

Эксперимент со сликом при малых углах падения: первые результаты

***Ковалдов Д.А. (1), Рябкова М. С. (1), Титченко Ю.А. (1), Кареев В.Ю. (1), Понур К.А. (1),
Зуйкова Э.М. (1), Мешков Е. М. (1), Ермошкин А.В. (1), Капустин И.А. (1)***

(1) Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

2022 г.

Схема эксперимента.

На Нижегородском метромосту через реку Ока установлены два когерентных доплеровских радиолокатора (далее радиолокатор 1 и 2), ориентированные по и против течения реки. Схема измерения показана на рис. 1; параметры радиолокаторов приведены в Таблице.

Выше по течению разливали пятна олеиновой кислоты и оливкового масла, таким образом, чтобы слик, двигаясь по течению, проходил под радиолокаторами.

ADCP установленный на лодке измерял скорость течения и характерные средние скорости течения в месте проведения эксперимента - 35-37 см/с. Скорость ветра измеренная анемометром во время измерения была около 1-2 м/с, направление преимущественно северное (по течению), поэтому волнение было слабое.

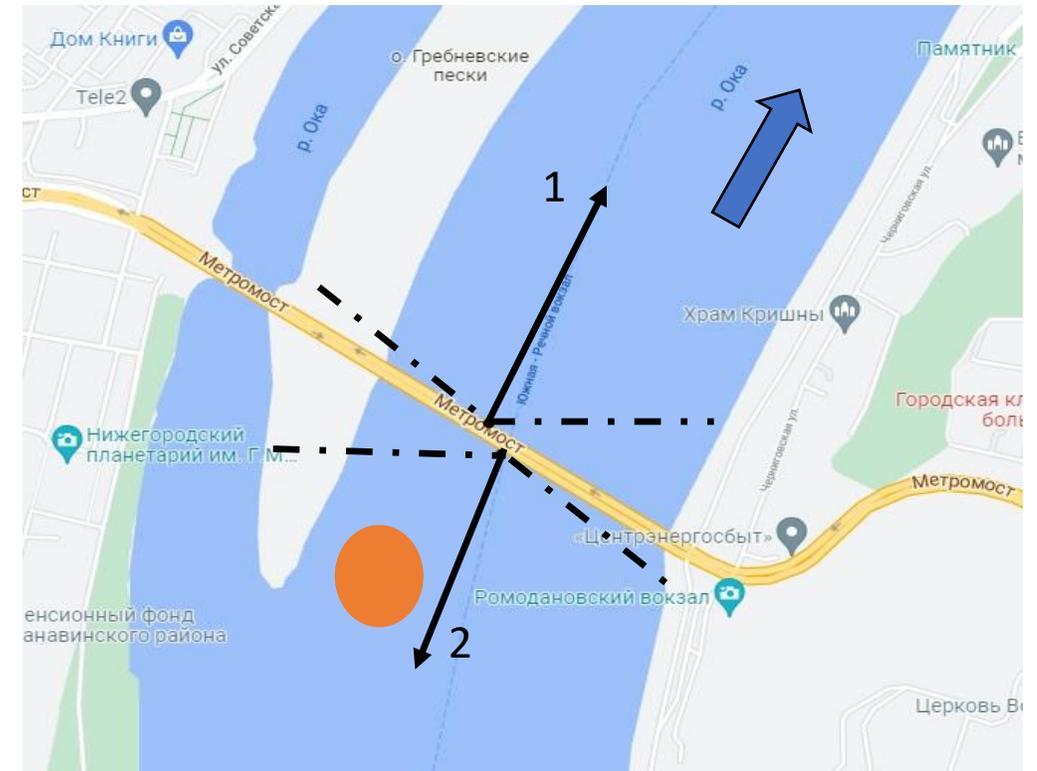


Рис. 1. Схема эксперимента. Чёрными стрелками показаны направления зондирования 90° и 270° , пунктиром предельные азимутальные углы, синяя стрелка показывает направление течения. Углы падения менялись в интервале от 0° до 8° для радиолокатора 1 и от 0° до 12° для радиолокатора 2.

Характеристики радиолокаторов.



Рис. 2. Радиолокатор №1 (слева) зондирующий против течения и радиолокатор 2 (справа) зондирует по течению.

№ радиолокатора	Длина волны, мм	Частота, ГГц	Диаграмма направленности
1	9.7	30.9	6×6°
2	8.4	35.7	4×4°

Таблица. Характеристики доплеровских радиолокаторов

Реализация экспериментальной установки.

На радиолокаторы дополнительно установлены камеры, для визуальной регистрации и оценки интенсивности и направления распространения поверхностного волнения (рис.3).

Для удаленного управления работой поворотного механизма и радиолокатора используется мобильный интернет. На рис. 4 показан интерфейс программы управления на мониторе оператора. В ходе измерений оператор задает азимутальный угол , угол падения и время работы каждого радиолокатора.



Рис.3. Фотография с камеры радиолокатора 1.

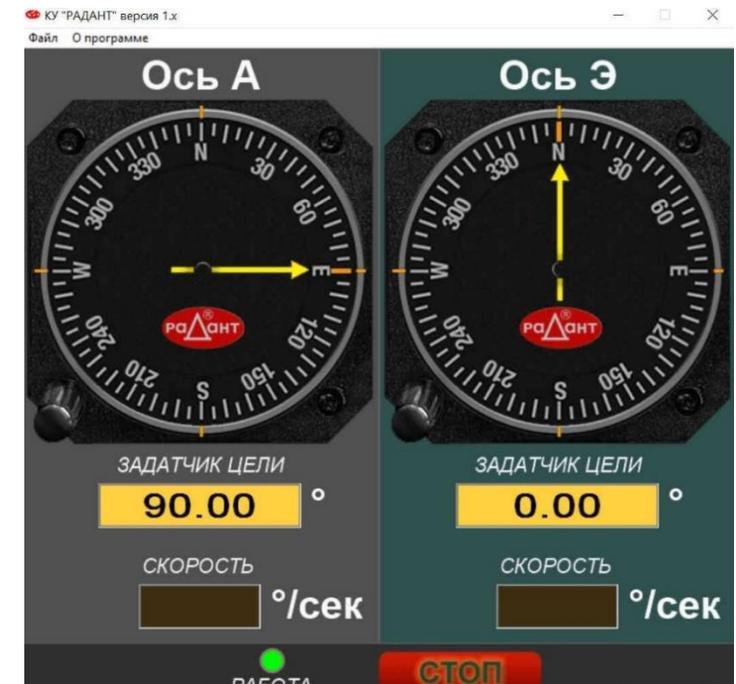


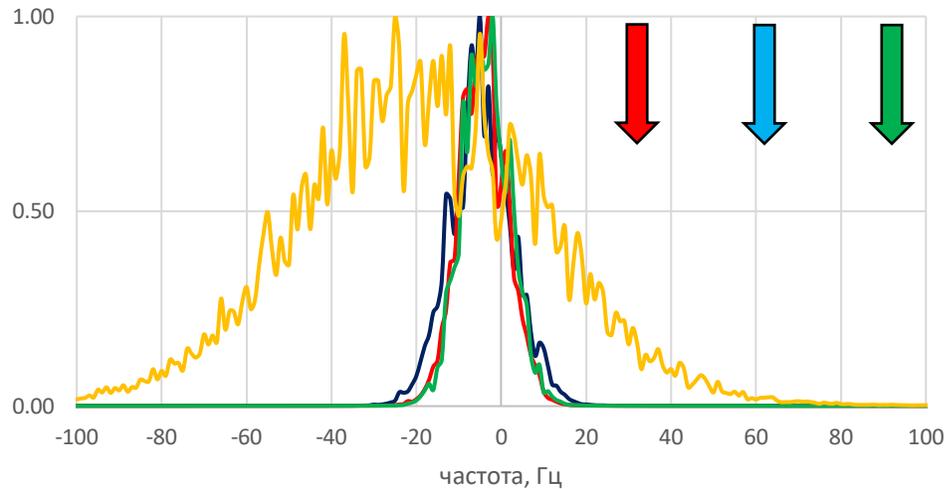
Рис.4. Интерфейс программы управления системой поворота локатора .

Эксперимент

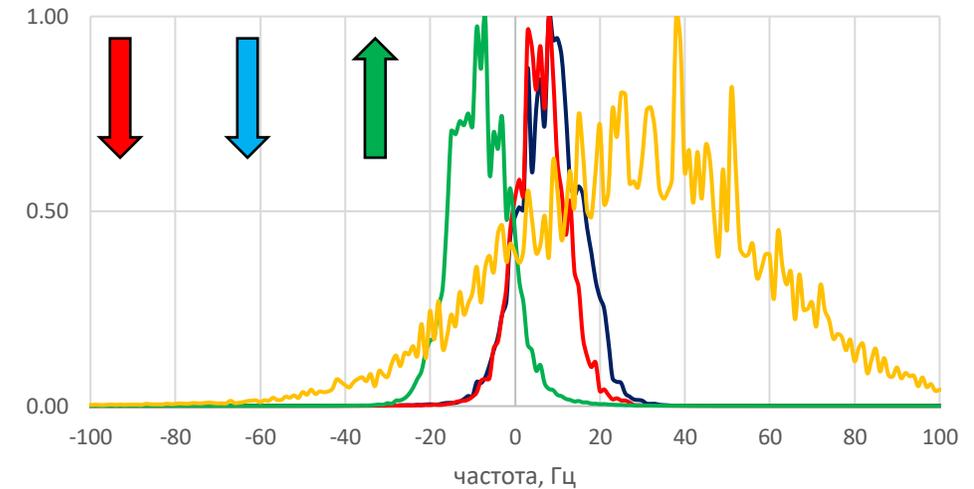


Рис. 5. Фотографии пятна растительного масла с камеры расположенной на радаре (слева) и снятая с судна (справа). Красными стрелками показаны местоположения пятен на фотографиях.

Результаты. Доплеровские спектры.



— без слика
— растительное масло
— олеиновая кислота
— без слика скорость ветра 5 м/с



— без слика
— растительное масло
— олеиновая кислота
— без слика скорость ветра 5 м/с

Эксперименты проводились 22 сентября 2022 года, направление ветра северо-восток, скорость 2 м/с. Такая малая скорость ветра развивала слабое волнение на речной поверхности, это явно можно наблюдать на фотографиях выше. В таких условиях проведение обычного эксперимента имело бы мало смысла, тем не менее даже в таких условиях мы смогли пронаблюдать несколько новых эффектов влияния слика на характеристики доплеровских спектров. На слайде приведены спектры полученные с радиолокатора 1 (справа) при 4° угла падения и направлении зондирования по течению реки и радиолокатора 2 (слева) при 8° угла падения и направлении зондирования против течения реки. Так же для сравнения приведены спектры полученные при скорости ветра 5 м/с с идентичным направлением волнения. Стрелками показаны **направление ветра**, **течения** и **направление зондирования**.

Характеристики спектров.

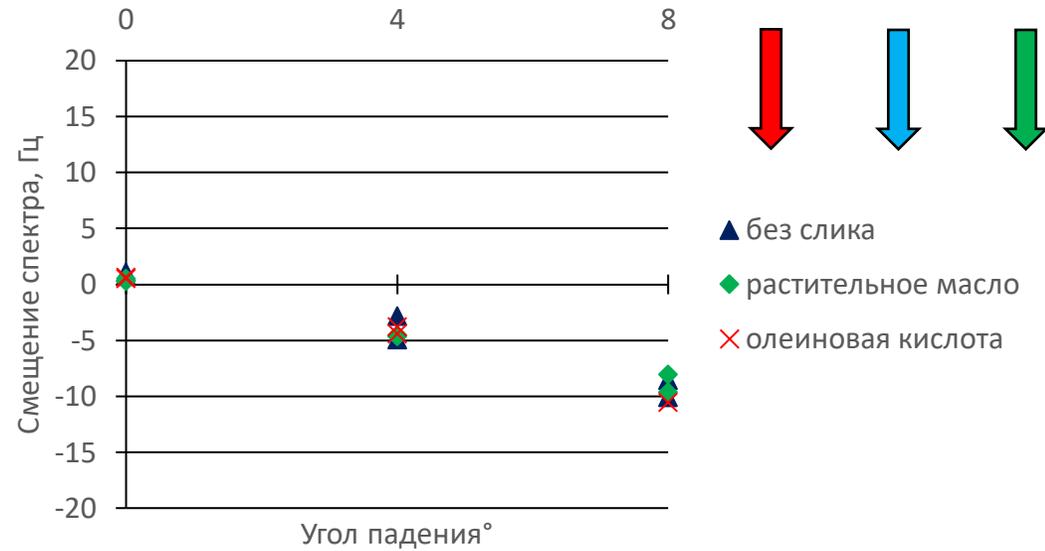
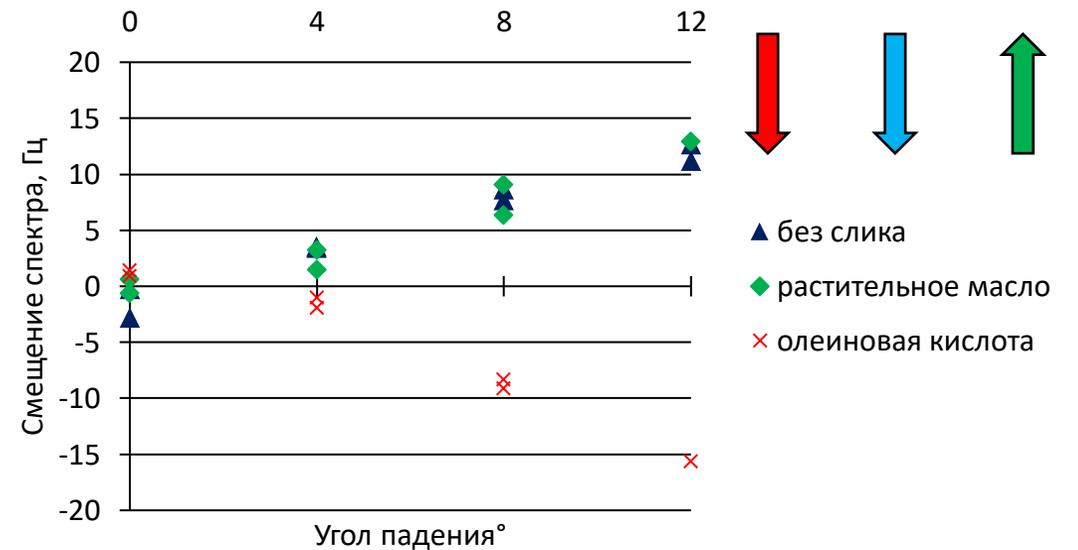


Рис.7. График зависимости частоты смещения доплеровского спектра в случаях наличия различных сливок для радиолокатора 2.

Рис.6. График зависимости частоты смещения доплеровского спектра в случаях наличия различных сливок для радиолокатора 1.



Пересчет в горизонтальные скорости.

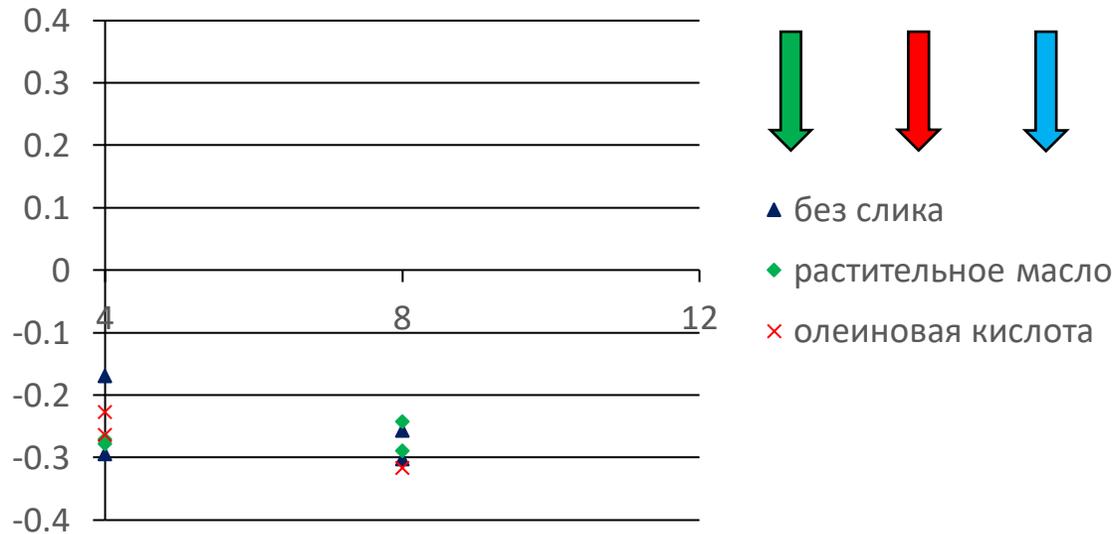
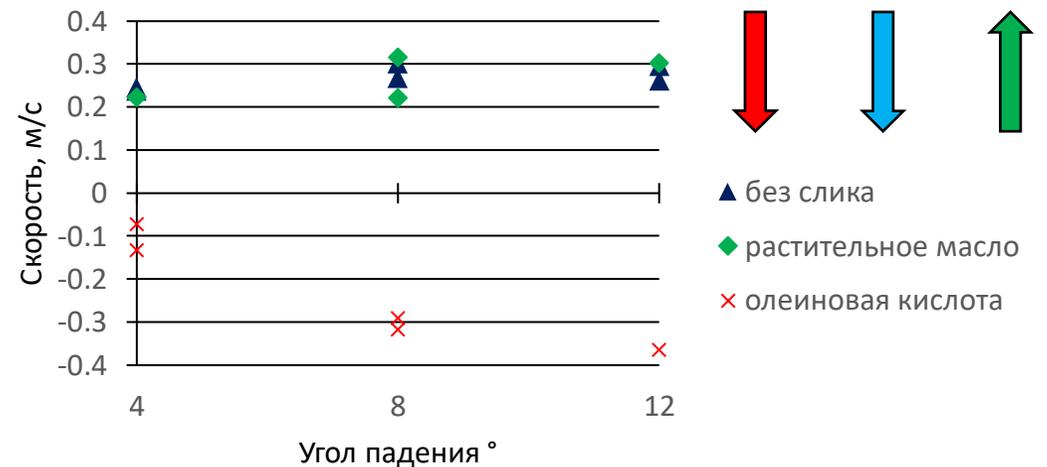


Рис.9. График зависимости горизонтальной скорости в случаях наличия различных сливок для радиолокатора 2.

Рис.8. График зависимости горизонтальной скорости в случаях наличия различных сливок для радиолокатора 1.



Ширина доплеровского спектра.

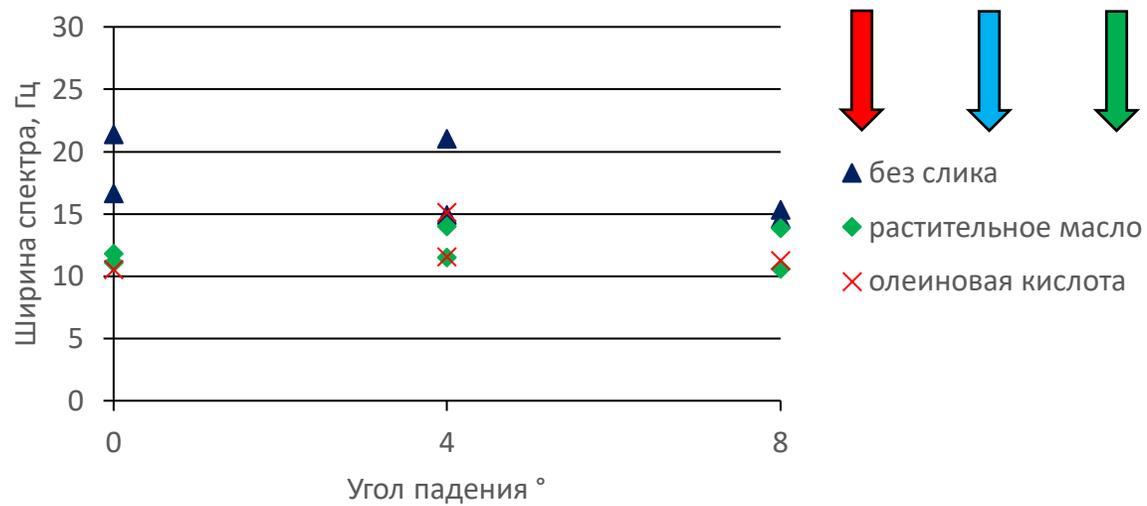
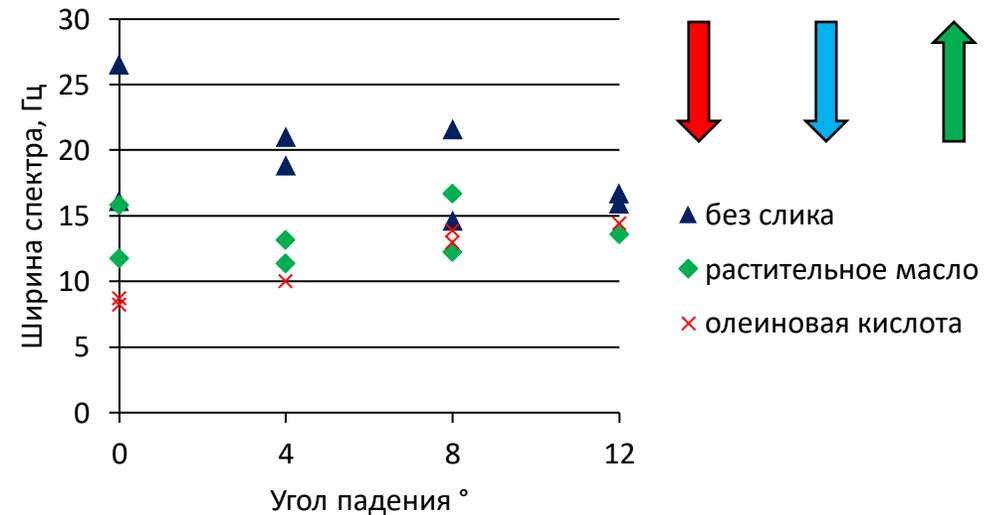


Рис.11. График зависимости ширины доплеровского спектра в случаях наличия различных сливок для радиолокатора 2.

Рис.10. График зависимости ширины доплеровского спектра в случаях наличия различных сливок для радиолокатора 1.



Коэффициент асимметрии

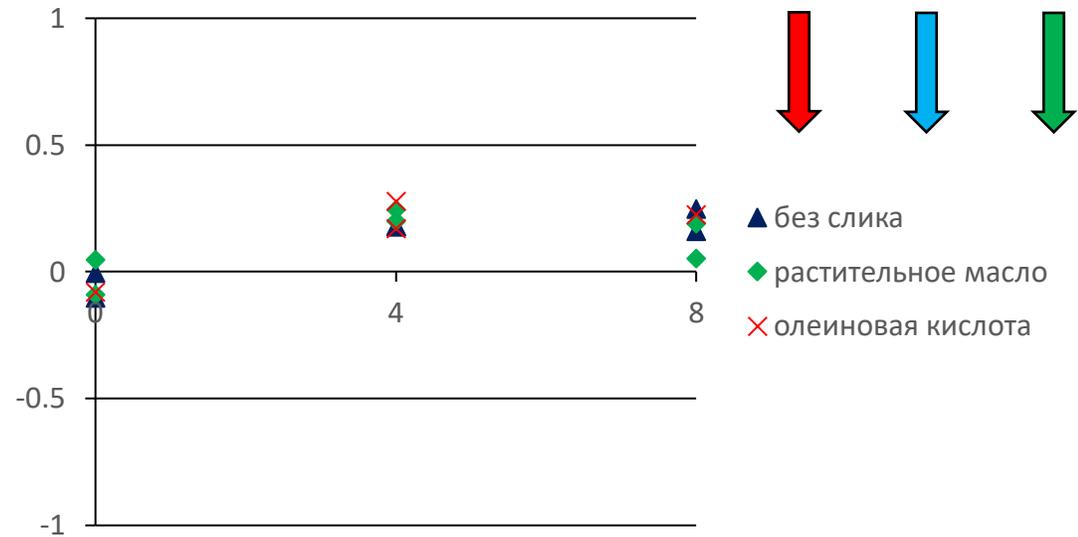
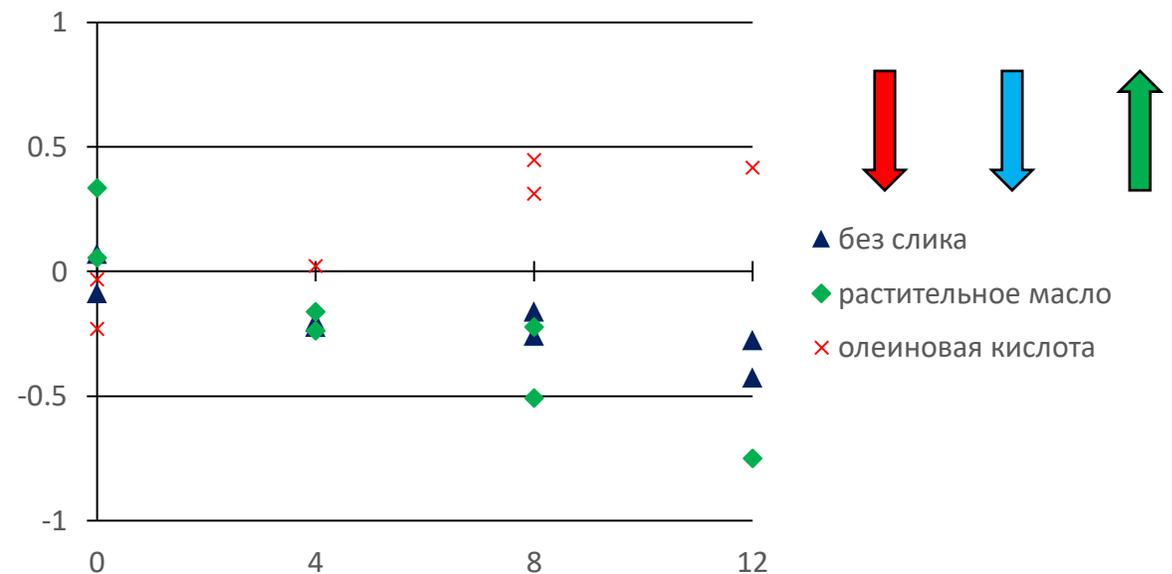


Рис.13. График зависимости коэффициента асимметрии доплеровского спектра в случаях наличия различных срезов для радиолокатора 2.

Рис.12. График зависимости коэффициента асимметрии доплеровского спектра в случаях наличия различных срезов для радиолокатора 1.



Коэффициент эксцесса

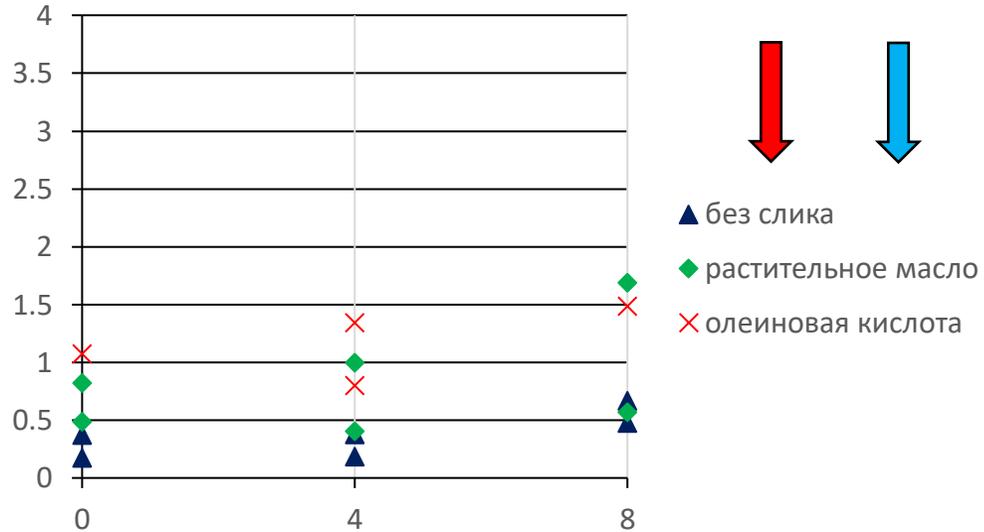
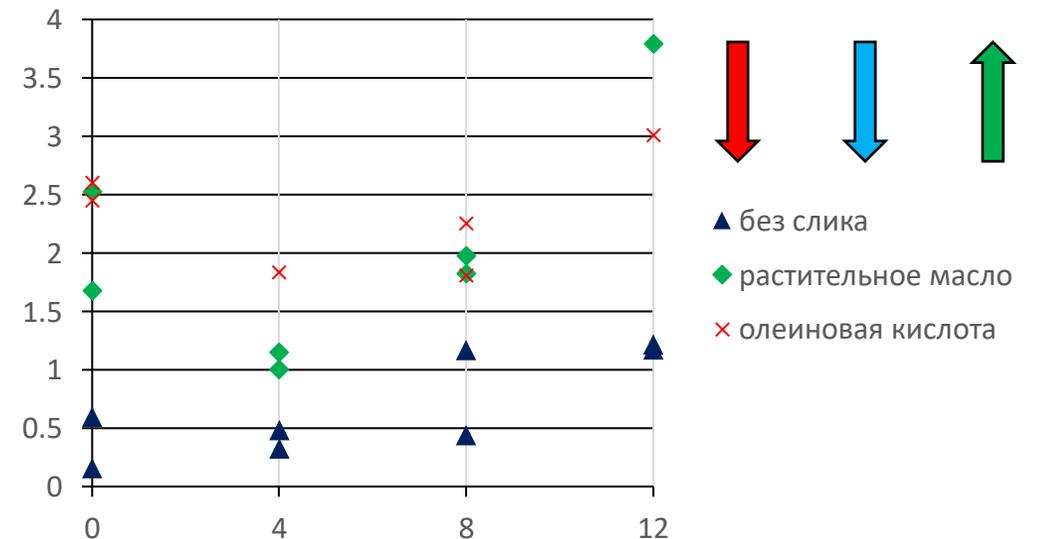


Рис.15. График зависимости коэффициента эксцесса доплеровского спектра в случаях наличия различных сликов для радиолокатора 2.

Рис.14. График зависимости коэффициента эксцесса доплеровского спектра в случаях наличия различных сликов для радиолокатора 1.



ИТОГИ.

Впервые были проведены эксперименты по исследованию характеристик отражённого доплеровского спектра на реке при наличии слика на поверхности при малых углах падения ($\leq 12^\circ$). В экспериментах использовались растительное масло и олеиновая кислота.

Получены зависимости характеристик доплеровских спектров от угла падения без и с сликом. Полученные результаты дают новую информацию о характере влияния слика на свойства спектра : 1) наличие слика влияет на смещение доплеровского спектра, возможно даже изменение характера зависимости (в случае с олеиновой кислотой); 2) ширина доплеровского спектра при наличие плёнки на поверхности уменьшается; 3) коэффициент эксцесса при наличии плёнки увеличивается в несколько раз по сравнению с обычной поверхностью.

Недостатком эксперимента был слабый ветер (волнение). В ходе дальнейших экспериментов будут исследованы случаи более сильного волнения.