

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ ПРИ РАЗРЫВЕ НЕФТЕПРОВОДА

*Е.В. Лаухин, магистрант, В.А. Перминов, д.ф.-м. н., профессор.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

*634050, г. Томск, пр. Ленина 30, тел. (3822) 563-466*

*Email: jon2030@mail.ru*

**Аннотация:** В данной статье представлены графические данные, полученные в результате применения разработанной математической модели благодаря которой можно оценить распространения нефтяного пятна в местах переходов нефтепроводов через реку с изменением параметров окружающей среды (температуры воздуха, скорости течения, концентрации вещества, массы вещества и физических параметров водоема). С использованием данной модели полученные графики показывают зависимость изменения площади распространения нефтяного пятна от скорости течения реки и массы выброшенного загрязняющего вещества.

**Abstract:** This article presents the graphical data obtained as a result of the application of the developed mathematical model through which it is possible to estimate the spread of oil spills in the oil pipeline crossings across the river with changes in environmental parameters (air temperature, flow rate, concentration of matter, mass and physical parameters of the reservoir). Using this model, the obtained graphs show the dependence of the change in the area of the oil spill on the river flow rate and the mass of the released pollutant.

В настоящее время не разработаны достаточно эффективные способы очистки воды, особенно в случаях аварийных залповых выбросов различных веществ в водоемы. В связи с оценкой состояния водной среды, представляет интерес методы описания распространения загрязняющих примесей в водоемах. В ходе исследования была разработана математическая модель процесса тепло- и массопереноса, расчета полей скорости, температуры и концентраций загрязняющих компонент в водоеме [1]. Разработанные методы предсказания уровней распределения загрязняющих примесей, попадающих в водную среду, могут быть использованы для контроля качества речной воды, в том числе и при условии аварийных выбросов различных веществ в водоем.

В водоем загрязняющие вещества могут поступать с территории водосбора, со сточными водами, а также в результате аварийных залповых выбросов. Загрязняющие вещества могут либо растворяться в воде и затем распространяться вниз по течению, либо переносится в виде взвешенных частиц под действием течения реки. При этом последние, в некоторых случаях, могут оседать на дно реки, а затем подниматься со дна, например, при неблагоприятных метеоусловиях, когда изменяются характеристики течения [2].

В последствии рассмотрения имеющихся моделей загрязнения водной среды, в рамках механики сплошных сред построена математическая модель, основанная на решении уравнений для турбулентной диффузии. При этом учитывается конфигурация и глубина реки, ее скорость течения, температура окружающей среды, параметры источников выбросов (координаты, динамика и состав выбросов). При данном подходе имеется возможность для включения дополнительных факторов, которые необходимо учитывать при расчете загрязнения окружающей среды. С использованием законов механики сплошных сред поставлена краевая задача для описания тепло-массопереноса загрязняющих веществ в водоеме [3].

Для численного моделирования задачи по распространению нефтяного пятна в водоеме был применен алгоритм SIMPLE. Построение дискретного аналога для поставленной краевой задачи осуществлялось на основе метода контрольного объема. Полученные в результате дискретизации системы сеточных уравнений разрешались с использованием метода SIP [4].

Правильность работы программы была проверена с помощью метода введения аналитических решений. Для задания конфигурации реки использовался метод фиктивных областей, т.е. в контрольных объемах расчетной области, вне реки, были заданы и не менялись в процессе расчетов начальные значения функций, а компоненты скорости задавались равными нулю [5]. В данных расчетах результаты получены при следующих значениях глубина реки: 5 м., температура окружающей среды:  $T=300\text{K}$ , скорость течения реки:  $V=0,7\text{ м/с}$ , процентное содержание серы в нефти: 1%, масса выброшенной нефти составляет 10 тонн.

В результате численных расчетов получены распределения скорости, температуры, концентраций компонент загрязняющих примесей в различные моменты времени. При неизменной скорости течения реки равной 0,7 м/с изменили массу сброшенной нефти с 10т до 20т и в определенный момент времени приведено графическое распределение концентрации при двух сравнительных массах сброса. Ниже приведены векторные поля

Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси представлено на рисунках 1–6.

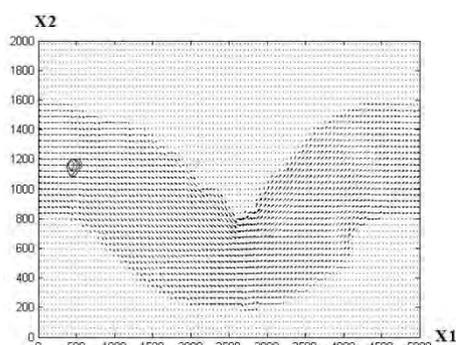


Рис. 1. Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси для момента времени  $t=6$  мин при массе сброшенной нефти  $m=10$  т

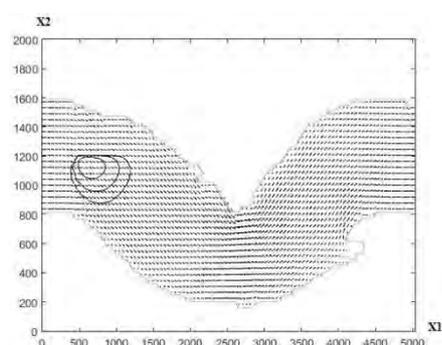


Рис. 2. Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси для момента времени  $t=6$  мин при массе сброшенной нефти  $m=20$  т

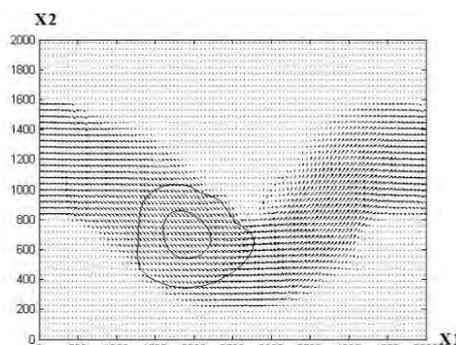


Рис. 3. Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси для момента времени  $t=15$  мин при массе сброшенной нефти  $m=10$  т

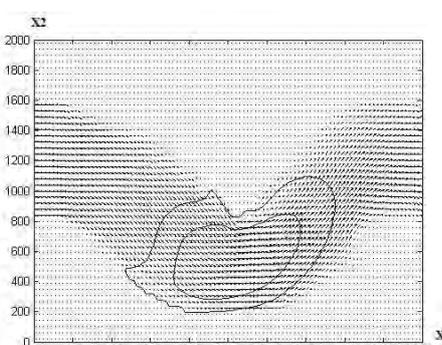


Рис. 4. Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси для момента времени  $t=15$  мин при массе сброшенной нефти  $m=20$  т

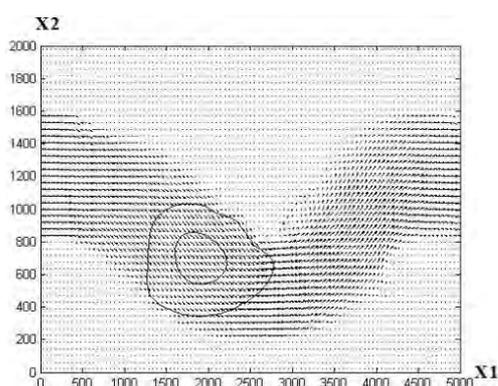


Рис. 5. Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси для момента времени  $t=15$  мин при массе сброшенной нефти  $m=10$  т и скорости течения реки  $0,7$  м/с

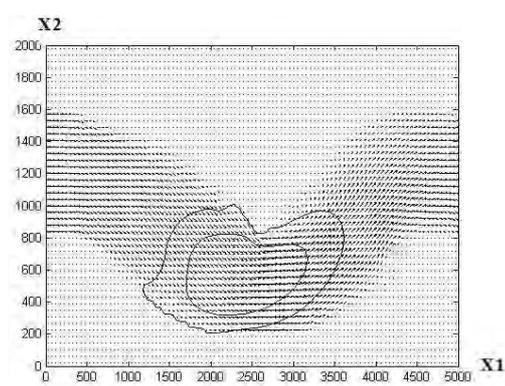


Рис. 6. Векторное поле скорости и распределение концентрации загрязняющей примеси для момента времени  $t=15$  мин при массе сброшенной нефти  $m=20$  т и скорости течения реки  $1,2$  м/с

В дальнейшем для проверки адекватности математического моделирования распространения нефти при изменённых условиях изменяем ряд параметров, таких как: скорость течения реки и массу

выброшенного загрязняющего вещества в реку. Скорость течения реки была изменена с 0,7 м/с до 1,2 м/с, а масса выброшенного загрязняющего вещества с 10 тонн до 20 тонн.

В результате численных расчетов получены распределения скорости, температуры, концентраций компонент загрязняющих примесей в один момент времени приведены на векторном поле ниже.

В результате построения данной математической модели распространения нефтезагрязнения в местах переходов через реку было получены графики зависимости изменения площади распространения нефтяного пятна от скорости течения реки и массы выброшенного загрязняющего вещества.

На первом этапе сравнения было изменение массы выброшенного загрязняющего вещества с 10 до 20 тонн при скорости течения реки 0,7 м/с, при визуализации результатов расчетов видно, что при увеличении массы загрязняющего вещества и постоянном течении площадь нефтяного пятна увеличивается. Анализируя данные рисунки, полученные при различных условиях среды, можно сделать вывод что при изменении скорости течения реки с 0,7 м/с до 1,2 м/с увеличивается площадь нефтяного пятна с течением времени как при одинаковых массах сброса в реку загрязняющих веществ, так и при изменяющихся массах сброса.

В ходе проведения исследования удалось построить математическую модель, с помощью которой можно оценить распространения нефтяного пятна в местах переходов через реку с изменением параметров окружающей среды (температуры воздуха, скорости течения, концентрации вещества, массы вещества и физических параметров водоема). В результате построения данной математической модели распространения нефтезагрязнения в местах переходов через реку были получены графические данные зависимости изменения площади распространения нефтяного пятна от скорости течения реки и массы выброшенного загрязняющего вещества необходимые для разработки технических решений по прокладке нефтепроводов в месте их перехода через водоемы.

#### Список литературы:

1. Иббатулин Р.Р. Технологические процессы разработки нефтяных месторождений: 2010 г. –325 с.
2. Соколов В.А., Бестужев М.А., Тихомолова Т.В. Химический состав нефтей и природных газов в связи с их происхождением. – М.: Недра, 1972. – 276 с.
3. Евсеева, Алевтина Урумбаевна. Математическое моделирование течений нефтей по трубопроводам: автореферат дис. ... кандидата физико-математических наук: 05.13.16. - Алма-Ата, 1991. - 15 с.
4. С. Патанкар численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - Москва: энергоатомиздат, 1984. - 124 с
5. Павлов А.А. Моделирование распространения нефти по руслу малого водотока при турбулентном режиме течения И Экология урбанизированных территорий. - 2011. - № 3. - С. 52-57. (список ВАК).

### ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА ОТ ЧС

*Игнатъева А. В., аспирант*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,*

*634050, город Томск, пр. Ленина, 36*

*E-mail: anna\_tomsktsu@mail.ru*

**Аннотация:** В статье представлен комплексный анализ обстановки в субъектах Сибирского федерального округа (СФО), связанной с пространственно-временными закономерностями распространения чрезвычайных ситуаций (ЧС). С помощью данной методики анализируется экономическая, социальная обстановки в субъектах СФО.

**Annotation:** The article presents a comprehensive analysis of the situation in the subjects of the Siberian Federal District (SFD) associated with the spatio-temporal patterns of the spread of emergency situations (ES). With the help of this technique, the economic and social situation in the subjects of the Siberian Federal District is analyzed.

Проблема защиты населения и территорий округа от ЧС различного характера становится все более актуальной для общества. Для анализа обстановки в субъектах СФО, связанной с ЧС природного характера, необходимо проанализировать их воздействие на экономику, экологию и население.