

Помехи от придонных течений при регистрации сейсмических сигналов на морском дне

Д.Г. Левченко ИО РАН

ПРИДОННЫЕ ТЕЧЕНИЯ

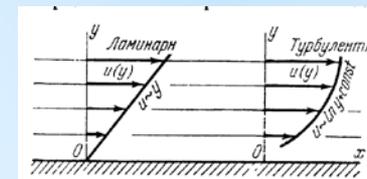


Источники и виды придонных течений

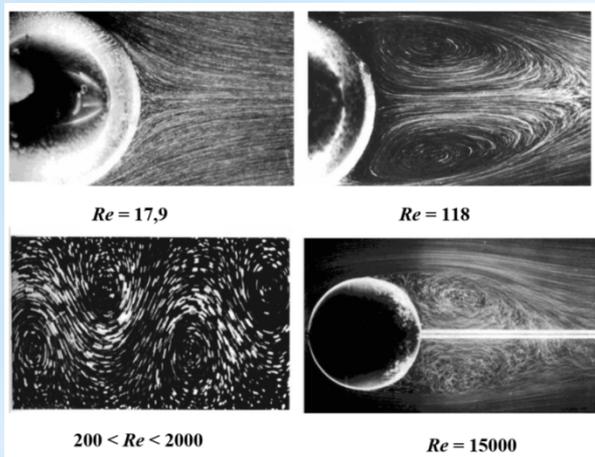
Источники и типы придонных течений и возбуждаемые ими помехи

Источники придонных течений	→	Типы придонных течений	→	Особенности помех
Вращение Земли Приливы Спутные течения Противотечения Поверхностные волны Внутренние волны Ветровые нагоны Разность атмосферного давления Разность плотности		Ламинарное стационарное Ламинарное не стационарное Вихревое стационарное Вихревое не стационарное Турбулентное		Вибрации блока сейсмоприемников Возбуждение акустического поля в воде и дне

Зависимость от расстояния до дна

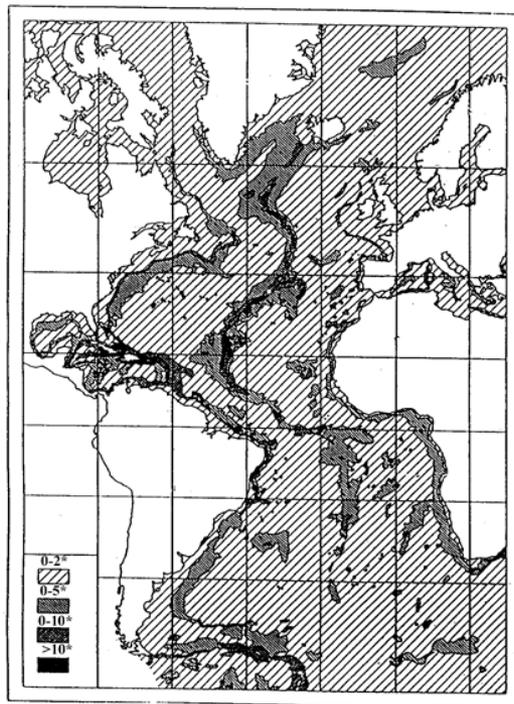


Зависимость от рельефа дна



$$Re = \frac{uL}{\nu}$$

$\nu = 10^{-6} \text{ М}^2/\text{с}$
кинематическая вязкость



Рельеф дна в заливе Монтерей

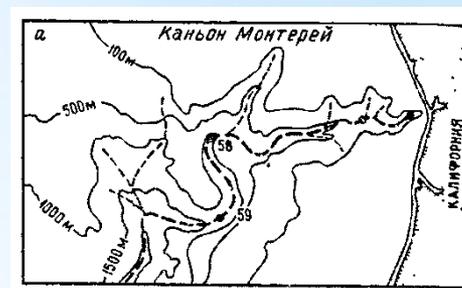
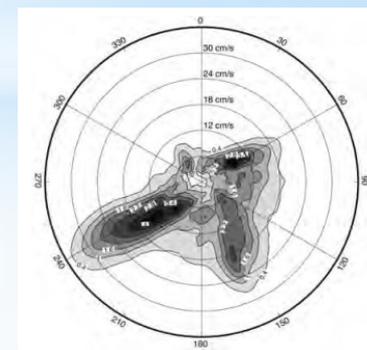


Диаграмма течений в заливе Монтерей



Зона, краткая характеристика	Средние значения морфометрических показателей и занимаемые площади (%)		
	Расчленения (км)	Перепады высот (м)	Углы наклона
Абиссальные холмы, слабое расчленение	4-8 (20-30%)	0-100 (85-95%)	0-1° (65-70%)
Абиссальные равнины, выровненный рельеф	15-20 (65-85%)	0-10 (40-98%)	0-0,05° (98-99%)

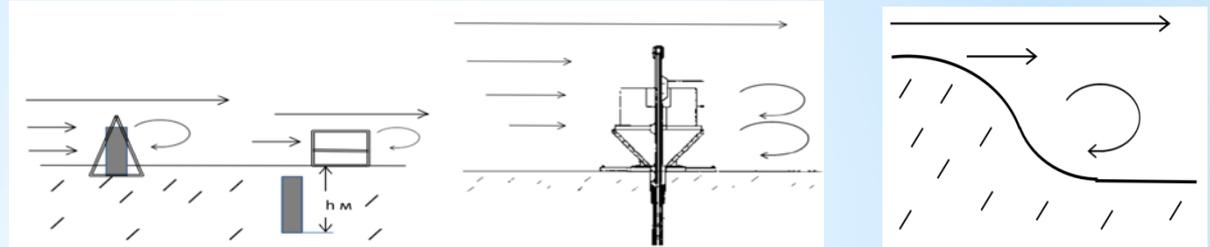
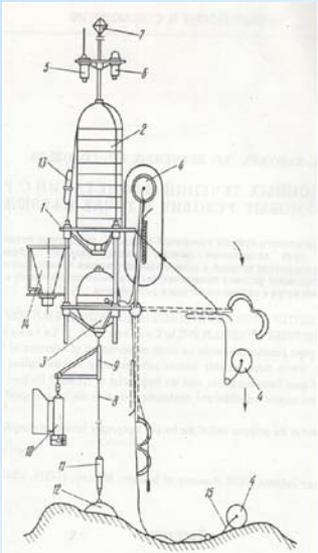
Виды помех и способы их возбуждения придонными течениями

Частотный диапазон регистрации сейсмических сигналов зсейсмографами 0,01 Гц – 30 Гц

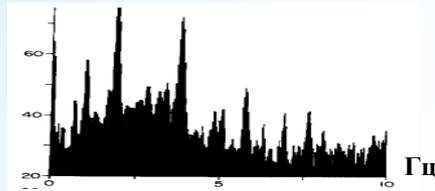
Частотный диапазон регистрации помех примерно от 0,001 Гц до 300 Гц

Порог чувствительности сейсмографов до 10^{-8} Вс/м

Донная станция ИО РАН
1980-е годы



Спектр сейсмических помех от течений



Числа Рейнольдса и частоты помех от придонных течений для разных характерных размеров элементов донной станции при скорости течения 0,06 м/с

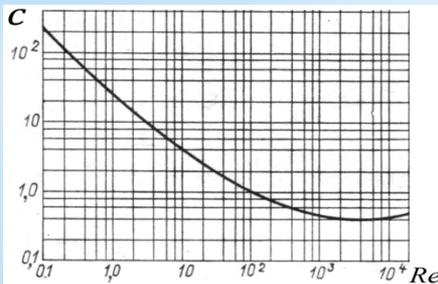
L (м)	1	0,1	0,01
Re (20°C)	60000	6000	600
Re (4°C)	33000	3300	330
f (Гц)	0,012	0,12	1,2

Обобщенные результаты возбуждения акустических полей водными потоками

Re	0 - 20	20 - 200	200 - 2000	> 2000
Течение за телом:	Ламинарное	Вихревое		Турбулентное
Пulsации:	нет	Стационарные	Нестационарные	
Акустическое поле:	нет	нет	Периодическое	Хаотическое

Сопротивление сферы стационарному потоку

$$P(t) = P_0 + P(t) = C\rho S[u_0 + u(t)]^2 \approx C\rho S[(u_0)^2 + 2u_0u(t)]$$



$$f = Su/L$$

Струхаля число $S = 0,2 \pm 0,02$. при $4 \cdot 10^2 < Re < 4 \cdot 10^5$ $S = 0,16$ при $Re = 100$

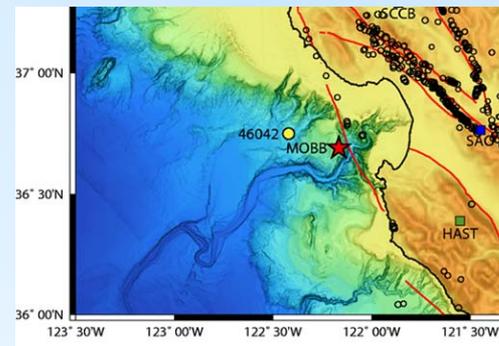
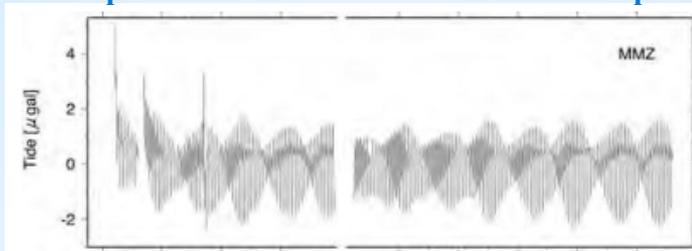
Способы защиты донных сейсмографов от помех

Донный сейсмограф МОВВ в каньоне Монтерей (Калифорния, США)

Заглубленный блок
сейсмоприемников МОВВ



Приливные течения в каньоне Монтерей



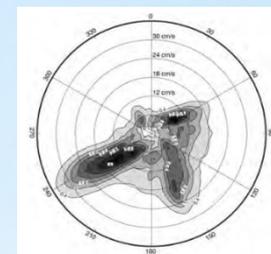
Сменные блоки памяти
и питания МОВВ на дне



Течения в каньоне Монтерей и расчетные значения частот помех

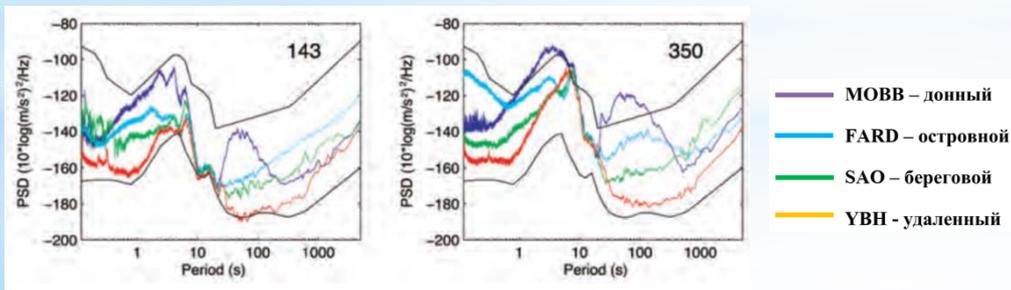
		Размеры L (м):	1,0 – 0,01	1,0 - 0,01	1,0 - 0,01
Re (4^0C)	Скорость течений:	Направление:	240^0	60^0	150^0
	Максимальная		$(194 - 1,94) \cdot 10^5$	$(111 - 1,11) \cdot 10^5$	$(150 - 1,5) \cdot 10^5$
	Минимальная		$(28 - 0,28) \cdot 10^5$	$(11,1 - 0,11) \cdot 10^5$	$(11,1 - 0,11) \cdot 10^5$
Частота помех f (Гц)	Максимальная		0,07 – 7	0,04 – 4	0,054 – 5,4
	Преобладающая		0,03 – 3	0,02 – 2	0,036 – 3,6
	Минимальная		0,01 - 1	0,004 – 0,4	0,004 – 0,4

Скорости:
35 см/с – 10 см/с

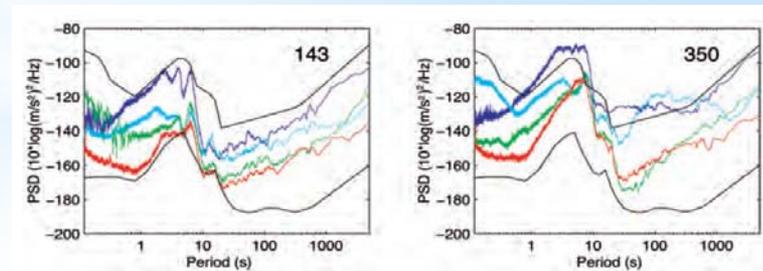


Спектры микросейсм и помех от течений и волнения, измеренные донным сейсмографом МОВВ и наземными сейсмографами

Вертикальные компоненты



Горизонтальные компоненты

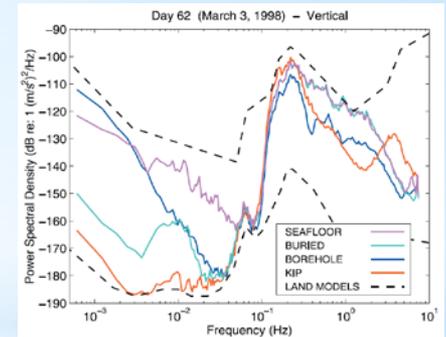
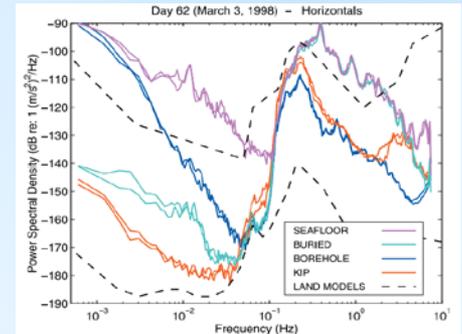


143 – тихий день, 350 – ветренный день

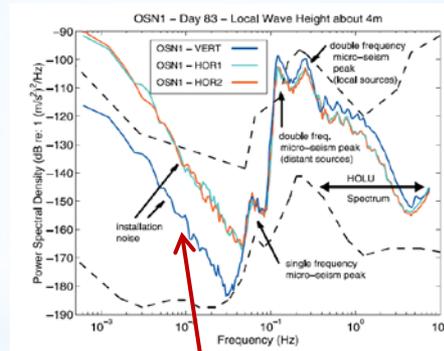
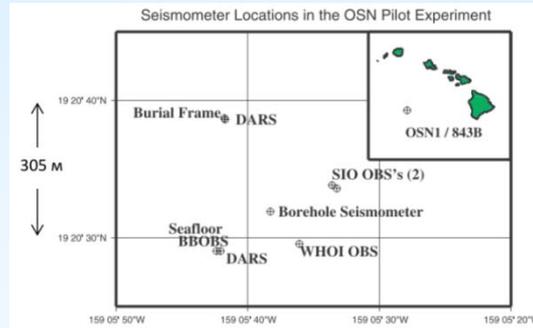
Способы защиты донных сейсмографов от помех

Гавайский эксперимент США (март-июнь 1998 г)

Спектры микросейсм и помех, измеренные при разных постановках сейсмографов



Размещение сейсмографов на полигоне



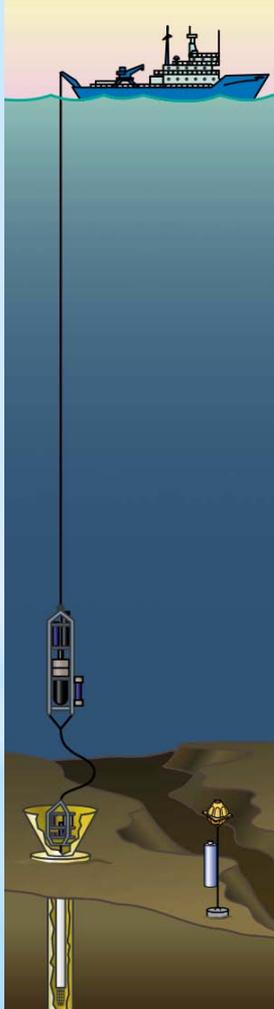
Помехи в инфра низкочастотном диапазоне

$$f = Su/L = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Гц}$$

$$S = 0,2, \quad u = 0,1 \text{ м/с}, \quad L = 5 \text{ м}$$

- донный
- заглубленный
- скважинный
- островной

Сейсмограф скважинный, глубина под дном 250 м, глубина воды 4400 м



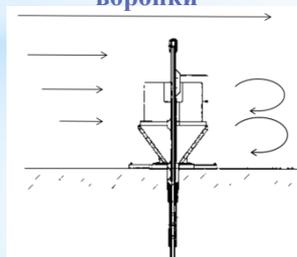
Сейсмографы: Донный



Заглубленный в ил

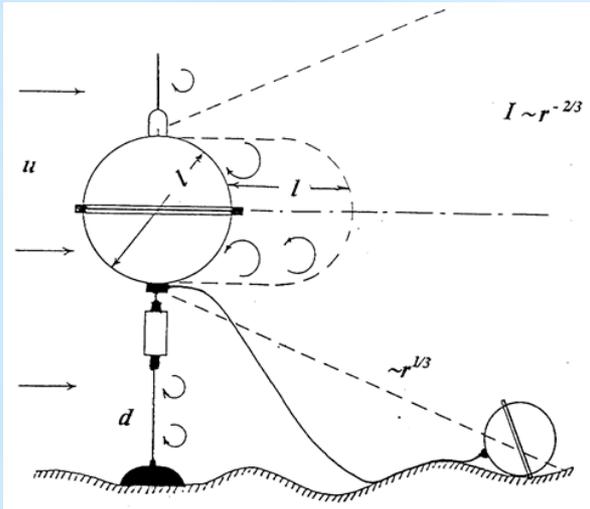


Течения около установочной воронки



Конструкции помехозащищенных донных сейсмографов ИО РАН

Широкополосный автономный донный сейсмограф (ШАДС)



Основные особенности

- Двухмодульная конструкция с выносным блоком сейсмоприемников
- Трехкомпонентный электрохимический сейсмоприемник
- Обтекаемая форма корпусов, разнос до 50 м, ослабление помех до 1000 раз

Основные технические характеристики

- Частотный диапазон регистрации от 0,003 до 20 Гц
- Порог чувствительности (на частоте 0,1 Гц) 10^{-8} м/с
- Динамический диапазон измерений 110 дБ
- Время автономной работы до 6 месяцев

Широкополосная кабельная донная сеймостанция (КДСС) для комплексного мониторинга нефтегазовых месторождений

Частотный диапазон возбуждения помех течениями

$$u/l < \omega < (u/l)(Re/Re_{кр}) = u^2 \rho / \eta Re_{кр}$$

$$Re_{кр} \approx 2000 \quad Re/Re_{кр} \approx 10$$

$$(1 \text{ м}; 0,1 \text{ м}; 0,01 \text{ м}) \quad u = 0,03 \div 0,5 \text{ м/с}$$

$$f = 0,03 \div 500 \text{ Гц}$$

Интенсивность полей различных источников

$$J_{кол} / J_{пул} = 2\pi^2 (d^2 / \lambda^2) \quad d \ll \lambda$$

Расстояние между контейнерами

$$\lambda_{ак} \gg r_{конт} \gg l \quad l \approx 1 \text{ м}$$

$$J_{ак} \sim J_{изл} (l/r)^2 \quad J_{изл} = J_{вихр} + J_{турб}$$

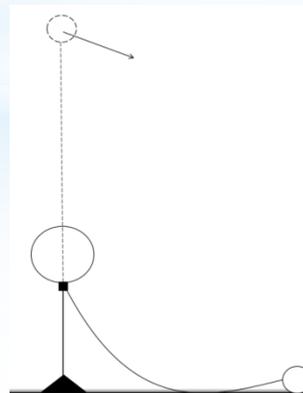
$$J_{вихр} \sim u_{тур} (l/r)^{2/3} \rightarrow Re_{кр}/Re \approx 10$$

J (м/с) – интенсивность сейсмической помехи

$$1000 \text{ нм/с} \rightarrow 1 \text{ нм/с}$$

$$r > \sim 30 \text{ м} \quad r > \sim 33 \text{ м}$$

Схема постановки ШАДС



Технические характеристики кабельной донной сеймостанции

- Число сейсмических каналов X, Y, Z 3 НЧ и 3 ВЧ (электрохимические сейсмоприемники)
- Число гидроакустических каналов 1 НЧ и 1 ВЧ
- Частотный диапазон НЧ тракта 0.01–20 Гц
- Частотный диапазон ВЧ тракта 1–500 Гц
- Усиление аналогового сигнала (управляемое) 0–36 дБ
- Динамический диапазон (при усилении 0 дБ) 120 дБ
- Разрядность АЦП 24 бит
- Интервал дискретизации (управляемый) 0,5, 1, 2, 4 мс
- Потребление питания 3 Вт

Выдающиеся исследователи течения вязкой жидкости и возбуждения звука при обтекании тел

Рейнольдс О., Струхаль В., Прандтль Л., Карман Т., Релей Дж., Лайтхилл Дж., Ландау Л.Д., Блохинцев Д.И., Колмогоров А.Н., Монин А. С. и др.

Выводы

1. Придонные течения возбуждаются многочисленными источниками, присутствуют практически во всех районах морей и океанов и отличаются большой изменчивостью по интенсивности и направлению.
2. Придонные течения могут создавать серьезные помехи в широком частотном диапазоне при регистрации сейсмических сигналов на дне акваторий за счет прямого воздействия на чувствительные элементы донных сейсмографов и путем возбуждения сейсмоакустических полей в водной среде и донном массиве .
3. Особенности придонных течений являются уменьшение скорости при сближении с дном и сильная зависимость от рельефа дна. Поэтому для уменьшения помех стремятся ставить донные сейсмографы в низины, заглублять в слой осадков или размещать в донных скважинах. Однако, как показывает практика, эти меры не всегда являются достаточными.
4. Вследствие эксплуатационной необходимости часть элементов донных сейсмографов располагается на поверхности дна (устройства связи и всплытия, сменные блоки питания и регистрации, установочная воронка в скважине и др.). Вокруг этих элементов или неровностей дна образуются вихри, которые являются источниками сейсмоакустических помех.
5. Для снижения влияния помех от придонных течений необходимо тщательно исследовать места постановки донных сейсмографов с целью изучения микрорельефа дна и интенсивности и направления течений в слое толщиной до 5 – 10 метров. Располагать донные сейсмографы желательно на относительно ровной поверхности, максимально приближая элементы к дну. Допустимая скорость придонных течений определяется соответствующим расчетом, исходя из метрологических и конструктивных характеристик сейсмографа. Блок сейсмоприемников следует относить на расстояние в несколько десятков метров от возможных источников сейсмоакустических помех.

Спасибо за внимание

