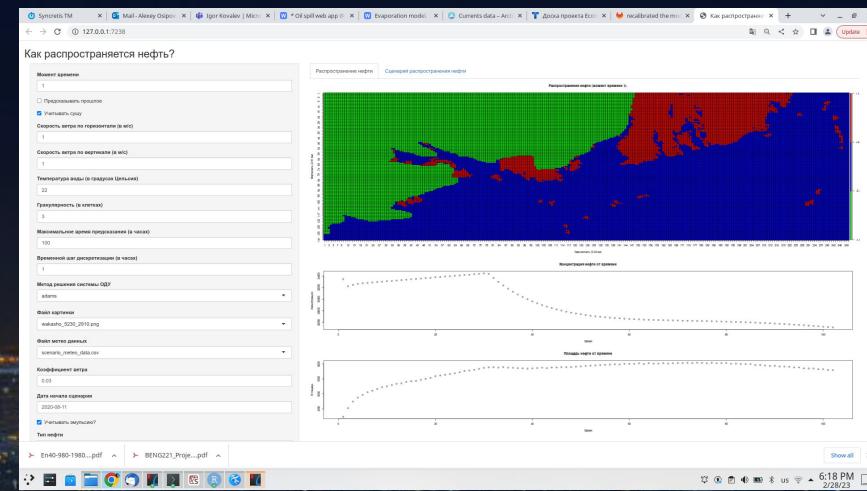


# Моделирование поведения нефтяного пятна.

Алексей Осипов, Синкремис, 28.04.2023



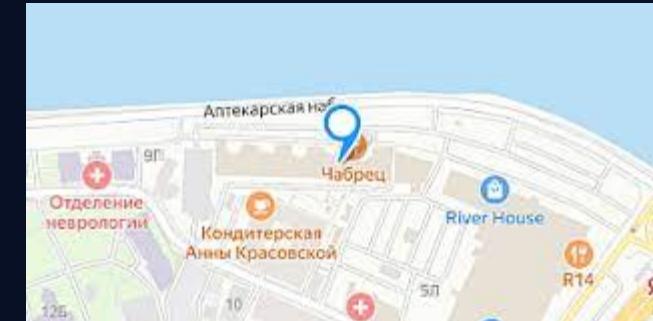
# Про меня.

- 2007-2010, БК “Марафон”, дата саентист.
- ноябрь, 2010, к.ф.-м.н., динамические системы.
- 2010-2014, лаборатория Чебышёва (СПбГУ), Free University Berlin, Centro di Giorgi (SNS Pisa), постдок, динамические системы.
- 2014-2018, ИФ “ОЛМА”, квонт, дата саентист.
- 2018-по н.в., Синкетис, Swiss Re, старший математик-программист, дата саентист, скрам-мастер.



# Про Синкретис.

- ИТ-компания, работающая с 1998 года.
- Санкт-Петербург и Томск, около 80 человек (максимум 220).
- Продуктовая и заказная разработка.
- Профиль: страхование, сельское хозяйство, экология, математическое моделирование, data science.
- Продукты: SGP, MathSync, AgroSync, DataSync, RiskMarket.
- Сотрудничество с Swiss Re, Allianz, Conzylum, ТГУ, НИИФ СПбГУ, ВСЕГЕИ им. Карпинского, РНПК, ...



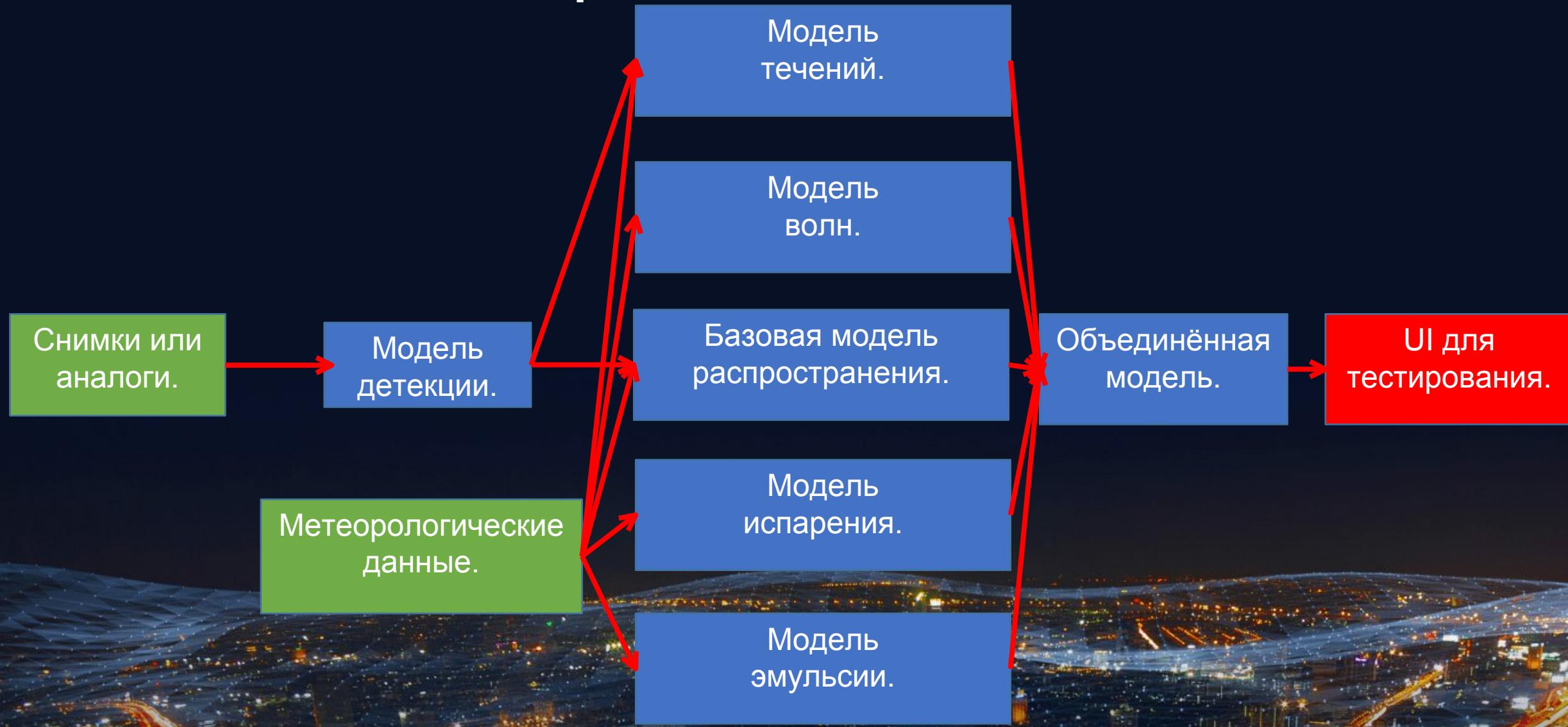
# Бизнес постановка задачи.

Как представитель МЧС, я хочу иметь возможность:

- обнаруживать нефтяное пятно,
- смотреть, как пятно может распространяться со временем,
- смотреть, как на поведение пятна влияют разные параметры,
- совершать прогнозирование прошлого.



# Общая схема решения.



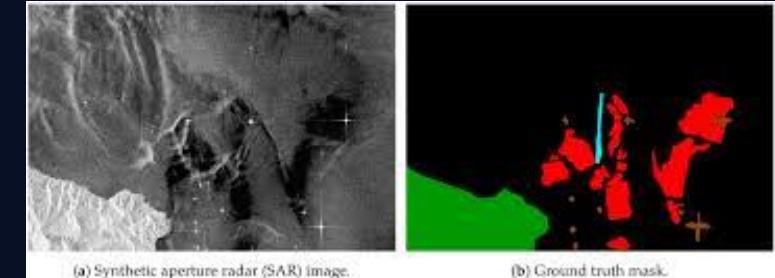
# Текущая ситуация, в целом.

1. Задача детекции в целом решена.
2. В задаче распространения нет хорошего решения:
  - есть open source решения, есть закрытые решения
  - Эйлерова формулировка ( пятно как единое целое),
  - Лагранжева формулировка ( пятно как набор частиц).



# Данные для детекции.

- Датасет для исследовательских учреждений, который я не мог использовать:  
<https://m4d.iti.gr/oil-spill-detection-dataset/>
- Мой датасет: weak labelling  
(эвристики и кластеризация)  
для данных Maxar.



# Модель детекции.

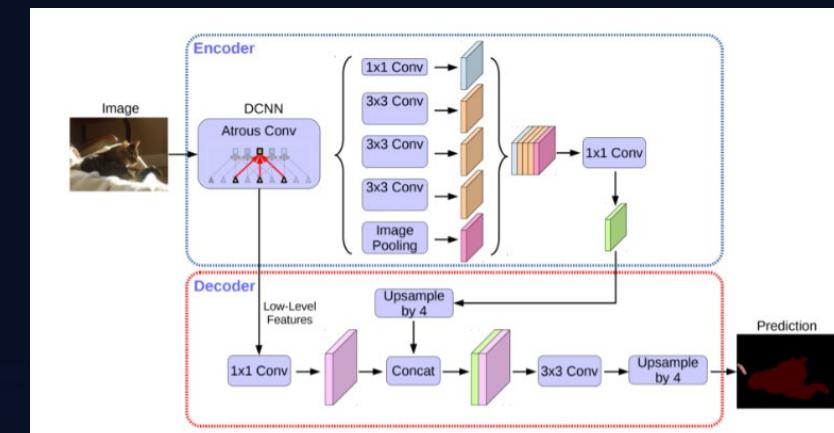
- Лучшие модели из статей Krestenitis et al:

1. DeepLabV3+ с ResNet101
2. DeepLabV3+ с MobileNetV2
3. UNet

- Моя модель детекции:

DeepLabV3+ с ResNet50

- Mean IoU порядка 0.65, и там, и там.

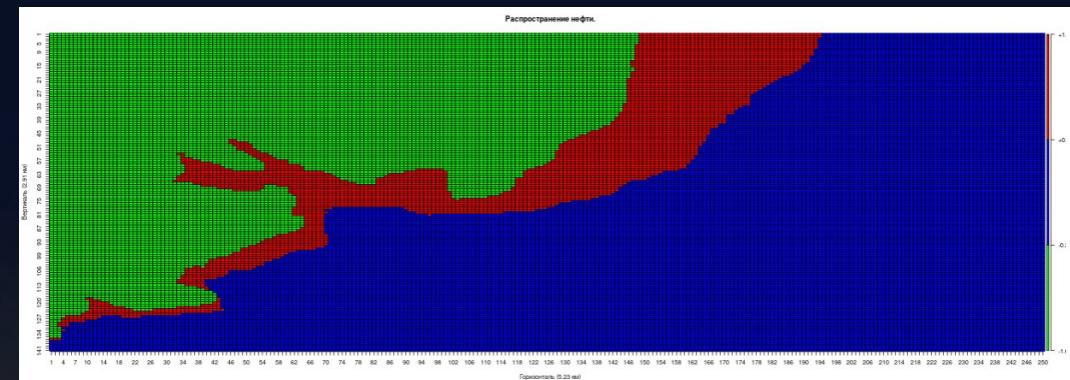
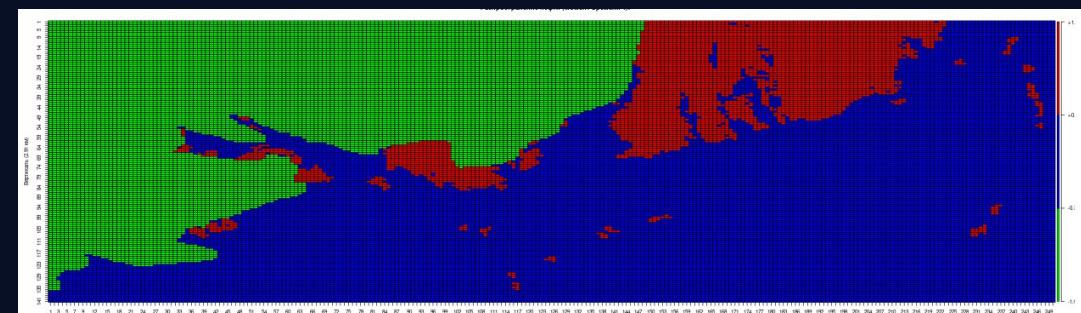


# Входные параметры распространения.

Входные данные:

- Скорость ветра (вектор).
- Температура воды  
(для коэффициента диффузии)
- Данные о пятне и о суше.
- Данные о времени.

Динамическая система.



# Базовая модель распространения.

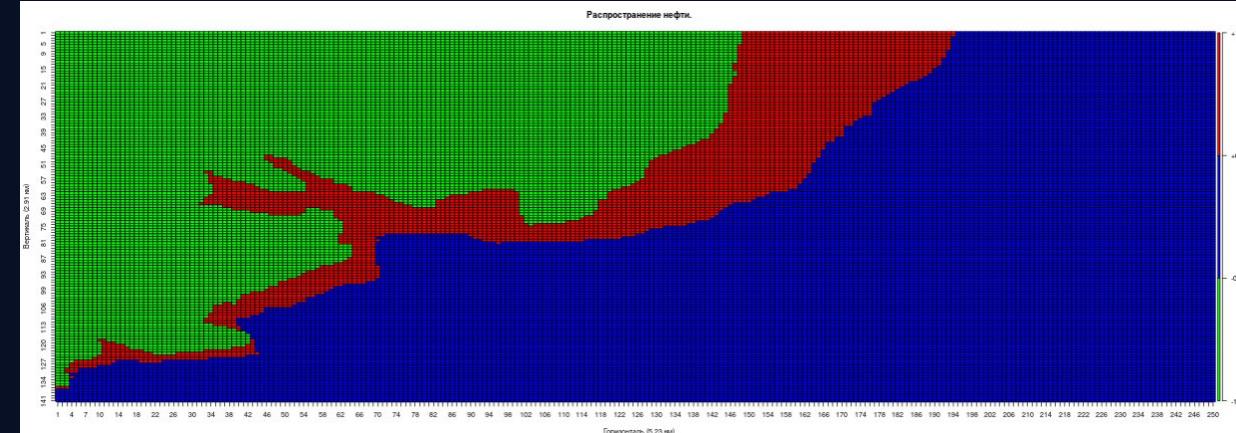
- Уравнение адвекции-диффузии на концентрацию.
- Границные условия соответствуют обнаруженному пятну.
- Дискретизация и сведение к системе ОДУ.
- Решение системы ОДУ методом Адамса.
- Модель взята из работы Duran et al.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla C = \nabla \cdot (\kappa \nabla C)$$



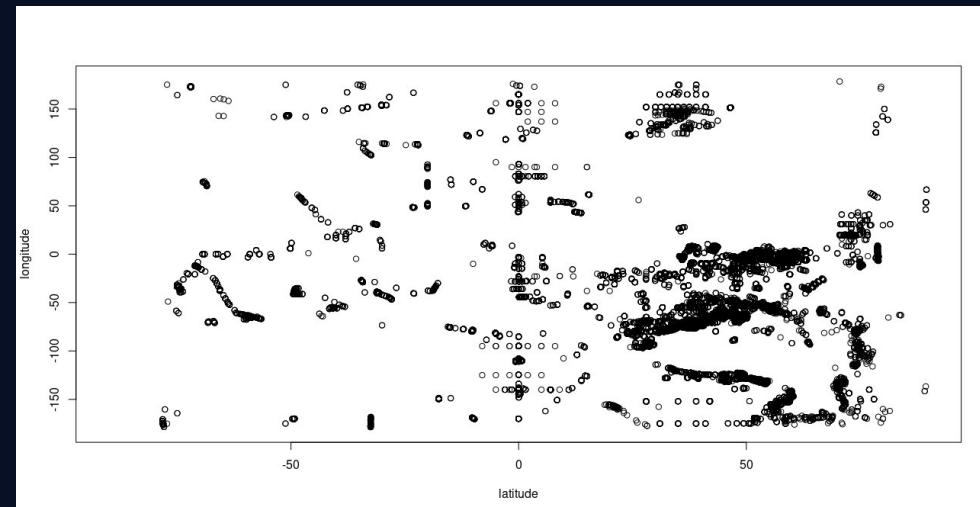
# Базовая модель: особенности.

- Скорость ветра может зависеть от времени и от координаты.
- Учёт суши проводится отдельным скриптом.
- Обратная задача у модели вообще говоря не разрешима, у приближения разрешима.



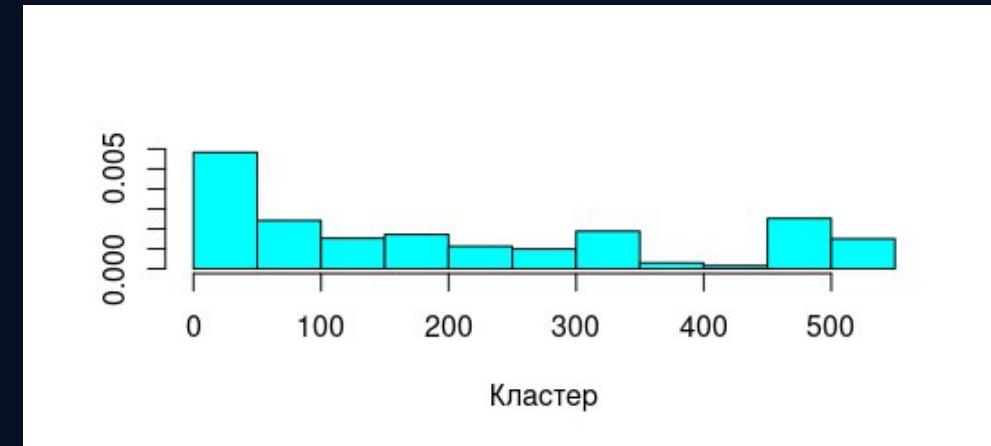
# Модель течений, данные.

- Данные о течениях Woods Hole Oceanographic Institution.
- Короткие временные ряды.
- Зависимость от пространства.
- Годовая нарезка.



# Модель течений, прогноз.

- Компоненты решения:  
эвристики,  
HDBSCAN, SMA, EMA, Catboost, VAR.
- Модель: блендинг  
HDSCAN-based модели, EMA, VAR.
- MAPE порядка 0.45.
- Приближение точки  
усреднением по кластеру  
при прогнозировании.



# Модель волн.

- SMB Model (Sverdrup, Munk and Bretschneider)
  - Empirical model based on 1) Wind speed 2) Fetch length
  - Assumptions
    - Duration of wind blowing along one direction is long enough to attain the equilibrium condition
    - Wind speed and water depth are spatially uniform over the fetch

$$H_s = 0.283\alpha \frac{W_s^2}{g} \tanh\left(\frac{0.0125}{\alpha} \left(\frac{gF}{W_s^2}\right)^{0.42}\right)$$

$$\alpha = \tanh\left\{0.53\left(\frac{gH}{W_s^2}\right)^{0.75}\right\}$$

$$T_p = 7.54\beta \frac{W_s}{g} \tanh\left(\frac{0.077}{\beta} \left(\frac{gF}{W_s^2}\right)^{0.25}\right)$$

$$\beta = \tanh\left\{0.833\left(\frac{gH}{W_s^2}\right)^{0.375}\right\}$$

$H_s$  : Wave Height,  $T_p$  : Wave Period,  $H$  : Water Depth,  $W_s$  : Wind Speed,  $F$  : Fetch Length



# Модель испарения.

- Коэффициент переноса массы.
- Концентрация нефти.
- Скорость ветра.
- Площадь поверхности водоёма.
- Число Шмидта.
- Модель взята из работы Fingas.

$$E = K \ C_s \ U^{7/9} \ d^{-1/9} \ Sc^{-r}$$



# Модель эмульсификации.

- Эмульсификация или смешивание.
- Коэффициент эмульсии.
- Скорость ветра.
- Характеристика нефти.
- Модель взята из работы Aghajanloo et all.

$$\frac{dF_{wc}}{dt} = K_{wc} (U_{wind} + 1)^2 \left( \frac{1 - F_{wc}}{OC} \right)$$



# Модель вертикального транспорта.

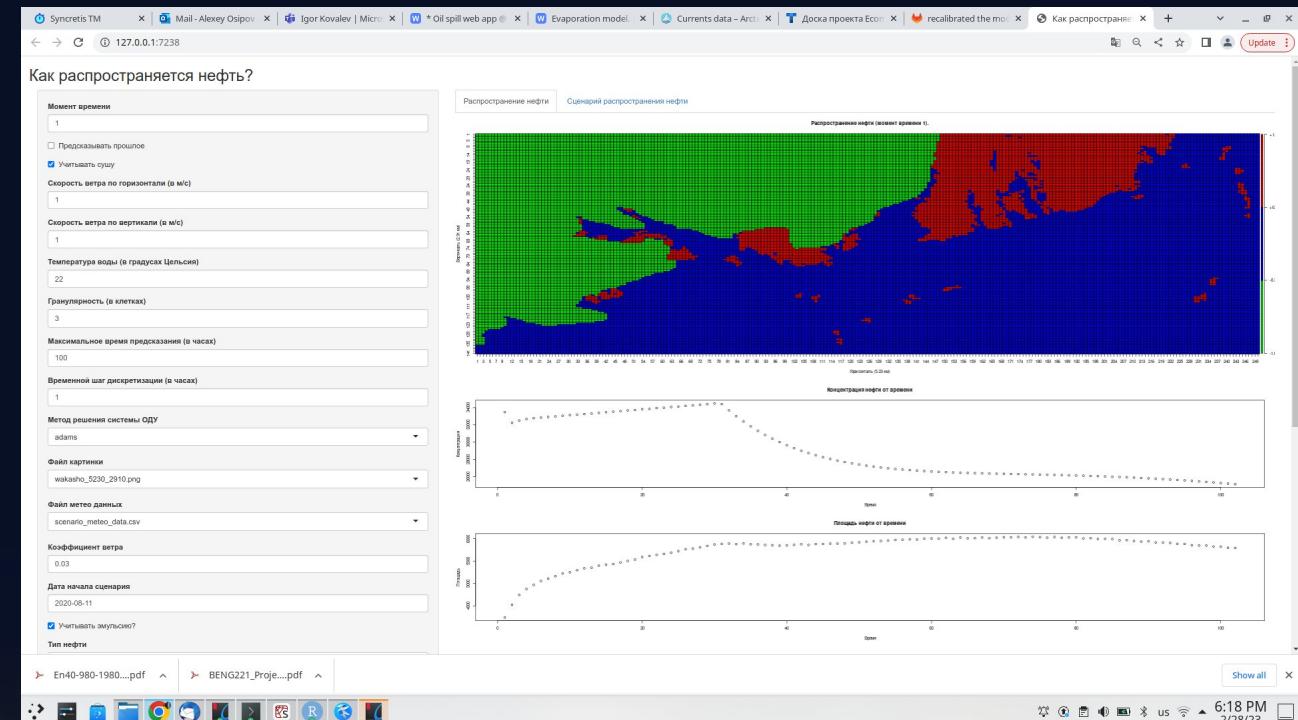
- Нефть погружается на дно, а потом всплывает.
- Трёхмерное обобщение базовой модели.
- Технически решается также.
- Модель взята из работы Aghajanloo et all.
- Проблема с начальными условиями.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial((-w_b)C)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_h \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_h \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(D_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) \pm S$$

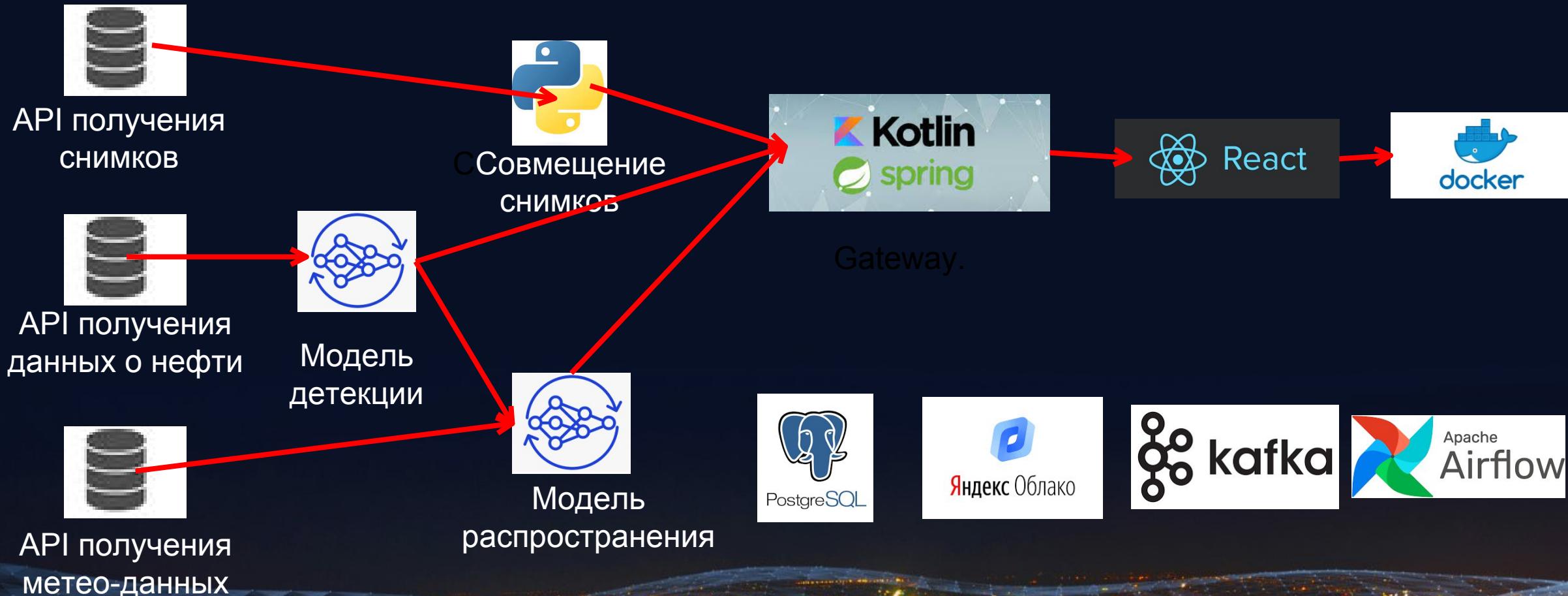


# Два режима работы.

- Индивидуальный режим.
- Режим сценария с историческими данными.



# Схема для продажи.



# Преимущества решения.

- Присутствуют модели и детекции и распространения.
- Модель распространения уже достаточно сложна и достаточно гибка, чтобы учитывать любые дополнительные факторы.
- Эйлерова формулировка в модели распространения, в отличие от Лагранжевой формулировки в большинстве других решений.
- В DS задачах используются лучшие модели для имеющихся данных, если качество данных возрастёт, то результаты моделей ещё улучшатся.
- Есть возможность валидации на исторических событиях.



# Спасибо за внимание!



- Моя страничка:  
[sites.google.com/site/osipovav39/](http://sites.google.com/site/osipovav39/)
- Мой рабочий e-mail:  
[alexey.osipov@syncretis.ru](mailto:alexey.osipov@syncretis.ru)
- Сайт компании:  
[syncretis.com/ru](http://syncretis.com/ru)
- E-mail компании:  
[info@syncretis.ru](mailto:info@syncretis.ru)

