



УДК 556.044

О ФОРМИРОВАНИИ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ ВОЛГИ И ОКИ И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯХ НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Даниличева Ольга Аркадьевна, младший научный сотрудник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН

Институт прикладной физики РАН

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Ермаков Станислав Александрович, д.ф.-м.н., зав. отделом радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН, зав.кафедрой ГТКиЭБС ВГУВТ

Институт прикладной физики РАН

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Волжский государственный университет водного транспорта

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Мольков Александр Андреевич, к.ф.-м.н, старший научный сотрудник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН, старший научный сотрудник ВГУВТ

Институт прикладной физики РАН

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Волжский государственный университет водного транспорта

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

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

Институт прикладной физики РАН

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Волжский государственный университет водного транспорта

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. Анализ наблюдений проявления зоны смешения рек Ока и Волга. Зона смешения может проявляться как тонкая переходная область между двумя слабо перемешивающимися потоками разного цвета, так и в виде сликово-пенной полосы. Проявление зоны смешения в виде сликовой полосы объяснено наличием поперечных циркуляций, которые проявляются в виде вторичных течений Прандтля второго рода.

Ключевые слова: слияние рек, зона смешения, спутниковые изображения, слики, вторичные течения, циркуляционные потоки

Как известно, уровень загрязнения вод Волжского бассейна в условиях высокой антропогенной нагрузки весьма значителен. При этом существенную роль в поступлении загрязняющих веществ играют притоки Волги, которые часто характеризуются более высоким уровнем загрязнения, чем сама Волга. Именно поэтому анализ динамики процессов смешения вод Волги и ее притоков и переноса примесей в зоне смешения принципиально важен для прогноза распространения загрязнений и развития методов мониторинга экологического состояния Волжского бассейна с использованием современных контактных и особенно дистанционных методов экологического мониторинга, в том числе спутниковых методов.

Работа посвящена обсуждению возможных физических механизмов, определяющих формирование и динамику зоны смешения (ЗС) двух рек с сопоставимыми расходами на примере рек Волги и Оки, а также отображение ЗС на спутниковых изображениях.

На фотографиях, полученных с аэро-носителей, в частности, дронов, проявление ЗС можно часто наблюдать как границу между потоками с существенно различающимся цветом (мутностью) [1]. При наблюдении под скользящими углами различие в цветности потоков проявляется слабо, однако ЗС проявляется за счет формирования в переходной зоне между речными потоками сликово-пенной полосы (рис.1 слева). Однако такое проявление ЗС наблюдается и под умеренными и малыми углами, например, на спутниковых оптических изображениях (рис.1 справа). На спутниковых радиолокационных изображениях такая полоса визуально наблюдается как область с пониженной яркостью, указывающей на подавление ветрового волнения из-за концентрирования поверхностно-активных веществ и пены в данной области, что было доказано в ходе наших инструментальных наблюдений в [2].

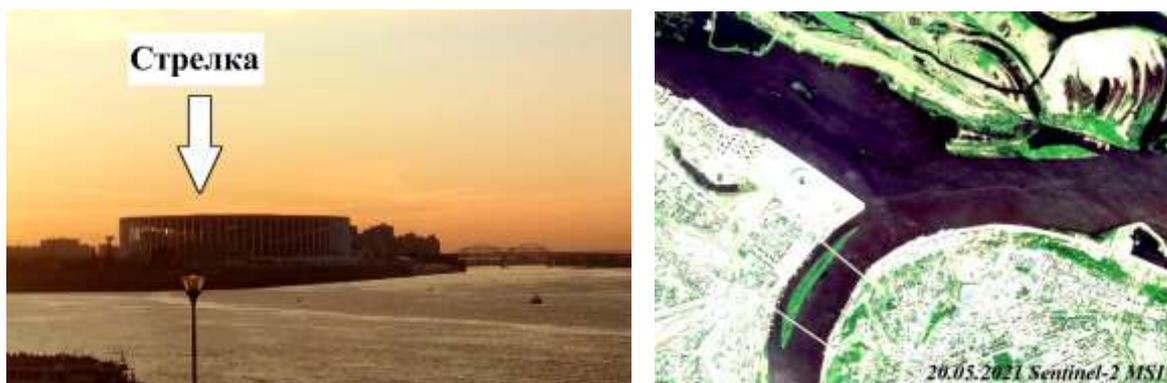


Рис.1. Фото, демонстрирующее проявление зоны смешения рек Волга и Ока в виде сликовой полосы (слева). Спутниковое оптическое изображения ЗС Оки и Волги полученное 25.05.2021 с помощью спутника Sentinel-2A (справа).

Формирование сликово-пенной полосы в области зоны смешения может быть связано с наличием поперечных конвергентных течений, которые приводят к накоплению ПАВ вблизи точки конвергенции. Согласно работе [3] при слиянии потоков образуются поперечные циркуляции, проявляющиеся как вторичные течения Прандтля второго рода, которые приводят к подавлению поперечного перемешивания двух потоков и к локализации процессов перемешивания в узкой области ЗС. Иллюстрация поперечных циркуляции двух сливающихся потоков схематично представлена на рис. 2.

Такой механизм объясняет не только слабое перемешивание потоков рек Волга и Ока на расстояние порядка 10 ширин Волги, но и формирование сликово-пенной полосы в области ЗС.

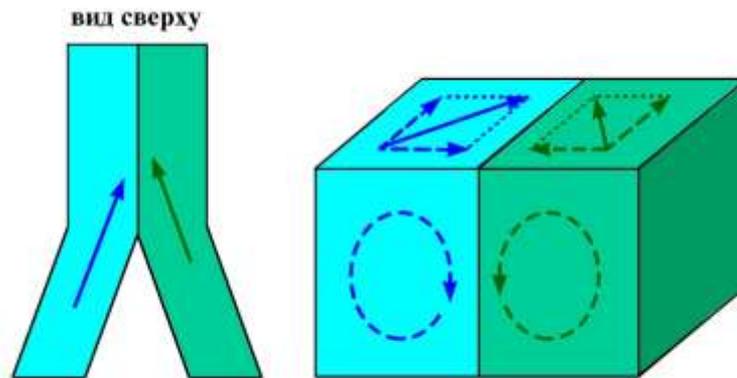


Рис.2. Иллюстрация поперечных циркуляций двух сливающихся потоков.

Работа выполнена при поддержке проекта Нижегородского НОЦ «Развитие новых комплексных методов дистанционного мониторинга загрязнений Волжского бассейна и прогноза их распространения с использованием ГИС технологий» и гранта РГО "Экспедиция Плавающий университет волжского бассейна" № 07/2020-Р

Список литературы:

1. Слияние двух рек. <https://www.yaplakal.com/forum2/topic1940655.html>
2. Ermakov, S.A., Molkov, A.A., Kapustin, I.A., Lazareva, T.N., Danilicheva, O.A., Shomina, O.V., Smirnova, M.V., and Lavrova, O.Y. Satellite and in-situ observations of a river confluence zone. // Proc. SPIE 11150, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions. – 2019. - 111501S.
3. Lyubimova, T.P., Lepikhin, A.P., Parshakova, Y.N. et al. Influence of Hydrodynamic Regimes on Mixing of Waters of Confluent Rivers. // J Appl. Mech. Tech. Phy. – 2021 – V. 60 – P. 1220–1227 (2019).

ON THE FORMATION OF THE VOLGA AND THE OKA CONFLUENCE ZONE AND ITS MANIFESTATIONS ON SATELLITE IMAGES

Olga A. Danilicheva, Stanislav A. Ermakov, Alexandr A. Molkov, Ivan A. Kapustin

Abstract. Analysis of observations of the Oka and the Volga mixing zone manifestation. The mixing zone can appear as a thin transition region between two weakly mixing flows with different colors, and in the form of a slick band on the water surface. The manifestation of the mixing zone in the slick band form is explained by the presence of transverse circulations, which manifest itself in the form of secondary Prandtl flows of the second kind.

Keywords: a river confluence, mixing zone, satellite images, slicks, secondary currents, circulation flows.