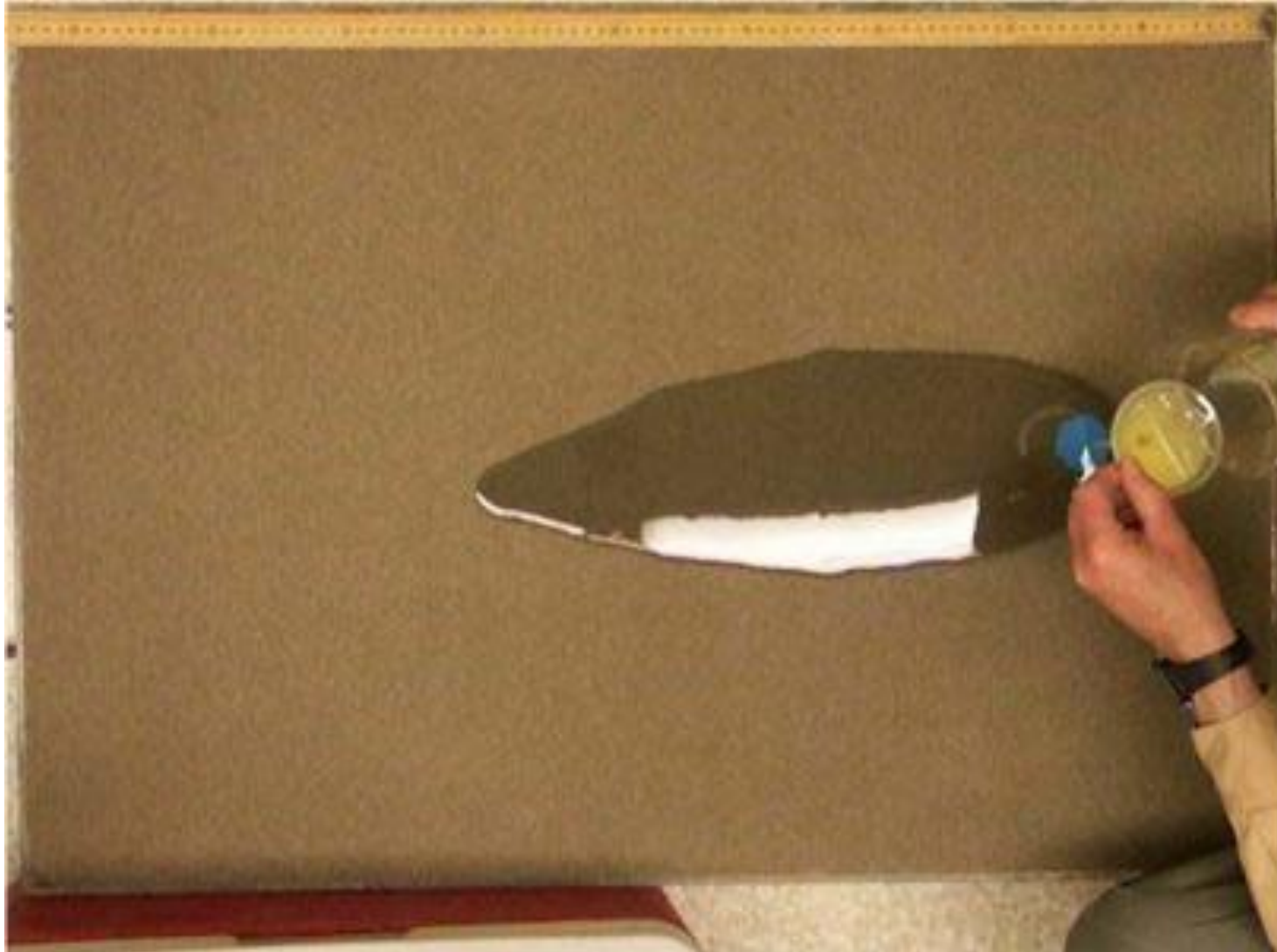
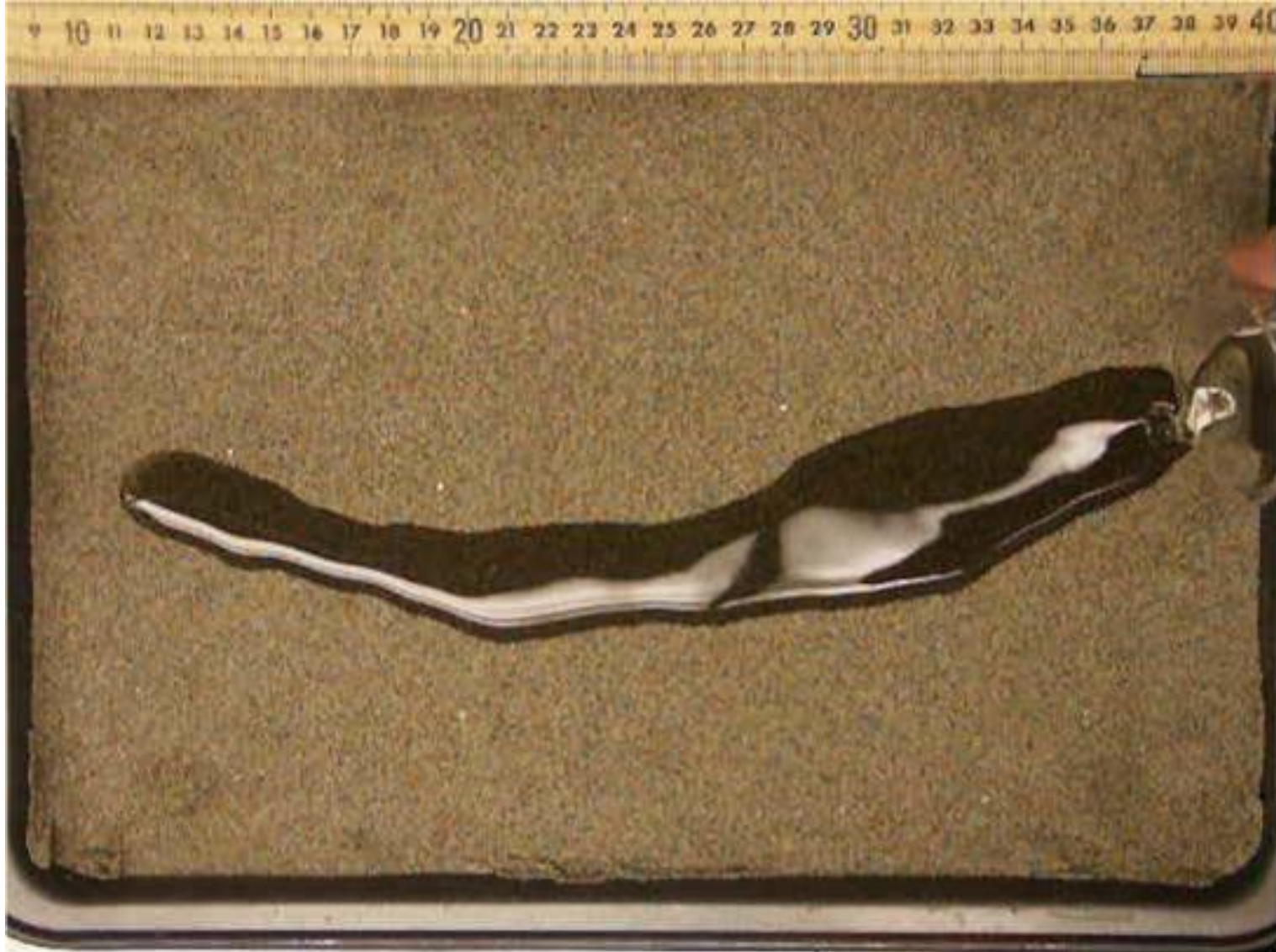


**Растекание жидкости по  
поверхности с впитыванием в  
грунт: Экспериментальные  
подтверждения.  
Модель Грина-Эмпта**

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.



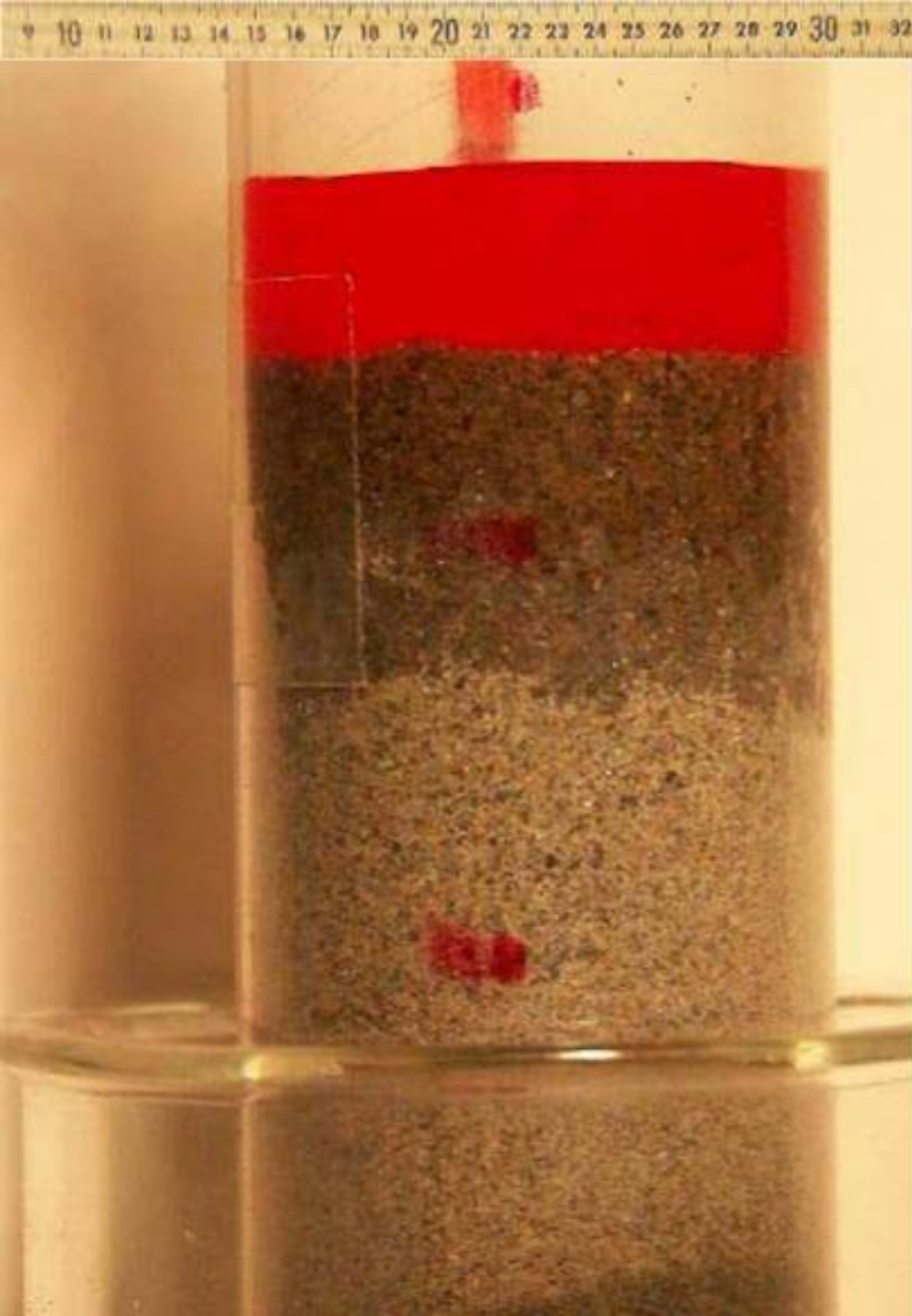
**Рисунок 2.2.** Пролитие Кукурузного сиропа в соотношении 3:1 с водой на сыром песке для наклона 5 градусов. Объем составляет 60 мл, которые вылили более чем 18 секунд. Изображение пролития спустя 10 секунд после того, как пролитие началось.



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.

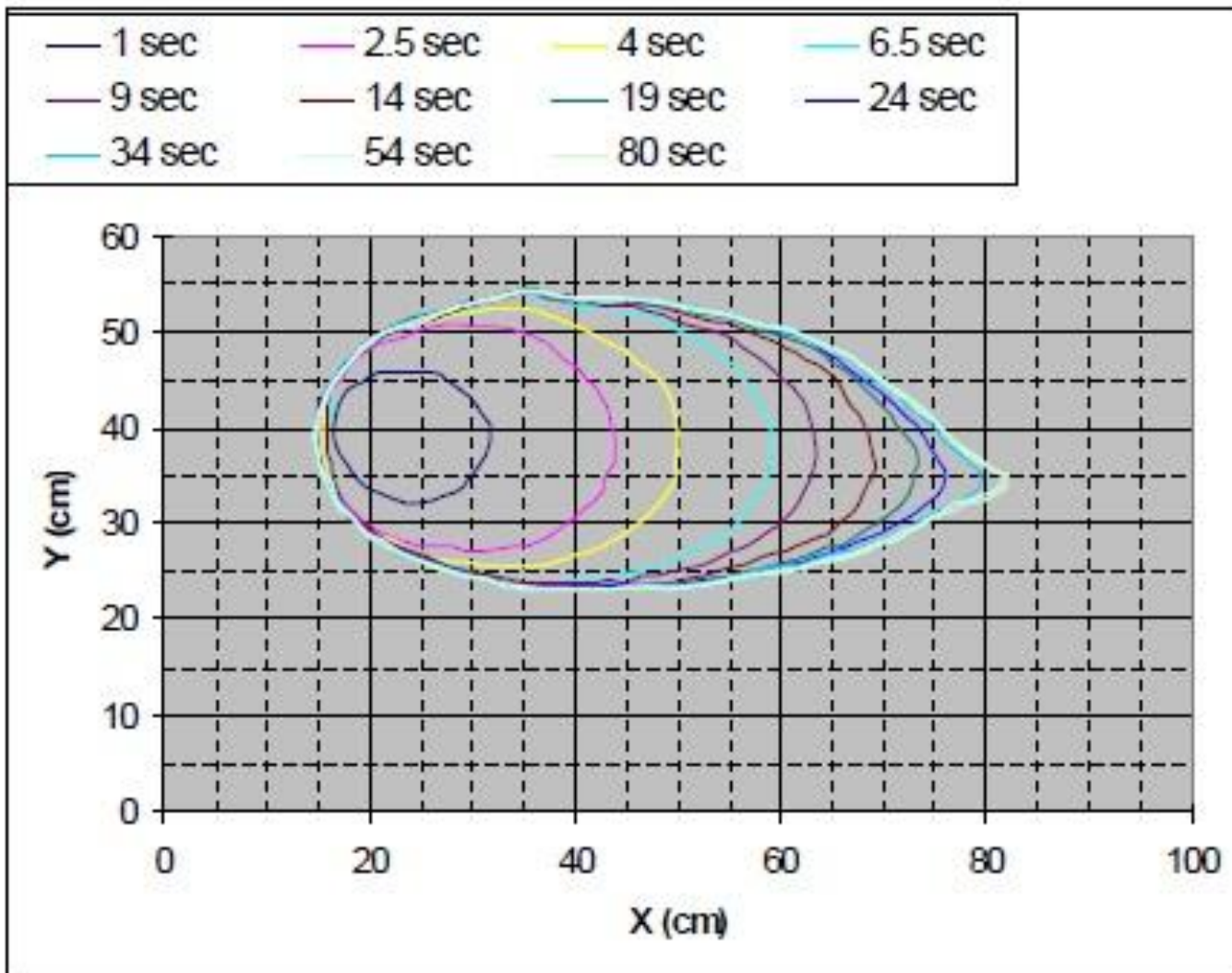


**Рисунок 2.4.** Пролитие кукурузного сиропа на сыром песке с наклоном 2.5 градуса. Пролитие показывают после 50 секунд, соответствующих к рисунку 2.3.



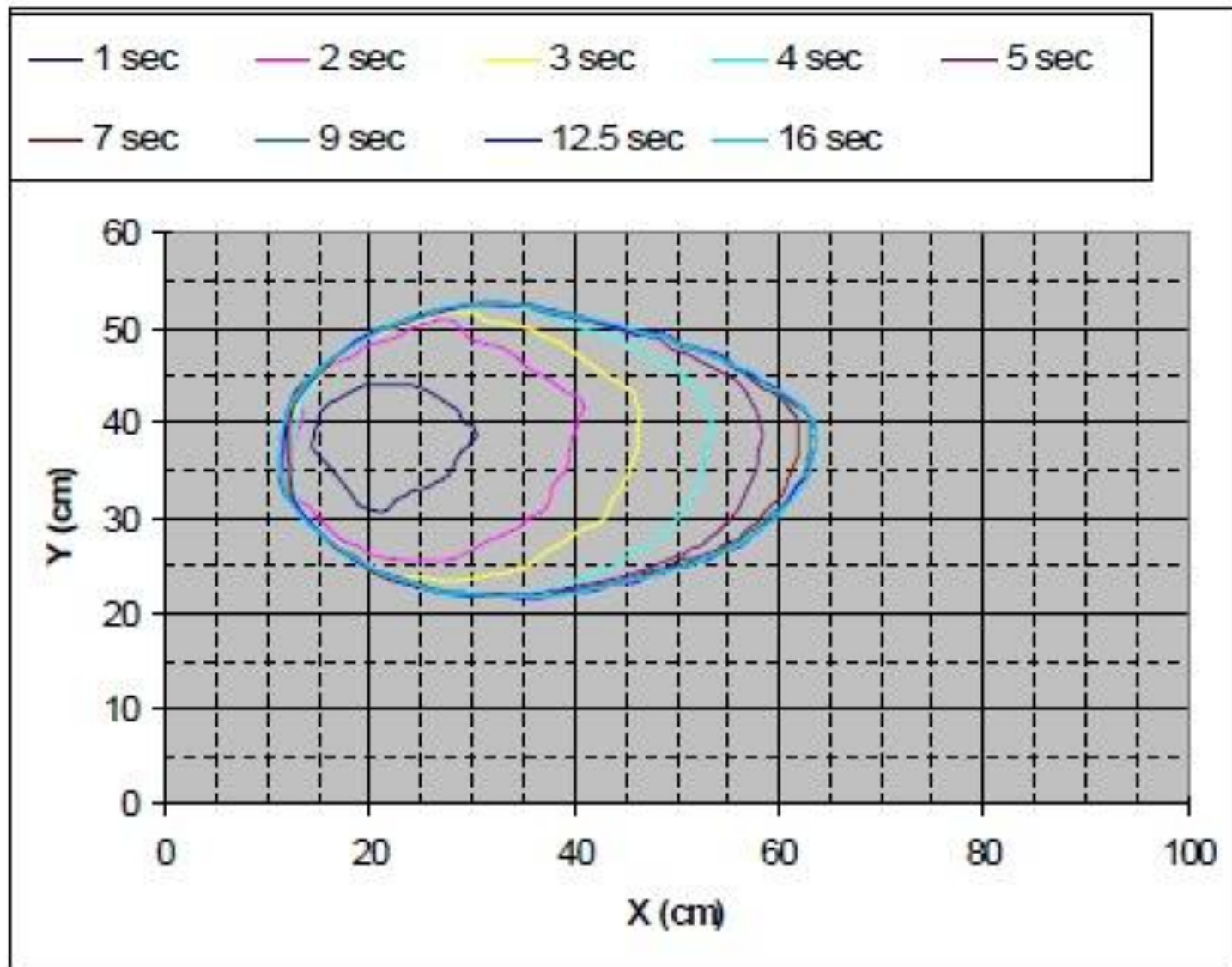
**Рисунок 2.5.**  
Проникновение Воды в  
колонку песка. Вода  
окрашена красным  
спицевым красителем.  
Время спустя 2.3 секунды  
после начала.

**Результаты эксперимента:  
Измерение  
распространяющейся  
области разлива**

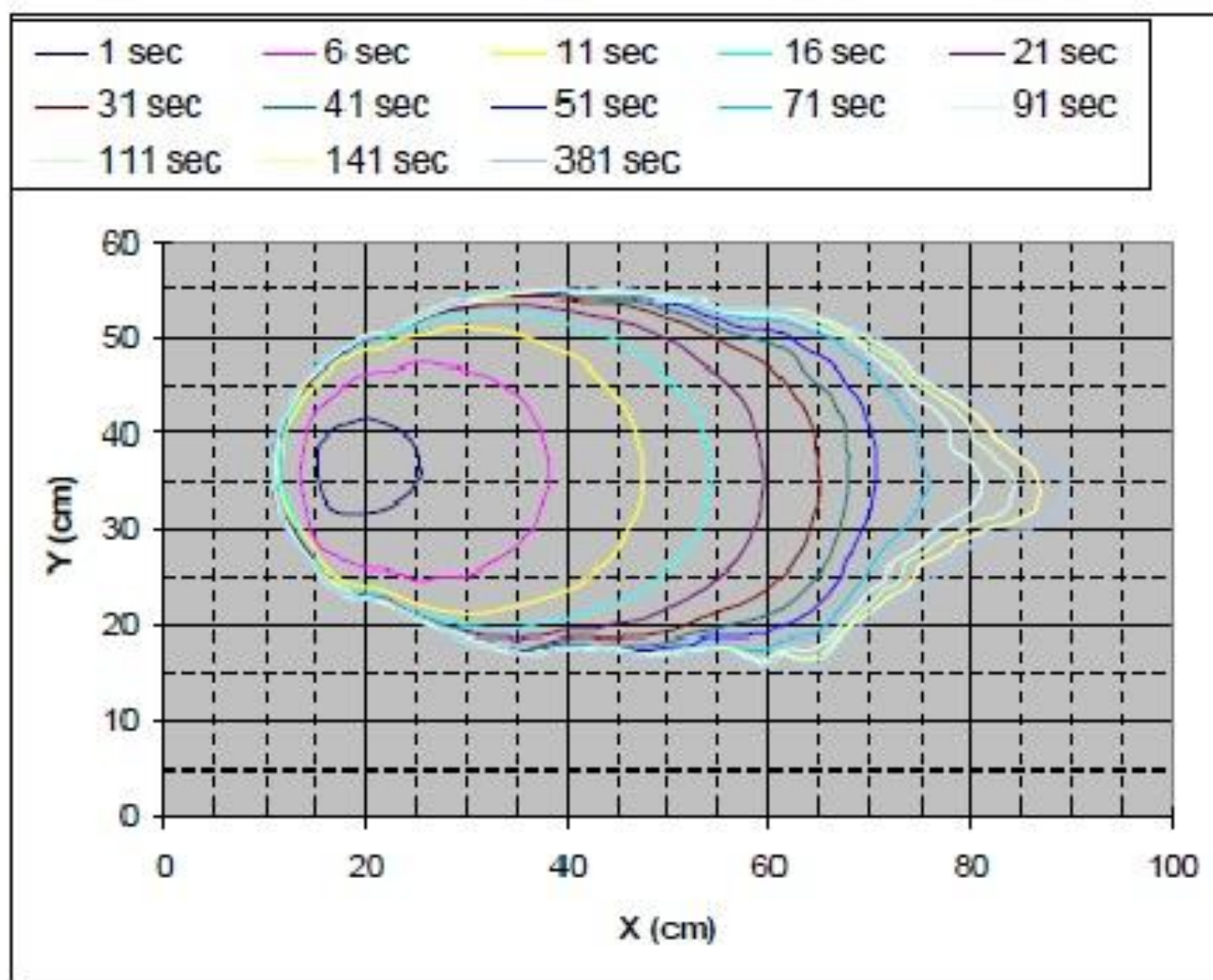


**Рисунок 3.1.** Разлив нефти на Песке с Быстрым Потокom 400 мл. Наклон - 4.8 градуса.

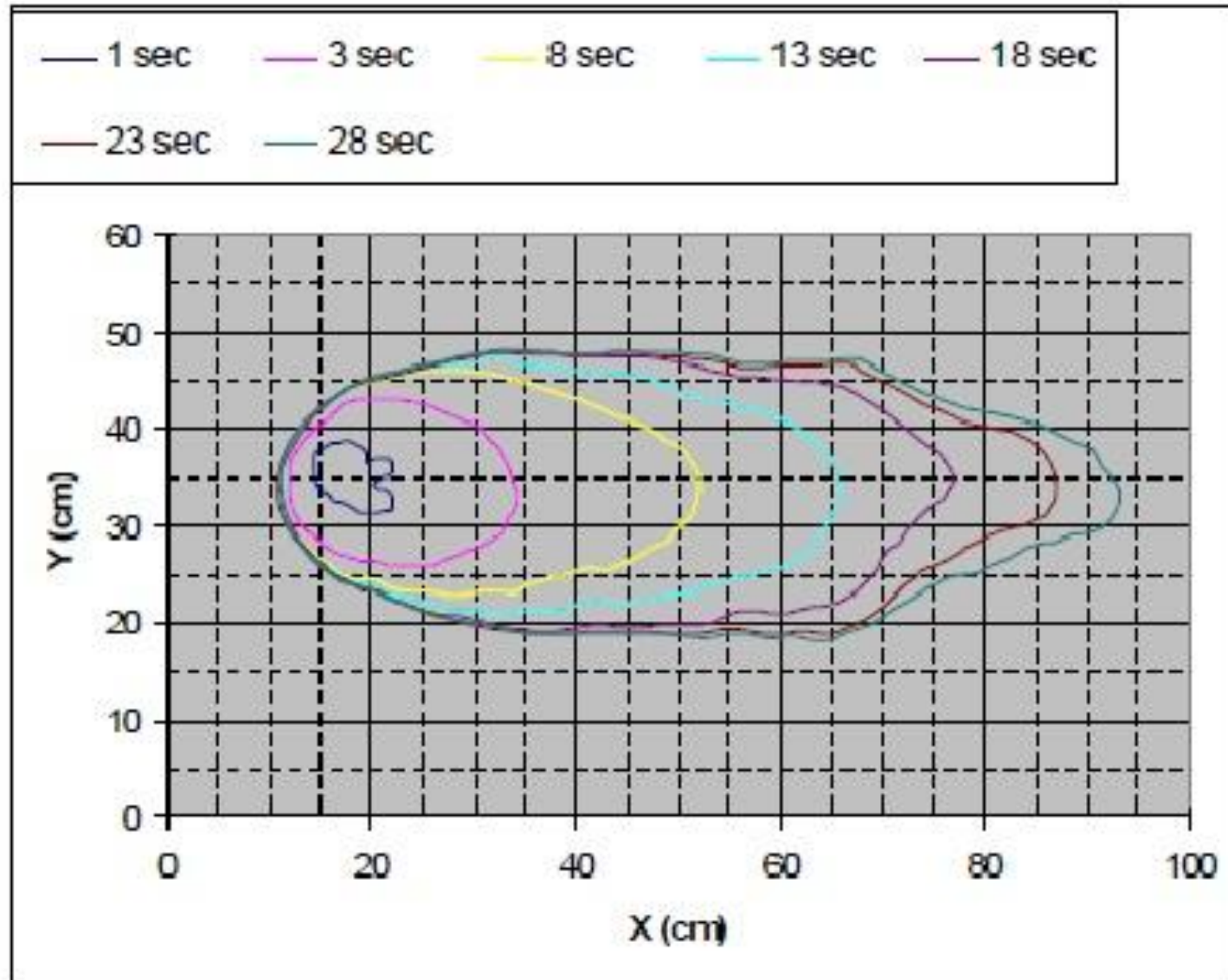




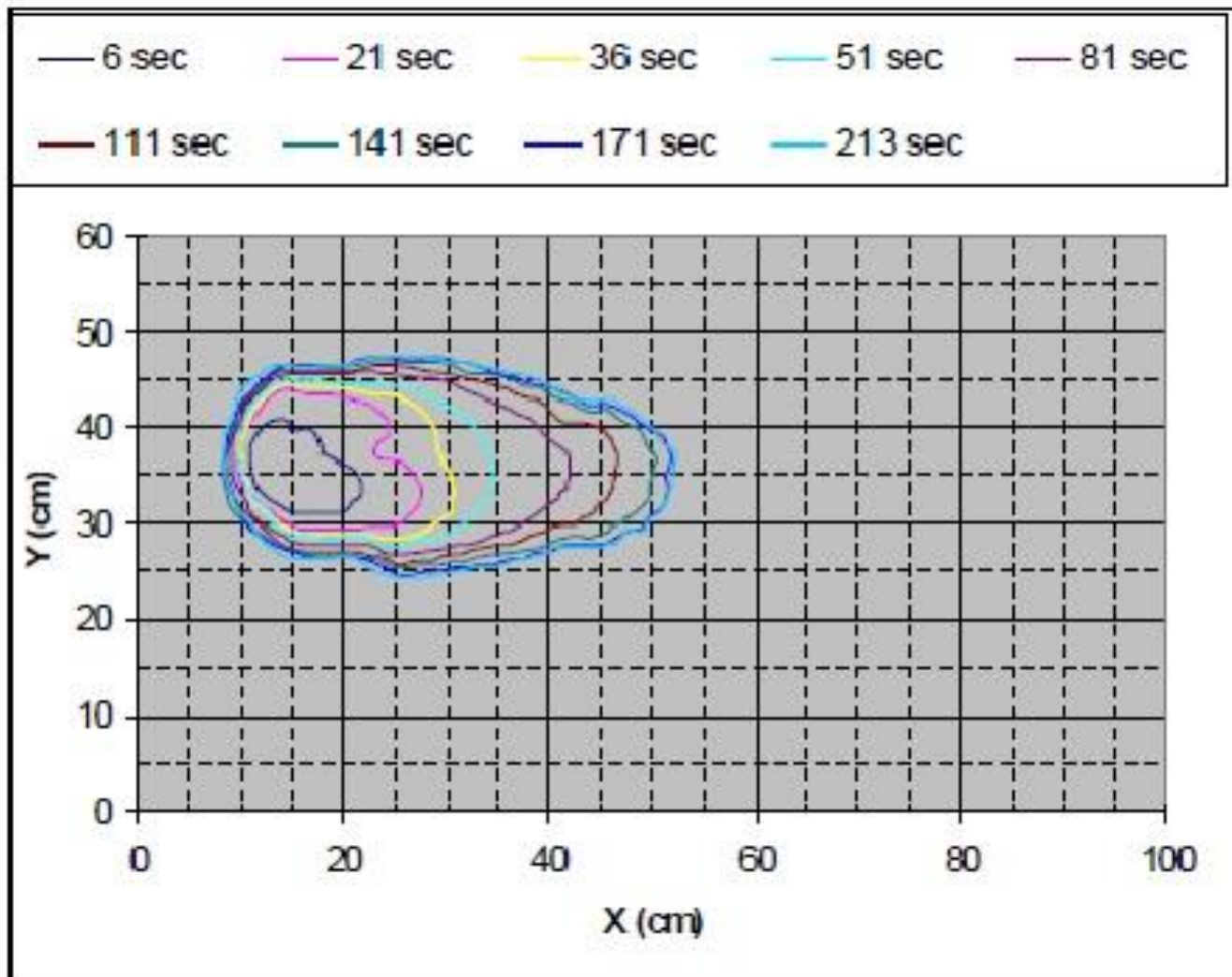
**Рисунок 3.2.** Пролитие антифриза на песке с быстрым потоком 400 мл. Наклон - 4.8 градуса.



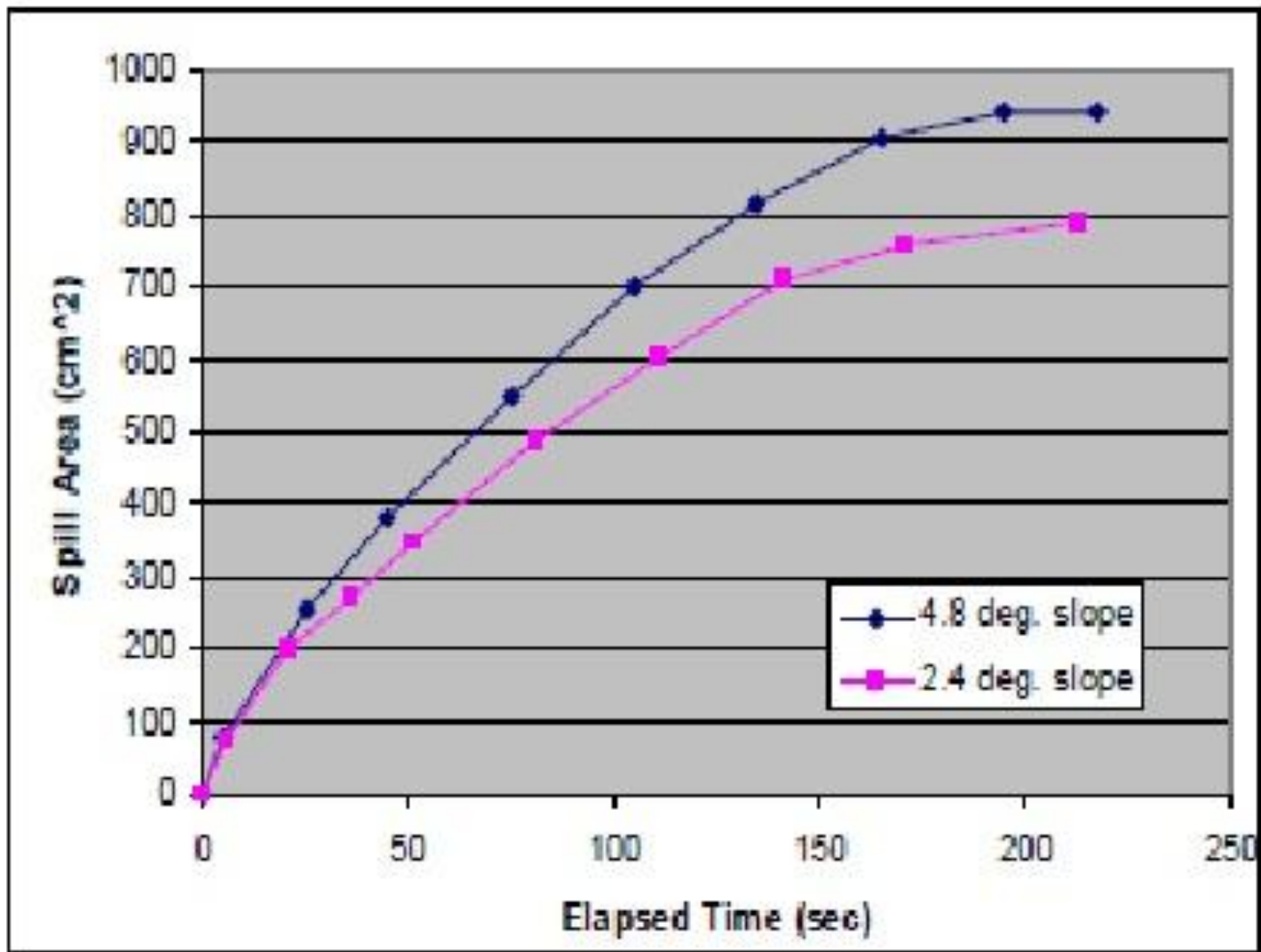
**Рисунок 3.3.** Разлив нефти на Глине быстрым потоком 400 мл. Наклон - 2.4 градуса. Поток длится 11 секунд.



**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:

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

Проницаемость

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

Где, жидкости:

$k$  = проходимость (см<sup>2</sup>)

$\rho$  = плотность жидкости (грамм/мл)

$g$  = ускорение силы тяжести

$\mu$  = динамическая вязкость жидкости (балансируют = 1 gm/cm-sec)

$\phi$  = 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  $\sigma$  - поверхностное натяжение жидкости

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



Пористость:

$$\phi_a = \phi - \theta_w$$

Где

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

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

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

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

Когда присутствует только вода,  
общая плотность:

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

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

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

(A.1)

# 1 . Решение для постоянной высоты жидкости

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

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

Интегрируя получаем:

$$\eta - \ln(\eta + 1) = \tau. \quad (\text{A.3})$$

Когда  $\eta$  мало относительно 1, последовательное разложение в ряд Тэйлора используется, чтобы получить важное приближение

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

ИЛИ

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

## 2 Постоянное начальное значение высоты с постепенным уменьшением

$$S_0 = h_0 + \phi \cdot z_0 = h + \phi \cdot z \quad (\text{A.6})$$

Уравнение проникновения может тогда быть написано в виде:

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



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

интегрируя

$$\int_{\eta_0}^{\eta} \frac{\eta}{\eta + 1} d\eta = \tau \quad (\text{A.8})$$

получим следующее решение

$$\eta - \ln(\eta + 1) - \tau_0 = \tau \quad \tau_0 = \eta_0 - \ln(\eta_0 + 1) \quad (\text{A.9})$$

Особый случай, когда  $\phi$  приближается к 1. Тогда

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

который дает

$$z^2 = \frac{2 \cdot K \cdot S_0}{\phi} \cdot t \quad (\text{A.11})$$

Конец

тут можно добавить еще примеры