

О.И. Пискунова, А.В. Гринюк, В.Н. Кравченко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ПОМЕХ

***Пискунова Оксана Ивановна**, кандидат технических наук, окончила ГОУ ВПО МО «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», направление «Проектирование и технология радиоэлектронных средств». Старший научный сотрудник ОАО «НИИ «Атолл», г. Дубна. Направление научных исследований – экспериментальный анализ сигналов, помех и обработка сигналов в области низкочастотной гидроакустики. [e-mail: trioi@mail.ru].*

***Гринюк Анатолий Владимирович**, окончил Киевский политехнический институт по специальности «Электроакустика и ультразвуковая техника». Начальник отдела ОАО «НИИ «Атолл», г. Дубна. Направление научных исследований – экспериментальный анализ сигналов, помех и обработка сигналов в области низкочастотной гидроакустики. [e-mail: anatoly_grinyuk@mail.ru].*

***Кравченко Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, окончил Таганрогский радиотехнический институт по специальности «Радиотехника». Начальник отделения ОАО «НИИ «Атолл», г. Дубна. Направление научных исследований – разработка и экспериментальный анализ моделей сигналов, помех и обработка сигналов в области низкочастотной гидроакустики. [e-mail: vladimirkra@gmail.com].*

Аннотация

В статье представлены результаты экспериментального исследования вертикальной структуры поля низкочастотных помех в шельфовой зоне Баренцева моря. Выявлены зависимости изменчивости вертикальной структуры поля от приливно-отливных течений.

Ключевые слова: приливно-отливные течения, вертикальная структура поля помех.

Введение

В 2013 году ОАО «НИИ «Атолл» (г. Дубна) проводило натурные исследования гидроакустической системы в прибрежной части Баренцева моря. В состав системы входит приемная вертикальная антенна, перекрывающая почти весь волновод и позволяющая исследовать вертикальную структуру поля помех.

Место постановки системы характеризуется мощными приливно-отливными течениями, высота приливной волны может достигать 4 м.

В связи с этими фактами была поставлена следующая задача: на основе результатов обработки записей гидроакустических сигналов и помех оценить изменение

вертикальной структуры поля сигналов излучателя и шумов моря под действием приливо-отливных течений.

Описание схемы постановки экспериментальной гидроакустической системы

Анализ вертикальной структуры поля помех проводили по экспериментальным данным, полученным в районе шельфовой зоны Баренцева моря. Схема постановки вертикальной приемной антенны (ВПА) относительно одиночного излучателя (И) представлена на рисунке 1.

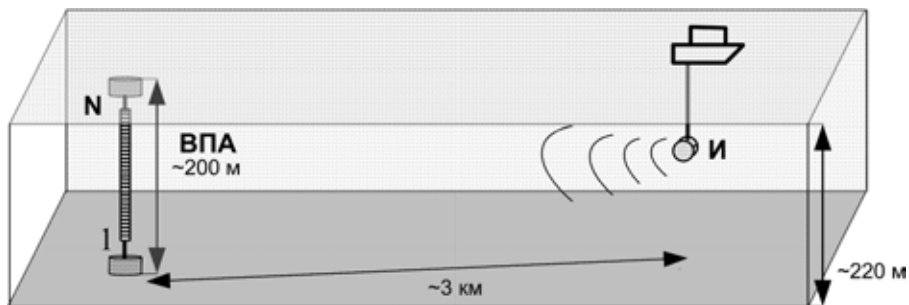


Рис.1. Схема постановки вертикальной антенны относительно излучателя

Приемная антенна состоит из нескольких десятков гидрофонов, ее общая протяженность составляет порядка 200 м.

Нумерация гидрофонов произведена снизу вверх, то есть от дна к поверхности. Направленность вертикальных углов от минус 180° до 0° (снизу вверх). Вертикальная антенна слабо чувствительна к горизонтальным углам.

Глубина постановки системы составляет порядка 220 м. Расстояние между приемной и излучающей системой – около 3 км.

Район постановки системы характеризуется мощными приливо-отливными явлениями (высота приливной волны может достигать 4 м), сильными течениями и развитым судоходством.

Расчет приливов и отливов

Приливо-отливные явления и течения оказывают влияние на распространение звука и, соответственно, на вертикальную структуру поля помех, а также на работу вертикальной приемной антенны, перекрывающей почти весь волновод.

Для анализа влияния приливо-отливных явлений на работу системы необходимо знать временной график изменения высоты волны в конкретном географическом месте постановки системы.

Расчет приливов и отливов был произведен с помощью программы WXTide 32. При этом в качестве отправной точки была выбрана станция наблюдения, ближайшая к месту постановки системы. Для каждой рассматриваемой даты рассчитывались приливы и отливы за сутки (рис. 2).

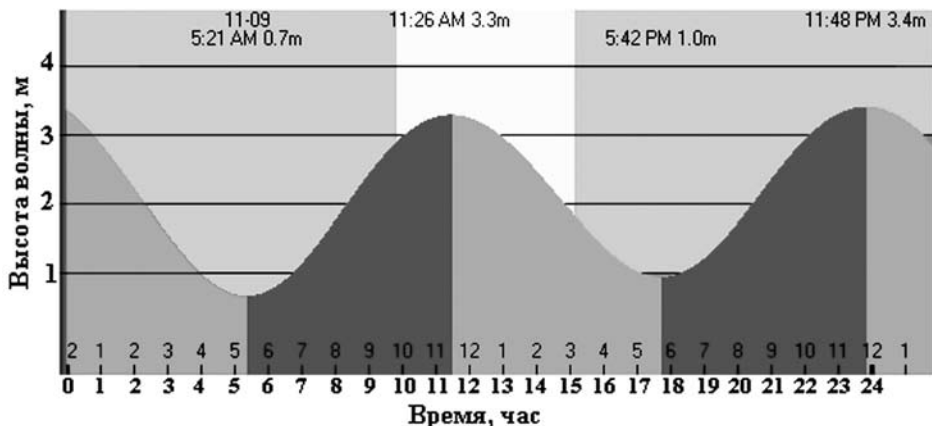


Рис. 2. Пример расчета приливов и отливов за сутки

Приливно-отливные течения имеют полусуточный характер. Период прилива (отлива) составляет порядка 12 часов.

Также известно, что высота приливов и отливов непосредственно зависит от фазы луны. Максимальная высота приливов наблюдается в полнолуние.

Вертикальный спектр шумов моря

В качестве исходных данных брали временные реализации шумов (то есть записи, произведенные в пассивном режиме при выключенном излучателе). В полученных записях могут присутствовать как непосредственно шумы моря, так и шумы судоходства, промышленные шумы и т. п.

Длительность временной реализации составляет порядка 100 секунд.

Пространственно-временную обработку проводили в рабочей полосе частот излучателя по записям, полученным за сутки. Геометрию антенны считали линейной эквидистантной решеткой с расстоянием между приемниками порядка нескольких метров. При этом не учитывались все возможные изменения конфигурации антенной решетки под влиянием течений.

На рисунках 3 и 4 представлен пример пространственно-временной структуры поля помех и изменение направления и значения максимумов диаграммы направленности (ДН) вертикальной антенны, а также, для сравнения, изменение высоты волны приливов и отливов.

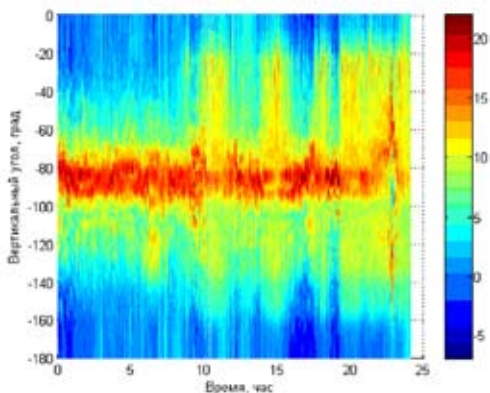
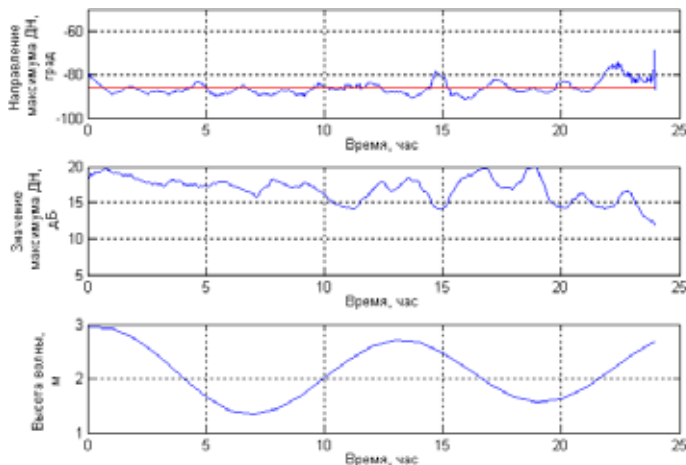


Рис. 3. Пространственно-временная структура поля помех



а) изменение направления максимума ДН антенны по времени;

б) изменение значения максимума ДН по времени;

в) изменение высоты волны приливов и отливов по времени (за сутки)

Рис. 4.

В результате исследования полученных результатов были выявлены следующие особенности.

Шум моря приходит в основном по нормали к антенне (направление, близкое к минус 90°).

При минимальном и максимальном уровнях волны прилива наблюдается резкое изменение вертикального спектра шумов, которое может быть связано как с отклонением антенны от вертикали, так и с различными явлениями, возникающими во время приливов и отливов (течения, турбулентности и т. п.).

Вертикальная структура поля одиночного излучателя

Далее был проведен анализ вертикальной структуры поля по записям сигналов одиночного излучателя. В качестве исходных данных использовались временные реализации тональных импульсов и сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Длительность временной реализации составляет порядка 200 секунд.

Пространственно-временная обработка проводилась в полосе частот ЛЧМ сигнала ($\Delta f \sim 10$ Гц). Геометрия вертикальной антенны – линейная эквидистантная решетка.

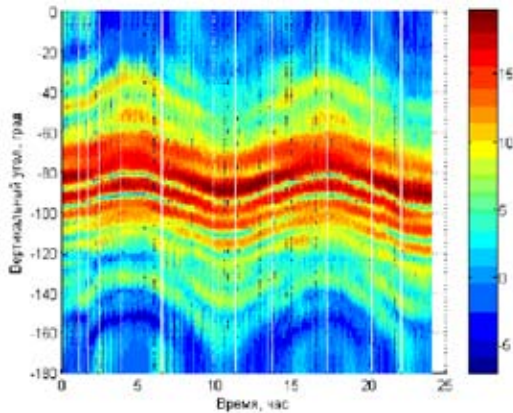
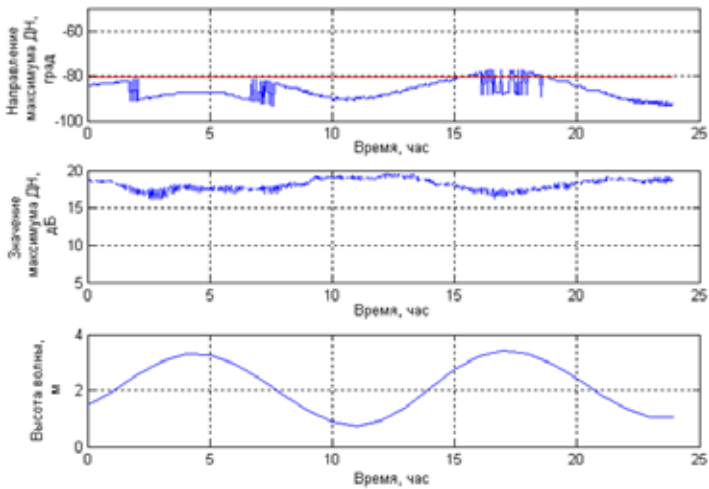


Рис. 5. Пространственно-временная структура поля

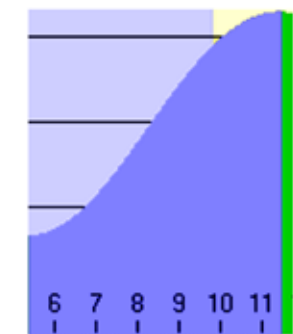


а) изменение направления максимума ДН антенны по времени;

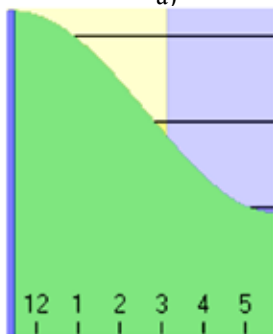
б) изменение значения максимума ДН по времени;

в) изменение высоты волны приливов и отливов по времени (за сутки)

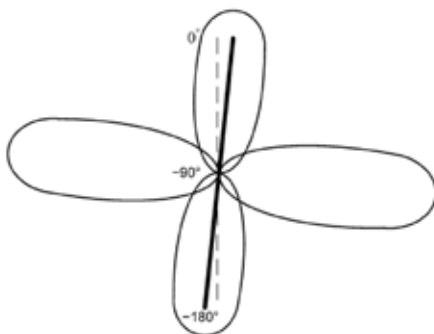
Рис. 6



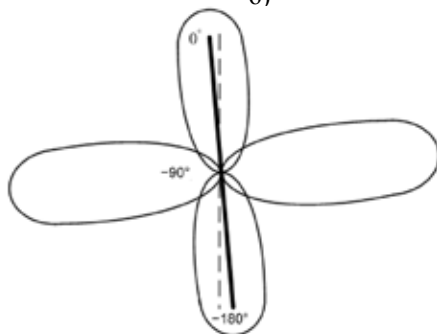
а)



в)



б)



г)

Рис. 7. Изменение уровня волны: а) при приливе; в) при отливе; примерная схема отклонения антенны: б) при приливе; г) при отливе.

На рисунках 5 и 6 представлен пример пространственно-временной структуры поля одиночного излучателя и изменение направления и значения максимумов ДН, а также изменение высоты волны приливов и отливов.

В ходе исследования зависимости направленности антенны от приливно-отливных течений были выявлены следующие особенности.

Шум моря приходит на антенну с направления, близкого к нормали антенны, то есть с направления \sim минус 90° .

При приливе антенна отклоняется от вертикали вправо, сигнал на антенну приходит с направления \sim минус 83° (рис. 7 а, б)

При отливе антенна отклоняется в противоположную сторону, сигнал приходит с направления \sim минус 100° (рис. 7 в, г).

Анализ корреляционных характеристик вертикального поля помех

Также были исследованы энергетические характеристики вертикального поля помех, рассматривались изменения энергетического спектра по времени (за сутки), определенные отдельно по записям шумов. Анализ проводился в полосе – 5–120 Гц.

Ниже на графиках (рис. 8–11) представлено изменение энергии на каждом приемнике и на каждой частоте по времени, определенное по шумам моря. Для сравнения приведены графики изменения высоты волны (прилива, отлива).

По итогам анализа полученных за несколько суток результатов были выявлены следующие особенности.

В те моменты, когда уровень отлива минимальный и уровень прилива максимальный, наблюдается увеличение энергии на отдельных гидрофонах, 10 нижних и 10 верхних приемниках.

Когда происходит прилив или отлив, то есть нарастание или уменьшение уровня приливно-отливной волны, увеличивается энергия на 10 приемниках,

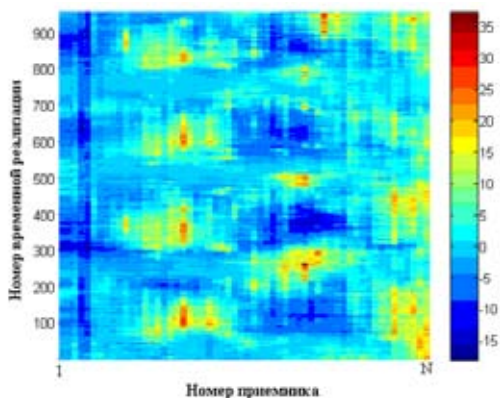


Рис. 8. Изменение по времени энергетического спектра помех на каждом приемнике

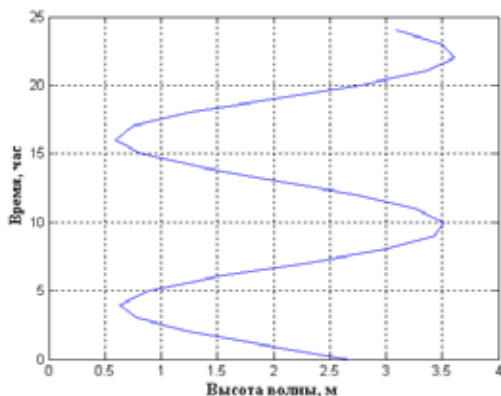


Рис. 9. Изменение высоты волны приливов и отливов по времени

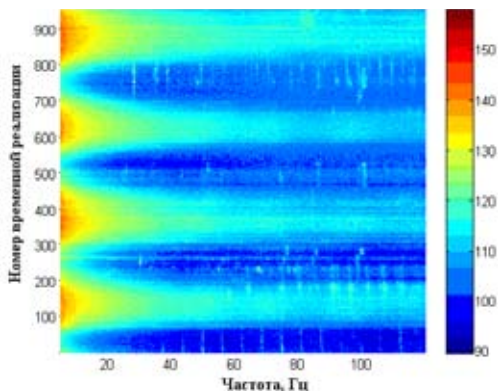


Рис. 10. Изменение во времени энергетического спектра помех по частоте

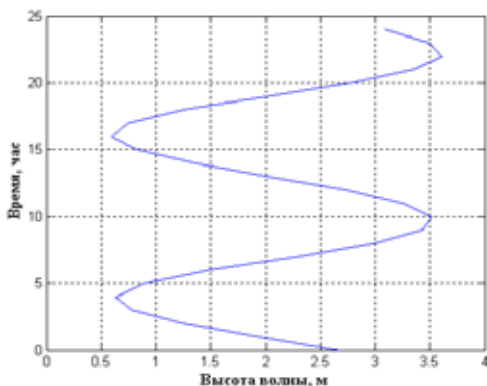


Рис. 11. Изменение высоты волны приливов и отливов по времени

Наблюдается также увеличение энергии, особенно на низких частотах (до 20 Гц), при минимальной или максимальной высоте волны. В моменты спада или нарастания уровня волны прилива по частоте энергия значительно снижается.

Выявленные в ходе исследования особенности изменения вертикальной структуры поля помех подтверждают их взаимосвязь с приливно-отливными течениями. Проведенные исследования являются первым этапом большой работы. В дальнейшем будет проведен анализ более тонких структур.

расположенных почти в средней части решетки.

При минимальной или максимальной высоте волны увеличивается энергия, особенно на низких частотах (до 20 Гц), причем, соответственно, в максимуме больше, в минимуме меньше. В моменты спада или нарастания уровня волны энергия по частоте значительно снижается.

Заключение

Шум моря в основном приходит с направления, близкого к нормали антенны ($\sim 90^\circ$).

В моменты прилива и отлива происходит отклонение приемной антенны от вертикали и, соответственно, изменяется направленность: при приливе сигнал на антенну приходит с направления \sim минус 83° , при отливе – с направления \sim минус 100° .

При изменении уровня волны (минимальный или максимальный) наблюдается увеличение энергии на отдельных группах гидрофонов (нижние и верхние приемники).

В моменты времени, когда происходит нарастание или уменьшение уровня волны, увеличивается энергия на приемниках в середине решетки.