

База данных оперативных дрейфтерных наблюдений по Арктическому региону

© 2017 Т.М. Баянкина, С.Р. Литвиненко, М.В. Крыль, Н.Ю. Юркевич

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
E-mail: bayankina_t@mail.ru

Поступила в редакцию 29.11.2016 г. После доработки 09.01.2017 г.

Приведены описание и структура базы дрейфтерных данных по региону Арктики за период 2012 – 2016 гг. База сформирована по данным измерений термопрофилирующими дрейфтерами трех типов (*BTC60/GPS/ice/1ps*, *BTC60/GPS/ice/3ps*, *SVP-BTC80/GPS*), разработанными в Морском гидрофизическом институте. В нее включены измерения атмосферного давления, вертикальных профилей температуры льда, верхнего и подледного слоев воды до глубин 60 и 80 м на начало каждого часа. Перечислены особенности первичной подготовки дрейфтерной информации и проведена оценка качества базы данных при ее формировании. Приведены технические характеристики термопрофилирующих дрейфтеров, развернутых в Арктике. Данные дрейфтерных измерений позволяют проводить анализ термодинамической изменчивости гидрофизических параметров в рассматриваемом регионе и оценивать динамику термических процессов в широком диапазоне пространственно-временных масштабов.

Ключевые слова: термопрофилирующий дрейфтер, термолиния, температура воды/льда, профиль температуры, верхний слой океана.

DOI: 10.22449/0233-7584-2017-2-69-79

Введение. Освоение полярных и приполярных регионов является одной из наиболее приоритетных задач современности, поэтому в последние годы усилился государственный и общественный интерес к проблемам Арктического региона. Были приняты документы, определяющие цели и задачи государственной политики в Арктике: в 2008 г. – «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», в 2013 г. – «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года».

Эффективность решения приоритетных задач определяется уровнем развития системы комплексных наблюдений метеорологической, гидрологической и ледовой обстановки в данном регионе. В мировой науке климатические процессы в Арктике рассматриваются как индикатор глобальных изменений, однако современный уровень знаний о климатической системе региона недостаточен. Причиной этому является острый дефицит данных наблюдений, обусловленный рядом объективных причин: труднодоступностью региона, неблагоприятными метеорологическими условиями, ограниченностью средств дистанционного зондирования из-за наличия преимущественной облачности и ледяного покрова и т. д.

В последние десятилетия в рамках построения глобальной сети наблюдений Мирового океана и приподной атмосферы широкое развитие получила дрейфтерная технология как средство оперативного контактного мониторинга. Долговременные испытания дрейфтеров в арктических условиях стали основой для создания специализированных автономных измерительных средств иссле-

дования водной толщи, ледяного покрова Арктики и методов их применения. Измерительно-информационная система на основе дрейфтерной технологии как средство оперативного контактного мониторинга является одним из основных сегментов глобальной сети наблюдений. Широкие возможности дрейфтерной технологии и их экономическая эффективность определяют задачу создания различных специализированных дрейфующих платформ, адаптированных к условиям Арктического региона. Решение этой задачи тесно связано с инновационной деятельностью Морского гидрофизического института (МГИ) Российской академии наук по развитию дрейфтерной технологии [1 – 4].

Наиболее масштабным в применении таких средств в рассматриваемом регионе оказался проект Вашингтонского университета *UpTempO* [5], цель которого заключалась в исследовании изменчивости температуры в верхнем и подледном слоях океана (данные измерений находятся в открытом доступе на сайте <http://psc.apl.washington.edu/UpTempO/Data.php>).

В 2012 – 2016 гг. с использованием дрейфтерных измерений была сформирована база гидрометеорологических данных [6].

Структура и технические характеристики термопрофилирующих дрейфтеров. Измерения *in situ* обеспечивались термопрофилирующими дрейфтерами, структура которых показана на рис. 1, их технические характеристики приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Технические характеристики термопрофилирующих дрейфтеров

Параметры		Тип дрейфтера		
		<i>SVP-BTC80/GPS</i>	<i>BTC60/GPS/ice/1ps</i>	<i>BTC60/GPS/ice/3ps</i>
Атмосферное давление, гПа	<i>R</i>	от 850 до 1054,6		
	Δ	±2,0		
	μ	0,1		
Температура воды, °С	<i>R</i>	от минус 20 до 20,94	от минус 5 до 35,94	
	Δ	±0,1		
	μ	0,04		
Глубина, м	<i>R</i>	от 0 до 100		
	Δ	±0,2		
	μ	0,01		
Широта, °	<i>R</i>	от минус 90 до 90		
	Δ	±0,0005		
	μ	0,0002		
Долгота, °	<i>R</i>	от 0 до 360		
	Δ	±0,0005		
	μ	0,0002		
Горизонты измерения температуры (номинальные), м		0,2; 11; 13; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80	0,2; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60	
Горизонты измерения гидростатического давления (номинальные), м		80	60	20; 40; 60

П р и м е ч а н и е. *R* – диапазон, Δ – погрешность, μ – разрешение.

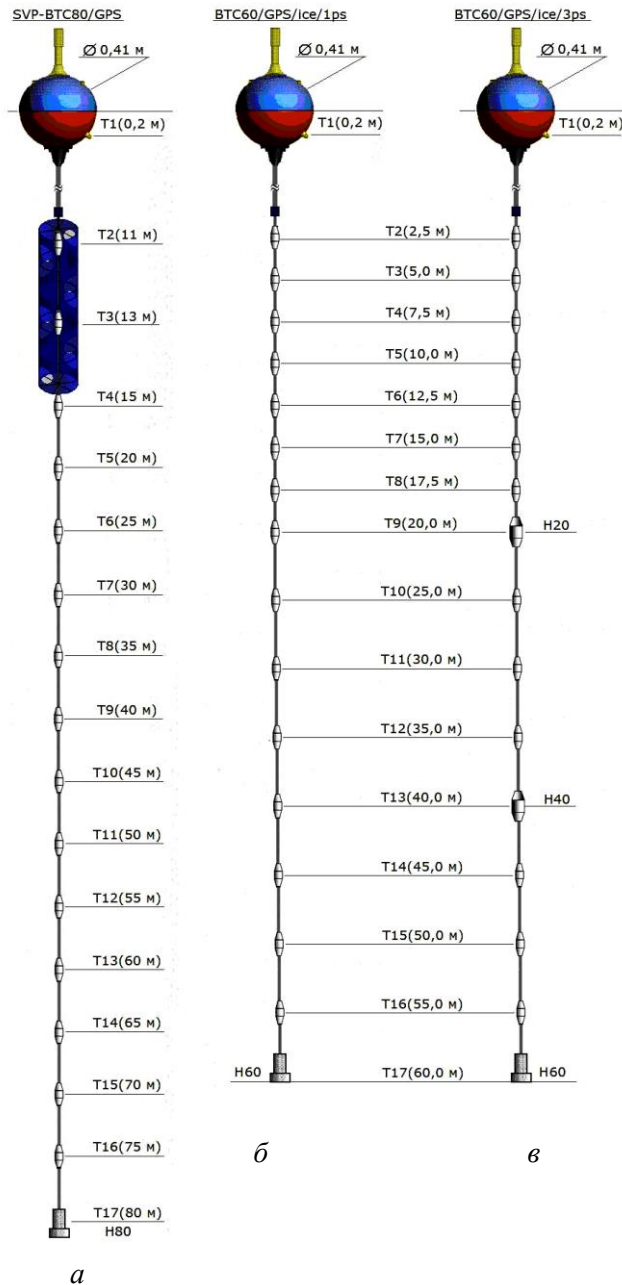


Рис. 1. Структура термопрофилирующих дрейфтеров МГИ: *SVP-BTC80/GPS* – *a*; *BTC60/GPS/ice/1ps* – *б*; *BTC60/GPS/ice/3ps* – *в*

Краткое описание измерительных средств. Дрейфтер *SVP-BTC80/GPS* – квазилагранжевый термопрофилирующий с подводным парусом, термолинией до глубины 80 м и датчиком гидростатического давления на нижнем конце термолинии (рис. 1, *a*). Дрейфтер *BTC60/GPS/ice/1ps* – термопрофилирующий с термолинией до глубины 60 м и датчиком гидростатического давления на ниж-

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ № 2 2017 71

нем конце термолинии (рис. 1, б). Дрифтер *BTC60/GPS/ice/3ps* – термопрофилирующий с термолинией до глубины 60 м, датчиками гидростатического давления на нижнем конце термолинии и на номинальных горизонтах 20 и 40 м (рис. 1, в).

Координаты дрейфтеров измеряются с помощью встроенных приемников системы глобального позиционирования *GPS*. Измерения всех параметров выполняются в начале каждого часа. Результаты измерений передаются в сообщениях по спутниковой системе связи *Iridium*. Задержка доставки сообщений пользователю – не более 10 мин [7 – 10]. Отметим, что конструкция дрейфтеров обеспечивает возможность их постановки как на лед, так и на открытую водную поверхность с последующим вморзанием корпуса дрейфтера и части термолинии в лед.

В связи с особенностями конструкции термодрейфтеров фиксированными по глубине являются только верхние горизонты. Действительные глубины расположения датчиков температуры, размещенных ниже, зависят от условий дрейфа и могут отличаться от номинальных (табл. 1). Уточнить горизонты измерения температуры можно путем внесения поправок в соответствии с алгоритмом восстановления геометрии термолинии с известными гидродинамическими параметрами по результатам измерения гидростатического давления встроенными в термолинию датчиками:

$$H = P_H 100 / g \rho,$$

где H – глубина; P_H – гидростатическое давление; g – ускорение свободного падения; ρ – плотность жидкости. Геометрия термолинии может быть восстановлена, например, по методу, основанному на известных результатах решения задачи о поведении однородной нерастяжимой нити в установившемся потоке [11].

Сведения по дрейфтерам и районы проведения измерений в Арктике. В период 2012 – 2016 гг. наиболее интенсивно дрейфтерные наблюдения проводились в море Бофорта (Канадская котловина) и Центральной Арктике. Траектории дрейфов дрейфтеров и общие сведения по ним приведены на рис. 2 и в табл. 2 соответственно.

Общее время жизни дрейфтеров по состоянию на август 2016 г. превысило 7000 сут. По данным термопрофилирующих дрейфтеров было получено ~2 млн. профилей температуры (в том числе и под ледовыми образованиями), ~120 тыс. измерений атмосферного давления. В рамках проекта *UpTempO* оперативный систематический мониторинг гидрометеорологических параметров выполнялся с применением дрейфтеров типа *BTC60/GPS/ice/1ps*, *BTC60/GPS/ice/3ps* и *SVP-BTC80/GPS*, результаты измерения которых дают представление о возможностях термопрофилирования верхнего слоя океана.

Данные термопрофилирования дают возможность оценить вертикальное распределение температуры в верхнем слое океана в районе Северного полюса, толщину льда и ее пространственно-временную изменчивость.

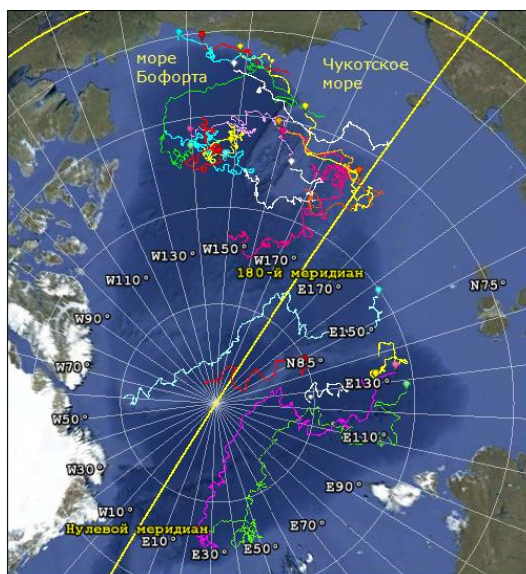


Рис. 2. Траектории «ледовых» термопрофилирующих дрейфтеров, развернутых в Арктике в 2012 – 2016 гг.

Т а б л и ц а 2

Общие сведения по дрейфтерам, развернутым в Арктическом бассейне

Идентификационный номер буя	Тип дрейфтера	Длина термолинии, м	Количество горизонтов	Дата развертывания	Последняя дата измерений
240990	<i>BTC60/GPS/ice/1ps</i>	60	17	05.09.12	24.08.13
244780				31.08.13	11.11.13
<i>IMEI 242970/WMO 48540</i>				17.08.13	12.01.15
<i>IMEI 242840/WMO 48539</i>				22.08.13	14.09.14
<i>IMEI 245960/WMO 48542</i>				27.08.13	06.02.15
244950				29.08.13	23.02.14
<i>IMEI 245950/WMO 48541</i>				30.08.13	16.08.16
<i>IMEI 246740/WMO 25584</i>	<i>BTC60/GPS/ice/3ps</i>	60	17	30.08.13	14.10.14
<i>IMEI 246950/WMO 25585</i>				03.09.13	15.12.14
<i>IMEI 247800/WMO 25586</i>				07.09.13	23.01.15
<i>IMEI 235160/WMO 48649</i>				25.03.14	14.09.14
<i>IMEI 233190/WMO 48648</i>				01.04.14	09.09.14
<i>IMEI 238150/WMO 48681</i>				13.08.14	04.05.15
<i>IMEI 239180/WMO 48682</i>				15.08.14	17.03.15
<i>IMEI 233150/WMO 48679</i>				02.09.14	29.07.15
<i>IMEI 236150/WMO 48678</i>				06.09.14	04.05.15
<i>IMEI 235320/WMO 48677</i>				14.09.14	06.10.14
<i>IMEI 237170/WMO 48676</i>				14.09.14	16.10.14
<i>IMEI 233160/WMO 48680</i>				02.10.14	04.05.15
243770	<i>SVP-BTC80/GPS</i>	80		03.09.13	12.10.13
246990				05.09.12	10.12.12
243950				09.09.12	13.10.12

Примечание. *International Mobile Equipment Identity – IMEI; World Meteorological Organization – WMO* (Всемирная метеорологическая организация).

Результаты арктических экспериментов показывают, что автономные термопрофилирующие «ледовые» дрейфтеры являются эффективным инструментом исследования Арктического региона. Полученные уникальные долговременные ряды систематических оперативных данных позволяют существенно расширить и уточнить представления о процессах взаимодействия в системе атмосфера – лед – океан [12].

Особенности первичной подготовки дрейфтерной информации для формирования базы данных. Получаемая по глобальной телеметрической системе распределения *GPS* дрейфтерная информация иногда содержит сбои различных типов, которые могут привести к ошибочным результатам. В связи с этим для создания достоверной базы данных были разработаны интерактивные программы выявления и исключения сбойных ситуаций [13].

Фильтрация по результатам измерения занывивания. Фильтрации по занывиванию подвергаются первичные данные о координатах и температуре поверхности моря, полученные дрейфтерами типа *SVP-BTC80/GPS*. В результате фильтрации для последующего анализа выбираются только данные с дрейфующих буев с присоединенным подводным парусом. Критерием наличия паруса служит получаемая по каналу измерения занывивания информация о средней продолжительности пребывания поплавка дрейфтера в притопленном состоянии. Продолжительные нулевые показания по этому каналу свидетельствуют об обрыве подводного паруса. Последующее движение буй не может рассматриваться как дрейф лагранжевой частицы, а его траектория в большей степени определяется ветровым воздействием.

Фильтрация грубых сбоев по результатам измерения температуры и атмосферного давления. Для фильтрации сбоев в данных по поверхностной температуре и по ее профилям разработана программа, по которой обрабатывается получаемая информация. Программа позволяет в интерактивном режиме обнаружить сбойное измерение и удалить его. Отбраковка результатов измерений температуры воды выполняется на основании двух последовательно применяемых критериев. В качестве первого критерия принимается диапазон физически значимых температур верхнего слоя моря в районе дрейфа, в качестве второго – заданное оператором пороговое значение градиента температуры. Выборки, значения температуры в которых превышают пороговое, считаются сбойными.

Процедура фильтрации сбоев в данных по атмосферному давлению аналогична методике фильтрации данных по температуре. При этом отсчеты, значения градиентов давления в которых превышают 1 гПа/ч, классифицируются как сомнительные. Решение по таким реализациям принимается по результатам анализа монотонности значений давления в последующих отчетах или с привлечением данных, полученных от других источников в совместимом пространственно-временном масштабе. После выполнения перечисленных выше процедур первичной обработки и фильтрации данных при грубых сбоях весь массив дрейфтерных измерений был систематизирован и сформирован в базу данных по следующей структуре.

Структура базы дрейферных данных. В базу дрейферных данных включены измерения, полученные по 22 дрейферам (табл. 2). Для каждого дрейфера существует отдельный текстовый файл с расширением «*.txt*» и именем в кодировке *ASCII*, соответствующим идентификационному номеру дрейфера. База данных систематизирована по типам дрейферов и состоит из каталога верхнего уровня «*Archive_Arctic*», внутри которого расположены три каталога: «*SVP-BTC80_GPS*», «*BTC60_GPS_ice_1ps*» и «*BTC60_GPS_ice_3ps*». Внутри каждого из этих каталогов размещаются текстовые файлы с данными дрейферов соответствующего типа. Например, путь «*Archive_Arctic/SVP-BTC60_GPS_ice_1ps/240990.txt*» соответствует дрейферу типа *BTC60/GPS/ice/1ps* с идентификационным номером 240990.

Содержимое текстовых файлов упорядочено по строкам и столбцам. В качестве разделительных знаков используется символ «пробел». Каждая строка текстового файла содержит результат одного цикла измерения дрейфера, за исключением первой строки, в которой указаны названия столбцов. Количество столбцов может изменяться от 23 до 25 в зависимости от количества датчиков гидростатического давления (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Пример фрагмента с данными файла 243770.txt для дрейфера типа SVP-BTC80/GPS

<i>ObsDate</i>	<i>ObsTime</i>	<i>Lat</i>	<i>Lon</i>	<i>BP</i>	<i>T01</i>	<i>T...</i>	<i>T17</i>	<i>H80</i>
03.09.2013	10:00	71,4	-148,9	1007,5	2,96	...	-1,28	79
03.09.2013	11:00	71,4	-148,9	1006,6	2,88	...	-1,28	81
03.09.2013	12:00	71,4	-148,9	1005,7	2,84	...	-1,20	81
03.09.2013	13:00	71,4	-148,9	1005,5	2,8	...	-1,32	83

В столбцах табл. 3 содержится следующая информация: *ObsDate* – дата измерения; *ObsTime* – время измерения; *Lat* – широта; *Lon* – долгота; *BP* – атмосферное давление; *T01 ... T17* – температура воды (льда) на номинальных глубинах (табл. 1); *H80* – глубина, рассчитанная по показаниям датчика гидростатического давления, установленного на номинальном горизонте 80 м (рис. 1, а).

Для удобства использования базы данных по региону Арктики была создана автоматизированная СУБД *Microsoft office Access 2007*, которая обеспечивает доступ к данным оперативных дрейферных наблюдений (рис. 3, а) и позволяет по запросу автоматически проводить выборку данных и находить связь между ними (рис. 3, б) [14, 15].

Код	ObsDate	Lat	Lon	BP	T01	T02	T03	T04
2	22.09.2012 2:00	77,0626	-138,696	1012,1	-0,84	-0,8	-0,82	-0,8
2	22.09.2012 3:00	77,0638	-138,7048	1012,5	-0,84	-0,84	-0,82	-0,8
3	22.09.2012 4:00	77,0654	-138,7124	1012,6	-0,84	-0,84	-0,82	-0,84
4	22.09.2012 5:00	77,067	-138,719	1012,6	-0,86	-0,84	-0,8	-0,84
5	22.09.2012 7:00	77,0704	-138,7284	1012,4	-0,84	-0,84	-0,82	-0,82
6	22.09.2012 8:00	77,0718	-138,7298	1012,8	-0,84	-0,8	-0,84	-0,82
7	22.09.2012 9:00	77,0728	-138,7308	1013,3	-0,84	-0,76	-0,8	-0,82
8	22.09.2012 10:00	77,0738	-138,73	1013,9	-0,8	-0,76	-0,8	-0,8
9	22.09.2012 11:00	77,0738	-138,727	1014,3	-0,8	-0,76	-0,76	-0,8
10	22.09.2012 12:00	77,0732	-138,7284	1014,4	-0,8	-0,76	-0,8	-0,8
11	22.09.2012 13:00	77,0722	-138,7202	1014,6	-0,8	-0,76	-0,76	-0,76
12	22.09.2012 14:00	77,0714	-138,7198	1014,6	-0,84	-0,76	-0,8	-0,8
13	22.09.2012 15:00	77,0708	-138,7236	1015,1	-0,86	-0,84	-0,82	-0,82
14	22.09.2012 16:00	77,0712	-138,7294	1015,6	-0,84	-0,84	-0,84	-0,82
15	22.09.2012 17:00	77,0718	-138,7356	1015,9	-0,84	-0,76	-0,82	-0,8
16	22.09.2012 18:00	77,073	-138,7402	1016,1	-0,84	-0,8	-0,8	-0,82
17	22.09.2012 19:00	77,0744	-138,7424	1016,1	-0,84	-0,76	-0,82	-0,82
18	21.09.2012 9:00	77,0504	-138,6336	1012,5	-0,84	-0,8	-0,8	-0,8
19	21.09.2012 10:00	77,0514	-138,631	1012,5	-0,84	-0,76	-0,8	-0,8
20	21.09.2012 11:00	77,0516	-138,6278	1012,6	-0,84	-0,8	-0,82	-0,8
21	21.09.2012 12:00	77,0512	-138,6298	1012,5	-0,84	-0,84	-0,8	-0,8
22	21.09.2012 13:00	77,0502	-138,6298	1012,3	-0,84	-0,8	-0,8	-0,8
23	21.09.2012 14:00	77,0494	-138,6394	1012,2	-0,86	-0,8	-0,8	-0,8
24	21.09.2012 15:00	77,0494	-138,6522	1012,2	-0,84	-0,84	-0,8	-0,84

а

ObsDate	Lat	Lon	BP
24.09.2012 3:00	77,1036	-138,8328	999,6
24.09.2012 4:00	77,1018	-138,8384	998,5
24.09.2012 5:00	77,1008	-138,8512	997,7
24.09.2012 6:00	77,1004	-138,8676	996,6
24.09.2012 7:00	77,1016	-138,8842	995,7
24.09.2012 8:00	77,1038	-138,8974	994,4
24.09.2012 9:00	77,1066	-138,9066	993,6
24.09.2012 10:00	77,11	-138,9098	992,8
24.09.2012 11:00	77,1132	-138,9062	991,7
24.09.2012 12:00	77,115	-138,8976	990,9
24.09.2012 13:00	77,1152	-138,887	989,9
24.09.2012 14:00	77,1138	-138,8768	989,3
24.09.2012 15:00	77,1114	-138,8714	989,2
24.09.2012 16:00	77,1086	-138,8716	989,1
24.09.2012 17:00	77,1066	-138,8762	989,3
24.09.2012 18:00	77,1056	-138,8828	989,5
24.09.2012 19:00	77,106	-138,8886	990
24.09.2012 20:00	77,1074	-138,8912	990,7
24.09.2012 21:00	77,1096	-138,889	991,7
24.09.2012 22:00	77,1118	-138,8812	992,7
24.09.2012 23:00	77,1136	-138,8668	993,6
25.09.2012 0:00	77,1142	-138,8482	994,4
25.09.2012 1:00	77,1134	-138,8266	994,9
25.09.2012 2:00	77,1108	-138,806	995,7
25.09.2012 3:00	77,107	-138,7906	996,3
25.09.2012 4:00	77,1024	-138,7816	997,1

б

Рис. 3. Пример доступа к базе данных оперативных дрефтерных наблюдений с помощью СУБД Microsoft office Access 2007: а – фрагмент базы данных; б – результат выполнения запроса по атмосферному давлению менее 1000 гПа для дрефтера 240990 по дате за все годы

Оценка качества базы дрефтерных данных проводилась в два этапа. На первом этапе программным методом из массивов данных были исключены грубые сбои по критериям измерения занывривания дрефтеров, по данным атмосферного давления и температуры воды.

Второй этап проверки заключался в выявлении единичных выбросов в массивах гидрометеорологических данных на всех номинальных горизонтах. Для каждого дрефтера строились карты траекторий, графики по атмосферному давлению и температуре поверхности воды/льда на всех горизонтах. Если внутри массива были единичные выбросы в данных или отмечались допустимые диапазоны (R) по гидрометеорологическим параметрам (табл. 1), то эти данные считались ошибочными и, согласно требованиям ВМО, были за-

менены на 999, что означает отсутствие данных. В качестве примера на рис. 4 синим цветом показан временной ряд температуры воды на номинальном горизонте 7,5 м по данным датчика T04 дрейфтера *IMEI242840*. Видно, что 19 и 28 мая 2014 г. наблюдаются выбросы по температуре воды до -20°C (обведены). Ниже красным цветом приведен временной ряд данных после исключения сбойных отсчетов.

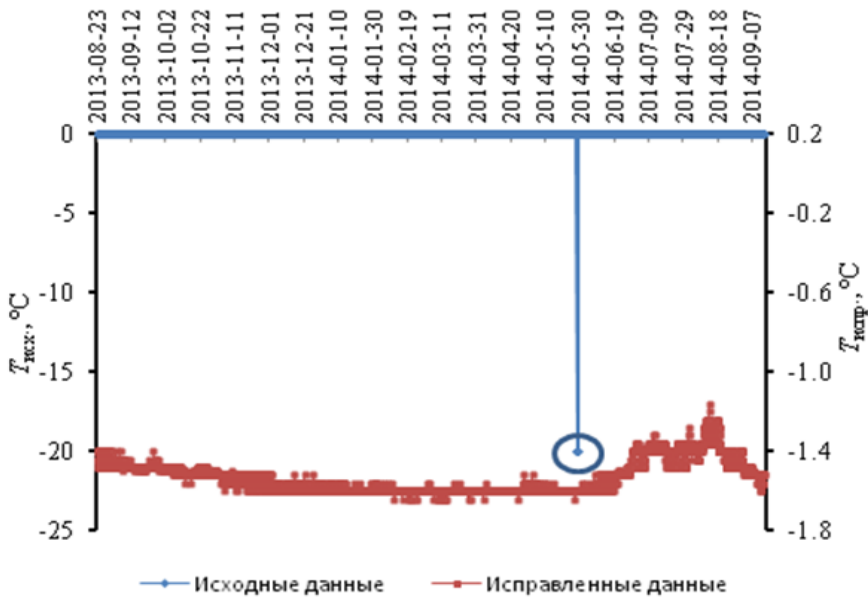


Рис. 4. Пример проверки результатов измерений температуры воды дрейфтером *IMEI242840/WMO 48539*

По результатам арктических экспериментов и проверки качества данных в сформированной базе дрейфтеры, разработанные в МГИ, показали надежность эксплуатационных характеристик. Это подтверждается, например, длительной работой дрейфтера *IMEI245950/WMO48541*, который безотказно проводил измерения на протяжении почти трех лет (1082 сут). На рис. 5 показана траектория этого дрейфтера, который был установлен 30.08.2013 г. в Северном Ледовитом океане – 1, а 16.08.2016 г. он прекратил передавать данные – 2. Длительный период работы указанного дрейфтера в Арктическом регионе позволяет достоверно оценить динамику термических процессов в подледном слое Северного Ледовитого океана в широком диапазоне пространственно-временных масштабов [5].

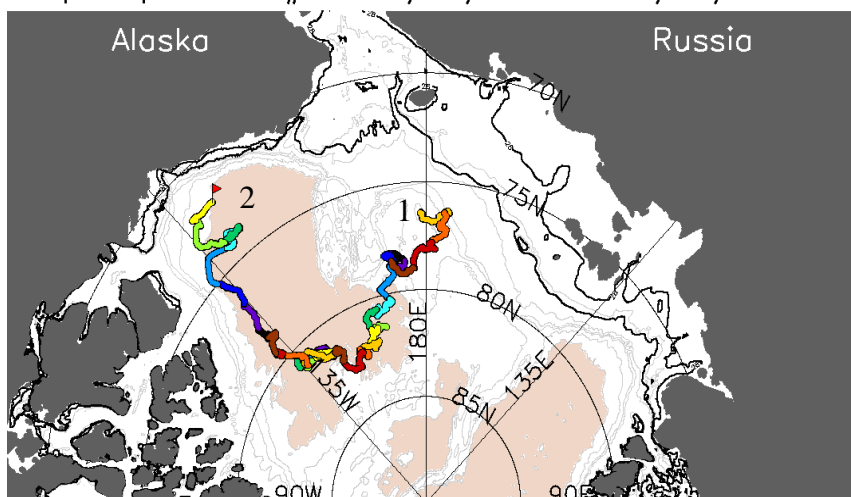


Рис. 5. Исследования Арктического региона дрейфтером *IMEI245950/WMO48541* в период 30.08.2013 г. – 16.08.2016 г. Траектория дрейфтера – по данным [5]

Выводы. Сформирована база данных оперативного дрейфтерного мониторинга термических процессов в верхнем, в том числе подледном, слое океана, динамики ледовых полей и полей атмосферного давления в Арктическом регионе. Результаты экспериментов могут служить основанием для создания надежной и экономной системы наблюдений с помощью термопрофилирующих дрейфтеров.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0011 «Исследования закономерностей изменений состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий» (шифр «Оперативная океанография»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Кортаев Г.К., Мотыжев С.В. Термопрофилирующий дрейфующий буй // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. – Вып. 11. – С. 143 – 154.
2. Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Мотыжев В.С. Развитие средств и методов дрейфтерной технологии применительно к проблеме изучения Черного моря // Океанология. – 2008. – 48, № 1. – С. 149 – 158.
3. Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Мотыжев В.С. Исследование верхнего слоя Черного моря с помощью термопрофилирующих дрейфующих буй // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – Вып. 16. – С. 116 – 123.
4. Толстошеев А.П. Использование термопрофилирующих дрейфующих буй для изучения верхнего слоя Черного моря // Там же. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – Вып. 24. – С. 273 – 278.
5. *UpTempO*. – <http://psc.apl.washington.edu/UpTempO/>.

6. *Свидетельство* о регистрации баз данных № 2016620880. База данных оперативных дрейфтерных наблюдений по региону Арктики / С.В. Мотыжев, А.П. Толстошеев, Е.Г. Лунев, Т.М. Баянкина и др. – Морской гидрофизический институт РАН. – Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 28.06.2016 г.
7. *Лунев Е.Г.* Автоматическая коррекция погрешности измерителей атмосферного давления для SVP-B дрейфтеров // Вестник Сев ГТУ. Сер. Информатика, электроника, связь. – 2003. – Вып. 47. – С. 204 – 208.
8. *Толстошеев А.П.* Метод восстановления траекторий автономных дрейфующих буев // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – Вып. 15. – С. 392 – 396.
9. *Мотыжев С.В., Лунев Е.Г., Толстошеев А.П.* Развитие средств и методов дрейфтерной технологии и их внедрение в практику океанографических наблюдений в Черном море и Мировом океане // Там же. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – Вып. 24. – С. 259 – 272.
10. *Motyzhev S., Lunev E., Tolstosheev A.* Increasing of Effectiveness and Reliability of Data from Drifting Buoys, WMO-IOC Data Buoy Cooperation Panel. – <ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/amp/mmop/documents/dbcp/Dbcp45>.
11. *Меркин Д.Р.* Введение в механику гибкой нити. – М.: Наука, 1980. – 240 с.
12. *Мотыжев С.В., Лунев Е.Г., Толстошеев А.П., Быков Е.М.* Опыт применения термопрофилирующих дрейфтеров для исследований Арктического региона Мирового океана // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 1. – С. 38 – 45.
13. *Ратнер Ю.Б., Толстошеев А.П., Холод А.Л., Мотыжев С.В.* Создание базы данных мониторинга Черного моря с использованием дрейфующих поверхностных буев // Морской гидрофизический журнал. – 2009. – № 3. – С. 50 – 68.
14. *Паклина В.М., Паклина Е.М.* Создание баз данных в Microsoft ACCESS 2007. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. – 40 с.
15. <http://free-office.net/microsoft-access/31-microsoft-access-2007.html>.

Database of the operational drifter observations in the Arctic region

T.M. Bayankina, S.R. Litvinenko, M.V. Kryl', N.Yu. Yurkevich

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia
e-mail: bayankina_t@mail.ru*

Structure of the drifter-derived database for the Arctic region (2012 – 2016) is described. The database is grounded on the measurements performed by the temperature-profiling drifters of three types: *BTC60/GPS/ice/1ps*, *BTC60/GPS/ice/3ps* and *SVP-BTC80/GPS* developed in the Marine Hydrophysical Institute. It includes the measurements of atmospheric pressure and vertical profiles of ice and upper- and under-ice water temperature up to 60 and 80 m at the beginning of each hour. The features of primary processing of the drifter information are given, and quality of the database is assessed. Technical characteristics of the temperature-profiling drifters launched in the Arctic are represented. The drifter-derived data permit to analyze thermodynamic variability of the hydrophysical parameters in the region under study and to assess dynamics of the thermal processes in a wide range of the spatial-temporal scales.

Keywords: temperature-profiling drifter, thermo-line, water/ice temperature, temperature profile, ocean upper layer.