

зации. Письменное подтверждение и/или документация одобрения должны быть приложены к Плану утилизации судна.

Таким образом, Конвенция и Резолюция МЕРС.196(62) отражают лишь общие вопросы и рекомендации разработки Плана утилизации судна. Для полноценного выполнения требований Конвенции по безопасной и экологически рациональной утилизации судов необходима дальнейшая разработка документации, входящей в План утилизации судна, в соответствии с национальными требованиями.

*Ермаков С.А., Капустин И.А.  
Институт прикладной физики РАН  
ННГУ им. Н.И. Лобачевского*

## **СУДОВЫЕ КИЛЬВАТЕРНЫЕ СЛЕДЫ КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ**

Как известно, движущиеся надводные суда оставляют следы на взволнованной водной поверхности. След надводного судна состоит из двух различных по своей физической природе компонент, которые наблюдаются как визуально, так и с использованием оптических и радиолокационных средств дистанционного зондирования водной поверхности – это волновой след (волны Кельвина) и кильватерный (турбулентный) след. Следует отметить, что на морских акваториях и волновой и турбулентный следы несут информацию о характеристиках судна, скорости и направлении его движения и т.д., однако на внутренних водных путях волновой след может быть существенно менее информативным, чем турбулентный. Это, в частности, обусловлено быстрым затуханием и искажением структуры корабельных волн под влиянием берегов и рельефа дна, тогда как кильватерные турбулентные следы могут длительное время сохраняться без значительных искажений на водной поверхности после прохождения судна.

Кильватерный след характеризуется рядом особенностей на взволнованной водной поверхности. На сравнительно небольших расстояниях от кормы судна ( $< 20L$ ,  $L$  – длина судна) интенсивная турбулентность приводит к сильному затуханию ветровых волн и возникает зона турбулентного «выглаживания» волн, одновременно с этим на границах следа формируются области усиленного волнения – сулои (см. рис. 1 а). При этом отличительными признаками кильватерного следа на изображениях водной поверхности могут являться закон его расширения при удалении от судна [1] и наличие сулоев на границах.

Более поздние стадии развития следа ( $L > 10 - 20$ ) характеризуются наличием сликовых полос (областей пониженной интенсивности волнения) на его границах – так называемый «рельсовый след» (см. рис. 1 б). Исследования рельсовых структур в корабельных следах проводилось, например, в [2], где были выявлены степенные законы увеличения расстояния между полосами. При определенных гидрометеорологических условиях (скоростях ветра менее 4–5 м/с) наличие «рельсового следа» является отличительной особенностью кильватера.

Указанные особенности поверхностных проявлений следа надводного судна обусловлены как турбулентным характером движений в следе, так и структурой связанных с ним средних течений (см. рис. 2), что делает след за судном отличимым от других неоднородностей ветрового волнения. Исследуемые особенности следов

могут быть использованы для дистанционной оценки характеристик судна и для задач навигации.



Рис. 1. Фотографии особенностей проявления кильватерного следа на взволнованной водной поверхности: а – ранние стадии; б – поздние стадии развития следа.

Физический механизм формирования сулоев на границах следа обусловлен распространением ветровых волн на неоднородном приповерхностном течении, а формирование «рельсовых следов» связано с компрессией этими течениями пленок поверхностно-активных веществ.

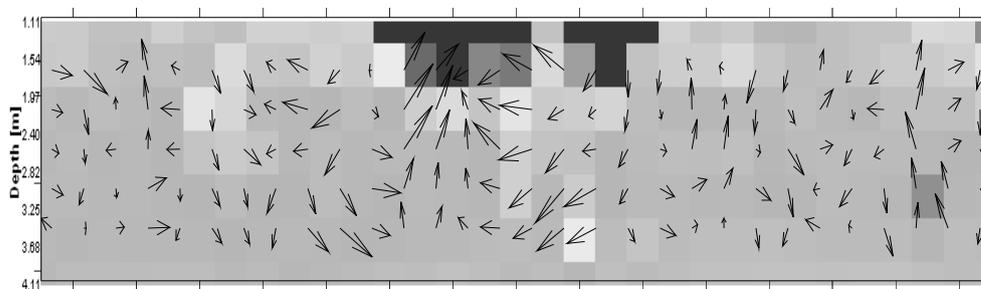
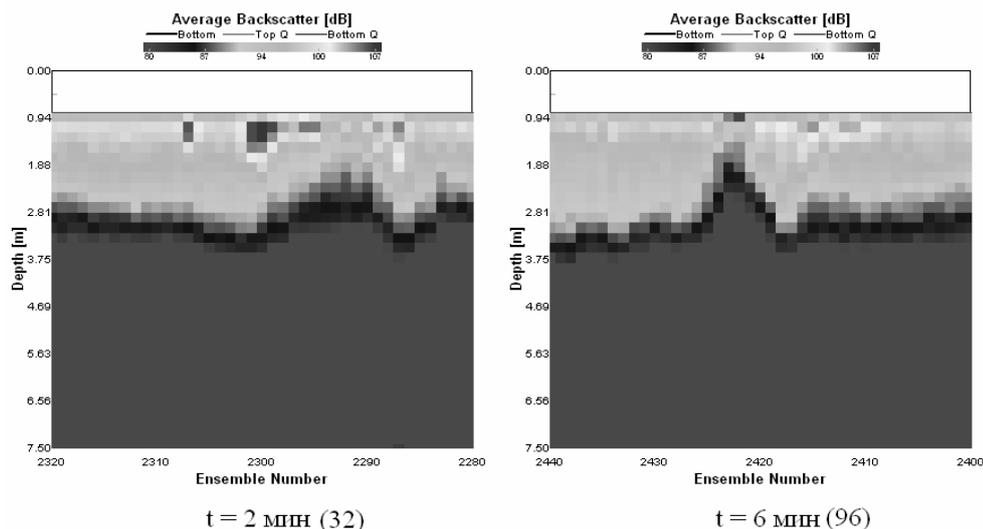


Рис. 2. Структура средних циркуляционных течений в следах различных судов

Значительный интерес представляет исследование проявления следов в зонах эвтрофирования (интенсивного цветения) водоемов – образ следа на изображении чувствителен к уровню эвтрофирования, т.е. к уровню биогенного загрязнения воды.

На рис. 3 представлено характерное для кильватерных следов перераспределение водорослей в верхнем слое воды. Перераспределение водорослей также может быть обусловлено структурой средних течений, так как после прохождения судна происходит вынос глубинных вод на поверхность водоема. Данная особенность может приводить к повышению интенсивности ветрового волнения в кильватерном следе по сравнению с фоновой. То есть на изображениях водной поверхности в зоне кильватерного следа может наблюдаться увеличение интенсивности сигнала, что может говорить о степени эвтрофирования водоема.

Важным приложением проблемы изучения кильватерного следа является обнаружение судов-загрязнителей. В случае сброса с судна загрязняющих веществ (в том числе нефтепродуктов) поверхностный образ следа на изображении не будет иметь выраженной структуры, описанной выше. Данную особенность можно использовать для оперативного экологического контроля внутренних водных путей.



Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 11-05-00295-а, 11-05-97027-р\_поволжье\_а, 10-05-00101-а, программы РАН Радиофизика, Министерства образования и науки РФ (договора №11.G34.31.0048, №11.G34.31.0078).

#### Список литературы:

- [1] Ермаков С.А., Капустин И.А. Экспериментальное исследование расширения турбулентного следа надводного судна. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46. № 4. с. 565–570.
- [2] Peltzer R.D., Griffin O.M., Barger W.D., Kaiser J.A.C. High resolution measurements of surface-active film redistribution in ship wakes // J. Geophys. Res. 1992. V. 97, No. C4. P. 5231–5252.

*М.В. Игонина, Н.В. Сустретова*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ОБЗОР ТРЕБОВАНИЙ ВЕДУЩИХ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ОБЩЕСТВ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СУДОВЫХ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

В настоящее время мировым сообществом активно обсуждается принятая в 2004 году ИМО Международная конвенция «О контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими» (далее Конвенция) [2]. По данным ИМО на конец февраля 2012 года Конвенцию приняли 33 государства (из 30-ти необходимых), процент мировых грузоперевозок которых составляет 26,46% (необходимо не менее 35%). Россия присоединилась к Конвенции 28 марта 2012 года. Это означает, что в середине 2013 года Конвенция вступит в силу, и к этому времени отечественный флот должен быть готов к выполнению стандартов обращения с балластными водами судов. В связи с этим возникла необходимость пересмотра и обновления Правил Российского Речного Регистра (далее РРР) в части обращения с балластными водами (БВ) судов, построенных на класс РРР, и выходящих в воды, находящиеся под юрисдикцией других государств.

Первым шагом в разработке новых требований РРР в части управления БВ судов является изучение соответствующих требований ведущих классификационных обществ, таких как Регистр Ллойда, Норвежский «Веритас», Американское Бюро судо-