



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
химической физики имени Н.Н. Семенова
Российской академии наук
(ФИЦ ХФ РАН)

БАСАКИНА Светлана Сергеевна

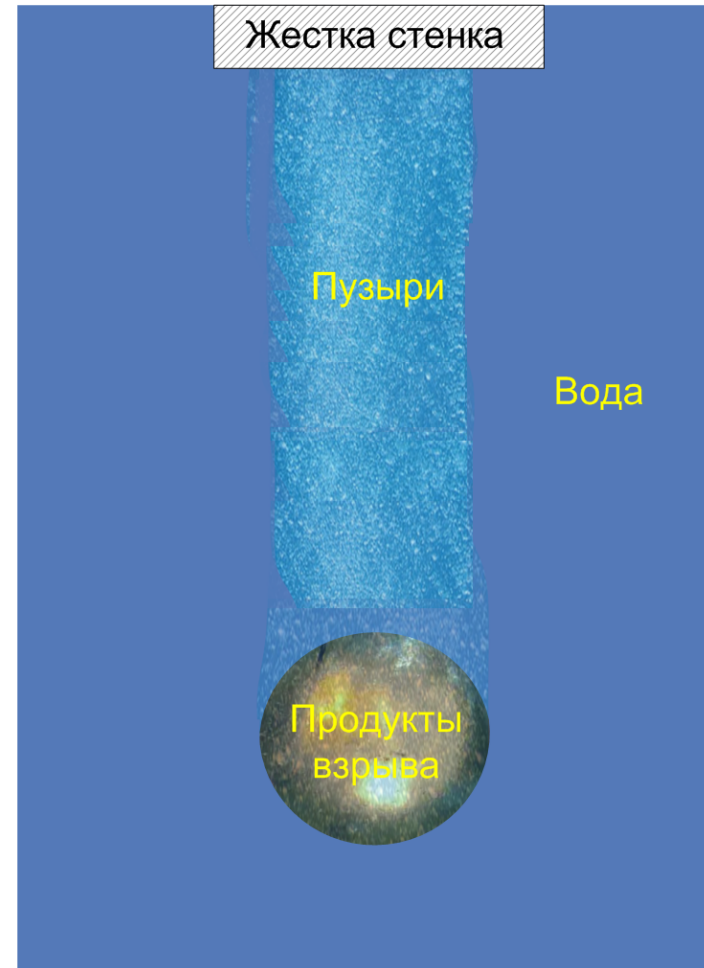
**ГИДРОДИНАМИКА
НАПРАВЛЕННОГО ПОДВОДНОГО
ВЗРЫВА НЕИДЕАЛЬНО
ДЕТонируЮЩИХ
ВЫСОКОМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ
СОСТАВОВ**

Цель исследования

Доказать возможность направленного подводного взрыва путем детонации высокометаллизированных взрывчатых составов в канале из барботированной воды простирающемся от заряда к препятствию

Как повысить действие взрыва на цель?

1. Обеспечить дореагирование с водой
2. Создать детонационноспособный состав с максимальным содержанием металла
3. Направить энерговыделение в сторону цели

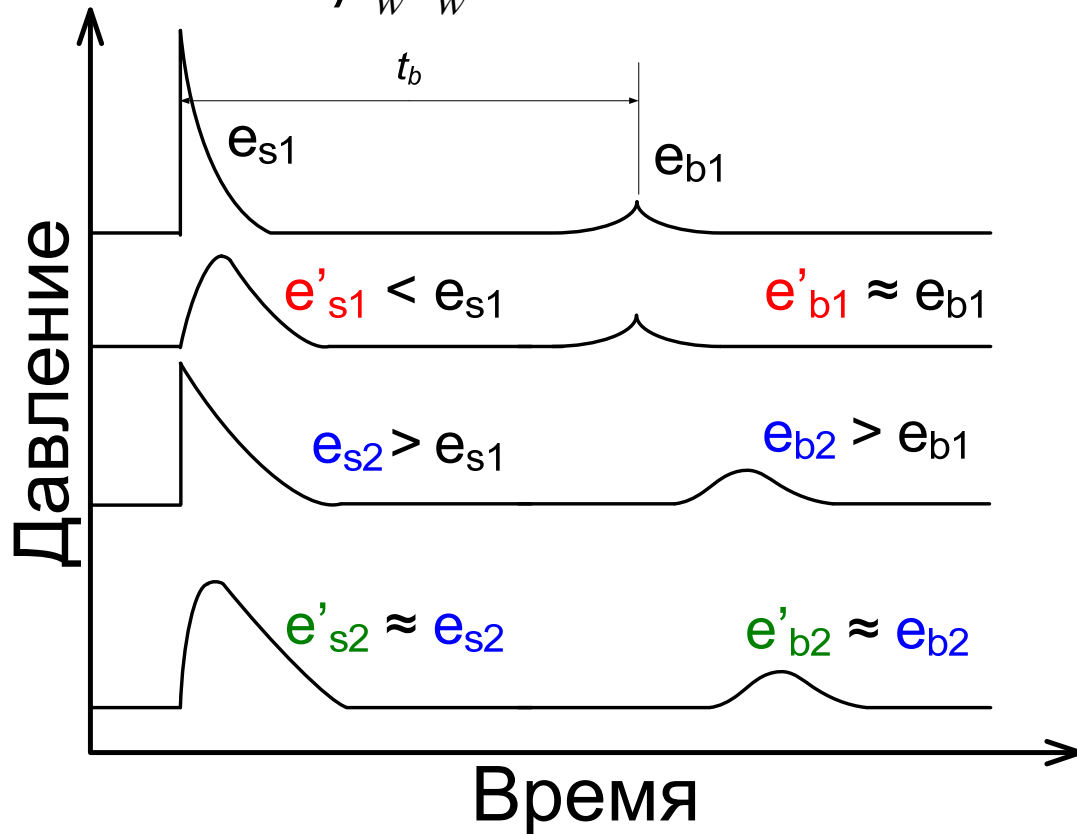


Полная удельная энергия подводного взрыва

e_s – энергия гидроударной волны $e_{\Sigma} = e_s + e_b$ e_b – энергия пульсации

$$e_s = \frac{4\pi R^2}{m\rho_w c_w} \int_0^{6,7\tau} P^2 dt$$

$$e_b = \frac{1}{8c_w^3 K_1^3} \left[\sqrt{1+4Ct_b} - 1 \right]^3$$



Идеальное ВВ в
сплошной воде

Идеальное ВВ в воде с
пузырьками

Металлизированное ВВ в
сплошной воде

Металлизированное ВВ в
воде с пузырьками

Исследованные составы и заряды

Состав	Доли компонентов, вес. %	Q, МДж/кг	ρ , г/см ³	Al/O
1:1	41.5 Al, 41.5 ПХА, 17 НМ	1.9 (8.40*)	1.2	1.31
1.5:1	50 Al, 33 ПХА, 17 НМ	1.75 (9.75*)	1.2	1.85
2:1	56 Al, 27 ПХА, 17 НМ	1.45 (10.20*)	1.2	2.36
НВХ-3	31 гексоген, 29 ТНТ, 25 Al, 5 воск	6.78	1.3	0.808
ТНТ	100 Тринитротолуол	4.19	1.6	-
Аммонит № 6ЖВ	21 ТНТ, 79 нитрат аммония	4.13	1.2	-

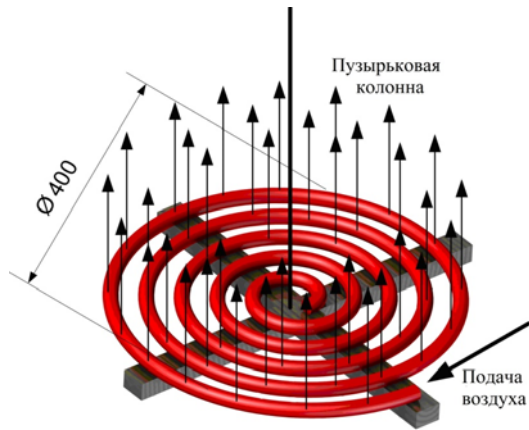
Алюминий марки ПАП-2 с размером частиц 0.25-1 мкм
ПХА с размером частиц 40 мкм

* Полная теплота взрыва с учетом дореагирования продуктов детонации между собой и с водой.



- Масса 26 г
- Бустер 4 г аммонита № 6ЖВ
- Длина 100 мм
- Диаметр 21мм
- Инициирование сверху капсюлем ЭД-8Ж

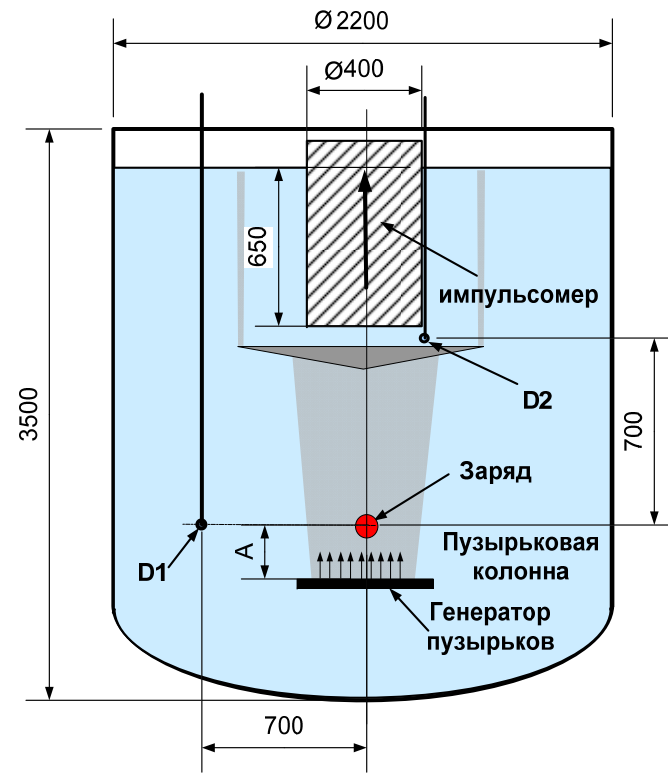
Эксперимент



Генератор пузырьков



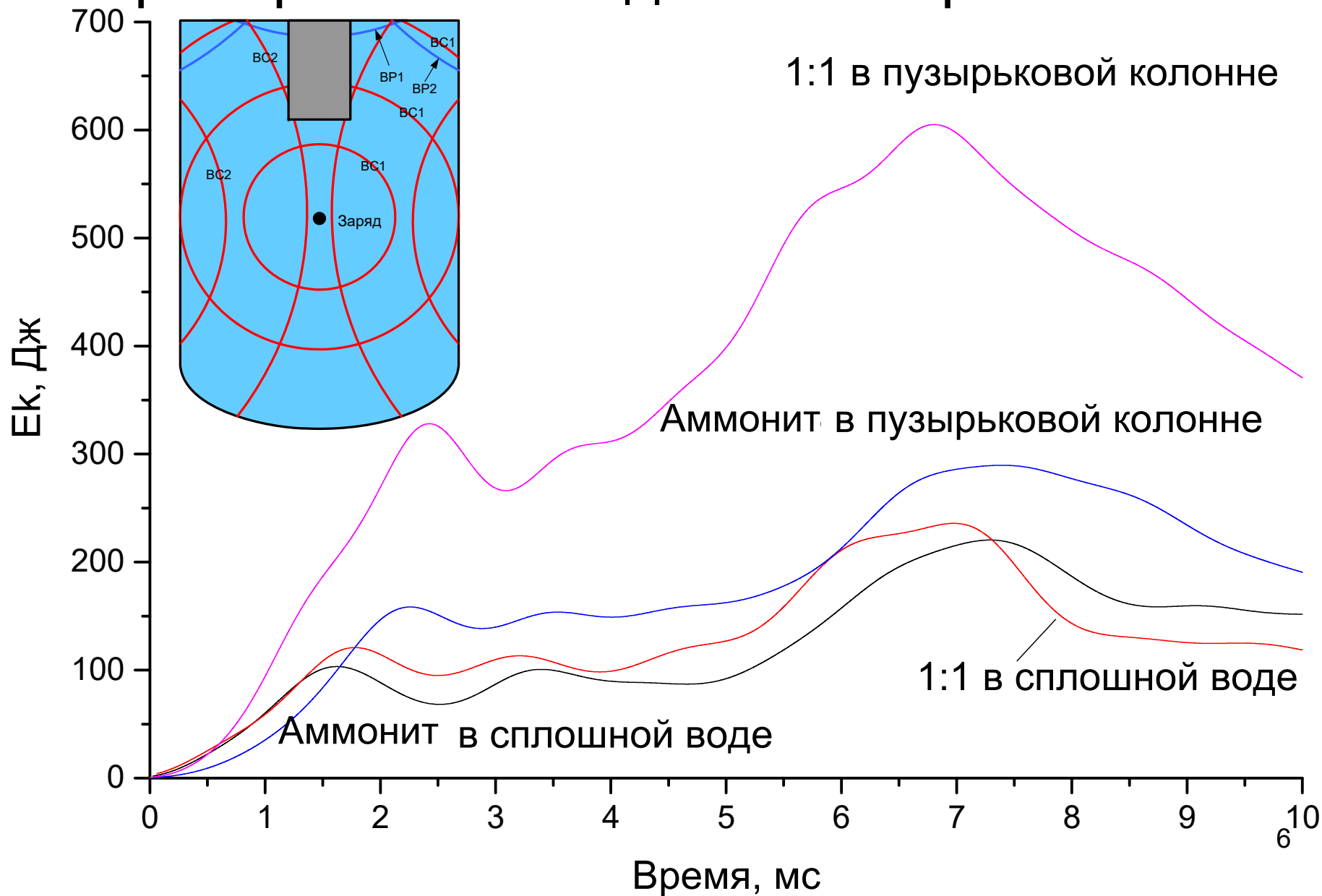
Пузырьковая колонна



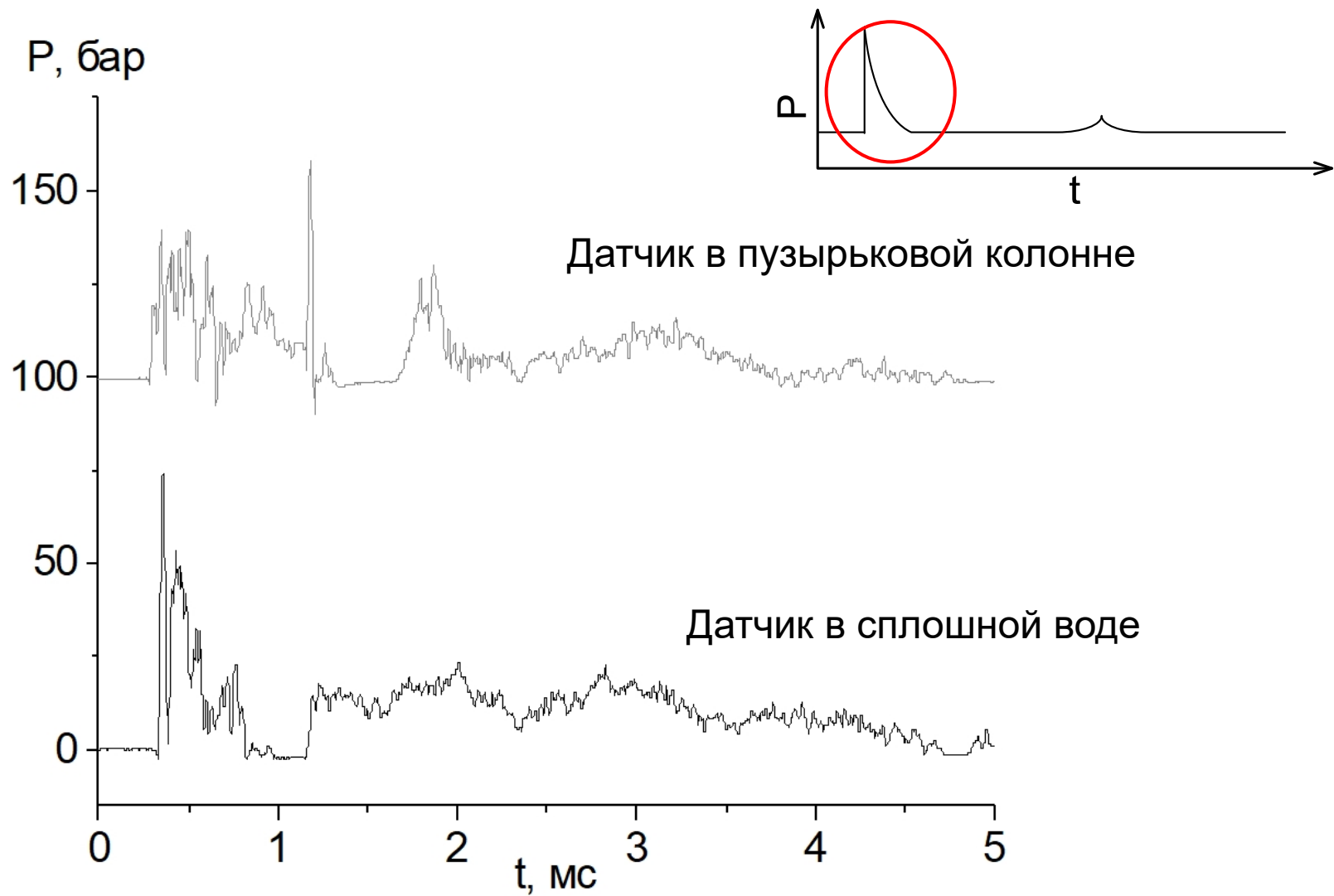
Импульсомер

Режим	Объемное содержание пузырьков в воде, %	Средний размер пузырьков, мм
1	0.4	4÷5
2	1	10
3	2.6	10

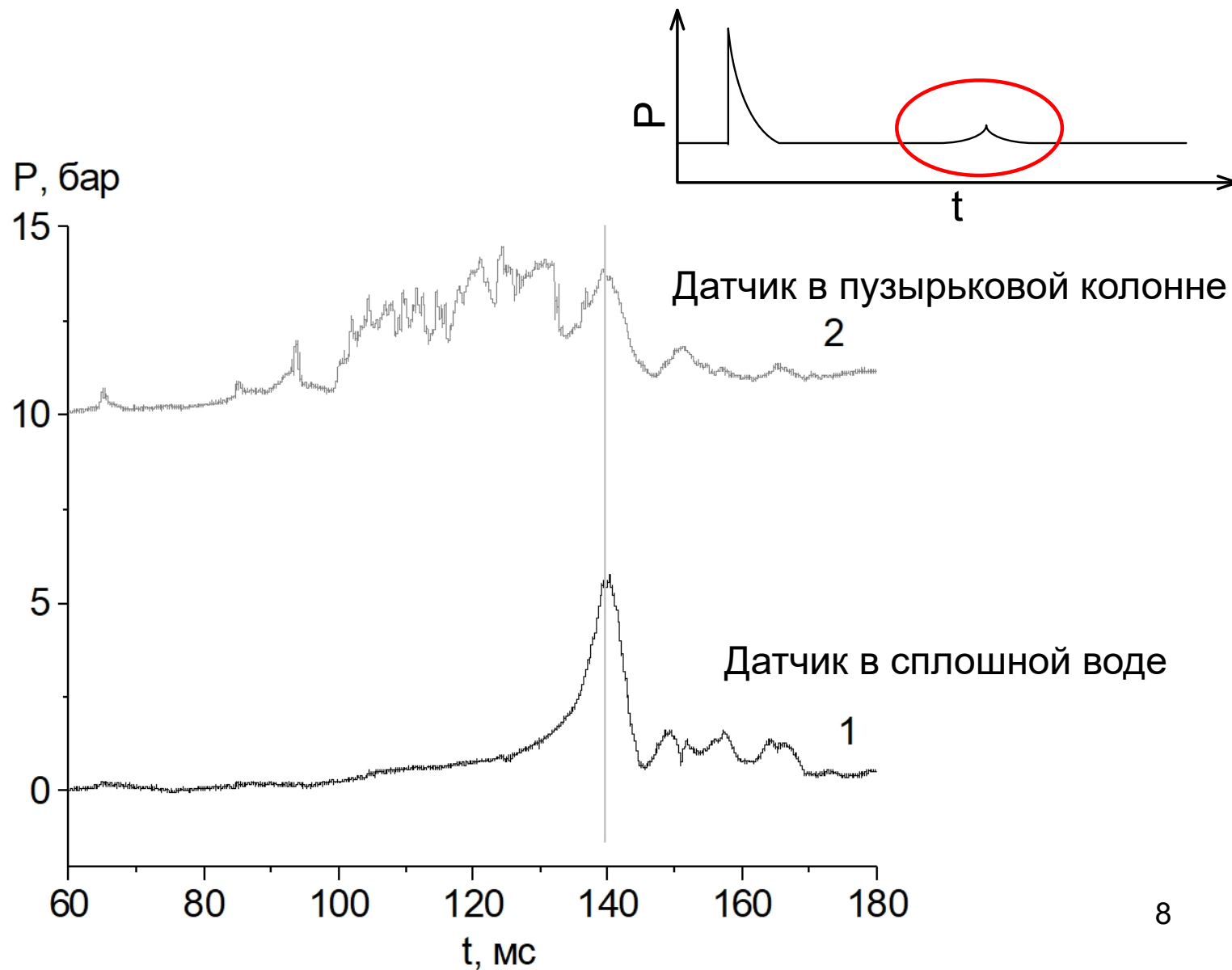
Измерения кинетической энергии, приобретенной подвижным препятствием



Записи давления при взрыве в пузырьковой колонне (гидроударная волна)



Запись давления при взрыве в пузырьковой колонне (первая пульсация)



Измерения энергий пульсации и гидроударной волны и кинетической энергии, переданной импульсомеру

№	Состав	Расход воздуха, об.%	e_s , МДж/кг	e_b , МДж/кг	$e_s + e_b$, МДж/кг	$E_{теор}$, МДж/кг	E_{kmax} , Дж
1	ТНТ	-	0.98	2.89	3.87	4.19	-
2	БЖВ	-	0.64	3.16	3.80	4.15	220
3		1	0.26	2.98	3.24		290
4	1:1	-	1.42	7.01	8.43	8.40	385
5		1	0.97	7.15	8.12		461
6		2.6	1.34	7.98	9.32		605
7		0.4	0.98	8.16	9.14		663
8		0.4 (у заряда)	1.02	5.67	6.69		1713
9		0.4 (над зарядом)	1.14	6.84	7.98		680
10		1.5:1	-	0.91	8.92		9.83
11	2.6		0.92	9.63	10.55	341	
12	0.4		0.84	8.16	9.00	513	
13	2:1	-	0.64	7.97	8.61	10.20	-
14		2.6	0.67	7.98	8.65		369
15		0.4	0.66	7.64	8.30		389

Основные результаты

- В пузырьковой среде удельные энергии гидроударных волн (e_s) предложенных составов в **1.5-2** раза больше, чем энергии волн в воде без пузырьков при подводных взрывах аммонита и ТНТ.
- Механическое действие взрыва металлизированного состава в сплошной воде в **1.8** раза выше действия взрыва аммонита в тех же условиях. В случае же взрыва металлизированного состава в пузырьковой среде энергия переданная препятствию до **8** раз больше чем при взрыве аммонита в сплошной воде.
- Определены оптимальные с точки зрения механического действия взрыва соотношения между начальными условиями - составом заряда, расстоянием до мишени и плотностью пузырьковой среды.
- Определение полной энергии по периоду пульсации и времени спада ГУВ дает завышенный результат.
- Установлено направленное действие подводного взрыва в представленной постановке.

Спасибо за внимание!

Измерение энергии ударной волны

Hagfors M., Saavalainen, J. Underwater Explosions. 2010.
Particle size effect of Al powder to the energy content of an emulsion explosive. *ISEE Proceedings*. 1

