

7. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Научно-технологические, 2022. – 676 с.
8. Федеральный закон от 24.06.1998 №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
9. Interagency Commission of the Russian Federation on climate change problems (1995). First National Communication to UNFCCC. Available at <http://www.unfccc.de>.

СРАВНЕНИЕ СУДОВЫХ И АВТОНОМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В КАНАЛЕ ВИМА, РАЗЛОМЕ РОМАНШ И ПРОХОДЕ КЕЙН

Мехова О. С.^{1,2}, Смирнова Д. А.^{1,3}, Фрей Д. И.^{1,4,5}

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

⁴Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь

⁵Московский физико-технический институт, Долгопрудный

osmeh@yandex.ru

Аннотация. В работе проведено сравнение данных, полученных двумя способами: автономными заякоренными буйковыми станциями и CTD/LADCP-зондированиями с научно-исследовательских судов в глубоководных каналах Атлантического океана.

Ключевые слова. Антарктическая донная вода, CTD, LADCP, автономные заякоренные станции.

COMPARISON OF SHIP AND AUTONOMOUS OBSERVATIONS IN THE VEMA CHANNEL, ROMANCHE FRACTURE ZONE, AND KANE PASSAGE

O. S. Mekhova^{1,2}, D. A. Smirnova^{1,3}, D. I. Frey^{1,4,5}

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

²St Petersburg State University, Saint Petersburg

³Lomonosov Moscow State University, Moscow

⁴Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol

⁵Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

Annotation. The paper compares the data obtained by two methods: autonomous moored buoy stations and CTD/LADCP measurements from research vessels.

Keywords. Antarctic bottom water, CTD, LADCP, autonomous moored stations.

Антарктическая донная вода (ААДВ) формируется в основном в море Уэдделла и имеет потенциальную температуру менее 2°C [1]. ААДВ распространяется на север в придонном слое западной части Атлантического океана. Достигая района экватора, часть этих вод попадает в восточную Атлантику через глубоководные разломы Срединно-Атлантического хребта [2, 3, 4]. Другая часть антарктических вод продолжает свое движение в западной части Атлантики на север [5, 6, 7, 8]. В работе рассматриваются потоки, которые распространяются из Аргентинской котловины через канал Вима в Бразильскую котловину, продолжают движение к экватору и пересекают Срединно-Атлантический хребет через разлом Романш. Далее, попадая в котловину Сьерра-Леоне, продолжают движение через проход Кейн в котловину Зеленого Мыса [9].

В данной работе сравниваются одномоментные измерения температуры донных вод и скорости течений, полученные с помощью CTD/LADCP-профилографов, и данные с датчиков заякоренных станций. Для работы были выбраны канал Вима, разлом Романш и проход Кейн, где работы погружным оборудованием совпадали по времени с работой

заякоренных станций. STD-зондирования выполнялись с помощью зонда SBE 19 plus SEACAT фирмы SeaBird, предназначенного для работы на глубинах до 6800 м. Параллельно с STD-зондом для измерения вертикального профиля скоростей использовался погружной акустический доплеровский профилограф течений LADCP модели Workhorse Sentinel 300 kHz. Буйковые заякоренные станции были оснащены измерителями течений и серией датчиков температуры на тросе, натянутом между якорем на дне и глубоководной плавучестью. Измерения течений велись автономно с интервалом от 10 минут до 2 часов на разных горизонтах.

В работе используются данные, полученные по пяти STD/LADCP-зондированиям, выполненным в канале Вима в 2005 г., по пяти STD/LADCP-зондированиям, выполненным в 2006 г., и по двум заякоренным станциям, которые работали в этот период в районе выполнения разрезов. В разломе Романш используются данные с одиночных погружных станций, выполненных в 2013 и в 2014 гг., и с заякоренной станции, координаты которой совпадают с координатами зондирований. В проходе Кейн используются данные погружных и заякоренной станции за 2010 и 2011 гг. Для определения потенциальной температуры на буйковых станциях были взяты значения температуры, полученные с помощью интерполяции данных STD-зондирований в точки, соответствующие местоположению датчиков заякоренных станций (рисунок 1).

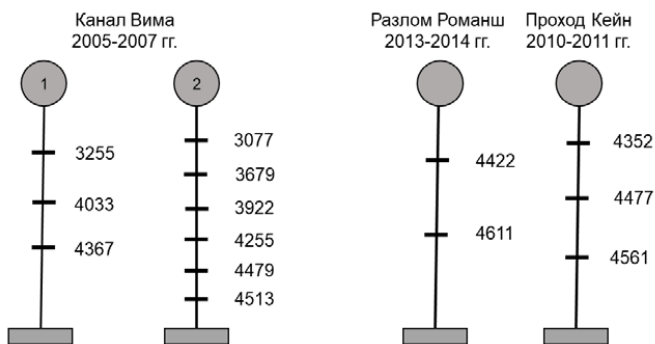


Рисунок 1 – Схемы и время работы буйковых заякоренных станций. Серыми кругами обозначены элементы плавучести. Цифрой 1 обозначена автономная станция у западного склона канала Вима, цифрой 2 – у восточного. Черными поперечными линиями показаны датчики температуры и акустические профилографы скорости течений, цифрами справа от них указана их глубина.

Сравнение измерений, полученных в ходе STD/LADCP-зондирований, с измерениями на заякоренных станциях в 2005 г. в канале Вима показало, что, практически на всех рассматриваемых горизонтах, значения температуры по данным STD-зондирования больше, чем зафиксировали датчики заякоренных станций (таблица 1). Канал Вима имеет меридиональное направление, поэтому V -компонента скорости является основной и должна быть значительно больше U -компоненты. Измерения показали, что это условие практически всегда выполняется. Разница между данными скоростей, полученных разными методами, в слое ААДВ увеличивается с уменьшением глубины: от -4 см/с до 6.7 см/с для U -компоненты и от -4.9 см/с до 6 см/с для V -компоненты скорости у восточного склона; от -4.7 см/с до 5.5 см/с и от -9.5 см/с до 7.7 см/с для U - и V -компонент, соответственно, у западного склона.

Сравнение данных по потенциальной температуре, полученных в 2006 г., так же, как и в 2005 г., показывают частое завышение значений с STD-зондов (таблица 2). При сравнении компонент скорости видно, что наибольшее расхождение у меридиональной компоненты составляет 14.5 см/с, а у зональной — 17.7 см/с.

Таблица 1 – Данные по потенциальной температуре, U - и V -компонентам скорости в канале Вима по результатам CTD/LADCP-зондирований (станция 1704 располагается в восточной части канала, станция 1707 – у западного склона) и по измерениям двух заякоренных станций. Приведены разницы между значениями CTD/LADCP и датчиками заякоренных станций. Измерения проводились в 2005 г. Прочерком показано отсутствие данных.

№ станций	Канал Вима, 2005 г.							
	1704					1707		
Горизонты, м	3077	3679	3922	4255	4479	3255	4033	4367
θ (буй), °C	2.476	1.550	0.913	-0.014	-0.120	2.435	0.115	-0.071
θ (CTD), °C	2.534	1.652	1.006	-0.006	-0.119	2.448	0.255	-0.089
$\Delta\theta$, °C	0.058	0.102	0.093	0.008	0.001	0.013	0.140	-0.018
U (буй), см/с	2.2	3.9	3	-2	—	0.2	-2.6	2.3
U (LADCP), см/с	-2	10.6	7.2	-6	—	-2.7	2.9	-2.4
V (буй), см/с	-6.4	-7.2	-1.9	30.1	—	0.3	15.9	20.8
V (LADCP), см/с	-2	-1.2	3.6	25.2	—	-2.6	6.4	28.5
ΔU , см/с	-4.2	6.7	4.2	-4	—	-2.9	5.5	-4.7
ΔV , см/с	4.4	6	5.5	-4.9	—	-2.9	-9.5	7.7

Таблица 2 – Данные по потенциальной температуре, U - и V -компонентам скорости в канале Вима по результатам CTD/LADCP-зондирований (станция 1860 располагается в восточной части канала, станция 1863 – у западного склона) и по измерениям двух заякоренных станций. Приведены разницы между значениями CTD/LADCP и датчиками заякоренных станций. Измерения проводились в 2006 г.

№ станций	Канал Вима, 2006 г.							
	1860				1863			
Горизонты, м	3077	3679	3922	4255	3255	4033	4367	
θ (буй), °C	2.438	1.661	1.110	-0.093	2.367	0.033	-0.101	
θ (CTD), °C	2.488	1.799	1.153	-0.120	2.371	0.162	-0.109	
$\Delta\theta$, °C	0.050	0.138	0.043	-0.027	0.004	0.129	-0.008	
U (буй), см/с	3	-1.9	-4.2	-1.4	-1.7	-6	-4.7	
U (LADCP), см/с	2.3	15.8	15.3	2	-2.9	-16.1	-9.7	
V (буй), см/с	-8.7	0	5.5	28.8	-13.7	22	31.5	
V (LADCP), см/с	-18.9	2.2	3.2	16.7	0.8	19.5	24.5	
ΔU , см/с	-0.7	17.7	19.5	3.4	-1.2	-10.1	-5	
ΔV , см/с	-10.2	2.2	-2.3	-12.1	14.5	-2.5	-7	

В разломе Романш в 2013 и 2014 г. были сделаны серии измерений. В работе анализируются данные, полученные с CTD/LADCP на станциях 2513 (2013 г.) и 2537 (2014 г.), выполненных на седловине в западной части разлома. Измерения на этих станциях проводились при постановке и поднятии заякоренной буйковой станции. Для сравнения измерений рассматриваются два горизонта внутри канала (4422 и 4611 м). Оба горизонта находятся в слое ААДВ (таблица 3). Несоответствия между двумя методами измерения скорости могут достигать 17.7 см/с. Разница в потенциальной температуре достигает 0.179°C, при этом CTD-измерения чаще дают более высокие значения.

Таблица 3 – Данные по потенциальной температуре, U - и V -компонентам скорости в разломе Романш по результатам CTD/LADCP-зондирований и по измерениям заякоренной станции. Приведены разницы между значениями CTD/LADCP и датчиками заякоренной станции. Измерения проводились в 2013 и 2014 гг.

	Разлом Романш 2013 г.		Разлом Романш 2014 г.	
№ станций	2513		2537	
Горизонты, м	4422	4611	4422	4611
θ (буй), °C	0.920	0.511	0.911	0.511
θ (CTD), °C	0.886	0.543	1.090	0.527
$\Delta\theta$, °C	-0.034	0.032	0.179	0.016
U (буй), см/с	-9.6	12.5	-2.4	9.7
U (LADCP), см/с	8.1	15.8	-5.5	2.8
V (буй), см/с	20.1	47.8	19.7	45.2
V (LADCP), см/с	9.9	38	16.9	46.1
ΔU , см/с	17.7	3.3	-3.1	-6.9
ΔV , см/с	-10.2	-9.8	-2.8	0.9

В проходе Кейн заякоренная станция стояла в 2010–2011 гг. При ее постановке и снятии выполнялись CTD/LADCP-зондирования. Несоответствия потенциальной температуры не превышают -0.022°C , а разница в измерениях компонент скорости достигает 9.3 см/с (таблица 4).

Таблица 4 – Данные по потенциальной температуре, U - и V -компонентам скорости в проходе Кейн по результатам CTD/LADCP-зондирований и заякоренной станции. Приведены разницы между значениями CTD/LADCP и датчиками заякоренной станции. Измерения проводились в 2010 и 2011 гг.

	Проход Кейн, 2010 г.	Проход Кейн, 2011 г.	
№ станций	2424	2464	
Горизонты, м	4352	4352	4477
θ (буй), °C	1.880	1.870	1.883
θ (CTD), °C	1.870	1.882	1.861
$\Delta\theta$, °C	-0.010	0.012	-0.022
U (буй), см/с	4.3	-8.4	-0.3
U (LADCP), см/с	-3.3	0.5	-1
V (буй), см/с	2.6	-8.5	-6.9
V (LADCP), см/с	10.7	0.8	0.1
ΔU , см/с	-7.6	8.9	-0.7
ΔV , см/с	8.1	9.3	7

Проведенное сравнение показало, что несоответствия между данными, полученными двумя разными методами, могут существенно превышать инструментальную точность приборов. Разницы значений, наблюдаемые в канале Вима, разломе Романш и проходе Кейн, имеют один порядок величины. Это говорит о том, что полученные качественные результаты, вероятно, применимы для любых абиссальных каналов с интенсивными придонными потоками ААДВ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 21-77-20004 (обработка и анализ данных CTD/LADCP зондирований; анализ данных автономных станций и сравнение результатов).

Список литературы

1. *Wüst G.* Schichtung und Zirkulation des Atlantischen Ozeans (ed. Defant A.) Wissenschaftliche Ergebnisse, Deutsche Atlantische Expedition auf dem Forschungs – und Vermessungsschiff „Meteor“ 1925-1927. // Berlin. 1936. Walter de Gruyter & Co. 6(1).
2. *Mantyla A.W., Reid J.L.* Abyssal characteristics of the World Ocean waters // Deep-Sea Research. 1983. V. 30(8). P. 805–833. [https://doi.org/10.1016/0198-0149\(83\)90002-X](https://doi.org/10.1016/0198-0149(83)90002-X)
3. *Mercier H., Speer K.G.* Transport of bottom water in the Romanche Fracture Zone and the Chain Fracture Zone // Journal of Physical Oceanography. 1998. V. 28(5). P. 779–790. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1998\)028%3c0779:TOBWIT%3e2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1998)028%3c0779:TOBWIT%3e2.0.CO;2)
4. *Morozov E.G., Tarakanov R.Y., Frey, D.I. et al.* Bottom water flows in the tropical fractures of the northern Mid-Atlantic Ridge // Journal of Oceanography. 2018. V. 74(2). P. 147–167. <https://doi.org/10.1007/s10872-017-0445-x>
5. *Klein B., Molinari R.L., Muller T.J., Seidler G.* A transatlantic section at 14.5°N: Meridional volume and heat fluxes // Journal of Marine Research. 1995. V. 53. P. 929–957. <https://doi.org/10.1357/0022240953212963>
6. *Rhein M., Stramma L., Krahnemann G.* The spreading of Antarctic Bottom Water in the tropical Atlantic // Deep Sea Research Part I. 1998. V. 45. P. 507–527. [https://doi.org/10.1016/s0967-0637\(97\)00030-7](https://doi.org/10.1016/s0967-0637(97)00030-7).
7. *Morozov E. G., Tarakanov R. Y., Frey D. I.* Bottom Gravity Currents and Overflows in Deep Channels of the Atlantic Ocean: Observations, Analysis, and Modeling. – Springer International Publishing, 2021.
8. *Frey D. I. et al.* Regional modeling of Antarctic bottom water flows in the key passages of the Atlantic // Journal of Geophysical Research: Oceans. – 2019. – Т. 124. – №. 11. – С. 8414-8428. <https://doi.org/10.1029/2019JC015315>
9. *Morozov E.G., Tarakanov R.Y., van Haren H.* Transport of Antarctic Bottom Water through the Kane Gap, tropical NE Atlantic Ocean // Ocean Sci. 2013. V. 9. P. 825–835. <https://doi.org/10.5194/os-9-825-2013>.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНОЙ СРЕДЕ НЕВСКОЙ ГУБЫ

Миронова Д. В.¹, Ершова А. А.¹, Дворников А. Ю.²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский филиал Института океанологии имени П. П. Ширшова РАН
daria.mironova317@gmail.com

Аннотация. Целью данной работы является исследование пространственного распределения частиц микропластика в водной среде р. Невы и Невской губы. Для достижения этой цели выполнены следующие задачи: изучены данные мониторинга загрязнения микропластиком акватории Невской губы; путем численного моделирования получена картина распространения частиц микропластика в исследуемой акватории; произведено сравнение с результатами мониторинга и данными ранее производимых исследований.

Ключевые слова. Микропластик. Морской мусор. Моделирование распределения взвеси.

ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF MICROPLASTICS IN THE WATER ENVIRONMENT OF THE NEVA BAY

Mironova D. V.¹, Erhova A. A.¹, Dvornikov A. U.²

¹ Russian State Hydrometeorological University (RSHU), St.Petersburg

² St. Petersburg Branch of Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Science

Annotation. The purpose of this work is to study the spatial distribution of microplastic particles in the aquatic environment of the river Neva and Neva Bay. To achieve this goal, the following tasks were