

1. Разработан, изготовлен и прошел метрологическую аттестацию профилограф скорости звука ИСЗ-1

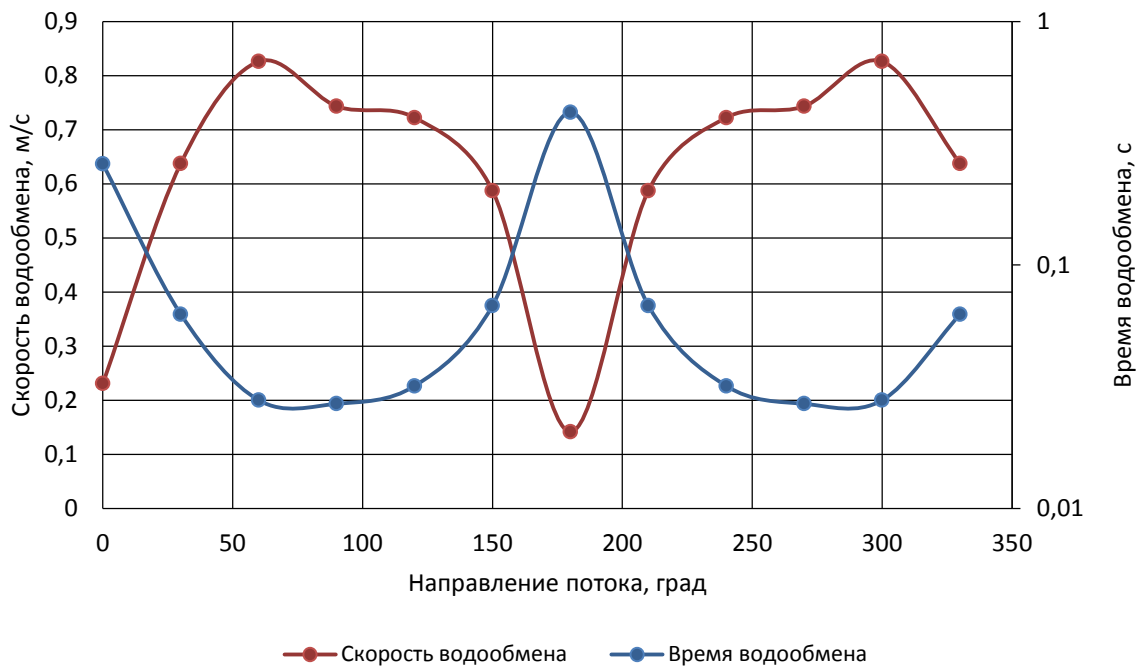
Комплекс предназначен для измерения профиля скорости звука на глубинах до 2,5 км. Может работать как в телеметрическом, так и в автономном режимах. Прибор также позволяет определять профили температуры, солёности и плотности.



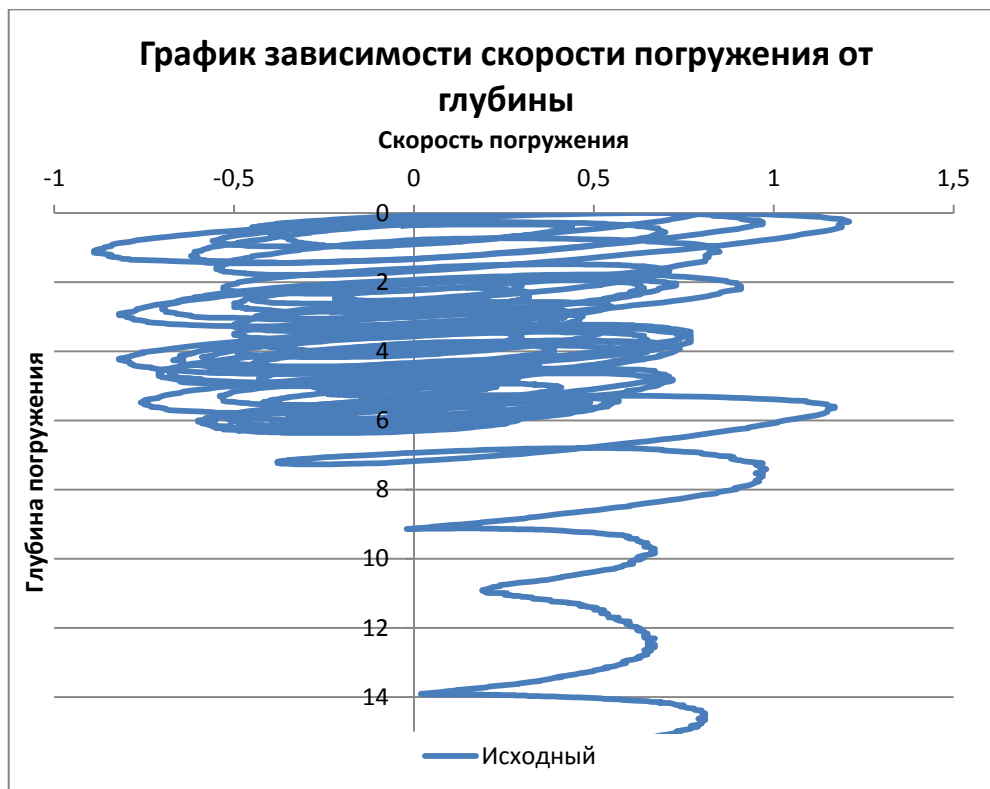
Метрологические характеристики

Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Случайная погрешность	Погрешность
Скорость звука, м/с	1375÷1900	0,001	0,02
Гидростатическое давление, кПа	0 ÷ 25000	±0,01%	±0,1%
Температура, °С	-2 ÷ +35	0,001	0,01

2. Исследованы зависимости времени и скорости водообмена в области датчика скорости звука от угла и скорости набегающего потока, равного 1,5 м/с



3. Разработана методика коррекция скорости погружения профилографа ИСЗ-1

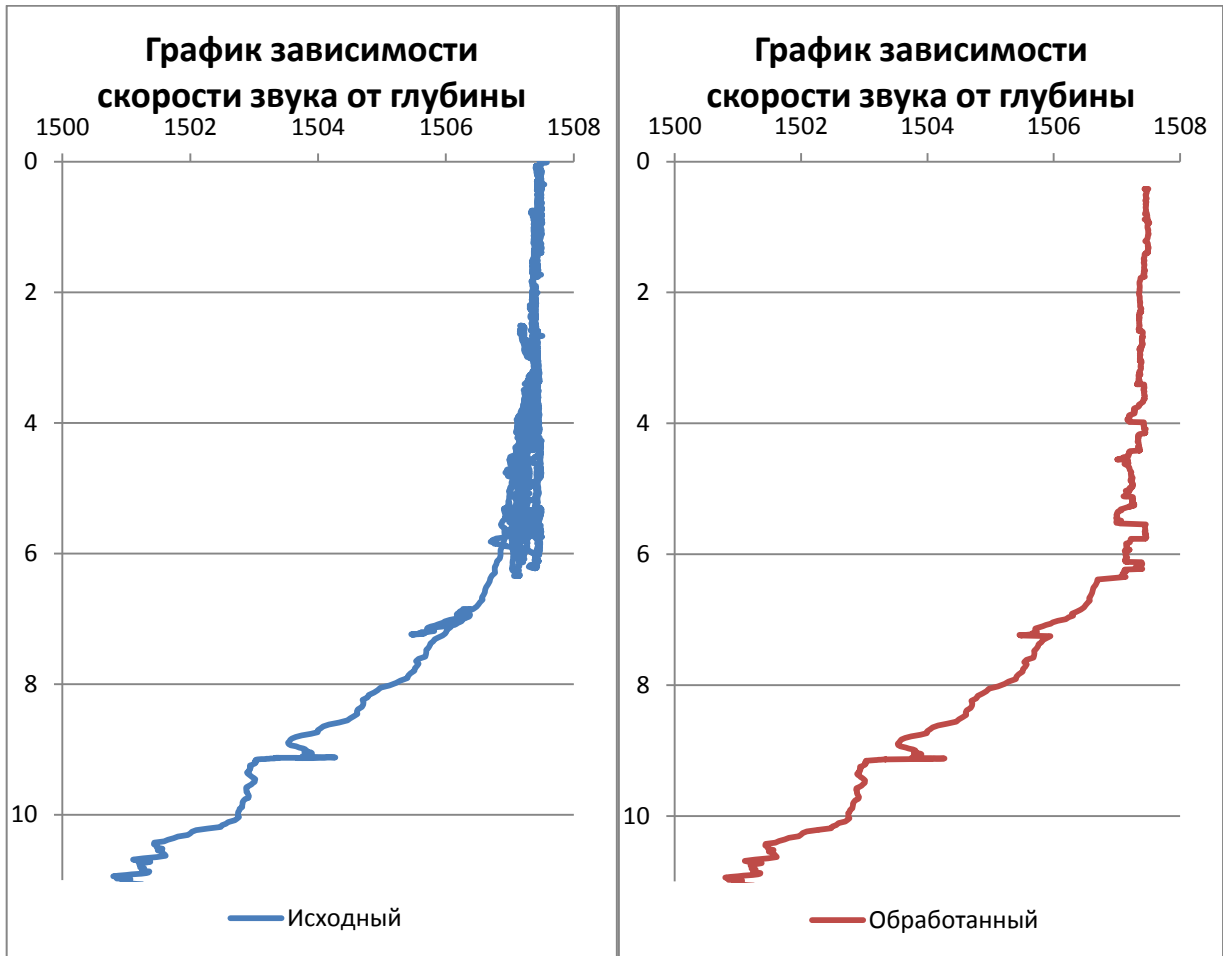




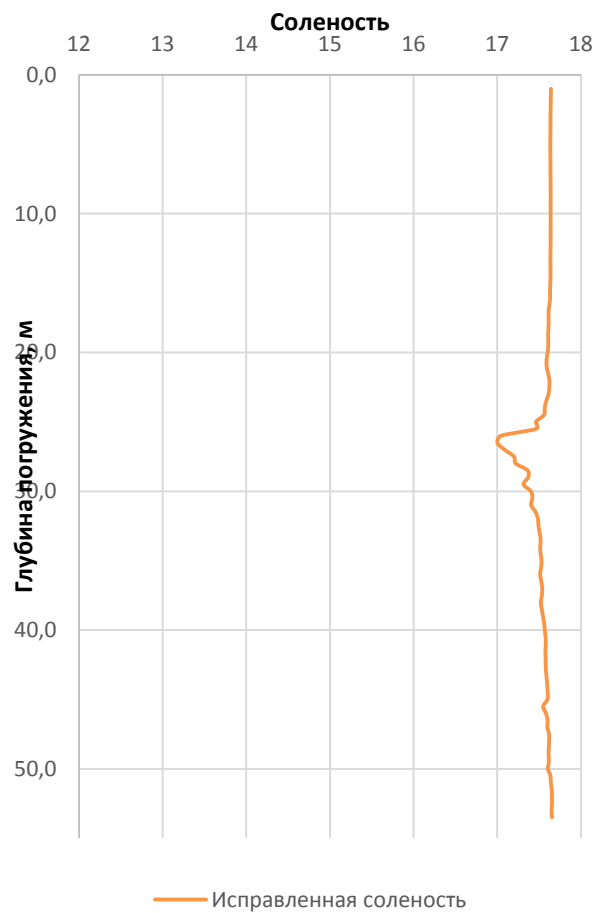
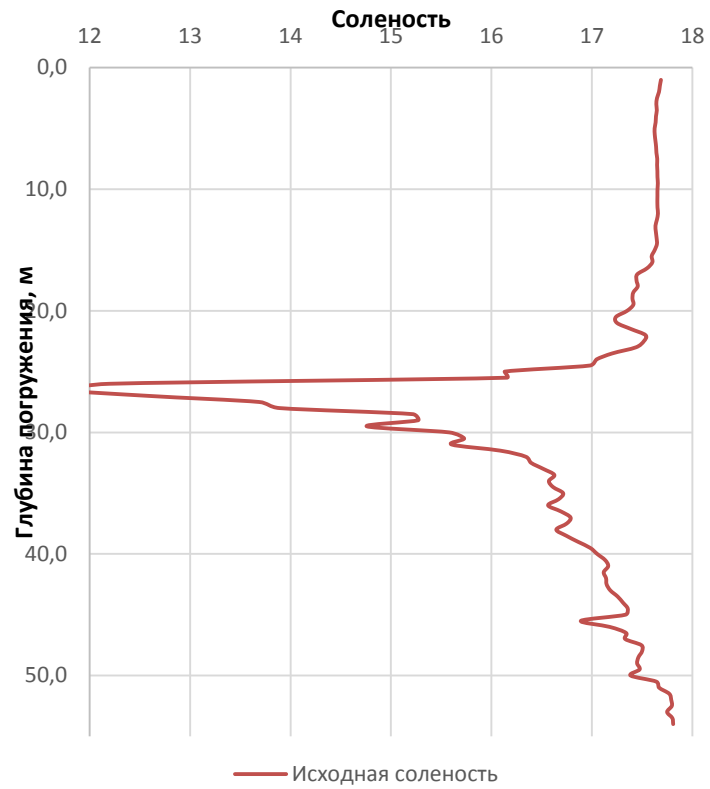
$$\left\{ \begin{array}{l} M_n = \langle P, T, V, Z, X \rangle \\ P' \geq P_{пор} \\ K_i = M_i \text{ при условии } K_{i-1} \neq 0, K_{i-1} \langle P \rangle \leq K_i \langle P \rangle \forall i \in [0; |K|] \\ K_i = 0 \forall i \in [0; |K|]; K_i \leftarrow f(K_{i-1}) \neq 0 \end{array} \right.$$

где P – гидростатическое давление; T – температура среды; V – скорость звука в среде; Z – время замера; X – скорость погружения; $P_{пор}$ – пороговое значение, характеризующее скорость погружения, обеспечивающую достаточное обтекание датчиков; $Z' = \text{const}$, как требование к равномерному осуществлению замеров.

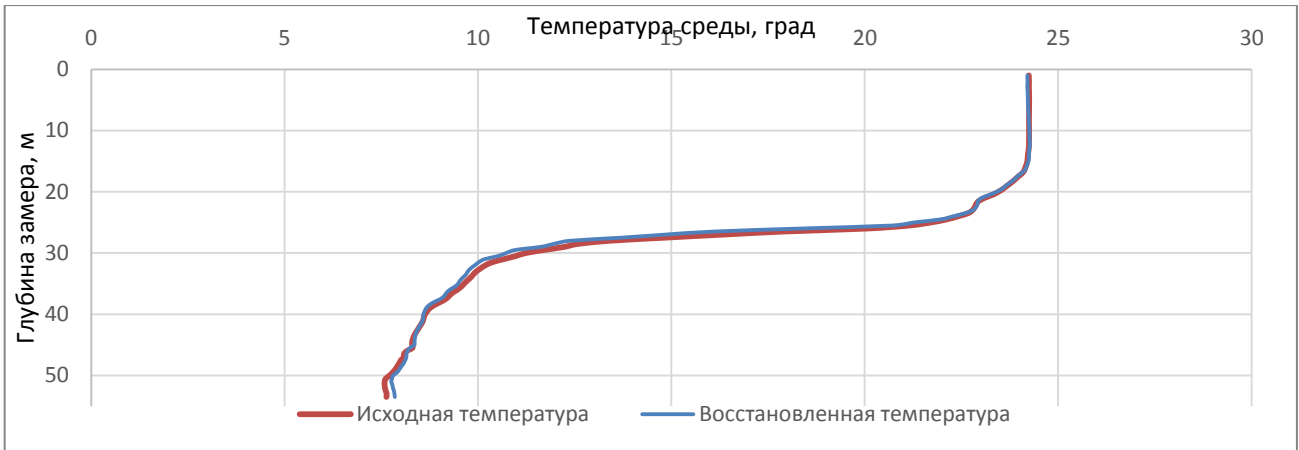
4. Вертикальные профили скорости звука до и после коррекции



Алгоритм коррекции рассчитанного профиля солености по данным измерений прибором ИСЗ-1



Алгоритм коррекция вертикального профиля температуры по данным измерений прибором ИСЗ-1



$$\left\{ \begin{array}{l} J_i = \frac{(S_i - a_1) - M(S)}{a_2 + |(S_i - a_1) - M(S)|^{a_3}} + M(S) \\ Z_i = 1 - \frac{\min(S)}{\max(S)} \rightarrow \min \\ \max\left(1 - \frac{M(S)}{Z_i}\right) = \max\left(1 - \frac{M(C)}{C_i}\right) \forall i \in [0; |S|] \end{array} \right.$$

C – исходный массив данных скорости звука в среде

$$\frac{1402.5 + 5 \cdot T - 0.0544T^2 + 0.00021T^3 + 0.0156L + 0.00000025L^2 - 0.000000000007E^3 - 0.0000000000009T \cdot L^3 + 0.0000003T^2 \cdot L - C}{-1.33 + 0.0123T - 0.000087T^2 - 0.000014L} = S$$

где S – исходный массив данных солёности; J – исправленный массив данных солёности.

5. Разработано новое уравнение для расчета плотности морской воды по измерениям скорости звука, температуры и давления

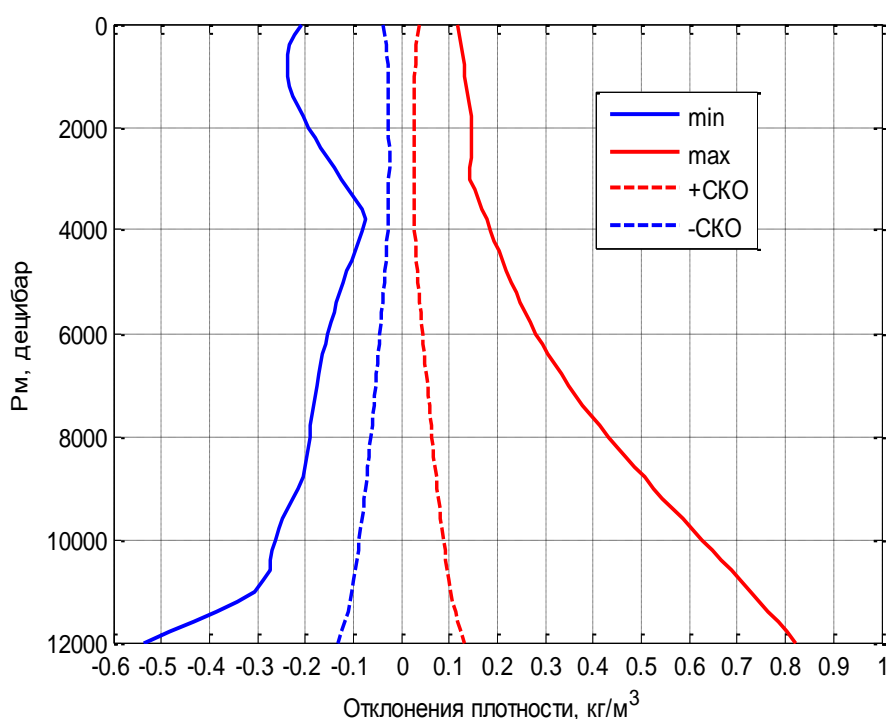
Предлагаемое нами уравнение для интерполяции плотности морской воды было принято в следующей форме

$$\gamma = \sum_i \sum_j \sum_k b_{ijk} \tau^i \pi^j \omega^k$$

где $\gamma = (\rho - \rho_0)/\rho^*$; $\tau = (T - T_0)/T^*$; $\pi = (P_{абс} - P_0)/P^*$; $\omega = (W - W_0)/W^*$; $\rho_0 = 990 \text{ кг/м}^3$; $\rho^* = 100 \text{ кг/м}^3$; $T_0 = -10^\circ\text{C}$; $T^* = 50^\circ\text{C}$; $P_0 = 0,101325 \text{ МПа}$; $P^* = 120 \text{ МПа}$; $W_0 = 1300 \text{ м/с}$; $W^* = 500 \text{ м/с}$. Среднее квадратическое отклонение (СКО) по всему массиву исходных данных (порядка 130 тысяч точек) для уравнения составляет $0,062213 \text{ кг/м}^3$.

Для интерполяции плотности морской воды в зависимости от измеряемых *in situ* параметров – температуры, давления и скорости звука в широких диапазонах их значений: по температуре от кривой плавления до 40°C , по давлению (морскому) от 0 до 12000 децибар, по скорости звука от 1300 до 1800 м/с. При этом диапазоны изменения плотности и солёности составляют от 990 до 1090 кг/м^3 и от 0 до 42‰ соответственно.

Представленное уравнение является пригодным также и для расчетов плотности пресных и слабосоленых вод при температурах вплоть до 40°C .



Отклонения расчетной плотности в океанографическом диапазоне параметров,

где: пунктирные линии – для ур. авторов,

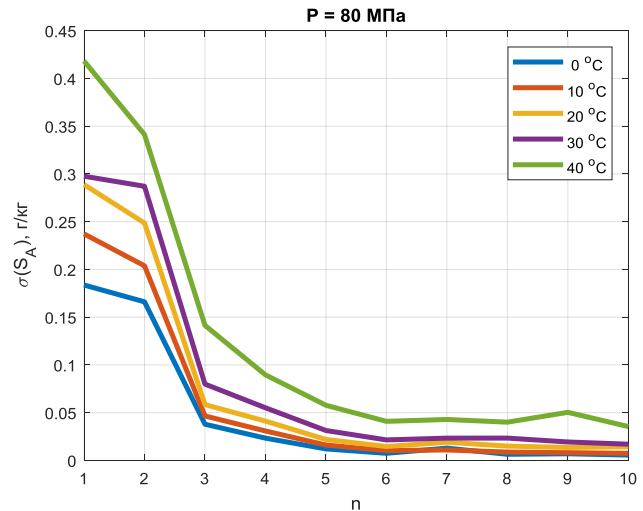
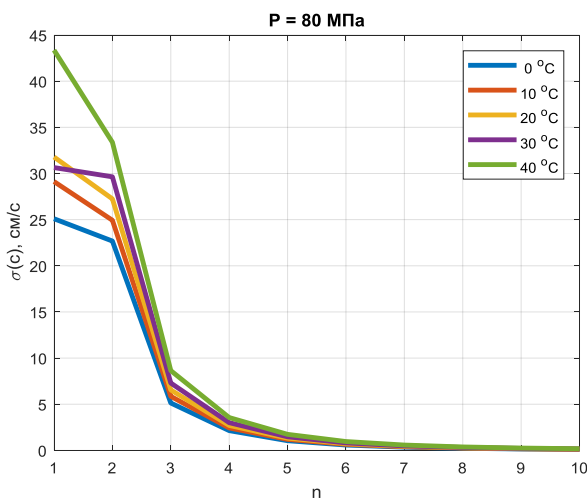
сплошные линии – для ур. TEOS-10, 48 коэффициентов

6. Проведено исследование взаимозависимости скорости звука и солёности морской воды в уравнении состояния

$$c(S_A, T, P, n) = \sum_{i=0}^n a_i(T, P, n) \times (S_A / 10)^i$$

$$S_A(c, T, P, n) = \sum_{i=0}^n b_i(T, P, n) \times (c / 1000)^i$$

Графики среднеквадратических отклонений при аппроксимации скорости звука и абсолютной солёности полиномиальными формулами



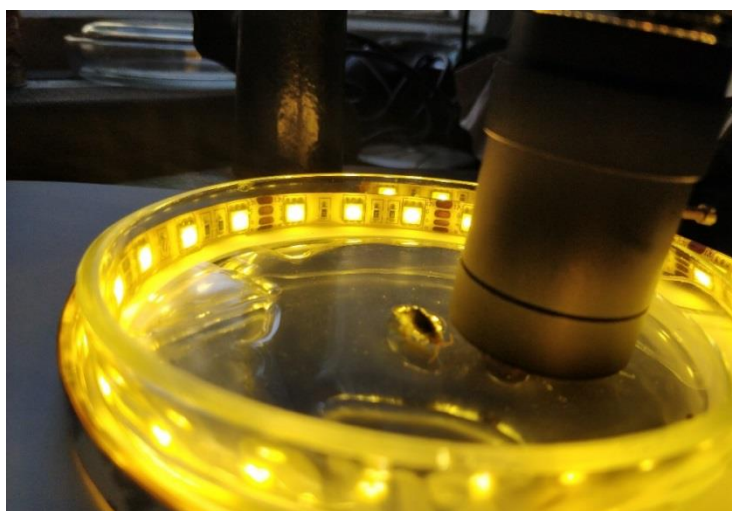
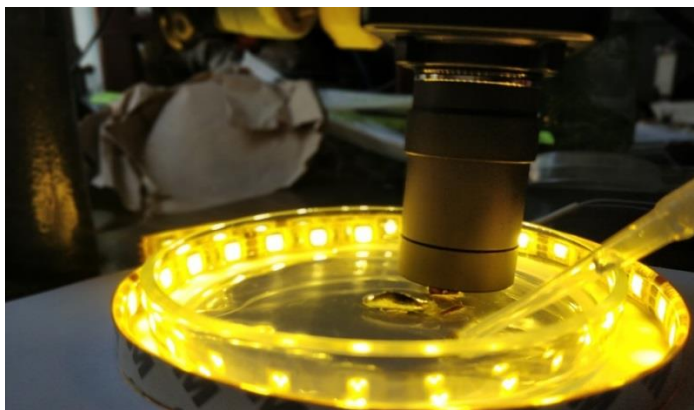
СКО $\sigma(c)$ и $\sigma(S_A)$ при $P = 80$ МПа и n от 1 до 10

$$\sigma(c) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N [c(S_{A_j}, T, P, n) - c(S_{A_j}, T, P)]^2}{N - (n + 1)}} \times 100, \quad \text{см/с}$$

$$\sigma(S_A) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N [S_A(c_j, T, P, n) - S_A(c_j, T, P)]^2}{N - (n + 1)}}, \quad \text{г/кг}$$

7. Автоматизированная система визуального анализа микрообъектов в режиме реального времени

Создан лабораторный оптический стенд для анализа микрообъектов в режиме реального времени



Структурная схема стенда

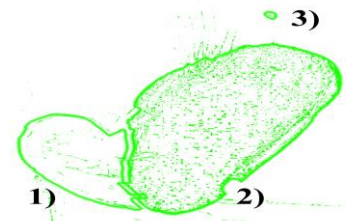
Процесс оптического распознавания



а)



б)



в)

Результат кластеризации изображения а) исходное изображение, полученное на лабораторной установке; б) выделение контрастных частей по алгоритму Гаусса; в) выделение контуров объектов: 1) Amphipoda, 2) Mytilus 3) Rotifera

Математическая модель устранения шумов

Модель помех описывается случайным аддитивным шумом, статистически независимым от сигнала. Шум имеет гауссово распределение, оценка среднего значения пикселя выполняется путем вычисления среднего арифметического значения по окрестности что является состоятельной и несмещённой оценкой. Таким образом метрикой служит значение вычисленное в некоторой окрестности этого пикселя $S(x, r)$, где x — координаты пикселя, r — радиус окрестности.

$$S(x, r) = \left\{ x = (x_1, x_2) \in Z^2 : |x_1 - z_1| \leq r, |x_2 - z_2| \leq r \right\}$$

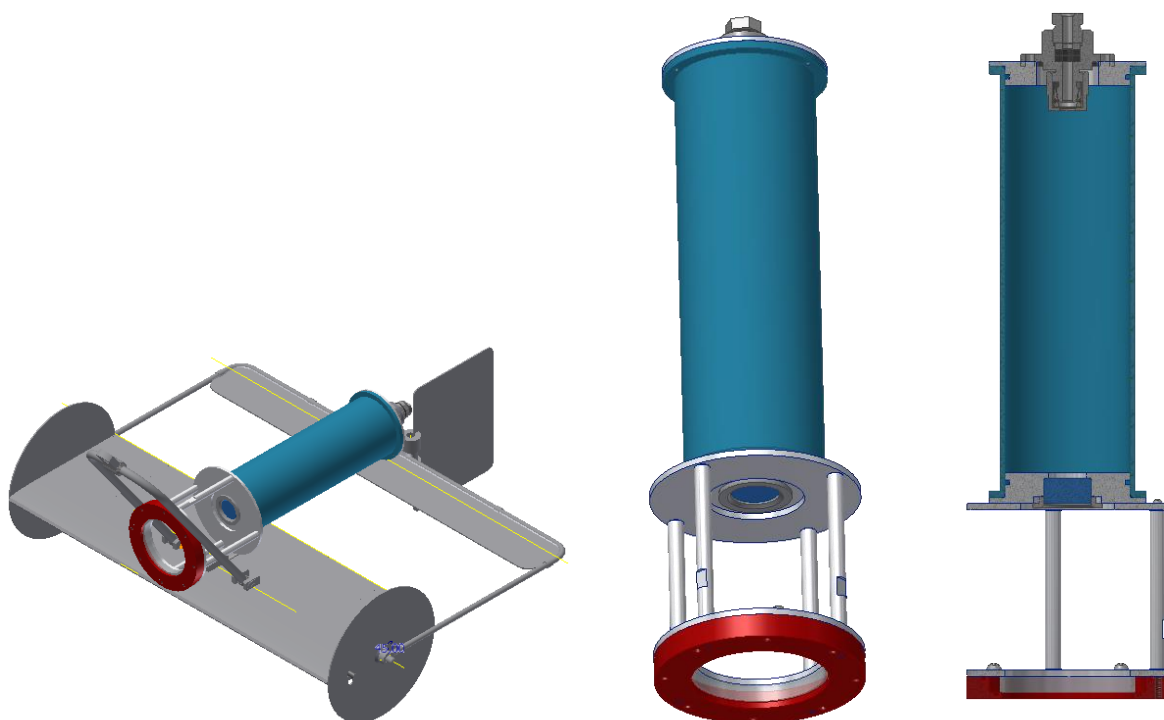
$$\bar{x}_z = \frac{1}{|S(x, r) \cap Q|} \sum_{t \in S(x, r) \cap Q} x_t$$

где Q — множество пикселей изображения, x_t — значение пикселя изображения в точке t .

Разработан видеорегистратор и анализатор планктона ВиАП

Комплекс гидробиофизический зондирующий ВиАП предназначен для оперативного исследования пространственного распределения планктона и твердых частиц в деятельном слое Мирового океана (0–200 м) в режиме зондирования и буксировки, с одновременным измерением температуры и гидростатического давления.

Эффективная разрешающая способность фотоприемника 3264x2448 px, минимальная рабочая освещенность 0,01 люкс, динамический диапазон 83,5 db.



Метрологические характеристики

Измеряемые и расчетные параметры	Диапазон измерения	Случайная погрешность	Погрешность
Размер измеряемых объектов, мкм	$10^2 \div 3 \cdot 10^4$	0,1%	1%
Гидростатическое давление, кПа (глубина, м)	0 ÷ 2000 (0 ÷ 200)	±0,01%	±0,1%
Температура воды, °С	-2 ÷ +35	± 0,01	± 0,02