

Е.М.Быков<sup>1</sup>, А.А.Безгин<sup>1,2</sup>, Е.Г.Лунев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь

<sup>2</sup>Севастопольский государственный университет, г.Севастополь

## СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Приводятся результаты разработки автономного термопрофилирующего дрейфтера, ориентированного на исследования полярных регионов Мирового океана. На основании анализа данных долговременных полярных экспериментов с термопрофилирующими дрейфтерами сделан обоснованный вывод о возможности построения надежной и экономичной системы дрейфтерных наблюдений в арктическом регионе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *дрейфтер, профиль температуры, верхний слой океана, арктические наблюдения*

Начиная с 2012 г., началась разработка, испытание и внедрение в систему глобальных наблюдений океана и приземной атмосферы различных морских и ледовых буев, предназначенных для работы в полярных регионах и прежде всего в Арктике [1]. Был разработан ряд буйковых станций, предназначенных для решения научно-исследовательских и прикладных задач. Спутниковые радиомаяки в корпусах диаметром 20 см используются для изучения движения льдов в Обской губе и арктических морях, прилегающих к России. Парашютная версия этого радиомаяка применяется для маркировки льдин с животными. Специализированные буи разработаны для трассировки айсбергов и возможных нефтяных разливов в районах установки буровых платформ. Создана версия барометрических буев с подводными парусами для запуска в воде с последующим вмерзанием в ледовые образования для изучения их динамики. Технические и методические решения, реализованные в первых полярных дрейфтерных экспериментах и прошедшие долговременные испытания в арктических условиях, стали основой для создания специализированных автономных средств исследования водной толщи и ледового покрова Арктики и методов их применения.

Наиболее важной разработкой являются не имеющие мировых аналогов «ледовые» термопрофилирующие буи (дрейфтеры) типа *BTC60/GPS/ice*, предназначенные для изучения термической изменчивости в верхнем слое океана, в том числе подо льдом в полярных регионах. Структура такого буя представлена на рис.1, а. Буй имеет специализированную термолинию длиной 60 м и диаметром 13 мм, в которую интегрированы датчики температуры и гидростатического давления. Технология постановки предусматривает установку буя как на лед в пробуренное отверстие, так и на поверхность воды с последующим вмерзанием в лед.

В Арктике в 2012 – 2015 гг. в рамках проекта *UpTempo* [2] Международной Арктической Буйковой Программы (IABP) было развернуто более 30 дрейфтеров типа *BTC60/GPS/ice*, общее время жизни которых по состоянию на июль 2015 г. превысило 6500 суток. По данным дрейфтеров было получено

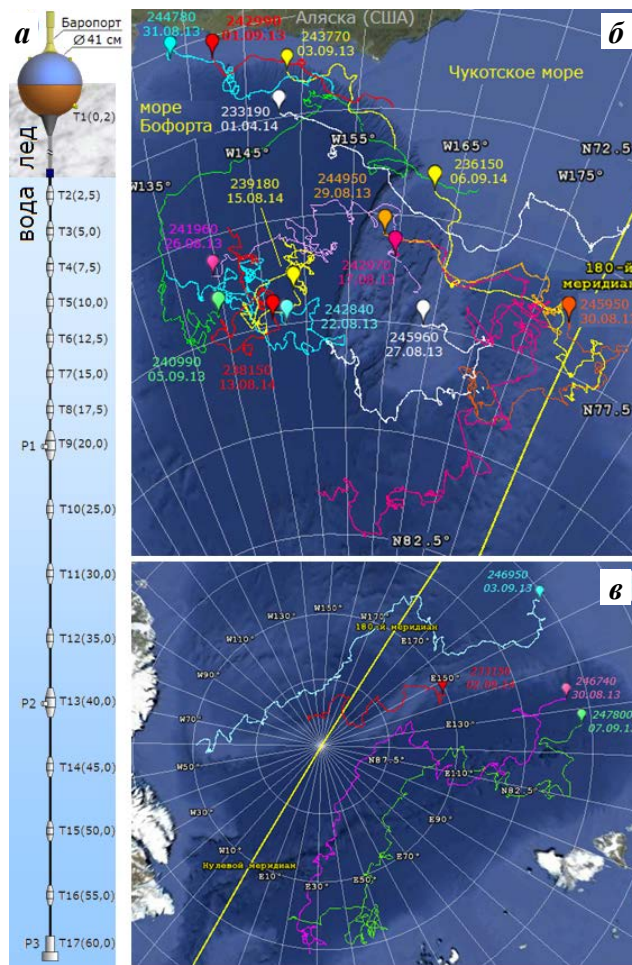


Рис. 1. Структура «ледового» термопрофилирующего дрейфера типа *BTC60/GPS/ice* (а). Траектории «ледовых» термопрофилирующих дрейферов *BTC60/GPS/ice*, развернутых в арктическом регионе в 2012 – 2014 гг.: море Бофорта – Канадская котловина (б); Центральная Арктика (в).

более 155000 профилей температуры, в том числе под ледовыми образованиями. Наиболее интенсивно дрейферные наблюдения проводились в двух регионах: море Бофорта – Канадская котловина и Центральная Арктика. Траектории дрейфов в этих регионах показаны на рис. 1, б, в.

Получены уникальные данные синхронных измерений термической изменчивости в

верхнем слое океана до глубины 60 м под ледовыми образованиями Северного

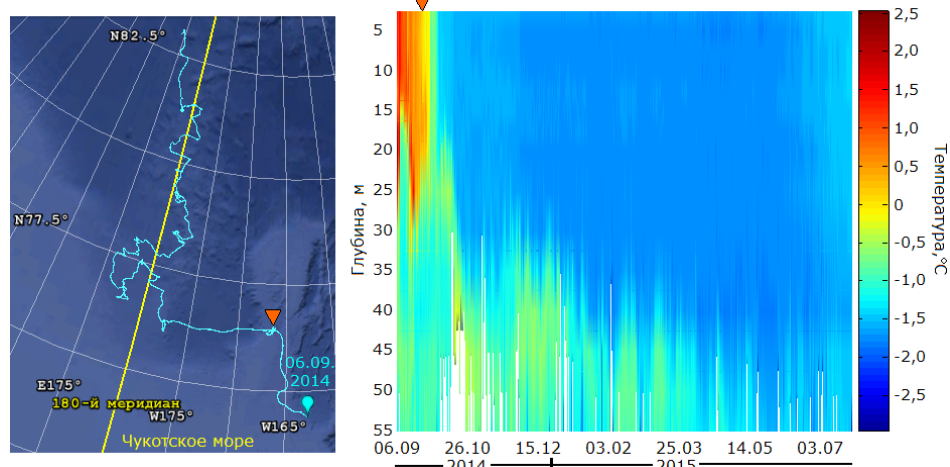


Рис. 2. Траектория (а) и вертикальное распределение температуры (б) по данным дрейфера *IMEI* 236150, развернутого 6 сентября 2014 г. Оранжевыми маркерами отмечены положение дрейфера и распределение температуры на 6 октября 2014 г.

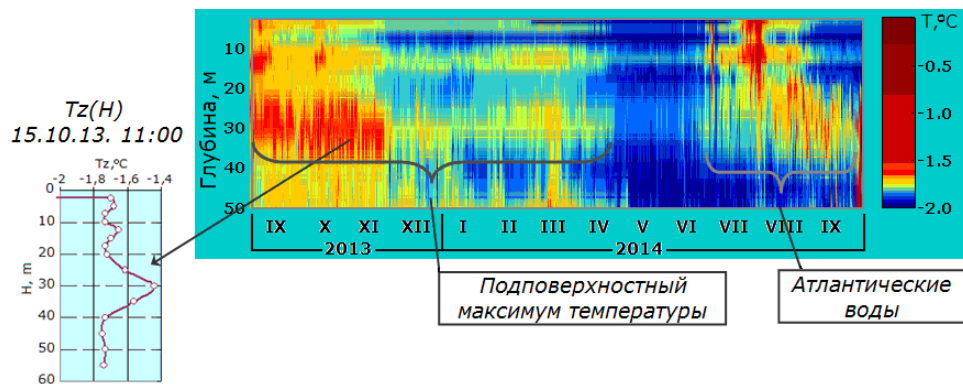


Рис. 3. Термическая структура подледного слоя океана в районе Северного полюса по данным дрейфера IMEI 246740 (сентябрь 2013 г. – октябрь 2014 г.).

Ледовитого океана. Доставка данных пользователям осуществляется по каналу спутниковой связи в режиме времени, близком к реальному. В качестве примера на рис.2, а показана траектория движения дрейфера IMEI 236150, развернутого в районе Чукотского плато. Профили температуры, полученные с дискретностью 1 ч в течение времени дрейфа более 11 мес., показаны на рис.2, б.

Среди наиболее интересных результатов термопрофилирования верхнего слоя полярного океана – долговременные ряды данных о пространственно-временной изменчивости такой структурной особенности верхнего подледного слоя океана, как подповерхностный максимум температуры, механизмы формирования и сезонные эволюции которого малоизучены [3]. На рис.3 показаны результаты дрейферного мониторинга вертикального распределения температуры в верхнем слое океана в районе Северного полюса по данным дрейфера IMEI 246740 (траектория дрейфа – на рис.1, в).

Подповерхностный максимум температуры хорошо прослеживался осенью – зимой 2013 и весной 2014 гг. Средняя глубина оси максимума за время

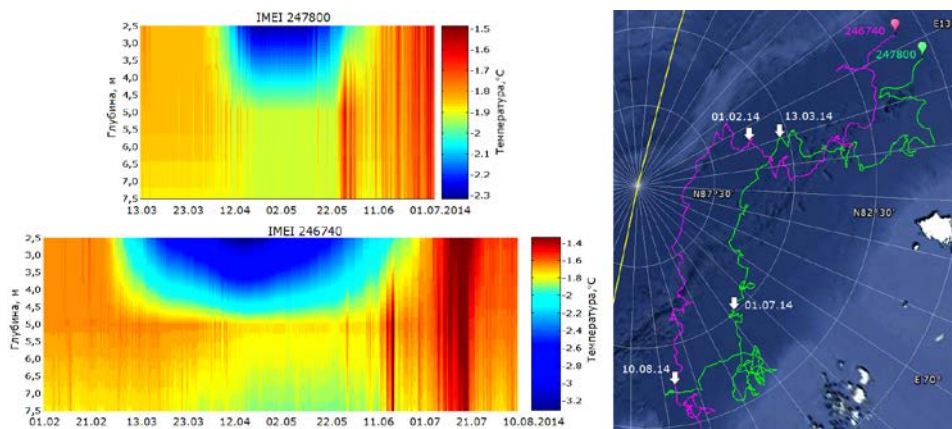


Рис. 4. Оценивание толщины льда по результатам измерений температуры (слева) на верхних горизонтах дрейферов IMEI 247800 и IMEI 246740. На траекториях (справа) соответствующие участки отмечены маркерами белого цвета.

наблюдения оставалась стабильной и составляла около 30 м. На рис.3, *слева* приведено характерное для осеннего периода наблюдений вертикальное распределение температуры по данным измерений на 11 ч 00 мин 15 октября. Полученные результаты позволяют уточнить современные представления о генезисе и эволюции подповерхностного максимума температуры, сезонных изменениях теплосодержания поверхностного слоя (см., например, [4]).

В ряде случаев данные термопрофилирования дают возможность оценить толщину льда и ее пространственно-временную изменчивость. Так, на графиках (рис.4), построенных по результатам измерений температуры на верхних горизонтах термолиний дрейфтеров *IMEI 246740* и *IMEI 247800* (соответствующие участки траекторий показаны на рис.4, *справа*), хорошо видны области с температурами ниже минус 1,8 °С (точка замерзания арктических поверхностных вод).

Судя по термической изменчивости, толщина льда на отмеченных маркерами участках дрейфов достигала 4 – 5 м. Динамические характеристики процессов льдообразования могут быть получены с привлечением результатов измерений траекторий дрейфтеров по данным встроенных приемников *GPS*.

Рассмотренные здесь результаты арктических экспериментов показывают, что автономные термопрофилирующие «ледовые» дрейфтеры являются эффективным инструментом исследований полярного океана. Полученные в ходе экспериментов уникальные долговременные ряды систематических оперативных данных о вертикальном распределении температуры в верхнем подледном слое океана позволяют существенно расширить и уточнить представления о процессах взаимодействия в системе «атмосфера-лед-океан».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Мотыжев С.В., Быков Е.М. Создание, испытание и внедрение дрейфующих буев, предназначенных для применения в полярных и приполярных регионах // XIV Междунар. научн.-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований МСОИ-2015» (Москва, 19-21 мая 2015 г.). – М.: АПР, 2015. – С.77-78.
2. Steele M., Rigor I. Measuring of the upper layer temperature of the Arctic Ocean / Results from the Third NSF AON Principal Investigators (PI) Meeting (Boulder, 30 November – 2 December 2009). – P.102-104.
3. Jackson J.M. et al Identification, characterization, and change of the near-surface temperature maximum in the Canada Basin, 1993 – 2008 // J. Geophys. Res.– Oceans.– 2010.– 115.
4. Steele M. et al Modeling the formation and fate of the near-surface temperature maximum in the Canadian Basin of the Arctic Ocean // J. Geophys. Res.– 2010.– 116.– C11015. doi:10.1029/2010JC006803.

Материал поступил в редакцию 12.02.2016 г.

Е.М.Быков, А.А.Безгин, Е.Г.Лунев

#### DEVELOPMENT AND PRACTICAL USAGE OF AUTONOMOUS DATA ACQUISITION PLATFORMS IN ARCTIC

The temperature-profiling drifter for polar applications is described. The unique long-term temperature and drift trajectory data set is obtained and some features of thermal structure under the ice fields near the North Pole region are analyzed.

KEYWORDS: *drifter, temperature profile, upper ocean layer, arctic observations*