Растекание жидкости по поверхности с впитыванием в грунт: Экспериментальные подтверждения. Модель Грина-Эмпта

Подготовил: аспирант Долгушев А.В.

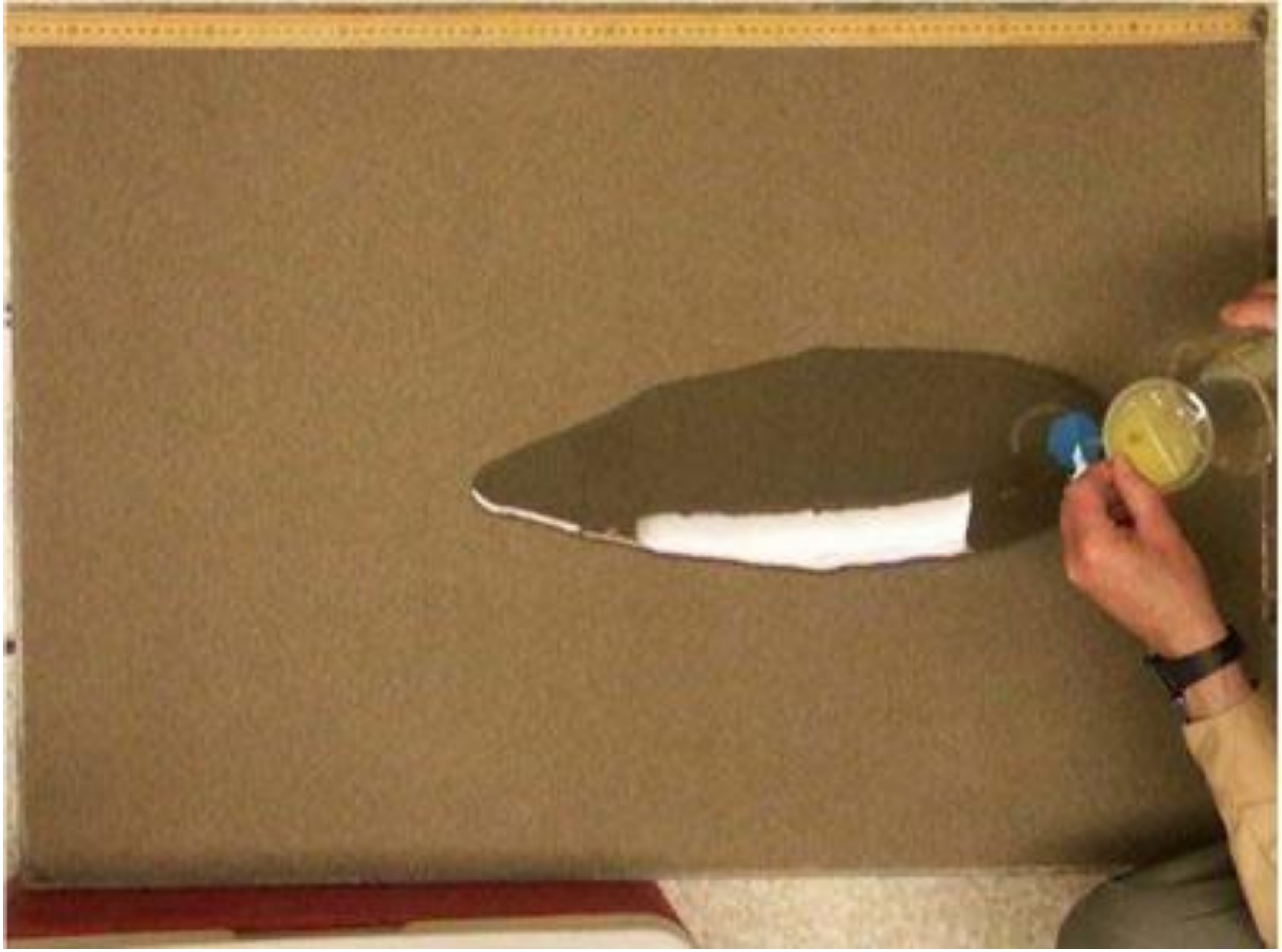

Рисунок 2.1. Разлив нефти на гладкой Поверхности Песка. Объем нефти составляет 600 мл, и поверхность наклонена 5 градусов. Поднос 1м длинном и 66 см шириной.

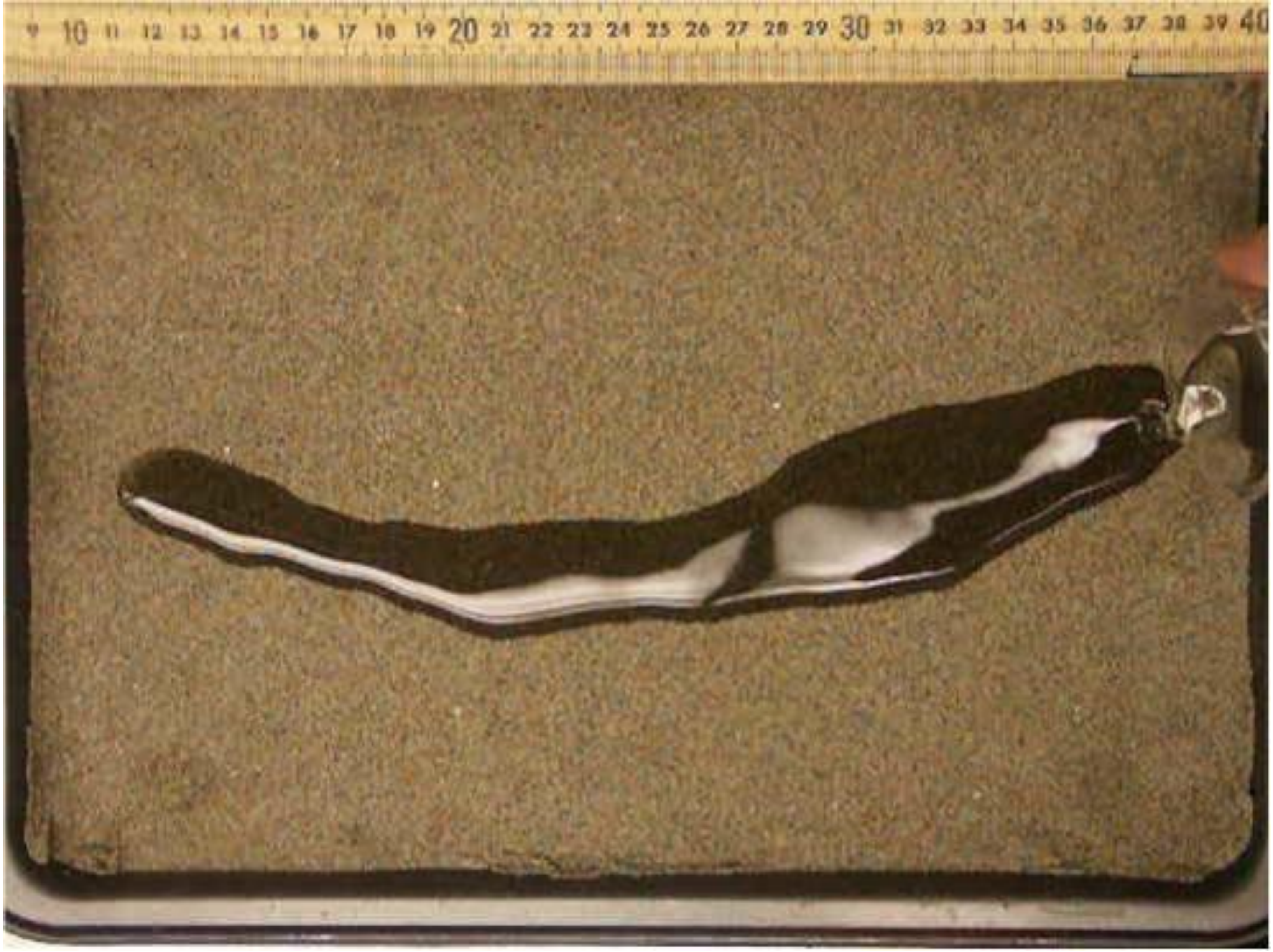

Рисунок 2.2. Пролитие Кукурузного сиропа в соотношении 3:1 с водой на сыром песке для наклона 5 градусов. Объем составляет 60 мл, которые вылили более чем 18 секунд. Изображение пролития спустя 10 секунд после того, как пролитие началось.

Рисунок 2.3. Пролитие Кукурузного сиропа 3:1 с водой на сыром песке с Наклоном 2.5 градуса. Объем составляет 60 мл, которые вылили в течение 15 секунд. Изображение пролития спустя 10 секунд после того, как пролитие началось.

Рисунок 2.4. Пролитие кукурузного сиропа на сыром песке с наклоном 2.5 градуса. Пролитие показывают после 50 секунд, соответствующих к рисунку 2.3.

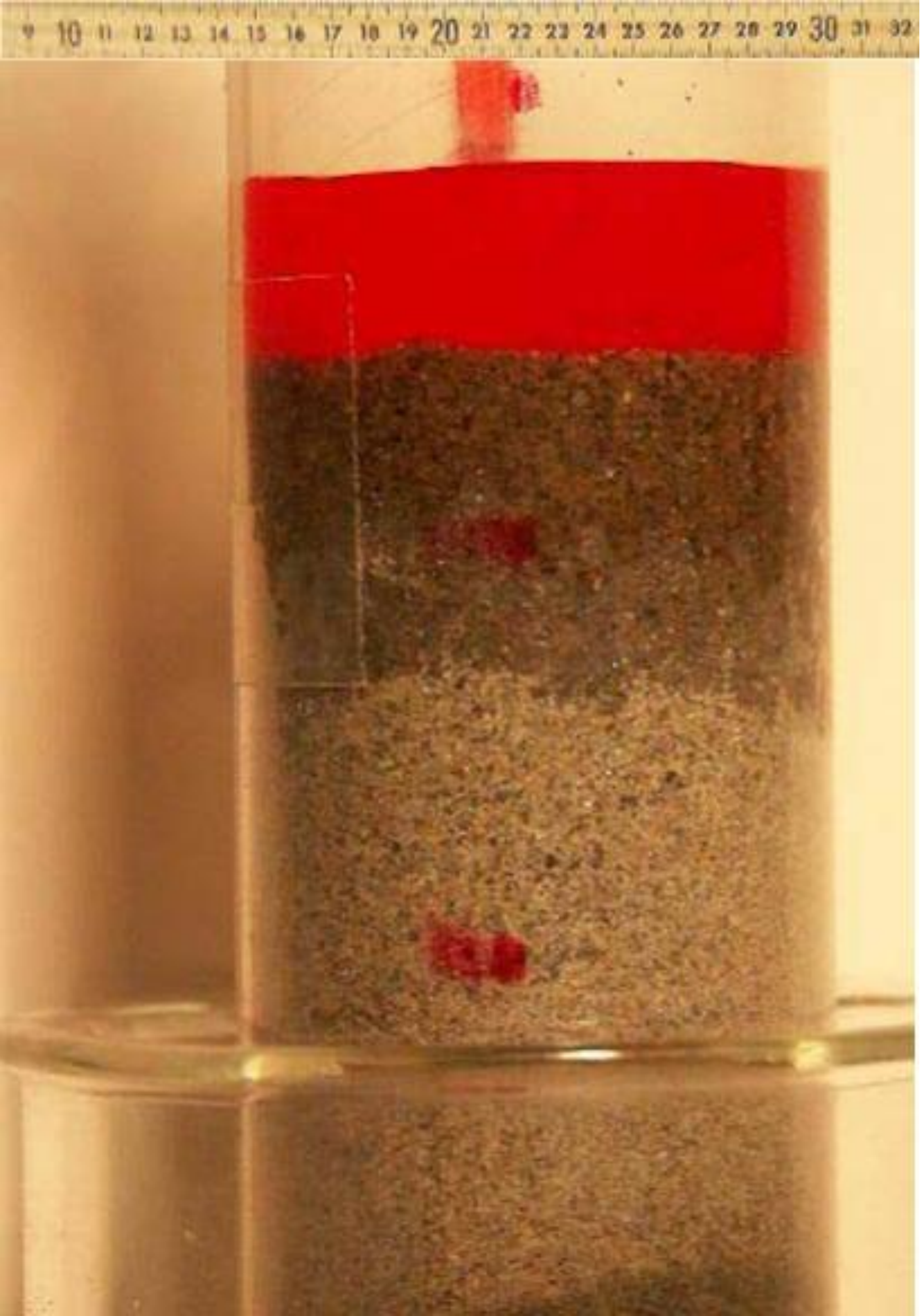

Рисунок 2.5.
Проникновение Воды в колонку песка. Вода окрашена красным спищевым красителем. Время спустя 2.3 секунды после начала.

Результаты эксперимента: Измерение распространяющейся области разлития

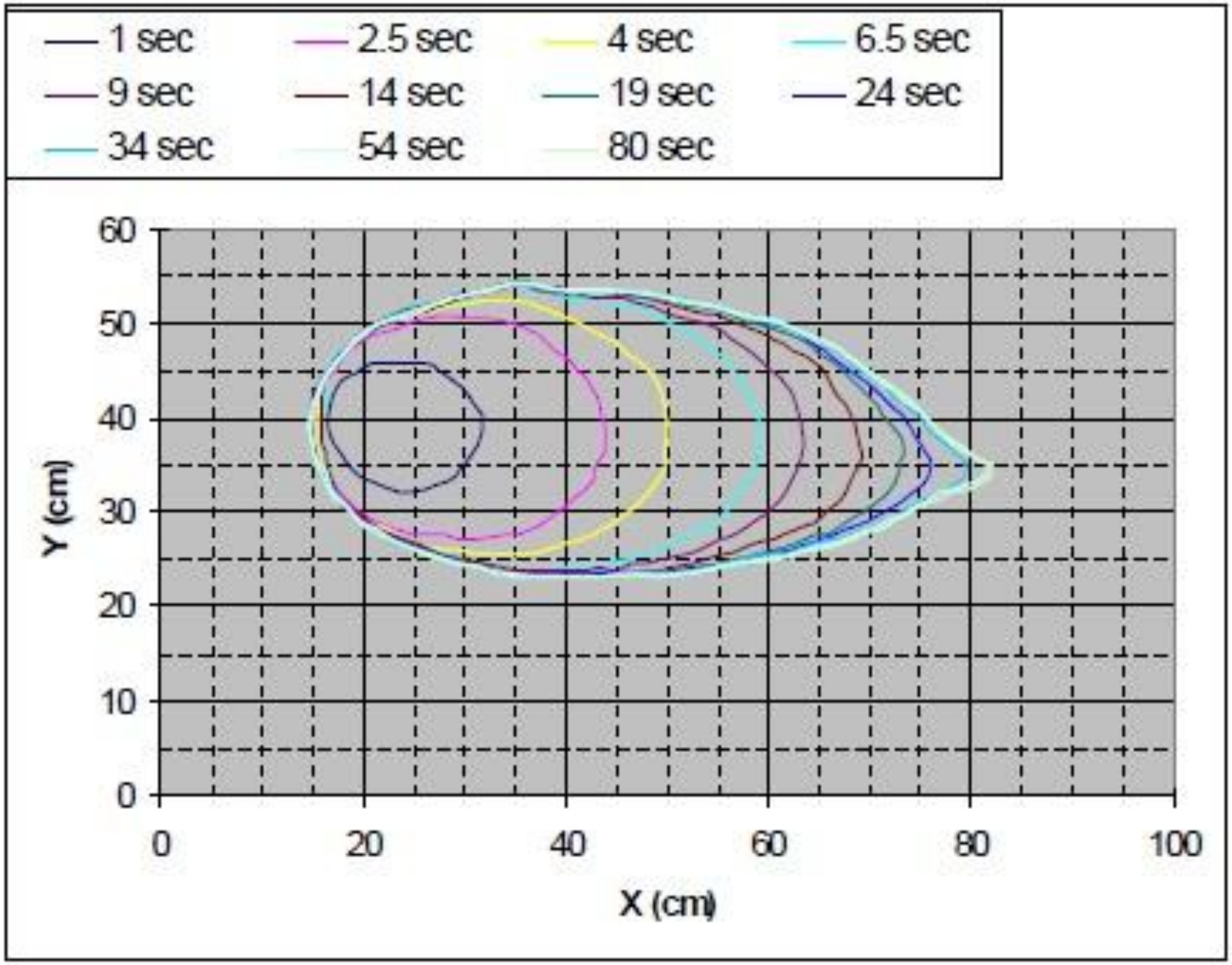

Рисунок 3.1. Разлив нефти на Песке с Быстрым Потоком 400 мл. Наклон - 4.8 градуса.

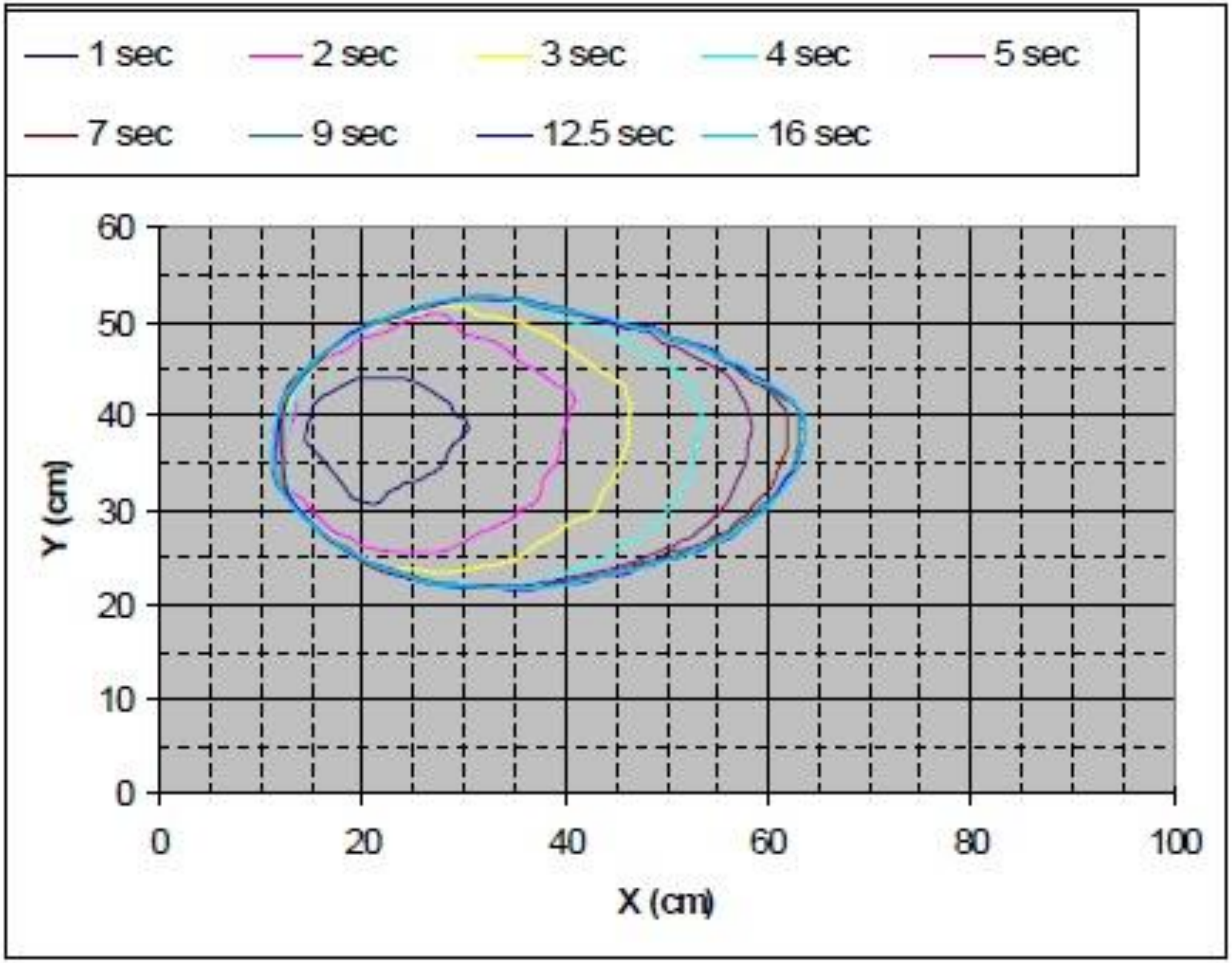

Рисунок 3.2. Пролитие антифриза на песке с быстрым потоком 400 мл. Наклон - 4.8 градуса.

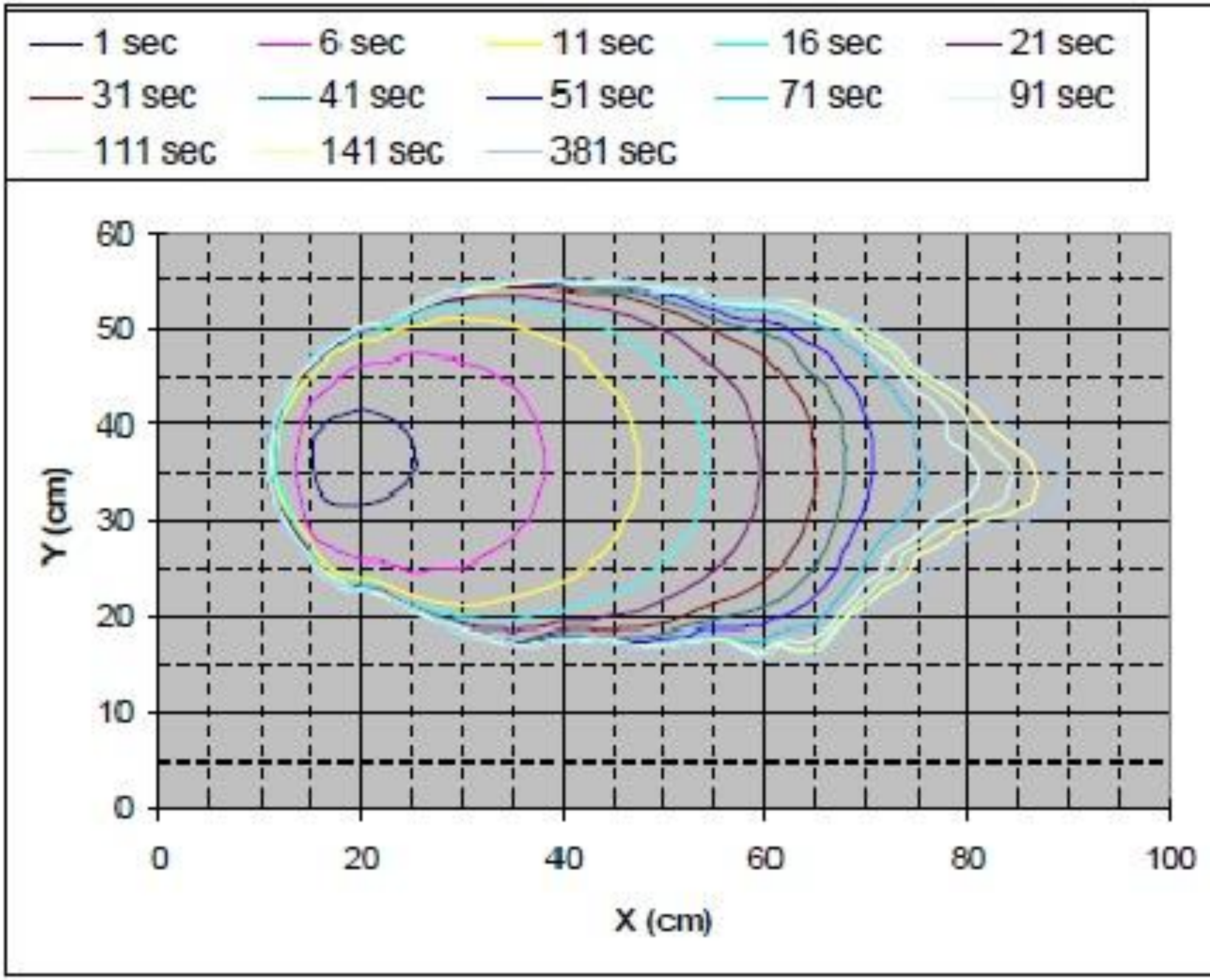

Рисунок 3.3. Разлив нефти на Глине быстрым потоком 400 мл. Наклон - 2.4 градуса. Поток длится 11 секунд.

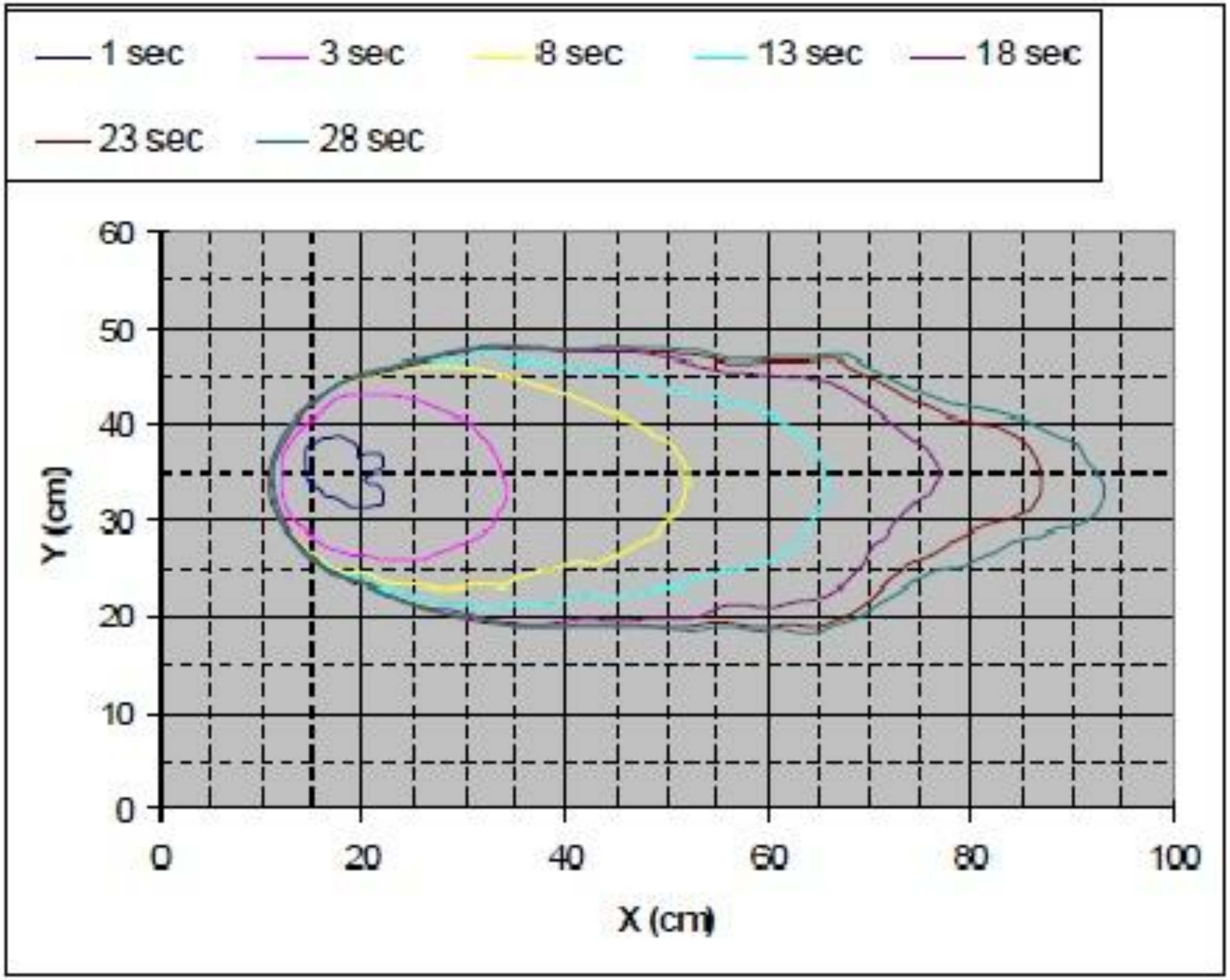

Рисунок 3.4. Пролитие антифриза глине быстрым потоком 400 мл. Наклон - 2.4 градуса. Поток длится 16 секунд.

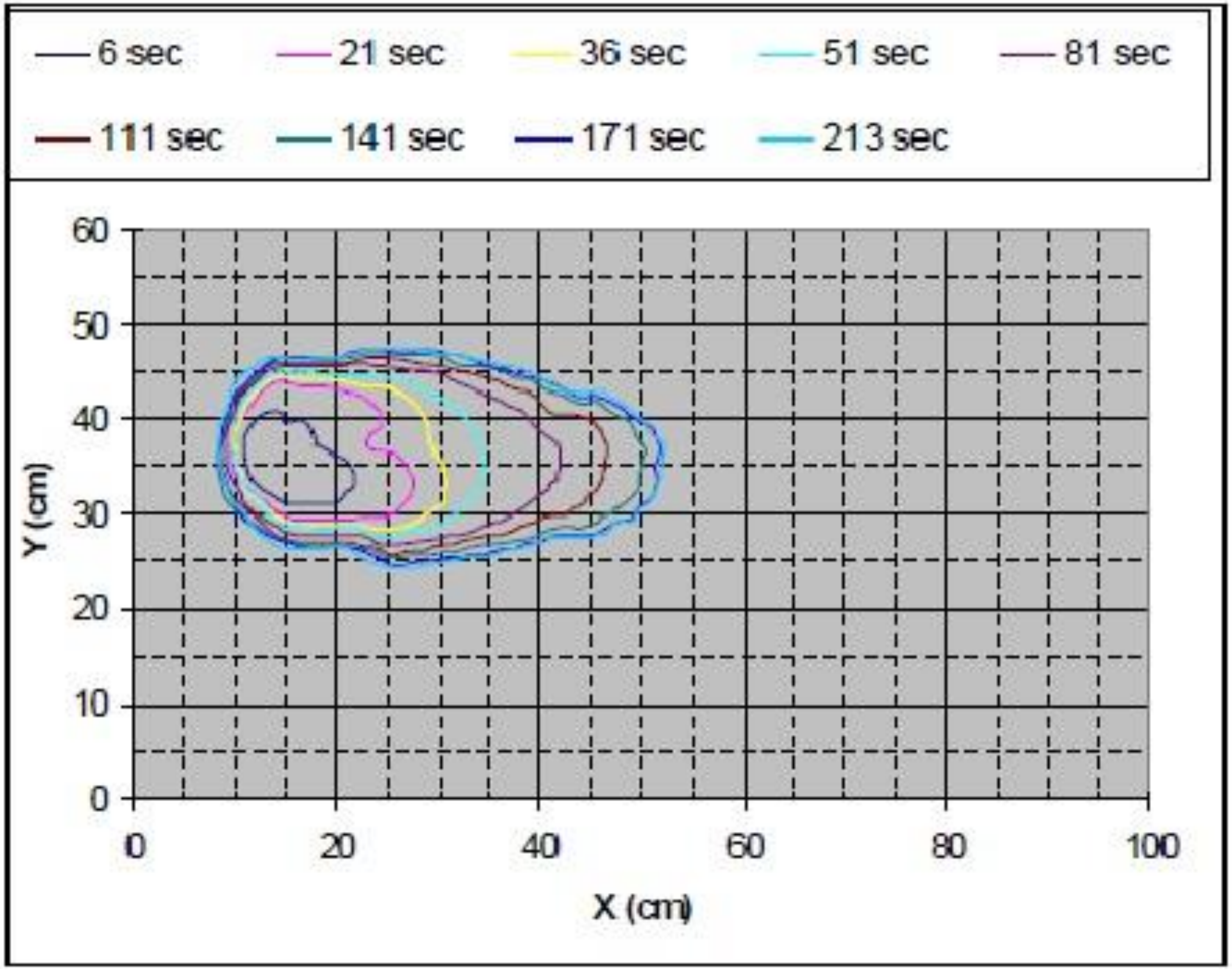

Рисунок 3.5. Кукурузный сироп в соотношении 3:1 с водой пролитие на песке с наклоном 2.4 градуса. Медленный поток 600 мл.

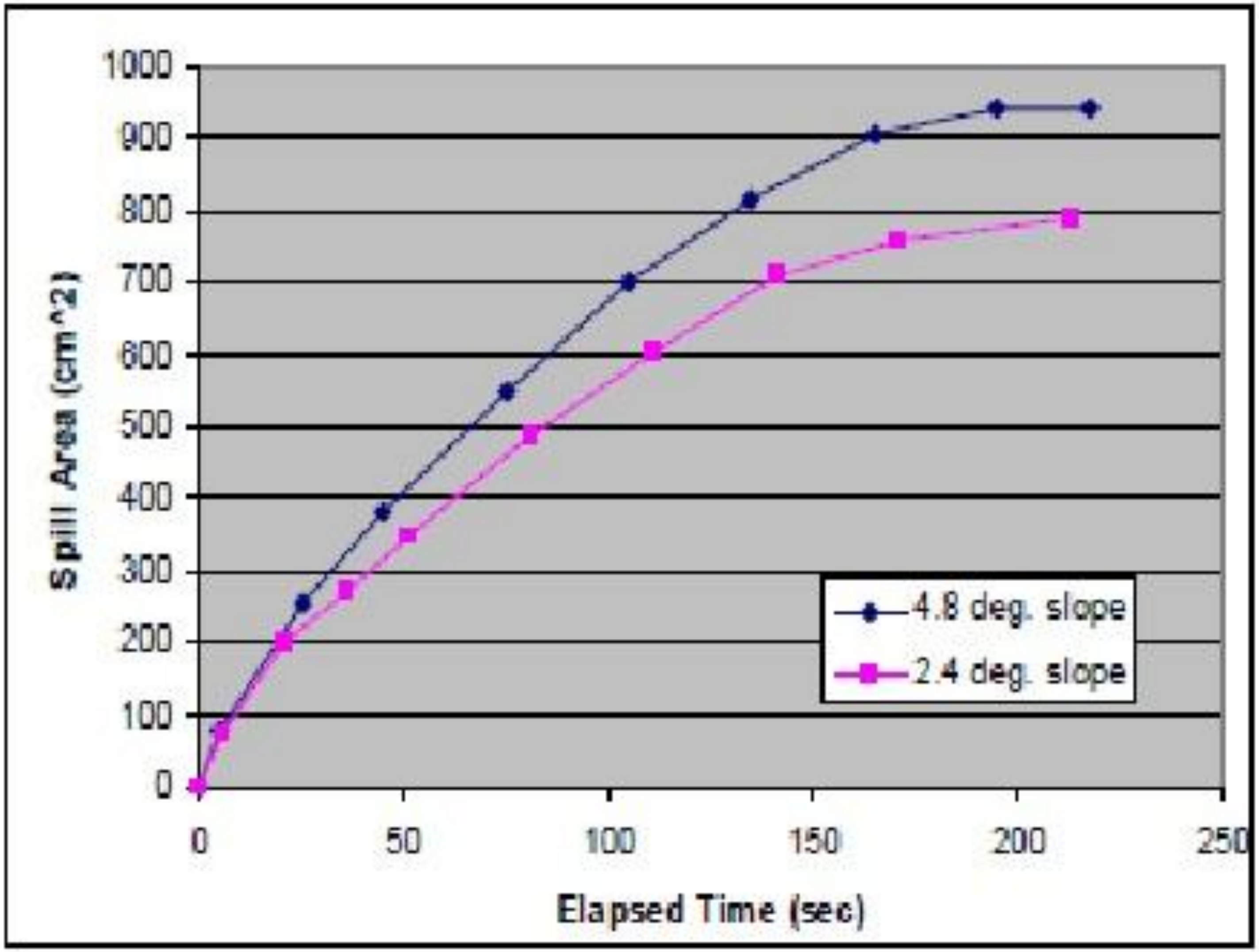

Рисунок 3.8. Пролитие кукурузного сиропа на наклоненном песке

Модель Грина-Эмпта

Модель Грина-Эмпта для простого вертикального впитывания можно записать следующим образом:

$$\phi\left(\frac{d}{dt}z\right) = K\left(\frac{h + h_f + z}{z}\right)$$

Проницаемость жидкости:

$$K = \frac{k \cdot \rho \cdot g}{\mu}$$

Где,
k = проходимость (cm2)
ρ = плотность жидкости(грамм/мл)
g = ускорение силы тяжести
μ = динамическая вязкость жидкости (балансируют = 1 gm/cm-sec)
φ = пористость среды почвы (общее количество пустот/объема объема)
h = Вымота жидкости (см)
z = передняя глубина (см)
h_f половина = переднее главное или капиллярное всасывание (см)

Измеряющий принцип заявлен как

$$h_f = h'_f \frac{\sigma}{\sigma'} \cdot \frac{\rho'}{\rho}$$

где σ - поверхностное натяжение жидкости

$$k = \frac{K' \cdot \mu'}{\rho' \cdot g},$$

Пористость: $\phi_a = \phi - \theta_w$

Где $\theta_w = \frac{\rho_{bulk}}{\rho_w} \cdot \frac{w}{1 + w}$

и общая плотность почвы включая воду и другую отличную от воды жидкость

$$\rho_{bulk} = \rho_s \cdot (1 - \phi) + \rho_w \cdot \theta_w + \rho_o \cdot \theta_o.$$

$$\rho_w \cdot \theta_w = w \cdot \rho_s \cdot (1 - \phi)$$

Когда присутствует только вода, общая плотность:

$$\rho_{bulk} = \rho_s \cdot (1 - \phi) \cdot (1 + w)$$

Если объем жидкости V пропитан в сырую почву по области A, то глубина, z, достигла, получим

$$\frac{V}{A} = \phi_a \cdot z$$

Различные решения модели Грина-Эмпта

Модель выражена как

$$\phi \cdot \left(\frac{d}{dt}z\right) = K \cdot \left(\frac{h + z}{z}\right) \qquad \text{(A.1)}$$

1 . Решение для постоянной высоты жидкости

$$\frac{d}{d\tau}\eta = \frac{\eta + 1}{\eta} \qquad (A.2)$$

$$\eta = \frac{z}{h} \quad \text{and} \quad \tau = \frac{K}{\phi \cdot h} \cdot t.$$

Интегрируя получаем:

$$\eta - \ln(\eta + 1) = \tau \qquad (A.3)$$

Когда η мало относительно 1, последовательное разложение в ряд Тэйлора используется, чтобы получить важное приближение

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot \eta^{2} \qquad \text{(A.4)}$$

или

$$z = \sqrt{2 \cdot \frac{K \cdot h}{\phi}} \cdot \sqrt{t} \qquad \text{(A.5)}$$

2 Постоянное начальное значение высоты с постепенным уменьшением

$$S_o = h_o + \phi \cdot z_o = h + \phi \cdot z \qquad (A.6)$$

Уравнение проникновения может тогда быть написано в виде:

$$\frac{d}{d\tau'}\eta' = \frac{\eta' + 1}{\eta'} \qquad (A.7)$$

$$\eta' = \frac{(1-\phi)}{S_o}\cdot z \quad \text{and} \quad \tau' = \frac{(1-\phi)^2}{S_o}\cdot\frac{K}{\phi}\cdot t$$

интегрируя

$$\int_{\eta_o}^{\eta} \frac{\eta}{\eta+1}\, d\eta = \tau \qquad (A.8)$$

получим следующее решение

$$\eta - \ln(\eta + 1) - \tau_o = \tau \qquad \tau_o = \eta_o - \ln(\eta_o + 1) \qquad (A.9)$$

Особый случай, когда φ приближается к 1. Тогда

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot \eta^2 \qquad (A.10)$$

который дает

$$z^2 = \frac{2 \cdot K \cdot S_o}{\phi} \cdot t \qquad (A.11)$$

Конец
тут можно добавить еще примеры