

VIII Открытая конференция 'Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса' Москва, ИКИ РАН, 15-19 ноября, 2010

О возможности радиолокационного зондирования зон эвтрофирования водоемов

С.А. Ермаков, И. А. Капустин, Т.Н. Лазарева, И.А. Сергиевская,
О.Ю. Лаврова, Н.В. Андриянова

Институт прикладной физики РАН, Институт космических
исследований РАН, ГУ «Нижегородский ЦГМС-Р»

Цели работы: исследование физических механизмов затухания мелкомасштабных ветровых волн и возможностей радиолокационной диагностики зон эвтрофирования водоемов

Состояние проблемы: синхронные спутниковые наблюдения эвтрофных водоемов оптическими сканерами и РСА показали, что имеется некоторая корреляция между оптическими изображениями зон с высокой концентрацией фитопланктона и интенсивностью РЛ сигнала (Gade, Barale et al.)

Эксперименты на Горьковском водохранилище (2008-2009 гг.)



Х-скаттерометр



Измерения: судно - скаттерометр 3 см, анемометр WIndSonic, GPS, пробы воды, катер – ADCP Workhorse Centinel 600 кГц, GPS, пробы пленок и воды

Схема экспериментов. 2009 г.



Схема акватории южной части водохранилища и траектории движения катера в экспериментах 29.07.2009 и 14.08.2009 г. Отмечены места взятия объемных проб воды и проб пленок.

Цветение водорослей. Горьковское водохранилище, 2008 г.



Фото поверхности воды в условиях слабого ветра
и интенсивного “цветения воды”

Концентрация фитопланктона и его видовой состав

Концентрация биомассы водорослей, мг/л	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4	Проба №5
Зеленые	0.073	----	0.013	0.044	0.051
Диатомовые	0.290	0.118	0.509	0.158	0.178
Пирофитовые	----	0.004	0.003	0.005	----
Золотистые	0.011	0.153	0.011	0.0002	0.001
Эвгленовые	0.002	0.007	----	----	----
Синезеленые	0.166	0.171	0.718	0.056	0.132
Суммарная биомасса	0.542	0.453	1.254	0.263	0.362

Объемные пробы. Концентрация биомассы и видовой состав 29.07.2009 г.

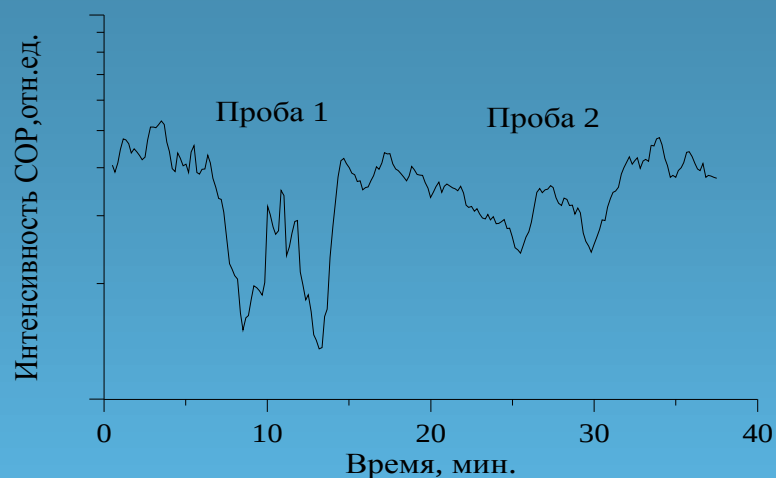
Концентрация фитопланктона и его видовой состав

Биомасса водорослей, мг/л	Проба №6	Проба №7	Проба №8	Проба №9
Зеленые	0.007	0.075	0.006	0.011
Диатомовые	0.083	0.230	0.094	0.143
Пиропитовые	0.001	0.001	0.004	0.022
Золотистые	0.002	----	0.001	----
Синезеленые	0.425	0.355	0.646	1.189
Суммарная биомасса	0.518	0.661	0.751	1.365

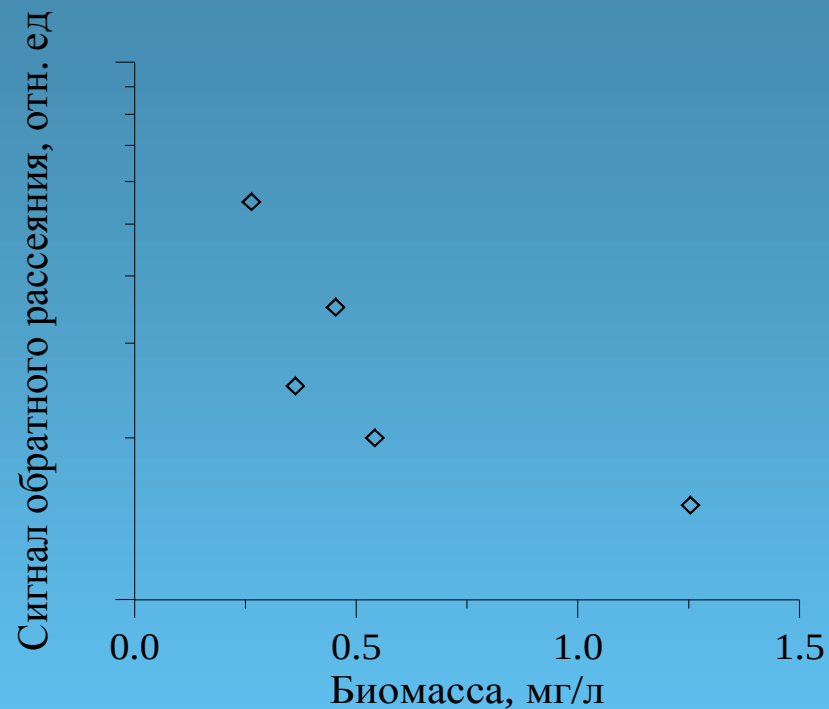
Объемные пробы, концентрация биомассы и видовой состав 14.08.2009 г.

Пространственное распределение концентрации фитопланктона
существенно неоднородно

Вариации интенсивности РЛ сигнала в зонах эвтрофирования



Фрагмент записи интенсивности сигнала скаттерометра при движении судна через зоны с *различным содержанием СЗВ* (эксперимент 29 07.2009).



Интенсивность РЛ сигнала как функция концентрации фитопланктона в эксперименте 29.07.2009

Интенсивность РЛ сигнала падает с ростом концентрации биомассы

Лабораторные исследования затухания ГКВ.

Метод параметрически возбуждаемых волн

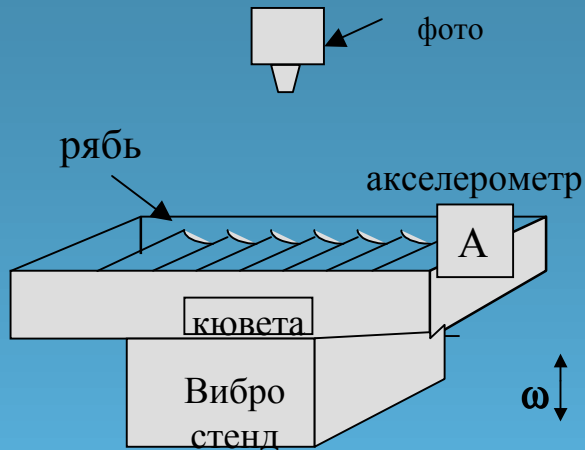


Схема метода и фото 25
Гц стоячих ГКВ

Коэф. затухания ГКВ ~
порогу параметрического
возбуждения волн

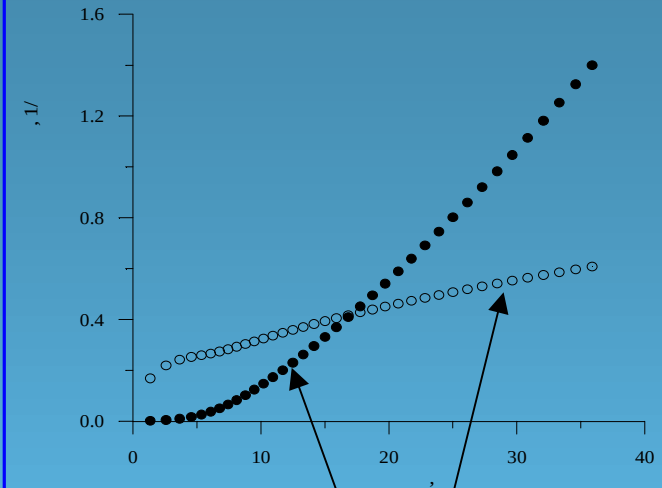
$$\gamma_{\Sigma} = \frac{\delta g \cdot k \cdot th(kh)}{4\omega}$$

δg – амплитуда порогового
ускорения

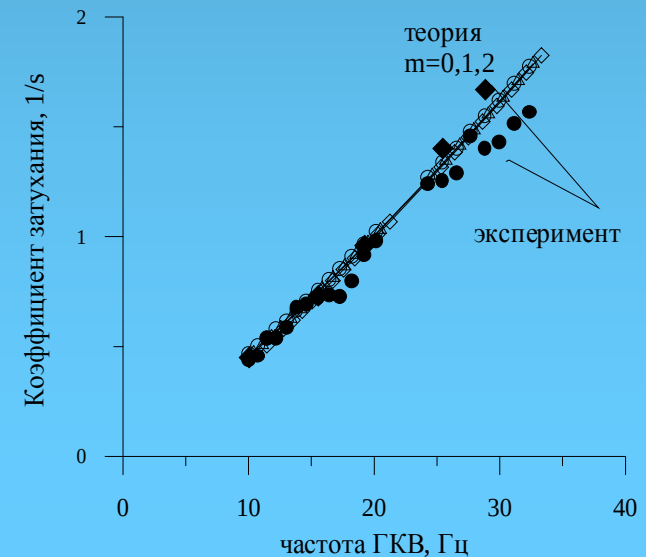
$$\omega = (gk + \sigma k^3 / \rho)^{1/2}$$

σ - коэф. поверх. натяжения

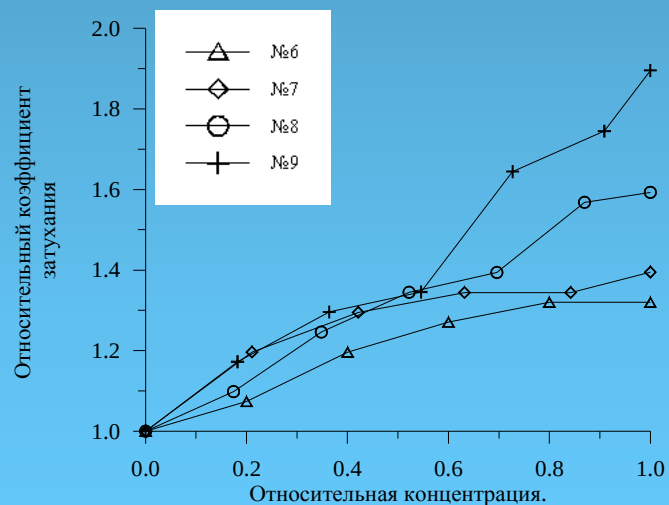
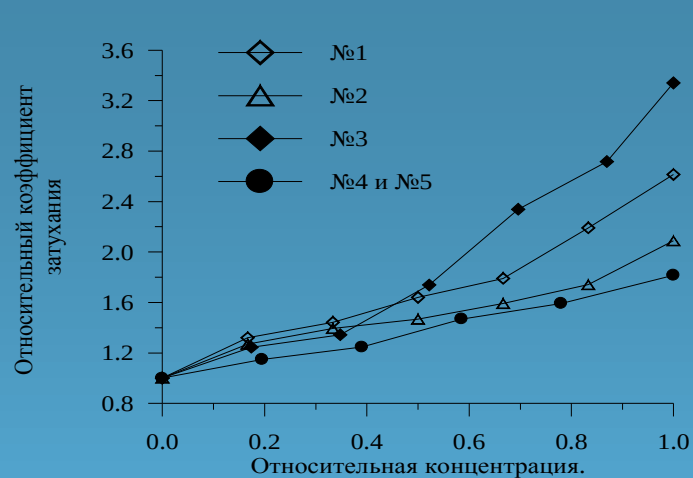
Коэффициент затухания
ГКВ в прямоугольном
бассейне с
дистиллированной водой.
Теория и эксперимент



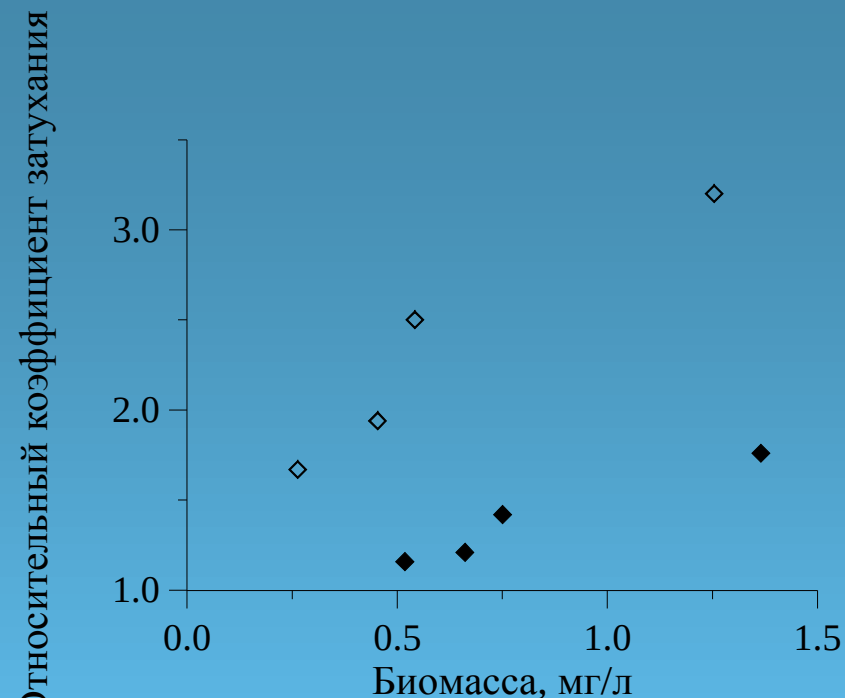
$$\gamma_{\Sigma} = \gamma + \gamma_w + \gamma_c$$



Затухание волн на поверхностных пленках в зонах эвтрофирования



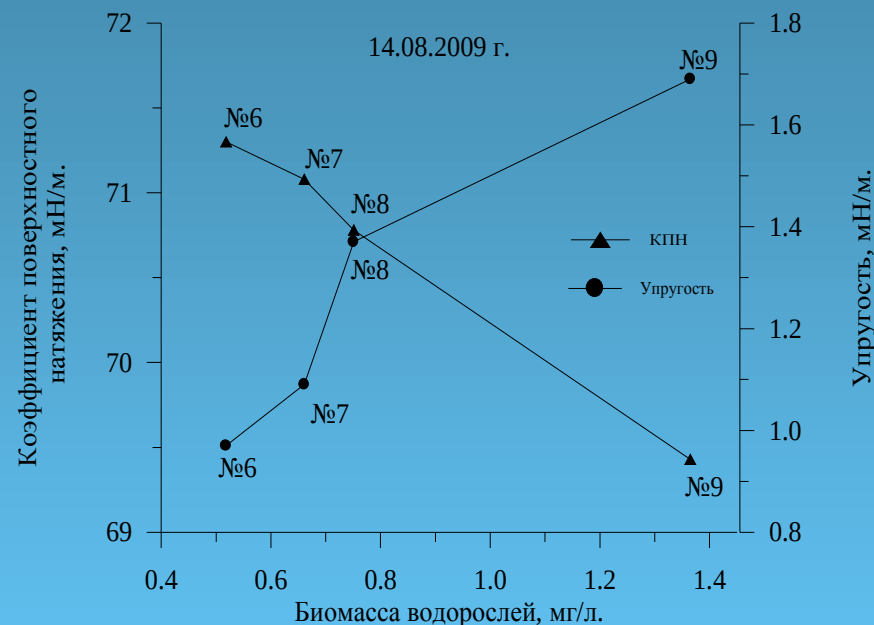
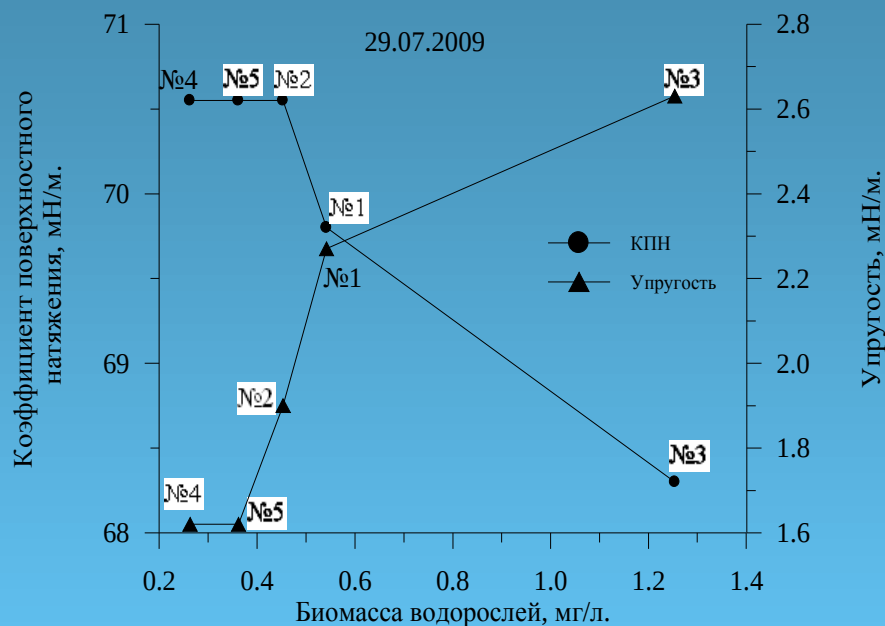
Относительный коэффициент затухания ряби на образцах пленки (на дистил воде) из зон с различной интенсивностью цветения СЗВ. Эксперименты 29.07.2009 г. и 14.08.2009г.



Коэффициент затухания ГКВ на пленках, как функция концентрации биомассы.

Коэффициент затухания ряби на биогенных пленках растет с ростом концентрации биомассы.

Связь характеристик биогенных пленок к концентрации фитопланктона



Упругость и коэффициент поверхностного натяжения (КПН) для биогенных пленок как функция концентрации фитопланктона

Упругость биогенных пленок возрастает, а КПН уменьшается с ростом концентрации фитопланктона, что свидетельствует о возрастании концентрации ПАВ на поверхности с ростом объемной концентрации биомассы

Затухание волн на объемных пробах воды. Эффективная вязкость воды в зонах эвтрофирования.

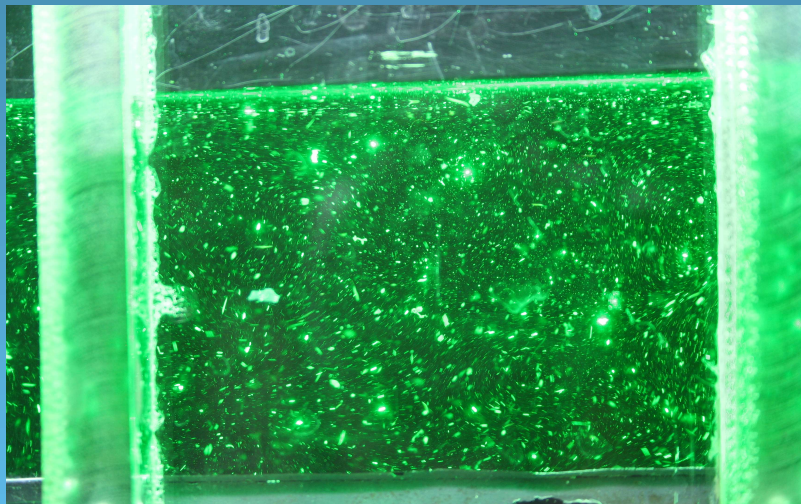
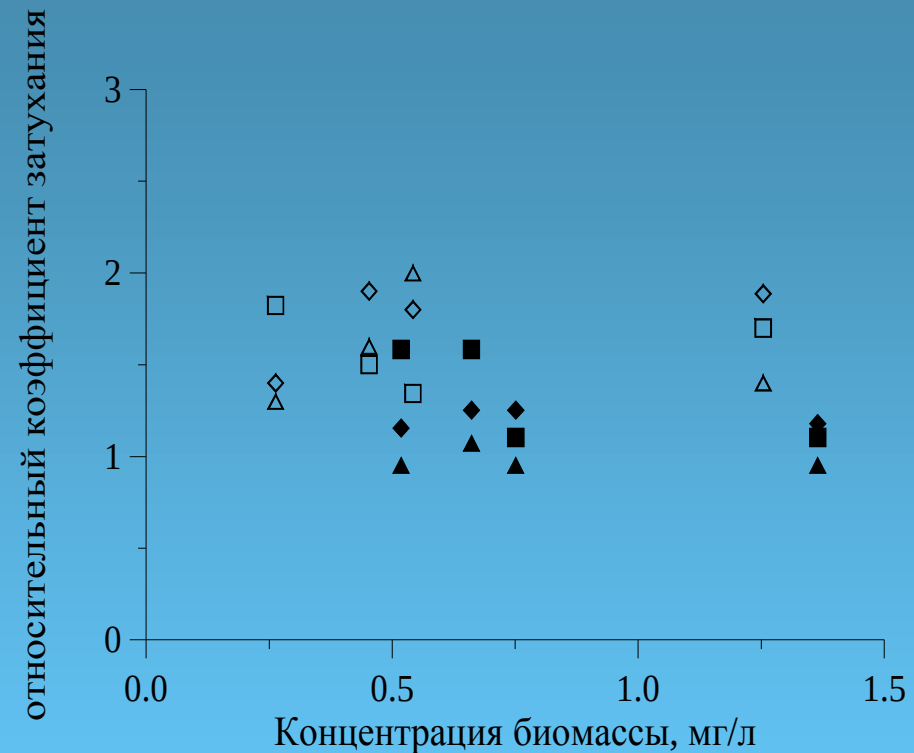


Фото воды с фитопланктоном



Относительный (нормированный на чистую воду) коэффициент затухания ГКВ или отношение вязкостей воды с взвесью и чистой воды.

Измерения для ГКВ с частотами 10, 15 и 20 Гц.

Объемные пробы: светлые точки – 29.07, темные точки -14.08

Наличие биомассы увеличивает вязкость воды и коэффициент затухания ряби

Пространственная неоднородность распределения биомассы



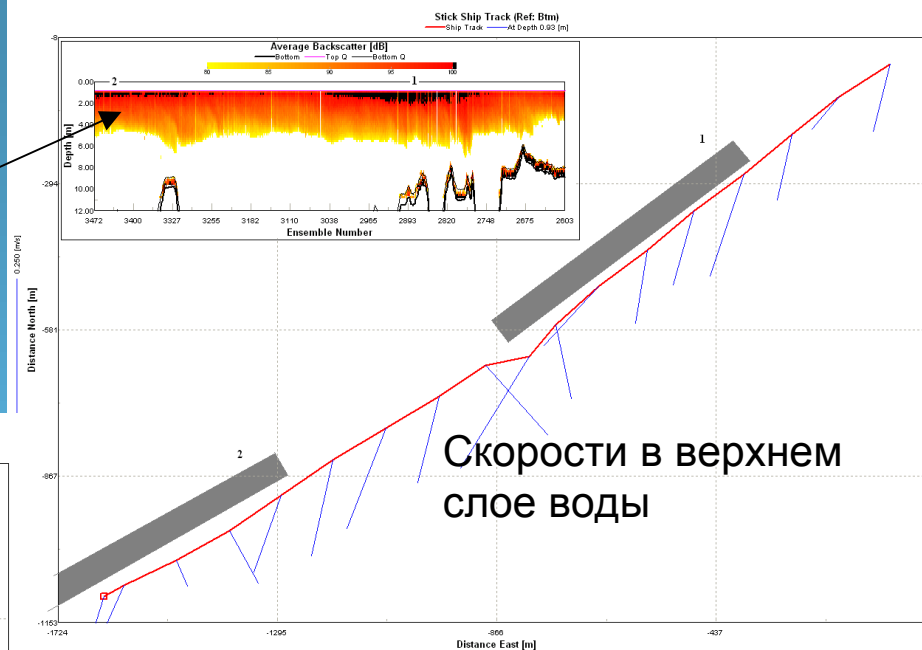
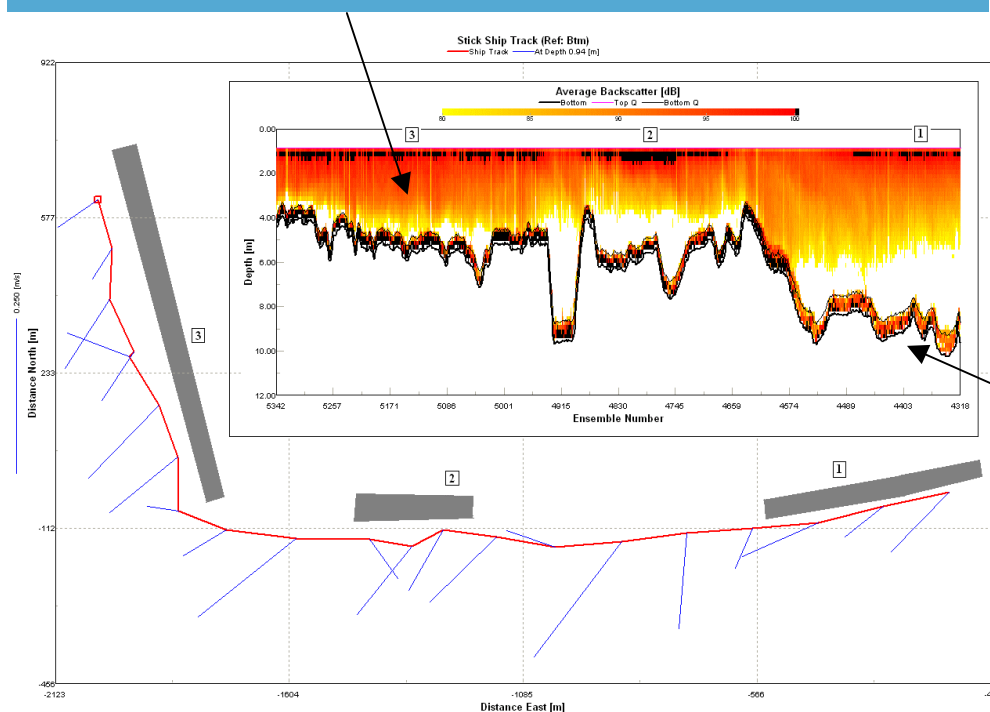
Изображение Горьковского
водохранилища 08.07.2009

LANDSAT synteZ_fragment

(предоставлено О.Ю.
Лавровой, ИКИ РАН)

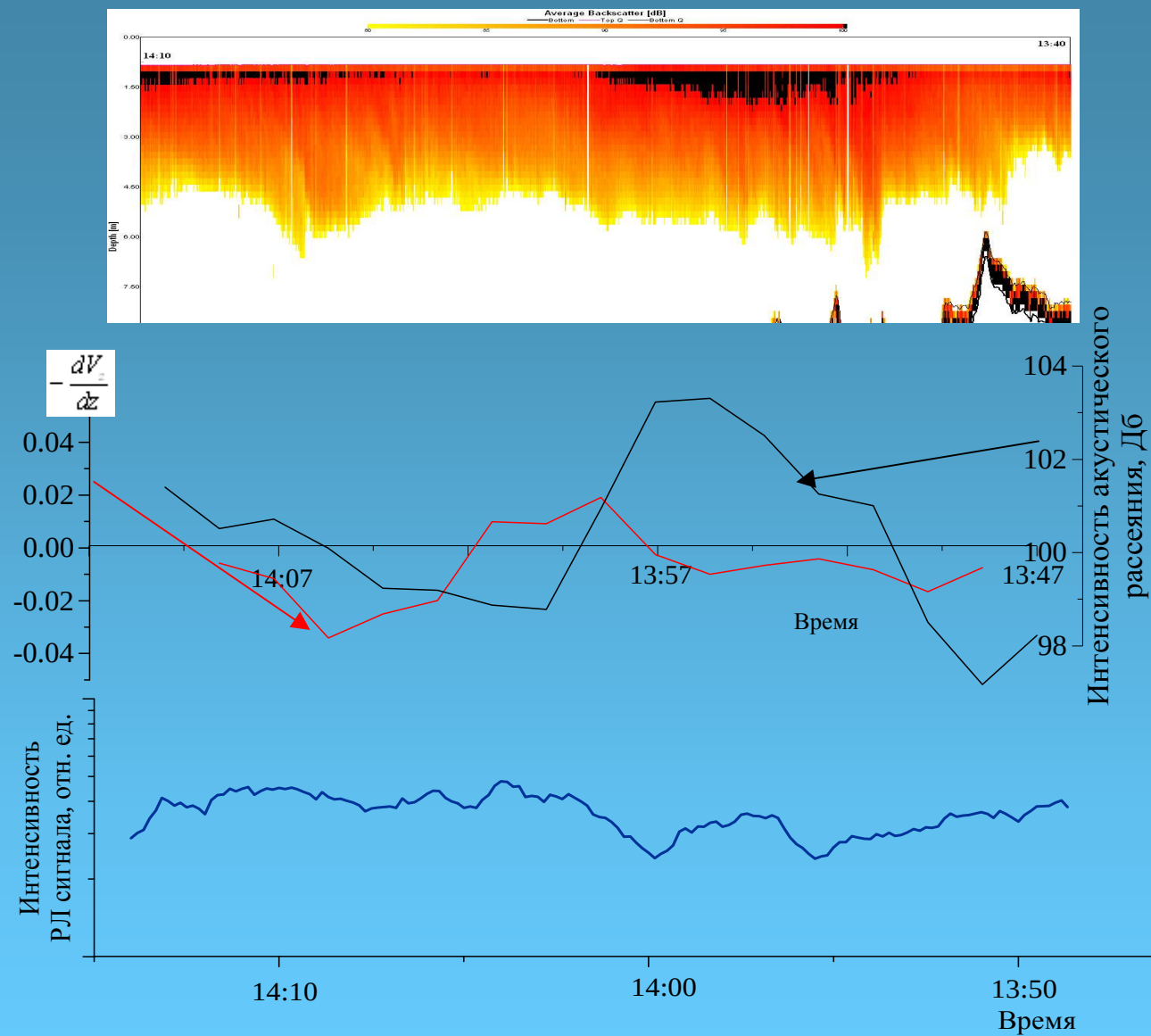
Связь положения зон эвтрофирования со структурой приповерхностных течений

Профиль акустического
рассеяния

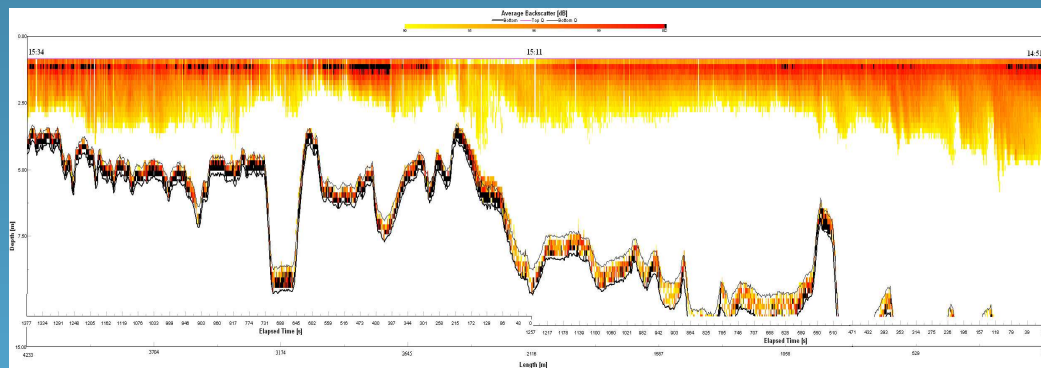


Скорости в верхнем
слое воды

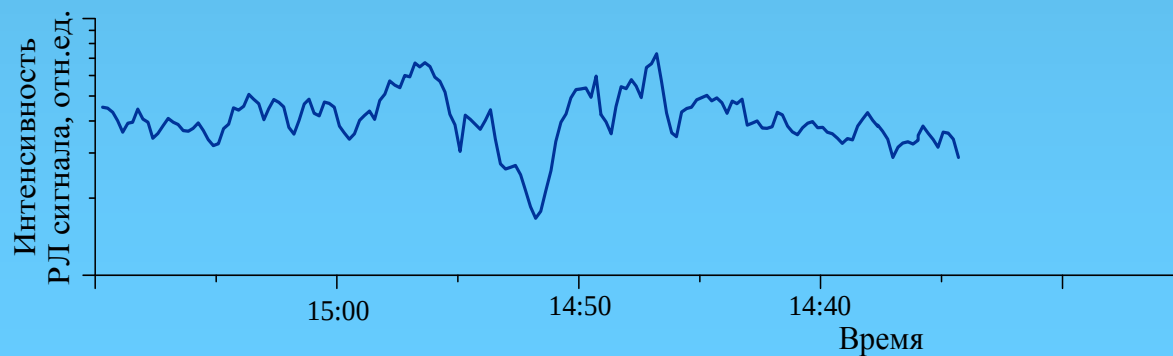
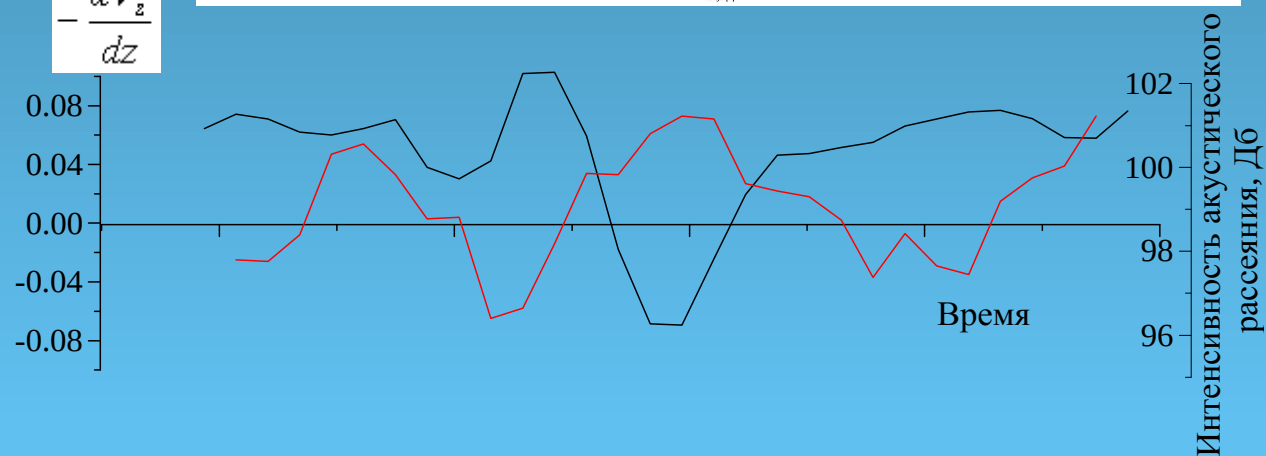
профиль дна



В зонах дивергенции горизонтальных компонент течений возрастает интенсивность акустического рассеяния и падает интенсивность РЛ сигнала



$$-\frac{dV_z}{dz}$$



Синхронные
записи
акустического
рассеяния, РЛ
рассеяния и
дивергенции
горизонтальной
скорости

Выводы

- Интенсивность РЛ сигнала уменьшается с ростом концентрации фитопланктона.
- Затухание ряби увеличивается (примерно в равной мере) как за счет биогенных пленок, связанных с фитопланктоном, так и за счет возрастания вязкости воды с биомассой. Затухание ряби должно приводить к падению РЛ сигнала в зонах с высокими концентрациями фитопланктона.
- Как показал анализ проб воды, пространственное распределение концентрации фитопланктона существенно неоднородно. При этом наблюдается корреляция положения зон с повышенным содержанием биомассы в приповерхностном слое и зон конвергенции горизонтальных компонент приповерхностных течений.

Спасибо
за
внимание

Российская академия наук
Институт прикладной физики

С. А. Ермаков

**Влияние пленок
на динамику
гравитационно-капиллярных волн**

Нижний Новгород
ИПФ РАН
2010



Envisat ASAR 14.08.2009