

**XV ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-ШКОЛА
МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ"**



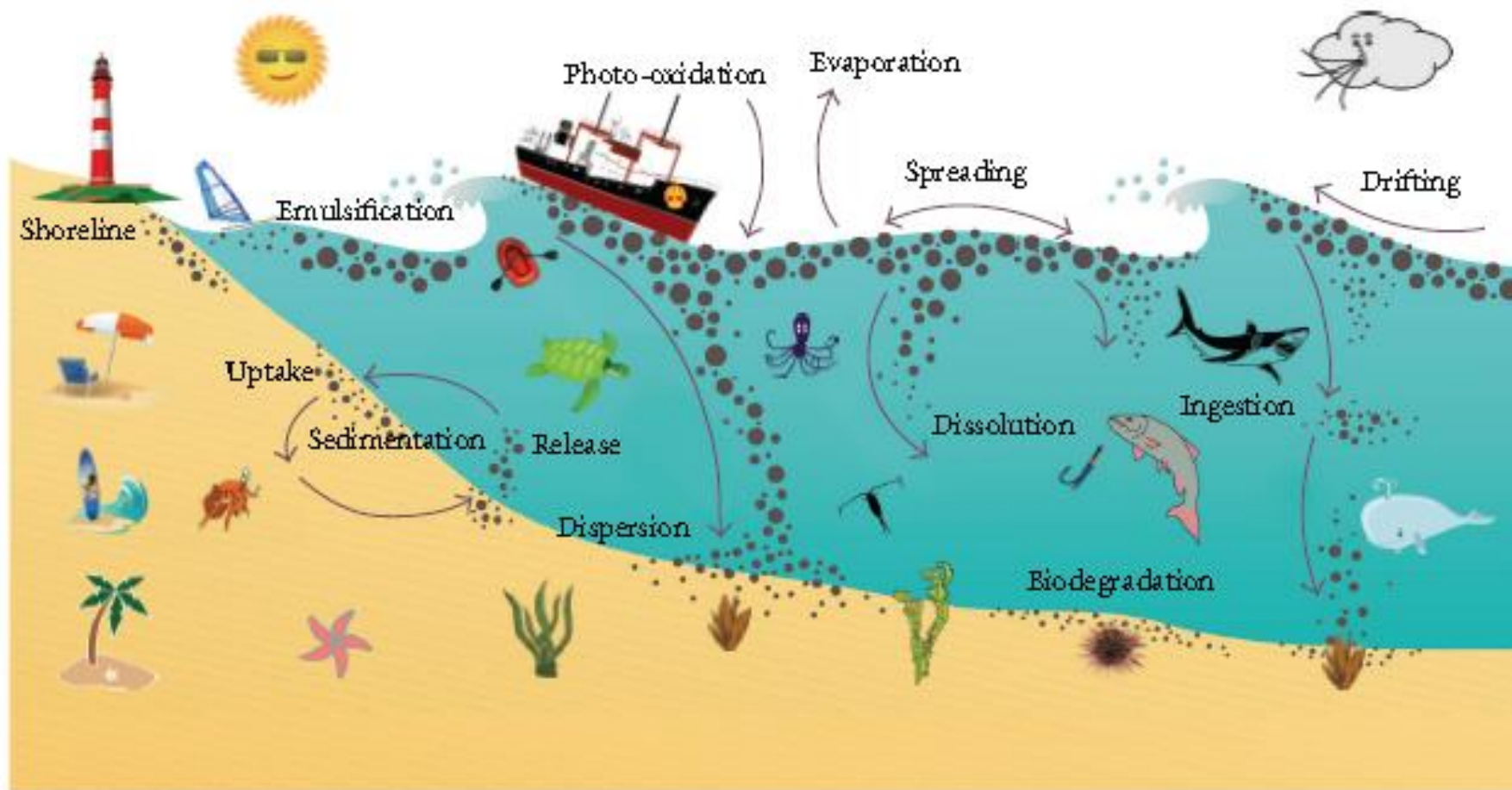
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСТЕКАНИЯ И
ДРЕЙФА НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДОЕМОВ**

Шабас И.Н.
ЮГИНФО РГУ, Ростов-на-Дону

Модель распространения нефтяного загрязнения в Кеченском проливе в ноябре 2007года



Распространение нефти в водоеме

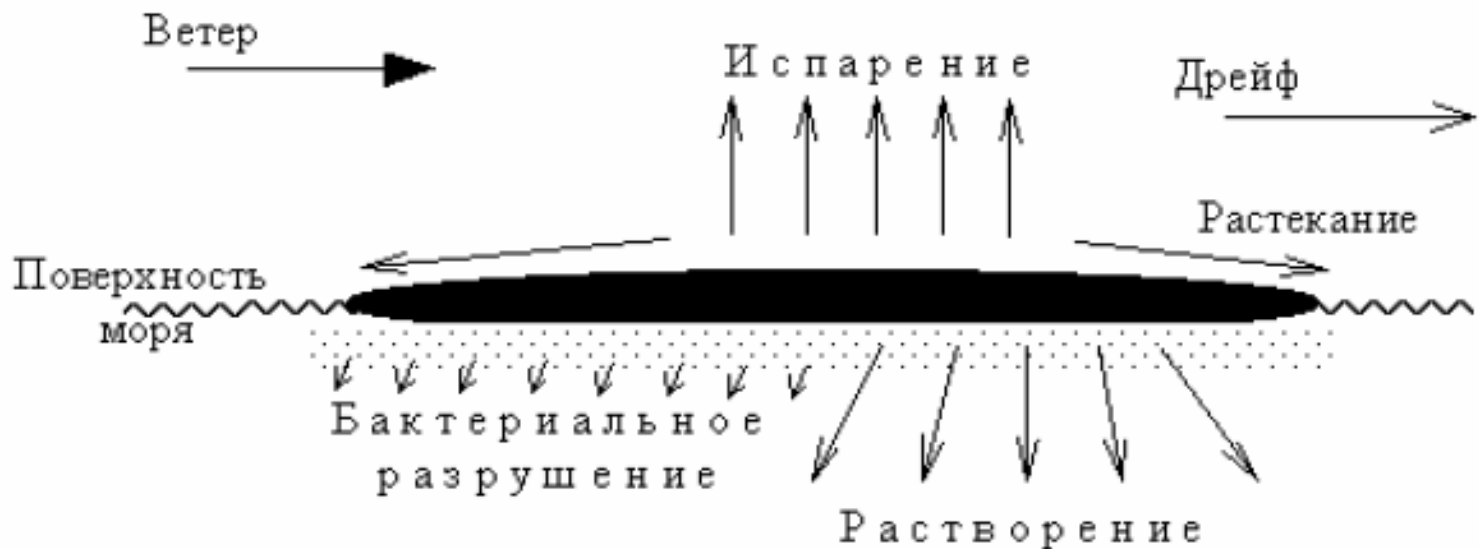


Факторы, влияющие на распространение нефти в водоеме

- ▶ **Физико-химические свойства нефти:**
 - ▶ температура кипения фракций,
 - ▶ их плотность,
 - ▶ их вязкость
- ▶ **Внешние условия окружающей среды:**
 - ▶ ветровая ситуация,
 - ▶ температура воздуха
 - ▶ температура вод водоема,
 - ▶ наличие в водоеме нефтеокисляющих бактерий,
 - ▶ соленость водоема,
 - ▶ солнечной радиации и.т.п.

Процессы распространения нефти

- ▶ Растекание
- ▶ Деструкция
- ▶ Дрейф



Режимы растекания нефти по поверхности водоема

1. Инерционный

$$R = K_i \sqrt[4]{(\Delta \cdot g \cdot V \cdot t^2)}.$$

2. Гравитационно-вязкий

$$R = K_v \sqrt[6]{\left(\frac{\Delta \cdot g \cdot V^2 \cdot \sqrt[3]{t^2}}{\sqrt{\nu_E}}\right)}.$$

3. Режим поверхностного натяжения

$$R = K_t \sqrt[4]{\left(\frac{\sigma^2 \cdot t^3}{\rho_E^2 \nu_E}\right)}.$$

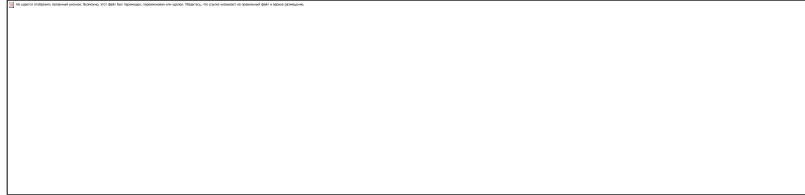
$\Delta = \frac{\rho_E - \rho_H}{\rho_E}$ - относительная плотность воды, ν_E - кинематическая вязкость воды

$$K_i = 1,14; K_v = 1,45; K_t = 2,30$$

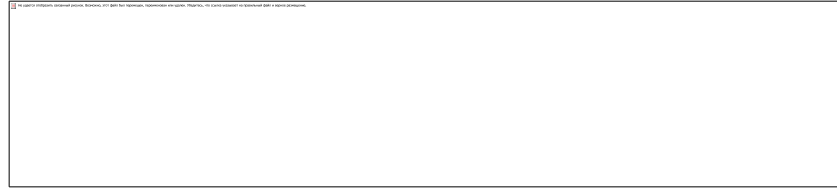
J.A.Fay "The spread of oil slicks on a calm sea" In: Oil on the sea, Plenum Press. - New-York, 1969, p.53-63.

Режимы растекания нефти по поверхности водоема

1. Инерционный



2. Гравитационно-вязкий



3. Режим поверхностного натяжения



Карабалин У.С. Методы ликвидации и предупреждения аварийных ситуаций при освоении месторождений углеводородного сырья. Монография. Алматы, 2008, 185с.

Режимы растекания нефти по поверхности водоема

Инерционный → Гравитационно-вязкий

$$\delta = \sqrt{v \cdot t.}$$

Гравитационно-вязкий → Режим поверхностного натяжения

$$h = \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})}}.$$

Прекращение растекания

$$\sigma = \sigma_{\text{в/в}} - \sigma_{\text{н/в}} - \sigma_{\text{в/н}}$$

Карабалин У.С. Методы ликвидации и предупреждения аварийных ситуаций при освоении месторождений углеводородного сырья. Монография. Алматы, 2008, 185с.

- ▶ 8 Т. Сериков, Б.Б. Оразбаев, Ш.К. Коданова Математическое моделирование аварийных нефтяных загрязнений на акватории моря

Деструкция

- ▶ Испарение
 - ▶ Образование эмульсий «вода в нефти», «нефть в воде»
 - ▶ Растворение
 - ▶ Биоразложение
 - ▶ Изменения температурного режима
 - ▶ Волнение моря
-



- ▶ Уменьшение массы нефти
- ▶ Увеличение плотности и вязкости нефти

Дрейф

- ▶ Воздействие ветра
- ▶ Течение
- ▶ Поверхностное волнение

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \bar{\nabla}(h\bar{v}) - \bar{\nabla}(D\bar{\nabla}h) = R_h,$$

$$\bar{v} = \left(u_x + \frac{\tau_x^w}{C_f}, u_y + \frac{\tau_y^w}{C_f} \right),$$

$$D = \frac{gh^2(\rho_w - \rho_{oil})}{\rho_w C_f},$$

h – толщина нефти, v – скорость дрейфа пленки, $\frac{\tau_x^w}{C_f}$ – сдвиговое ветровое напряжение, D – функция диффузии распространения пятна нефти, C_f – коэффициент трения между нефтяной пленкой и поверхностью воды

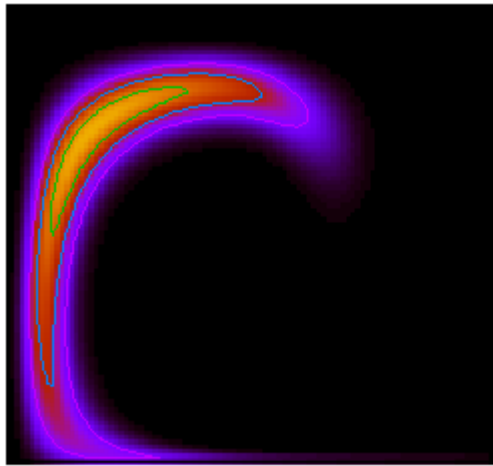
Граничные и начальные условия

- ▶ Начальное распределение

$$h|_{t=0} = \frac{V}{\pi R^2}$$

- ▶ На твердой непроницаемой боковой границе ставятся граничные условия непротекания:

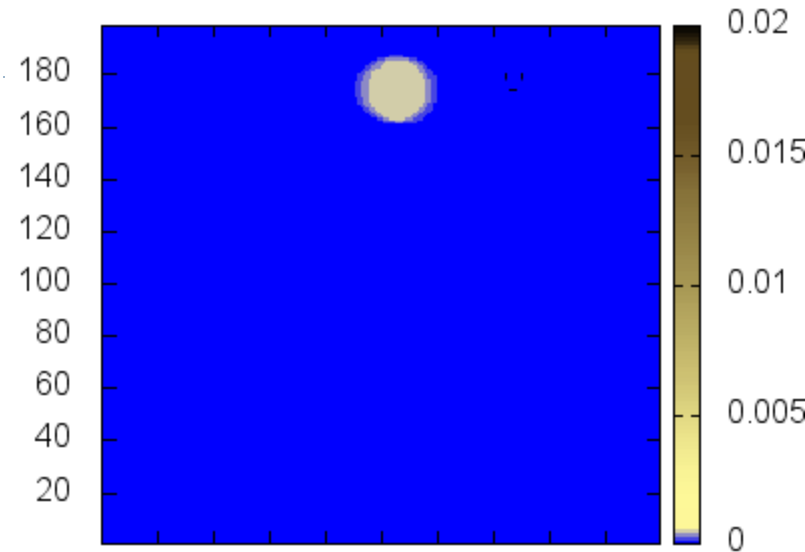
$$\left. \frac{\partial h}{\partial n} \right|_{\Gamma_0} = 0$$



20 40 60 80 100 120 140 160 180

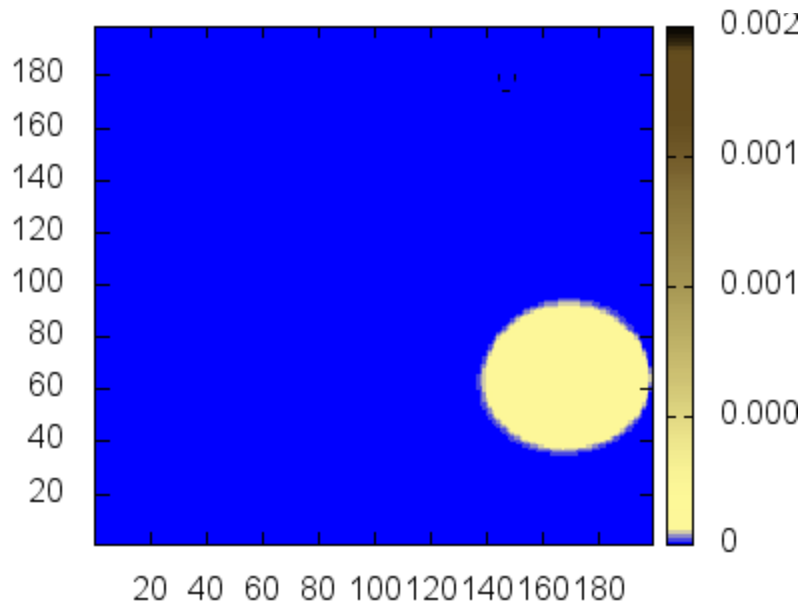
180
160
140
120
100
80
60
40
20

* Slick *



20 40 60 80 100 120 140 160 180

* Slick *



20 40 60 80 100 120 140 160 180

Спасибо за
внимание!

