

Плотность пингов SSS

Рассмотрено расстояние вдоль линии съемки, соответствующее одному пингу SSS, и его зависимость от скорости судна, наклонной дальности, режимов съемки HDM и HSM

Rev. 1.0

R.V. GeoRanger
05.05.2024



Содержание

Введение3

1. Частота пингов при различной наклонной дальности SSS4

2. HDM и HSM режимы для ET42005

3. Параметры съемки SSS.....11

История изменений

Version	Date	Description of changes
1.0	2024-05-05	First issue document // Ivan D.

Список рисунков

Figure 0.1 Пример требований к съемке SSS3

Figure 1.1 Количество пингов в секунду при различной наклонной дальности SSS (работа с одной частотой)4

Figure 1.2 Количество пингов в секунду при различной наклонной дальности SSS (работа с двумя частотами)4

Figure 1.3 Длина единичного пинга в зависимости от скорости и наклонной дальности SSS в HDM (для HSM длину пинга необходимо разделить на два).....5

Figure 2.1 Сопоставление характеристик HDM и HSM6

Figure 2.2 Характеристики ET4200 (4200-Brochure-Low-Res072414)6

Figure 2.3 Характеристики ET4205 (4205 Side Scan System User Hardware Manual, 0021769_REV_G 02/26/2024)7

Figure 2.4 Сравнение расстояния между пингами для HDM и HSM.....7

Figure 2.5 Сравнение мозаик в HDM (внизу) и HSM (вверху) на частотах 850кГц при “Enable EGN”8

Figure 2.6 Сравнение мозаик в HDM (внизу) и HSM (вверху) на частотах 850кГц при “Auto TVG”9

Figure 2.7 Сравнение видимости следа траления на мозаиках в HDM (внизу) и HSM (вверху); 850кГц, “Auto TVG” 10

Введение

В документе рассматривается расстояние вдоль линии съемки, которому соответствует один пинг SSS; далее – «длина пинга». На *Figure 0.1* приведены типичные требования SoW к выполнению съемки SSS. Необходимо обратить внимание на следующие характеристики:

-- 3 пинга должны «перекрывать» объект размером 0.3x0.3 метра, то есть на один пинг должно приходиться 0.1 метра;

-- ширина луча в горизонтальной плоскости должна быть менее 0.3 градуса.

1. Dual frequency system.
2. High frequency of 500 KHz or greater, compatible with n.4 .
3. Horizontal beam width less than 0.3 degrees.
4. Seabed objects of 0.3m x 0.3m x 0.1m or greater to be detectable over the entire range.
5. Survey speed and range should be optimised so that 3 pings land on the minimum required seabed object to be detected .
6. SSS altitude to be approximately 10% of the range scale used.
7. Overlap between adjacent lines required to record data at nadir.
8. System must be decoupled from vessel heave, pitch and roll.

Figure 0.1 Пример требований к съемке SSS

1. Частота пингов при различной наклонной дальности SSS

На **Figure 1.1** показана таблица с количеством пингов в секунду при различной наклонной дальности для SSS. Таблица получена в результате экспериментальных измерений для SSS ET4200. Была задействована только одна частота SSS, измерения выполнялись в High Speed Mode (HSM) и High Definition Mode (HDM). Для режима HSM частота пингов в два раза выше, чем для режима HDM.

4200HF (300/600)					
HighResolution 1F (HighF)			HighSpeed 1F (HighF)		
Range	Pings/sec	Freq	Range	Pings/sec	Freq
4.994	53.491	550.030	5.011	105.174	564.230
10.005	53.492	550.030	9.988	105.174	564.230
14.930	44.015	550.030	14.999	85.321	535.745
19.907	34.050	550.030	20.010	66.508	535.745
24.918	27.260	549.985	24.987	54.431	564.230
29.929	23.070	549.985	29.998	44.444	564.250
39.917	17.417	549.985	39.986	34.288	535.745
49.939	14.131	549.985	50.008	27.907	535.745
99.948	7.038	550.000	100.017	14.346	535.745
149.921	4.791	550.000	149.990	9.703	564.250
299.946	2.447	550.000	300.015	4.925	564.250

Figure 1.1 Количество пингов в секунду при различной наклонной дальности SSS (работа с одной частотой)

На **Figure 1.2** показана таблица с количеством пингов в секунду при различной наклонной дальности для SSS, полученная при одновременной записи двух частот. Как видно из сравнения **Figure 1.1** и **Figure 1.2**, при регистрации только одной частоты количество пингов незначительно увеличивается, однако можно говорить о практически одинаковом количестве пингов в секунду, вне зависимости от того, регистрируется одна или две частоты. В HDM для LF при наклонной дальности 5-10 метров имеет место аномальное уменьшение количества пингов в секунду (выделено желтым цветом); вероятно, оно связано с особенностями конструкции модели ET4200, для которой выполнялись экспериментальные измерения.

4200HF (300/600)											
HighResolution 2F (HighF)			HighResolution 2F (LowF)			HighSpeed 2F (HighF)			HighSpeed 2F (LowF)		
Range	Pings/sec	Freq	Range	Pings/sec	Freq	Range	Pings/sec	Freq	Range	Pings/sec	Freq
4.994	53.495	550.030	5.011	26.752	231.475	5.011	105.169	535.745	4.977	84.216	238.980
9.919	52.672	550.030	9.884	26.336	231.475	9.988	105.181	564.230	10.022	84.224	238.980
14.930	38.966	550.030	14.930	38.966	231.475	14.999	85.326	564.230	14.999	82.310	238.980
19.941	30.944	550.030	19.907	30.944	231.475	20.010	66.503	535.745	19.976	64.591	223.975
24.918	25.652	549.985	24.883	25.652	231.475	24.987	54.431	564.230	25.021	53.144	223.975
29.929	21.900	549.985	29.929	21.896	231.475	29.998	44.438	535.745	29.998	43.693	238.495
39.917	16.955	549.985	39.882	16.954	231.475	39.986	34.279	535.745	40.020	33.839	224.505
49.939	13.826	549.985	49.905	13.826	231.475	50.008	27.908	564.250	49.974	27.598	238.495
99.948	7.038	550.000	99.948	7.040	231.500	100.017	14.345	535.745	100.017	14.180	224.505
149.921	4.657	550.000	149.921	4.657	231.490	149.990	9.704	564.250	149.990	9.435	237.995
299.946	2.411	550.000	299.912	2.411	231.490	300.015	4.925	535.745	299.981	4.855	237.995

Figure 1.2 Количество пингов в секунду при различной наклонной дальности SSS (работа с двумя частотами)

Обобщенная таблица для различных скоростей, в которой наклонная дальность SSS и количество пингов пересчитываются в «длину единичного пинга», показана на **Figure 1.3**. Как видно из **Figure 1.3**, длина пинга 10 см в HDM будет соответствовать:

- наклонной дальности 25 метров при скорости судна 5 узлов;
- наклонной дальности 40 метров при скорости судна 3 узла.

4200HF HighResolution/HF/2F meter_per_ping							
Range	Pings/sec	0,514m/s	1,028m/s	1,542m/s	2,056m/s	2,570m/s	3,084m/s
5.0	53.495	0.010	0.019	0.029	0.038	0.048	0.058
10.0	52.672	0.010	0.020	0.029	0.039	0.049	0.059
15.0	38.966	0.013	0.026	0.040	0.053	0.066	0.079
20.0	30.944	0.017	0.033	0.050	0.066	0.083	0.100
25.0	25.652	0.020	0.040	0.060	0.080	0.100	0.120
30.0	21.900	0.023	0.047	0.070	0.094	0.117	0.141
40.0	16.955	0.030	0.061	0.091	0.121	0.152	0.182
50.0	13.826	0.037	0.074	0.112	0.149	0.186	0.223
100.0	7.038	0.073	0.146	0.219	0.292	0.365	0.438
150.0	4.657	0.110	0.221	0.331	0.441	0.552	0.662
300.0	2.411	0.213	0.426	0.640	0.853	1.066	1.279
		1 knot	2 knots	3 knots	4 knots	5 knots	6 knots

Figure 1.3 Длина единичного пинга в зависимости от скорости и наклонной дальности SSS в HDM
(для HSM длину пинга необходимо разделить на два)

Следует учесть, что указанная скорость является скоростью относительно земли. Скорость относительно воды может быть выше или ниже, в зависимости от силы и направления течения на участке работ. Минимальная скорость, рекомендуемая EIVA при работе со ScanFish составляет 4 узла относительно воды, при такой скорости наклонная дальность съемки SSS составит **30 метров**. Обычная съемка ScanFish выполняется со скоростью 5-5.5 узлов; снижение скорости до 4 узлов приведет к уменьшению длины пинга с 12-15 см до 10 см, однако увеличит продолжительность времени съемки в 1.3-1.4 раза.

2. HDM и HSM режимы для ET4200

Для увеличения скорости съемки закономерным кажется использовать режим HSM вместо HDM. Сравнение данных режимов показано на **Figure 2.1**. Основным отличием является то, что в HDM две антенны «объединяются» в одну, которая выполняет и излучение, и прием пинга SSS. За счет этого снижается скорость съемки, но в то же время уменьшается ширина луча SSS и повышается разрешающая способность.

HDM High Definition Mode	HSM High Speed Mode
In HDM, the 4205 operates as a conventional 'single pulse' simultaneous dual frequency system.	In HSM, the 4205 uses EdgeTech's Multi-Pulse technology to operate as a 2 pulse 'multi-pulse' simultaneous dual frequency system.
Combines 2 sub-arrays into an extra long array.	Uses one sub-array for transmit and the other for receive.
Longer Arrays give narrower beam widths, so better resolution.	- More pings on a target, or higher speed operations for the same number of pings on a target. - Motion Tolerance reduces weather dependency
Some customers prefer HDM.	Allows the system to be towed at speeds of up to 10 knots while meeting NOAA and IHO-44 requirements for minimum 3 pings on a 1 meter target.

Figure 2.1 Сопоставление характеристик HDM и HSM

На **Figure 2.2** и **Figure 2.3** приведены две таблицы с характеристиками ET4200 и ET4205. На **Figure 2.2**, ширине луча 0.3 градуса соответствуют частоты 900кГц в HSM и 400кГц в HDM. То есть, для требований ширины горизонтального луча в 0.3 градуса (**Figure 0.1**) частота ET4200 при съемке в HSM может составлять только 900кГц.

SONAR SPECIFICATIONS	STANDARD	WITH OPTIONAL MP TECHNOLOGY
Frequency	Choice of either 100/400, 300/600 or 300/900 kHz dual simultaneous	
Operating Range (meters/side)	100 kHz: 500m, 300 kHz: 230m, 400 kHz: 150m, 600 kHz: 120m, 900 kHz: 75m	
Horizontal Beam Width:	100 kHz: 1.5°, 300 kHz: 0.5°, 400 kHz: 0.4°, 600 kHz: 0.26°, 900 kHz: 0.2°	In High Speed Mode: 100 kHz: 1.26°, 300 kHz: 0.54°, 400 kHz: 0.4°, 600 kHz: 0.34°, 900 kHz: 0.3° In High Definition Mode: 100 kHz: 0.64°, 300 kHz: 0.28°, 400 kHz: 0.3°, 600 kHz: 0.26°, 900 kHz: 0.2°
Resolution Along Track	100 kHz: 5 m @ 200 m 300 kHz: 1.3 m @ 150 m 400 kHz: 0.6 m @ 100 m 600 kHz: 0.45 m @ 100 m 900 kHz: 18 cm @ 50 m	High Definition Mode: 100 kHz: 2.5m @ 200m 300 kHz: 1.0m @ 200m 400 kHz: 0.5m @ 100m 600 kHz: 0.45m @ 100m 900 kHz: 18 cm @ 50m High Speed Mode: 100 kHz: 4.4m @ 200m 300 kHz: 1.9m @ 200m 400 kHz: 0.7m @ 100m 600 kHz: 0.6m @ 100m 900 kHz: 26 cm @ 50m
Resolution Across Track	100 kHz: 8 cm, 300 kHz: 3 cm, 400 kHz: 2 cm, 600 kHz: 1.5 cm, 900 kHz: 1 cm	
Vertical Beam Width	50°	
Depression Angle	Tilted down 20°	

Figure 2.2 Характеристики ET4200 (4200-Brochure-Low-Res072414)

Значения ширины горизонтального луча, показанные на **Figure 2.3** для ET4205 близки к значениям для ET4200 – для HDM частота должна составлять не менее 410кГц, для HSM (MP/MT) не менее 850 кГц.

SONAR SPECIFICATIONS	4205 TRI-FREQUENCY	4205 MULTI-PULSE/MOTION TOLERANT (MP/MT) AND HIGH DEFINITION MODE	
Frequency	120/410/850 kHz 230/540/850 kHz	120/410 kHz, 230/540 kHz 230/850 kHz	
Operating Range (meters/side)	120 kHz: 600m, 230 kHz: 350m, 410 kHz: 200m, 540 kHz: 150m, 850 kHz: 90m		
	TRI-FREQUENCY	MP/MT	HDM
Horizontal Beam Width (2-way)	120 kHz: 0.7°	120kHz: 0.95°	0.7°
	230 kHz: 0.4°	230kHz: 0.63°	0.44°
	410 kHz: 0.28°	410kHz: 0.38°	<u>0.28°</u>
	540 kHz: 0.26°	540kHz: 0.35°	0.26°
	850 kHz: 0.23°	<u>850kHz: 0.30°</u>	0.23°
Resolution Along Track	120 kHz: 2.4m @ 200m	120kHz: 3.3m @ 200m	2.4m @ 200m
	230 kHz: 1.2m @ 150m	230kHz: 1.7m @ 150m	1.2m @ 150m
	410 kHz: 0.5m @ 100m	410kHz: 0.7m @ 100m	0.5m @ 100m
	540 kHz: 0.45m @ 100m	540kHz: 0.6m @ 100m	0.45m @ 100m
	850 kHz: 0.20m @ 50m	850kHz: 0.26m @ 50m	0.20m @ 50m
Resolution Across Track	120kHz 8cm; 230KHz 3cm; 410kHz 2 cm; 540kHz 1.5cm; 850kHz 1cm		

Figure 2.3 Характеристики ET4205 (4205 Side Scan System User Hardware Manual, 0021769_REV_G 02/26/2024)

Сравним сонограммы, полученные в режимах HDM и HSM с помощью ET4205 на частотах 850кГц. **Figure 2.4** показаны графики расстояния между пингами SSS, рассчитываемые SonarWiz. Как видно из графиков, расстояние между пингами составляет 0.15 м для HDM и 0.07 м для HSM. Графики приведены для линий съемки, мозаики для которых показаны **Figure 2.5** **Figure 2.6** **Figure 2.7**.

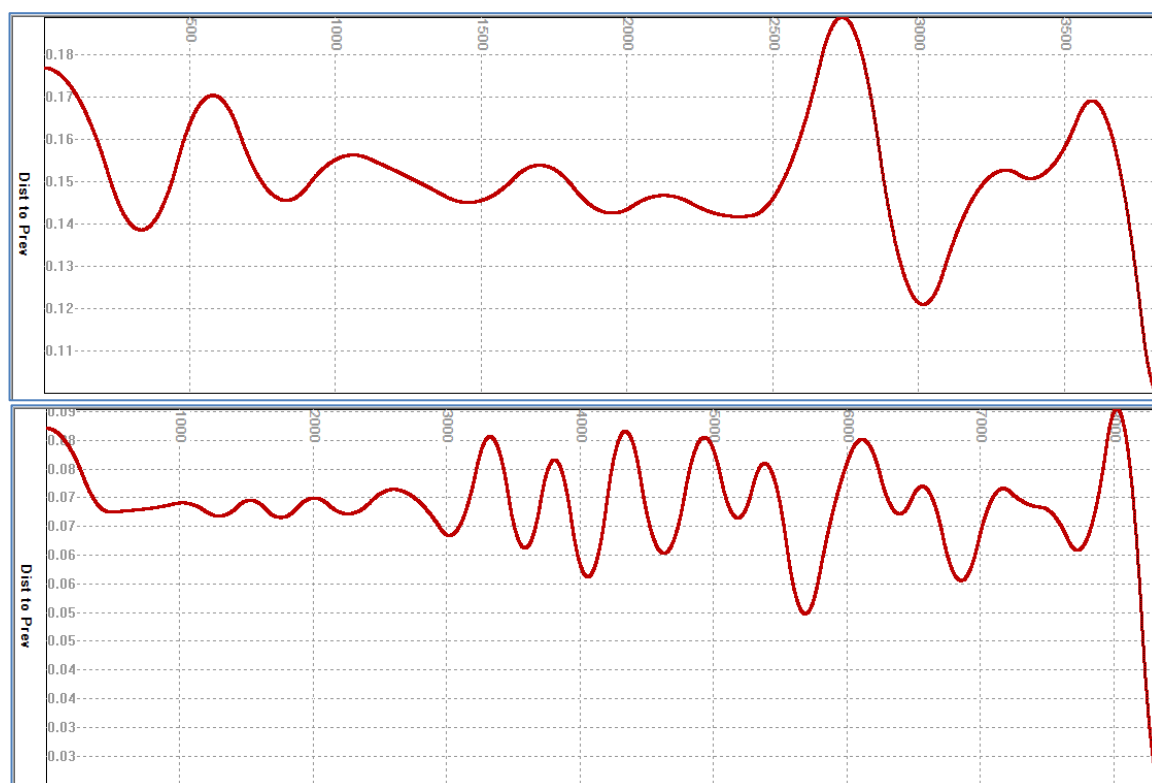


Figure 2.4 Сравнение расстояния между пингами для HDM и HSM

На **Figure 2.5** показано сравнение мозаик по линиям, снятым в HDM и HSM на частоте 850кГц при обработке с помощью EGN. Как видно из рисунка, при использовании EGN фоновый

оттенок линий мозаики получается разным. Поэтому, для их сопоставления или использования при построении единой мозаики, необходимо применять иные настройки при обработке.

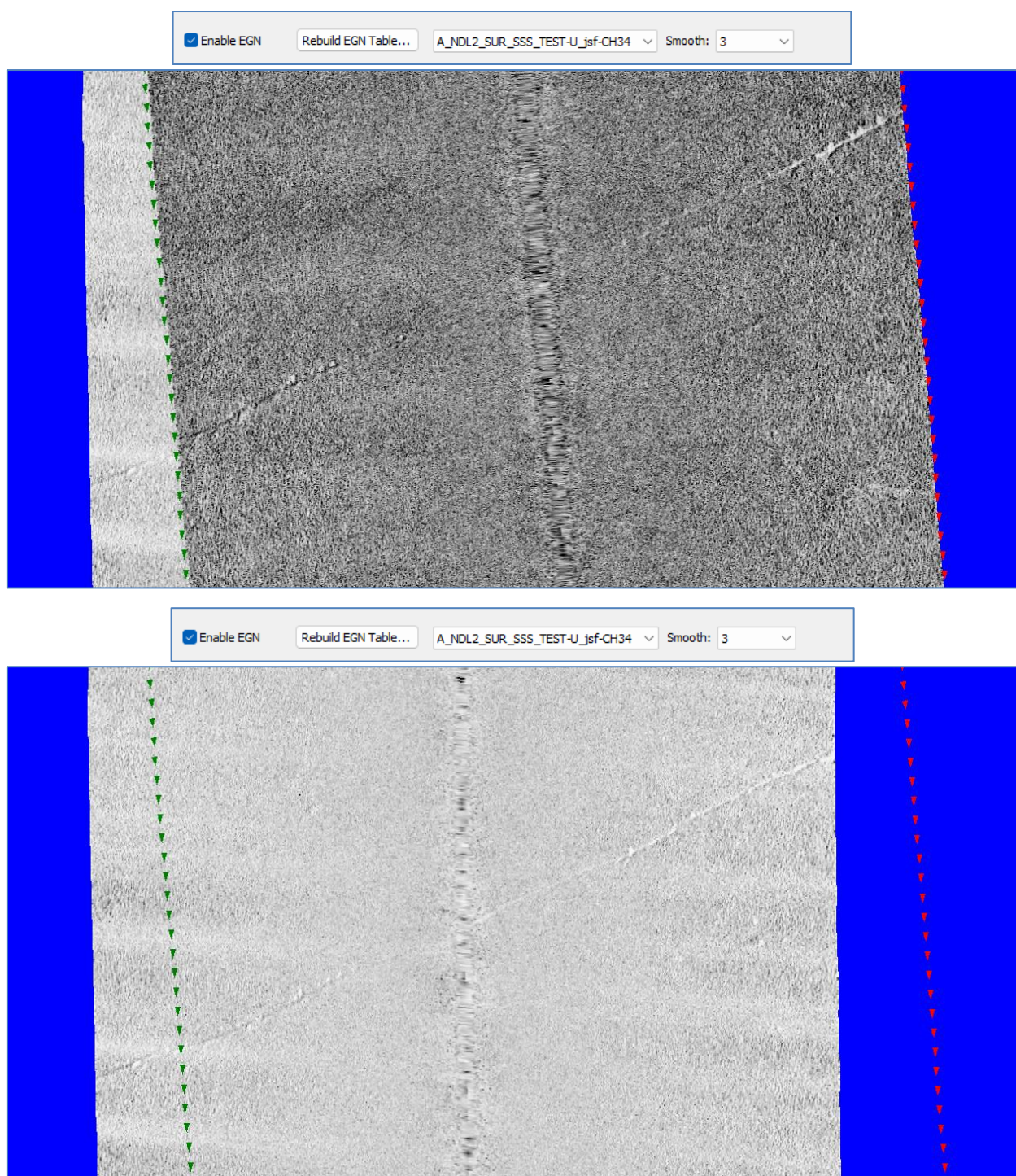


Figure 2.5 Сравнение мозаик в HDM (внизу) и HSM (вверху) на частотах 850кГц при “Enable EGN”

На **Figure 2.6** показаны те же фрагменты мозаики с Auto TVG. Качество отснятых фрагментов выглядит практически одинаковым. При увеличении видно, что размер «пикселя» для HSM меньше и, в то же время, уровень случайного шума (количество переходов от темных к светлым пикселям) больше. Увеличенный уровень шума, вероятно вызван тем, что в режиме HSM длина антенны SSS в два раза “меньше”, чем в HDM (вероятно, длинна антенны влияет не только на ширину луча, но и на соотношение сигнал-шум).

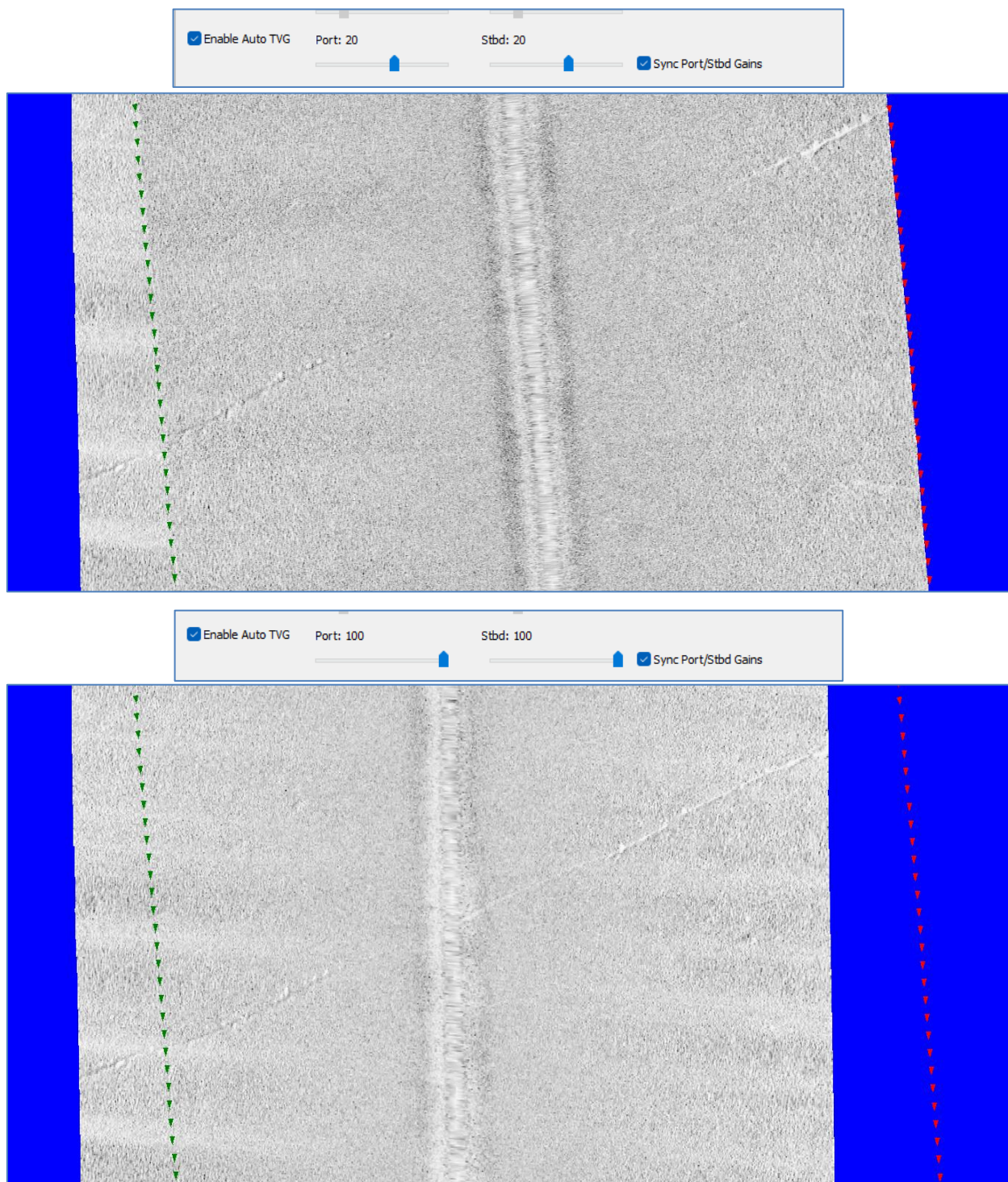


Figure 2.6 Сравнение мозаик в HDM (внизу) и HSM (вверху) на частотах 850кГц при “Auto TVG”

На *Figure 2.7* показан след траления на мозаиках в HDM и HSM. Как видно из фрагментов мозаик, несмотря на большее количество пингов, в HSM более высокий уровень шума не позволяет выделить след траления. То есть, не достигается конечная цель – увеличение разрешающей способности SSS за счет повышенной плотности пингов. «Потеря объектов в HSM» в основном применима именно к «оттенкам серого», когда объект «маскируется» высоким уровнем случайного шума. Особенности, характеризующиеся четкой тенью (резкий перепад между черным и белым) должны «прорисовываться» в HSM лучше за счет более высокой плотности пингов.

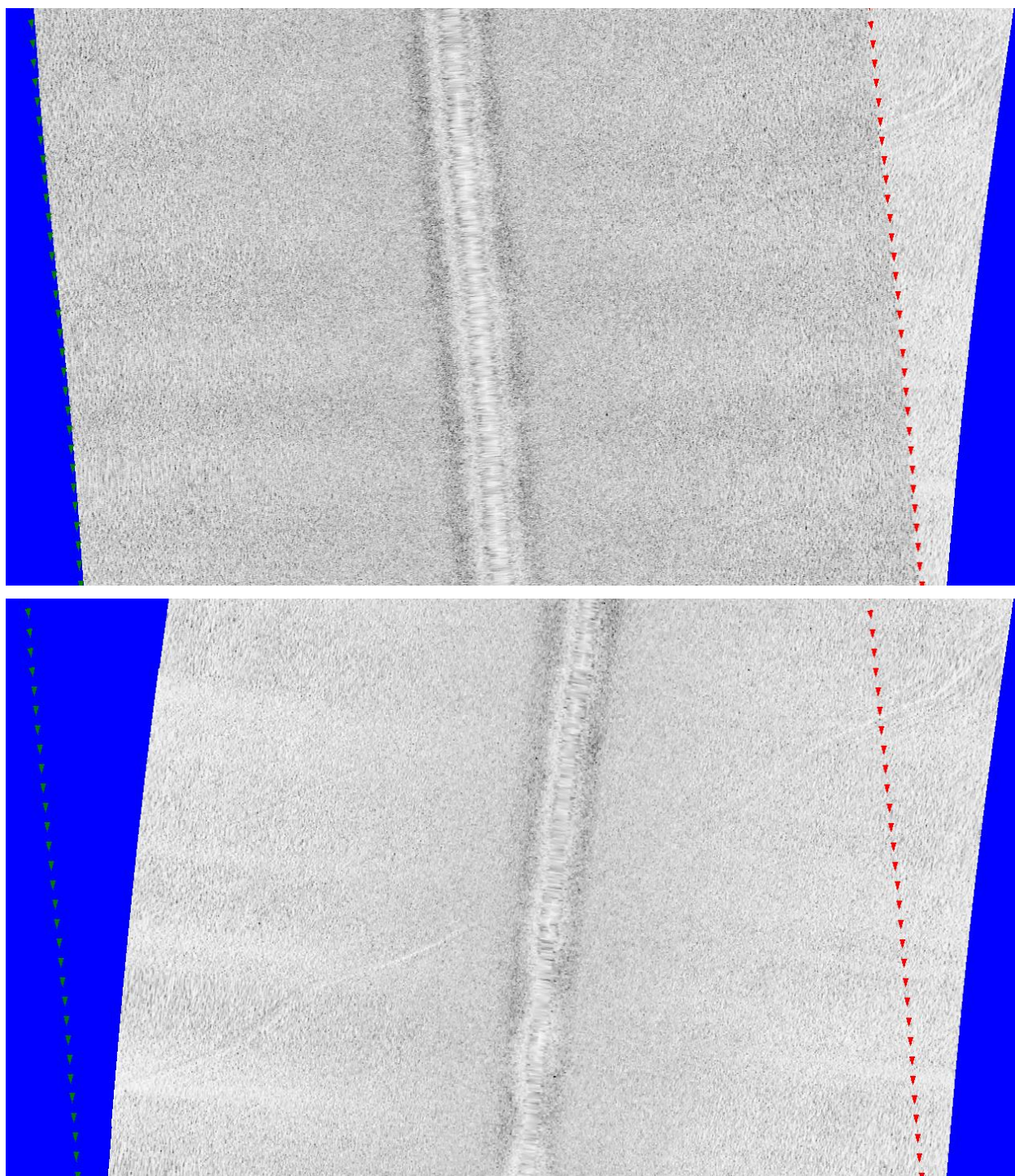


Figure 2.7 Сравнение видимости следа траления на мозаиках в HDM (внизу) и HSM (вверху);
850кГц, “Auto TVG”

3. Параметры съемки SSS

Достичь «длины пинга» 0.1 метр можно следующими способами:

-- Уменьшение наклонной дальности SSS в HDM и уменьшение скорости съемки. При этом длине 0.1 метр будут соответствовать следующие сочетания скорость-наклонная дальность:

- 3 узла – 40 метров,
- 4 узла – 30 метров,
- 5 узлов – 25 метров,
- 6 узлов – 20 метров.

Скорость приведена относительно земли, без учета влияния скорости течения. Уменьшение наклонной дальности приводит к увеличению километража съемки (плотности галсов).

Уменьшение скорости съемки приводит к увеличению времени съемки.

-- При использовании HSM, вместе с повышенной плотностью пингов для сонограмм характерно увеличение уровня шума. За счет этого могут «маскироваться» особенности на сонарной мозаике, отражающиеся в плавном переходе цвета.