

**Руководство пользователя**

**программного обеспечения**

**«OilSync»**



Содержание.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.............................................................3

1.1. Возможности системы.............................................................3

1.2. Системные требования...................................................................3

2. ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ.................................................................4  
2.1. Постановка задачи детекции.........................................................4

2.2. Модель детекции нефти.................................................................4

2.3 Модель детекции суши....................................................................4

2.4. Постановка задачи распространения............................................5

2.5. Базовая модель распространения..................................................5

2.6. Модель течений..............................................................................5

2.7. Модель волн....................................................................................6

2.8. Модель эмульсификации...............................................................6

2.9. Модель испарения...........................................................................7

2.10. Модель вертикального транспорта.............................................7

3. ОПИСАНИЕ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ......................................8

3.1. Основные параметры......................................................................8

3.2. Технические параметры...............................................................10

3.3. Параметры файлов с данными.....................................................11

3.4. Параметры эмульсии....................................................................13

3.5. Параметры испарения...................................................................13

3.6. Параметры волн............................................................................14

3.7. Параметры течений.......................................................................14

3.8. Параметры вертикального транспорта.......................................15

4. ОПИСАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ...............................................16

4.1. Индивидуальный режим..............................................................16

4.2. Режим сценария............................................................................17

5. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.............................19



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

1.1. Возможности системы.

**OilSync** — это программное обеспечение, позволяющее моделировать разливы нефтяных пятен по спутниковым снимкам высокой точности.

Обеспечиваются следующие функциональные возможности:

* Возможность моделирования распространения нефтяного пятна на заданный момент времени в будущем в зависимости от различных управляющих параметров.
* Возможность моделирования распространения нефтяного пятна на заданный момент времени в прошлом в зависимости от различных управляющих параметров.
* Возможность учёта суши при моделировании.
* Возможность моделирования распространения нефтяного пятна в режиме сценария с метеорологическими данными из файла с прогнозом как будущего, так и прошлого.
* Возможность визуализации обеих компонент скорости ветра в режиме сценария.
* Возможность автоматической детекции нефтяного пятна и суши.
* Возможность учёта течений, волн, эмульсификации, испарения, вертикального транспорта при моделировании нефтяного пятна.

1.2. Системные требования.

Для стабильной и эффективной работы OilSync рекомендуется использовать устройство, обладающее следующей конфигурацией:

* операционная система (OS): Linux, Windows 7-11, MacOS;
* браузер: Chrome 100+, Firefox 102+, Safari 15+, Internet Explorer 11+, Microsoft Edge 20+



2. ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ.

2.1. Постановка задачи детекции.

Задачей модели является определение на данном снимке нефтяного пятна и суши. Модель принимает на вход снимок, применяет к нему модели машинного обучения, красит нефть красным, сушу зелёным. Далее такие маски передаются модели распространения.

Модель детекции можно включать или выключать через UI по желанию пользователя (если на снимке уже отмечены нефть и суша, то не имеет смысла запускать модель детекции).

2.2. Модель детекции нефти.

Модель детекции нефти реализована на основе DeepLabV3+ с ResNet50 в качестве backbone. Файл модели достаточно велик, поэтому он хранится отдельно от образа модели. Модель обучалась на данных, полученных с помощью weak labeling из открытых данных Maxar (https://www.maxar.com/open-data/mauritius-oil-spill).

Методика построения модели детекции взята из статьи **Krestenitis et al, [1].** Там авторы решают задачу детекции нефти на снимках другого типа (радарных снимках).

2.3. Модель детекции суши.

Модель детекции суши реализована на основе эвристик (подсчёт статистик по цветам пикселей). Похожие идеи использовались при создании данных для обучения модели детекции.



2.4. Постановка задачи распространения.

Задачей распространения является моделирование разлива нефти на снимке с учётом суши в зависимости от различных параметров. Кроме того, в задачу распространения входит прогнозирование прошлого нефтяного пятна.

Помимо базовой модели распространения у пользователя есть возможность включать и выключать дополнительные модели в зависимости от того, какие факторы небходимо учесть.

2.5. Базовая модель распространения.

Базовая модель распространения построена на основе уравнения адвекции-диффузии. Коэффициентами уравнения адвекции-диффузии являются вектор скорости ветра и коэффициент диффузии, который определяется по температуре. В общем случае эти коэффициенты могут меняться со временем, и быть разными для различных точек пространства. Базовая модель основывается на статье **Duran et al, [2].**

Уравнение адвекции-диффузии решается численными методами: сначала происходит дискретизация и сведение уравнения в частных производных к системе обыкновенных дифференциальных уравнений высокого порядка, а потом происходит решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений численным методом. У пользователя есть возможность выбора метода решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Пользователь не может отключить базовую модель.

2.6. Модель течений.

Модель основанна на применении методов моделирования временных рядов к открытому датасету течений (https://www2.whoi.edu/site/aomip/data/validation-data/currents-data/). Итоговая модель является блендингом эвристической взвешенной модели, EMA-



модели и VAR-модели. Кроме того, при подготовке данных и применении модели используется кластеризация на основе HDBSCAN.

Результатом этой модели является вектор скорости течений, который с некоторым весом добавляется к вектору скорости ветра в уравнении адвекции-диффузии.

По умолчанию модель течений включена, но при необходимости пользователь может её отключить.

2.7. Модель волн.

Модель волн является вариацией классической SMB-модели, задаваемой явной формулой.

Результатом этой модели является вектор скорости волн, который с некоторым весом добавляется к вектору скорости ветра в уравнении адвекции-диффузии.

По умолчанию модель волн включена, но при необходимости пользователь может её отключить.

2.8. Модель эмульсификации.

Под эмульсификацией подразумевается процесс смещивания нефти с водой. Модель эмульсификации основывается на решении обыкновенного дифференциального уравнения, в котором одним из коэффициентов является скорость ветра. Модель взята из работы **Aghajanloo et al, [3].**

Эта модель используется после применения базовой модели распространения для прореживания результатов её работы (уменьшения объёма разлитой нефти с целью поправки на эмульсификацию).

По умолчанию модель эмульсификации включена, но при необходимости пользователь может её отключить.



2.9. Модель испарения.

Модель испарения основывается на явной формуле, взятой из работы **Fingas, [4].** Эта модель используется после применения базовой модели распространения для прореживания результатов её работы (уменьшения объёма разлитой нефти с целью поправки на испарение).

По умолчанию модель испарения включена, но при необходимости пользователь может её отключить.

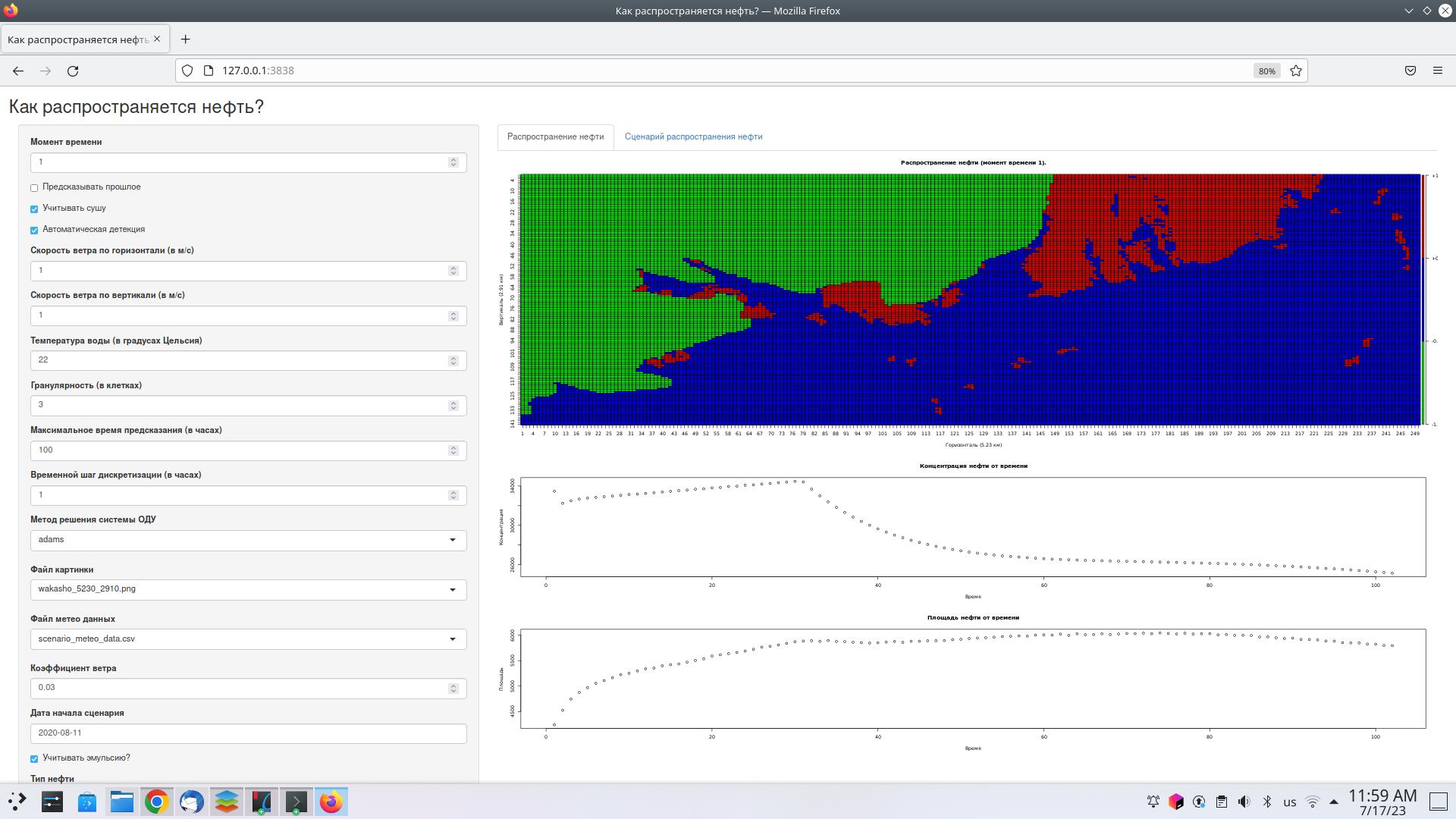
2.10. Модель вертикального транспорта.

Эта модель является трёхмерным обобщением базовой модели. Она взята из работы **Aghajanloo et al, [3]**. К сожалению, она достаточно медленная, а её результаты качественно не слишком сильно улучшают базовую модель в текущей реализации. Поэтому по умолчанию модель вертикального транспорта выключена, но при необходимости пользователь может её включить.



3. ОПИСАНИЕ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ.

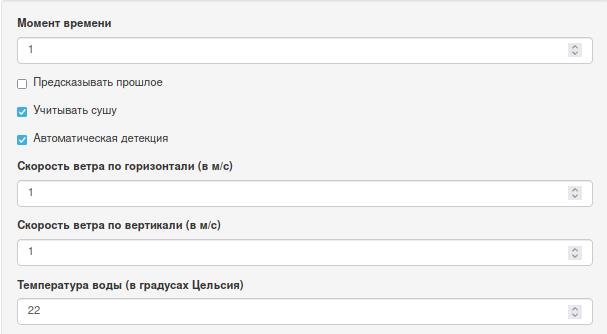
Вот так выглядит веб-приложение:



3.1. Основные параметры.

Вот список основных параметров:





Приведём здесь более подробное описание:

* **Момент времени.** Момент времени, соответствующий картинке с пятном. Значение 1 соответствует начальному положению пятна, максимальное значение можно определить, исходя из графиков концентрации или площади пятна от времени. Увеличивая момент времени, пользователь может увидеть будущее пятна. Если активировать чекбокс Предсказывать прошлое, то пользователь увидит прошлое пятна. Момент времени — это быстрый параметр, его изменение не приводит к рекалькуляции модели. При его изменении мы запускаем алгоритм, который правит картинку так, чтобы нефть не заползала на сушу. Но это достаточно быстрая операция.
* **Предсказывать прошлое.** Если чекбокс активирован, то мы предсказываем прошлое пятна, а не будущее. Для этого мы меняем знаки обеих компонент скорости и коэффициента диффузии. При

предсказании прошлого мы контролируем возможность увеличения размера пятна с помощью специального скрипта.

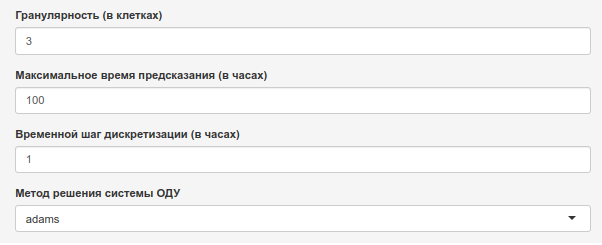
* **Учитывать сушу.** У пользователя есть опциональная возможность отключить учёт суши.



* **Автоматическая детекция.** У приложения есть возможность производить автоматическую детекцию на неразмеченных снимках. Для размеченных снимков модель детекции будет оставлять снимок без изменений.
* **Скорость ветра по горизонтали.** Скорость в горизонтальном направлении (слева направо), может принимать значения разных знаков и быть нулём.
* **Скорость ветра по вертикали.** Скорость в вертикальном направлении (сверху вниз), может принимать значения разных знаков и быть нулём.
* **Температура воды.** Температура воды используется дла нахождения коэффициента диффузии, по формуле, взятой из работы **Ao-leong et al, [5]**. Коэффициент диффузии, может принимать значения разных знаков и быть нулём. Положительное значение соответствует расширению пятна, отрицательное значение соответствует его сжатию. Коэффициент диффузии, расчитаваемый по температуре, может быть отрицательным только при прогнозировании прошлого.

3.2. Технические параметры.

Вот список технических параметров:



Приведём здесь более подробное описание:



* **Гранулярность**. Для гранулярности 10 мы склеиваем ячейки 10 на 10 в одну на исходной картинке. Чем выше гранулярность, тем быстрее

вычисление, но тем меньше уровень детализации. При значении гранулярности 10 (дефолтное значение) обычно все рассчёты проходят достаточно быстро. При значении гранулярности 3 получается очень хорошая детализация.

* **Максимальное время предсказания.** Параметр, показывающий насколько времени вперёд мы делаем прогноз. Чем меньше это число, тем быстрее вычисление, но тем меньше и количество полученной информации.
* **Временной шаг дискретизации.** Параметр, показывающий с какой частотой мы смотрим на будущее пятна. Чем больше это число, тем реже мы смотрим, и тем быстрее вычисление. Если это число увеличить, то можно проводить вычисление с большим максимальным временем предсказания**.**
* **Метод решения системы ОДУ.** Уравнение адвекции-диффузии с помощью дискретизации сводится к системе ОДУ. Соответственно под методом понимается метод решения этой системы. Дефолтным значением является **adams**, как метод показавший себя наиболее устойчивым.

3.3. Параметры файлов с данными.

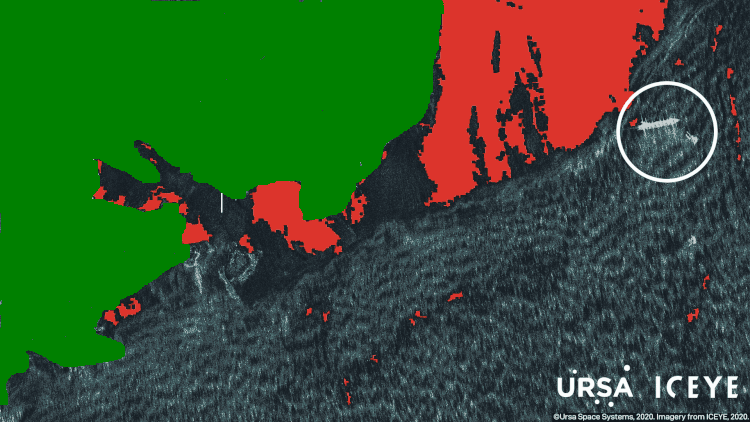
Вот список параметров файлов с данными:





Приведём здесь более подробное описание:

* **Файл картинки** -- это файл картинки, на которой нефть обозначена красным (а суша зелёным). Вот пример файла:



Неразмеченные файлы можно отличить от размеченных по фразе unlabelled.



* **Файл метео данных** -- это файл с метео данными для сценария. В нём обязательно должны присутствовать три столбца:   
  **windspeed** (скорость ветра в км/ч),   
  **winddir** (направление ветра в градусах, 0 -- это север, 90 -- это восток),   
  **datetime** (время записи в формате 1985-11-10 15:00:00).   
  Разница между 2 строками 1 час времени. Считается, что файл упорядочен по времени.
* **Коэффициент ветра** -- коэффициент, на который умножается скорость ветра из файла метео данных (не вся скорость ветра, а только её доля влияет на движение пятна).
* **Дата начала сценария**. Дата, начиная с которой (или до которой в режиме предсказания прошлого) следует брать данные из файла метео данных. Если в файле нет релевантных данных, выбрасывается сообщение об ошибке.

3.4. Параметры эмульсии.

Вот список параметров:



Приведём здесь более подробное описание:

* Флаг **"Учитывать эмульсию"** используется для включения и выключения модели эмульсии.
* **"Тип нефти"**. Поддерживаются только два типа: "лёгкая" и "тяжёлая". Они отличаются различными параметрами эмульсии.

3.5. Параметры испарения.

Вот список параметров:



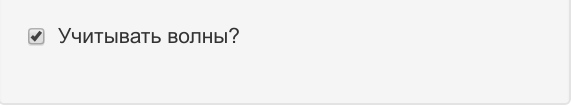


Приведём здесь более подробное описание параметров:

* Флаг **"Учитывать испарение"** используется для включения и выключения модели испарения.
* **Коэффициент переноса массы** — физический параметр, принимает значения от 0.02 до 0.05.
* **Число Шмидта** — физический параметр, принимает значения в диапазоне от 200 до 1500.
* **Эмпирический показатель** — параметр, принимающий значения от 0 до 2/3, если он 0, то выключается число Шмидта.

3.6. Параметры волн.

Вот список параметров:



Флаг **“Учитывать волны”** позволяет включать или выключать модель.

3.7. Параметры течений.

Вот список параметров:





Флаг **“Учитывать течения”** позволяет включать или выключать модель.

3.8. Параметры вертикального транспорта.

Вот список параметров:



Опишем параметры более подробно:

* Флаг **"Использовать трёхмерную модель"** применяется для включения и выключения модели. По умолчанию модель выключена, так как она на порядок медленнее двумерной модели.
* **Вязкость нефти** — технический параметр, свойство нефти.
* **Плотность нефти** — технический параметр, свойство нефти.
* **Диаметр капель нефти** — технический параметр, свойство нефти.

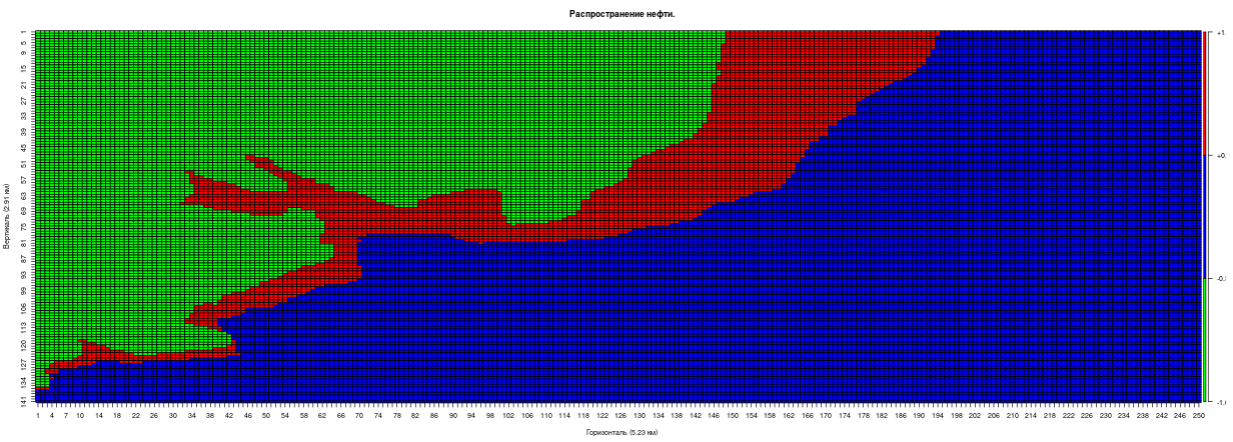


4. ОПИСАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ.

4.1. Индивидуальный режим работы.

Задачи индивидального режима работы — дать пользователю возможность прогнозировать будущее и прошлое пятна в зависимости от различных параметров. Он хорошо подходит для what-if-сценариев.

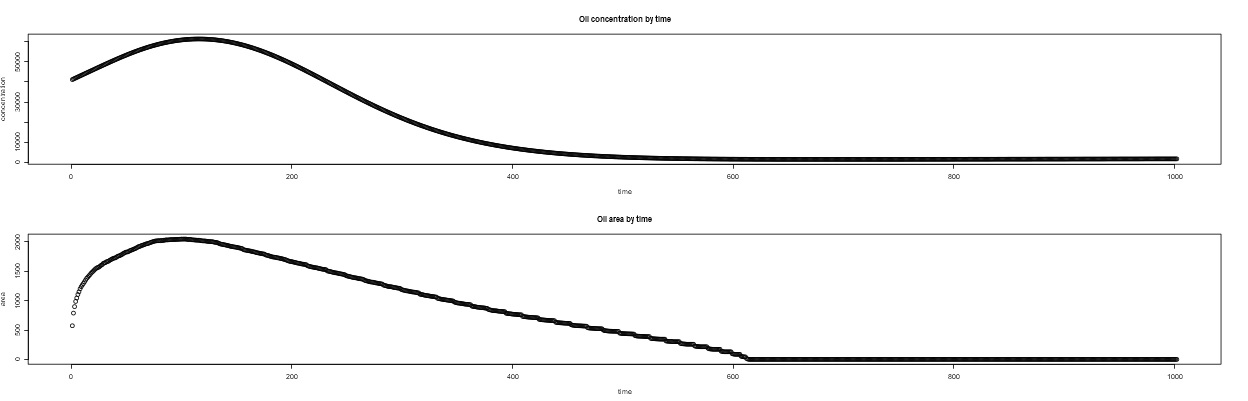
В индивидуальном режиме пользователю показывается модель пятна на требуемый момент времени:



Синим обозначена вода, красным — нефть, зелёным — суша.

Кроме того, пользователю показываются два следующих графика, позволяющие выбрать наиболее интересный момент времени для моделирования:





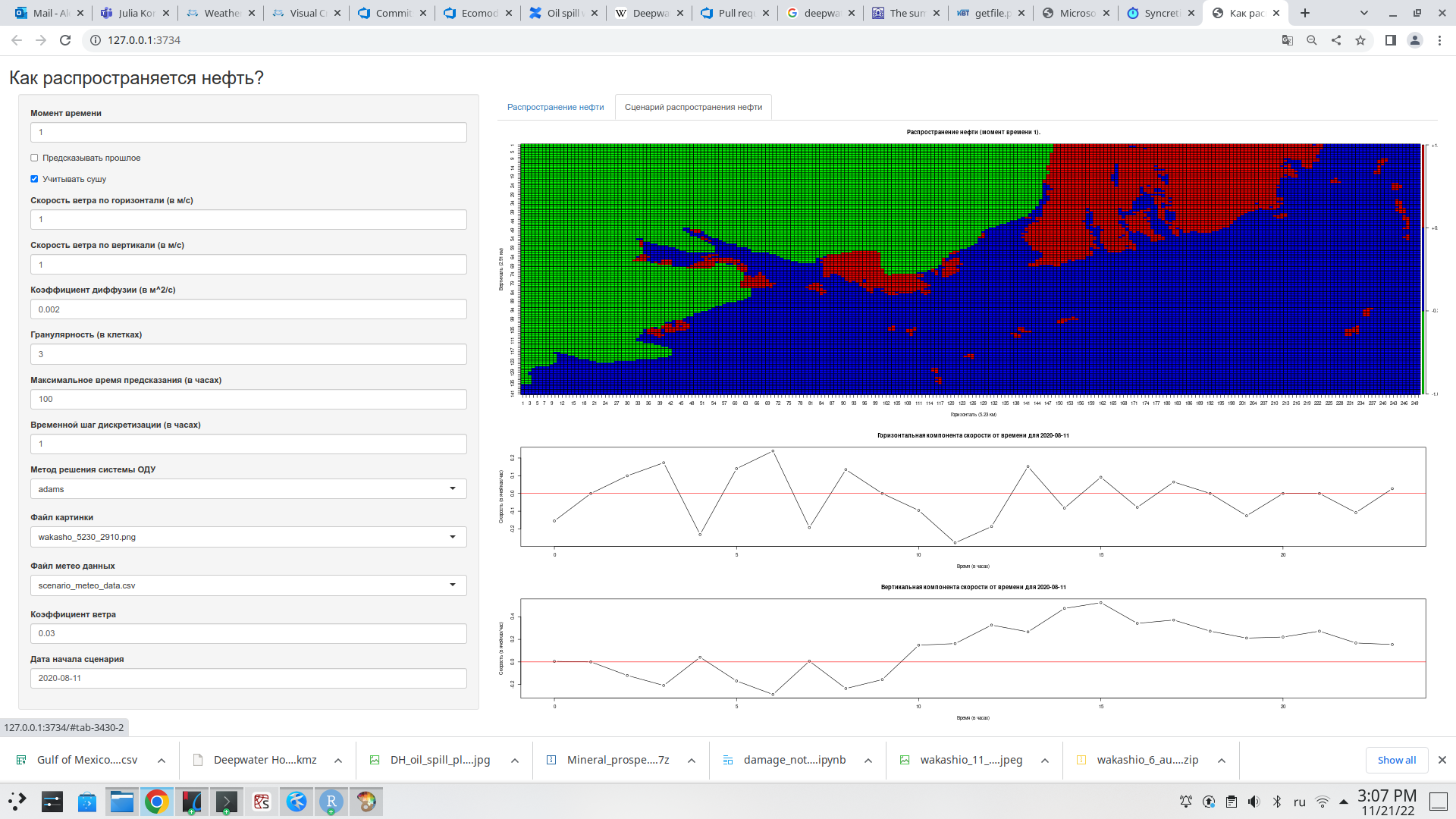
Верхний график — зависимость концентрации нефти от времени, а нижний график — зависимость площади пятна от времени.

4.2. Режим сценария.

В режиме сценария пользователю даётся возможность моделирования разлива нефтяного пятна на исторических данных, предоставляемых в виде файла с метеорологическими данными. Данный режим хорошо подходит для валидации модели.

Вот как выглядит результат работы веб-приложения в режиме сценария:





Пользователю демонстрируются 3 графика. Верхний график — график пятна при следовании данному сценарию. Этот график зависит от времени. Два нижних графика — это графики горизонтальной и вертикальной компонент скорости в ячейках/чаc (с учётом коэффициента ветра 3%). Эти графики нужны для того, чтобы лучше представлять, как будет двигаться пятно.



5. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. M. Krestenitis, G. Orfanidis, K. Ioannidis, K. Avgerinakis, St. Vrochidis, I. Kompatsiaris, Oil spill identification from satellite images using deep neural networks, 2019, Remote Sens., 11 (15), 1762.
2. R. Duran, T. Nordam, M. Serra, Chr. Barker, Horizontal transport in oil-spill modeling, 2021, Marine Hydrocarbon Spill Assessments, 59—96.
3. K. Aghajanloo, M. D. Pirooz, Three dimensional numerical modeling of oil spill behavior in marine environment, 2014, International Journal of Environmental Research, 8 (3), 779—788.
4. M. Fingas, Evaporation modeling, 2011 (1), International oil spill conference proceedings.
5. E. Ao-leong, A. Chang, St. Gu, Modeling the BP Oil Spill of 2010: a simplified model of oil diffusion in water, 2012, Engineering.