



«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ  
ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»  
(«ВОЛГА 2019»)

Труды 4-й всероссийской научной конференции  
Выпуск 2, 2019 г.



ISBN 978-5-901722-65-7

УДК 556.06

**Ермошкин Алексей Валерьевич**, к.ф.-м.н., научный сотрудник отдела нелинейных геофизических процессов ИПФ РАН

**Богатов Николай Андреевич**, ведущий программист отдела нелинейных геофизических процессов ИПФ РАН

**Капустин Иван Александрович**, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН

**Ермаков Станислав Александрович**, д.ф.-м.н., заведующий отделом радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46.

Работа выполнена при поддержке РФФИ проект 18-45-520018 р\_а.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕЙФА ПЛЕНОЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В АКВАТОРИИ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Ключевые слова: моделирование, пленочные загрязнения*

*Аннотация. В работе описан разработанный подход и программа для моделирования дрейфа пленочного загрязнения в акватории Горьковского водохранилища для определения последствий разлива и минимизации возможного ущерба.*

### *Введение*

Моделирование дрейфа пленочных загрязнений на поверхности водоемов представляет интерес для обеспечения экологической безопасности районов интенсивного судоходства, в первую очередь прибрежных акваторий морей и внутренних водных путей. Диагностика загрязнения на ранних стадиях разлива и привлечение численных методов моделирования его распространения позволяет существенно сократить затраты на ликвидацию последствий разлива и уменьшить экологические риски. Для построения прогностических моделей дрейфа пленочного загрязнения привлекаются физические модели, учитывающие совместное влияние приводного слоя атмосферы и водной толщи. Внутренние водоемы и прибрежные зоны морей обладают рядом особенностей, отличающих данные акватории от открытого океана. В первую очередь это ограниченные разгоны ветрового волнения и небольшая глубина. В работе [1] на основе натурных данных была проведена оценка вклада приводного ветра в кинематику сликов на морской поверхности в условиях ограниченных разгонов волнения. Было показано, что скорость и

направление дрейфа центра масс пленочного загрязнения хорошо описывается векторной суммой скорости течения водной толщи и 3% скорости приводного ветра. Используя результаты работы [1] можно проводить численное моделирование распространения загрязнения такого типа на акваториях внутренних водоемов при наличии информации о скорости течения.

### *Моделирование*

В работе [2] приводятся результаты многолетних измерений глубины Горьковского водохранилища, а также скорости течений для разных среднесуточных расходов Нижегородской ГЭС. На основе этих данных была разработана программа для моделирования дрейфа пленочного загрязнения в акватории Горьковского водохранилища. В программе задается расчетная сетка  $(x, y)$ , границы акватории  $(X_b, Y_b)$ , начальные координаты точки разлива  $(X_0, Y_0)$ , компоненты скорости ветра  $(u_w, v_w)$ , интерполированные на равномерное сетку компоненты скорости течения  $(u_c(x,y), v_c(x,y))$ , глубина водохранилища  $h(x,y)$ . Далее происходит решение системы уравнений (1) на расчетной сетке методом Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial t} = u_c(x, y) + 0,03 \cdot u_w(x, y) \\ \frac{\partial y}{\partial t} = v_c(x, y) + 0,03 \cdot v_w(x, y) \end{cases} \quad (1)$$

В результате моделирования выводятся координаты центра тяжести пленочного загрязнения в заданный момент времени на картографической основе Горьковского водохранилища. На рис. 1 приведены примеры моделирования, на которых представлены траектории центра масс пленочного загрязнения до достижения загрязнением береговой черты. Для случая южного ветра 5 м/с (рис. 1а) рассчитаны траектории дрейфа загрязнения из трех точек: на плотине, западнее и в районе г. Пучеж. Видно отклонение траекторий движения от линейной под действием течения водной толщи. На рис. 1б представлены результаты моделирования, при котором загрязнение проходит всю акваторию Горьковского водохранилища, что реализуется при северо-северо-западном ветре 5 м/с. Стоит отметить, что существует возможность задания переменного во времени ветра, что существенным образом повлияет на траекторию распространения загрязнения. Также, с помощью операции обращения времени в модели, можно вычислить местоположение предполагаемого источника загрязнения.

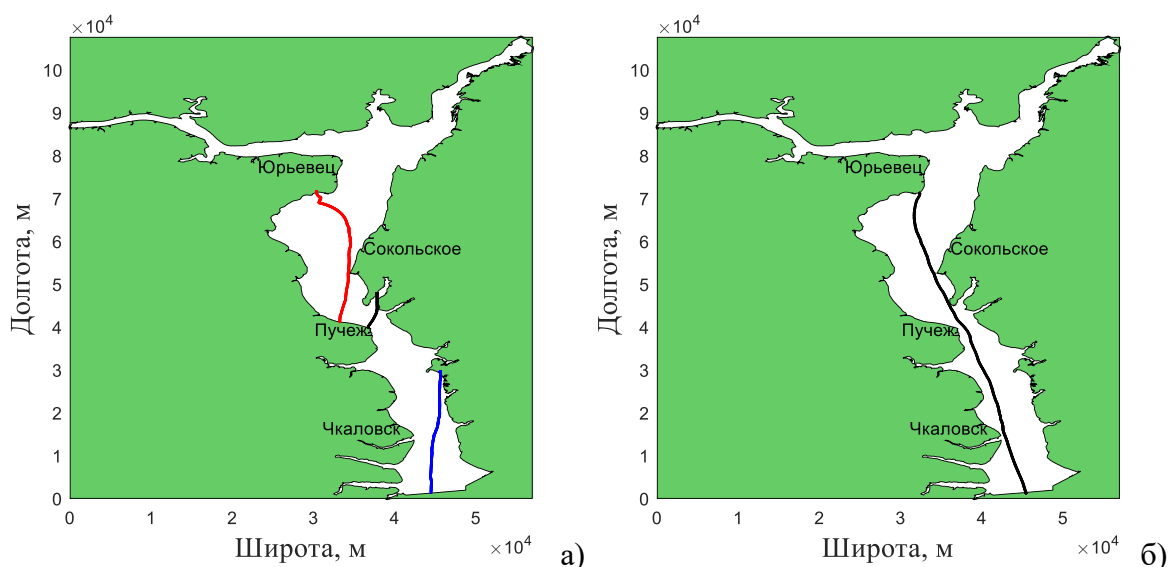


Рис. 1. Моделирование траектории центра масс пленочного загрязнения в акватории Горьковского водохранилища (а) для случая южного ветра 5 м/с, (б) для случая северо-северо-западного ветра 5 м/с.

В представленной статье описан разработанный подход и программа для моделирования дрейфа пленочного загрязнения в акватории Горьковского водохранилища для определения последствий разлива и минимизации возможного ущерба.

#### Список литературы:

- [1] Капустин И.А., Ермошкин А.В., Богатов Н.А., Мольков А.А. Об оценке вклада приводного ветра в кинематику сликов на морской поверхности в условиях ограниченных разгонов волнения. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 163–172.
- [2] Капустин И.А., Мольков А.А. Структура течений и глубины в озерной части Горьковского водохранилища. Метеорология и Гидрология. 2019. №7. С. 110-117.

## SIMULATION OF FILM POLLUTION DRIFT IN THE GORKOVSKY RESERVOIR

Ermoshkin A.V., Bogatov N.A., Kapustin I.A., Ermakov S.A.  
[al-ermoshkin@yandex.ru](mailto:al-ermoshkin@yandex.ru)

*Key words: simulation, film pollutions*

*The paper describes the developed approach and program for modeling the drift of film pollution in the Gorkovskiy reservoir to determine the consequences of the spill and minimize possible damage.*