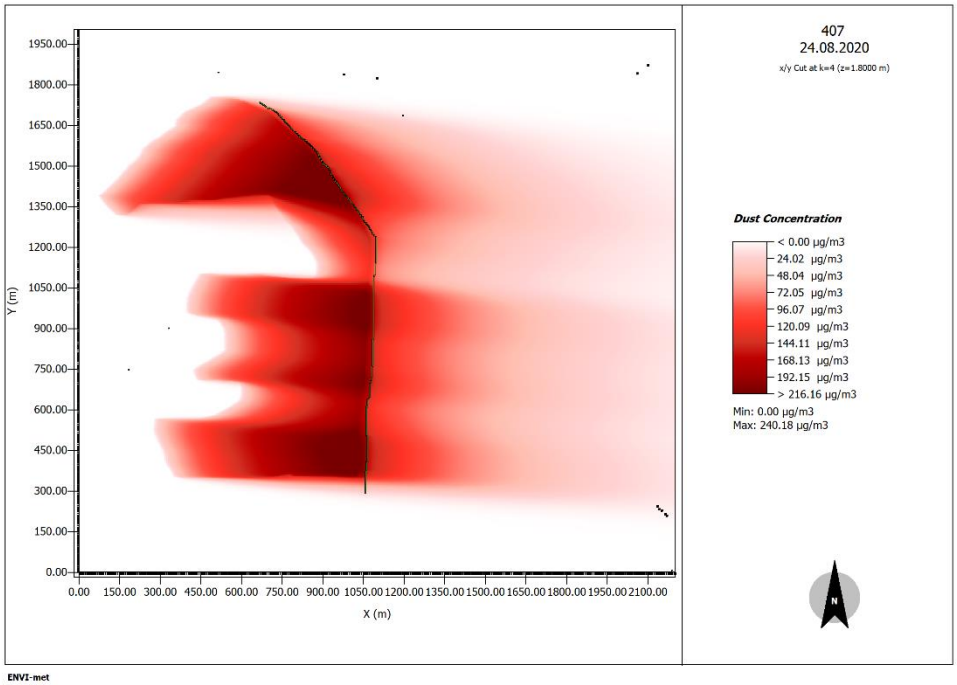

Рис. 14. Концентрация пыли на уровне z 1,8 м для сценария 407