

УДК 629.78

Сравнение данных о характеристиках приводного слоя атмосферы Антарктики с помощью российских перспективных метеорологических средств измерений и мониторинга

Доронин Д.О.^{1*}, Куприков Н.М.^{2**}, Иванов Б.В.^{3***}, Рабинский Л.Н.^{2****}

¹*ВНИИ «Океангеология» им. И.С. Грамберга, Английский проспект, 1, Санкт-Петербург, 190121, Россия*

²*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

³*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, ул. Беринга, 38, Санкт-Петербург, 199397, Россия*

**e-mail: doroninden@gmail.com*

***e-mail: nkuprikov@gmail.com*

****e-mail: b_ivanov@aari.ru*

*****e-mail: f9_dec@mai.ru*

Аннотация

Российская Федерация, имеющая интересы в Арктике и Антарктике, стремится к максимальной экономической эффективности при проектировании и эксплуатации инфраструктуры, учитывая инфраструктурные ограничения, распространение технологий, географию эксплуатации, то первоочередным комплексным мероприятием по повышению конкурентоспособности России в полярных регионах является обеспечение мониторинга локальных объектов окружающей среды, морских

и воздушных судов для поддержания экологического равновесия и контроля техногенного воздействия на окружающую среду.

Портативный аппаратно-программный комплекс позволяет автономно проводить метеорологический мониторинг в труднодоступных районах.

Ключевые слова: Антарктика, Южный океан, Антарктическая конвергенция, фронтальные зоны, метеорологические приборы, конкурентоспособность, модернизация, экологическая безопасность.

Российская Федерация, имеющая интересы в полярных регионах (Арктика и Антарктика), стремится к максимальной эффективности инфраструктуры при эксплуатации авиационной техники в условиях инфраструктурно-климатических ограничений, географии эксплуатации, залогом которой является обеспечение мониторинга результатов эксплуатации воздушных судов, локальных объектов инфраструктуры и окружающей среды для поддержания экологического равновесия и контроля техногенного воздействия на окружающую среду.

Наличие систем глобального позиционирования и геоинформирования авиационной техники позволяет использовать воздушные суда в водных акваториях, над ледовыми полями и над континентальными зонами Антарктики. Характеристика приводного слоя атмосферы позволяет получить информацию о состоянии атмосферы и выработать рекомендации по эксплуатации авиационной техники в определенных регионах.

Наряду с измерением температуры поверхностного слоя океана необходимо также исследовать пространственную изменчивость температуры воздуха в приземном слое атмосферы. Рядом исследователей отмечалась роль Полярной фронтальной зоны (Антарктической конвергенции) [1], как естественного рубежа между Антарктическими водами и остальной частью Мирового океана.

Развитие авиатранспортной инфраструктуры позволяет снизить эксплуатационные риски, обеспечить попутный мониторинг локальных объектов окружающей среды и организовать систему предупреждений о чрезвычайных ситуациях. Новые информационные технологии позволяют в режиме реального времени обеспечить оперативный контроль над стратегически важными рубежами акваторий, как в прибрежной зоне, так и в зоне открытого океана.

Постоянное научно-техническое развитие и совершенствование компетенций в области создания перспективных аппаратно-программных комплексов, в том числе наземных, космических [4,7,8] и беспилотных летательных аппаратов [5,7] для повышения эффективности и безопасности работ в Арктике и Антарктике происходит в условиях глобальной конкуренции на мировых рынках.

Актуальность изучения фронтальных зон определяется не только научными, но и экологическими аспектами охраны окружающей среды. Так при попадании мусора и загрязняющих веществ южнее Полярной

фронтальной зоны, то есть в особо охраняемую территорию Антарктики, происходит их накопление, и, что создает дополнительное антропогенное давление на экосистему Антарктики и Южного Океана.

Международная конвенция MARPOL 73/78 (по предотвращению загрязнения моря с судов) регулирует совместные действия необходимые для определения точной границы Антарктики и оценке воздействия на окружающую среду. Учитывая климатообразующую роль Южного океана, определение количественных характеристик горизонтальных неоднородностей вод океана, а также их проявление в атмосфере, чрезвычайно важно и для параметризации процессов энергомассообмена в численных моделях, предназначенных для оценки сценариев возможных климатических изменений в Антарктике.

В рамках научной программы 57-ой Российской антарктической экспедиции [9] учеными ФГБУ ГНЦ «Арктический и Антарктический Научно-исследовательский институт» и Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет) был проведен ряд совместных экспериментов, где в качестве современного средства измерения и регистрации метеорологических параметров Антарктике использовался портативный аппаратно-программный комплекс (АПК) локального мониторинга объектов окружающей среды «*Ikolobok*» разработанный авторами в рамках поддержки Фонда содействия развитию малых форм предпринимательства в научно-технической сфере.

Аппаратно-программный комплекс локального мониторинга объектов окружающей среды «*Ikolobok*» [3] предназначен для проведения непрерывной регистрации ряда метеорологических параметров (температура и относительная влажность воздуха, атмосферное давление) и фиксации соответствующих им точного времени и даты измерений, а также, точных координат места проведения каждого отдельного измерения при эксплуатации авиационной техники. Повышенная точность измерения координат достигается благодаря комбинированию данных полученных от спутниковых систем навигации ГЛОНАСС и GPS [2]. Основное назначение этого комплекса – проведение длительного мониторинга состояния окружающей среды в труднодоступных районах (отсутствие метеостанций) или вблизи крупных производственных, хозяйственных, транспортных и прочих инфраструктурных объектов, деятельность которых может оказывать негативные последствия на природную среду. В ходе эксперимента были протестированы датчики температуры, влажности и атмосферного давления.

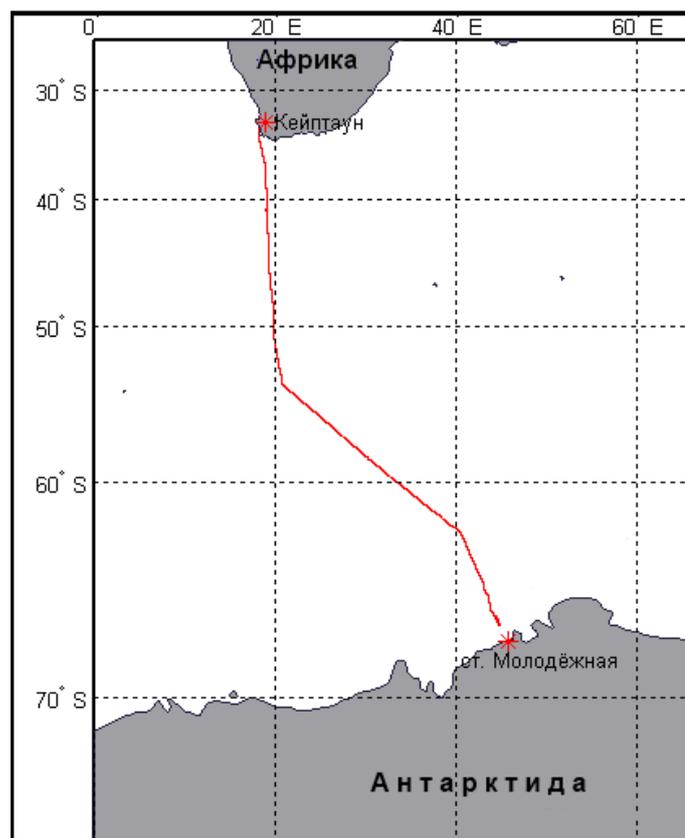


Рисунок 1. Карта части Южного океана между Африкой и Антарктидой (красной линией отмечен разрез Африка-Антарктида полученный по данным ГЛОНАСС)

Анализ влияния крупных производственных, хозяйственных, транспортных объектов инфраструктуры на полярные территории происходит в рамках Международного договора об Антарктике, подписанного 1 декабря 1959 (СССР — с 23 июня 1961), целью которого является содействие международному сотрудничеству в процессе изучения и охраны окружающей среды Антарктики. Экологические и геологические особенности Антарктического континента требуют разработки механизма мониторинга воздействия крупных инфраструктурных объектов (научно-исследовательских станций, портов, аэропортов и взлетно-посадочных полос) на природу континента. Актуальность постоянного сбора экологических и метеорологических показателей — является залогом

сохранности природы Антарктики и позволяет оперативно формировать инфраструктурные ограничения [7] для конструкторов, производителей и эксплуатантов авиационной, морской и наземной техники используемой в Антарктике. Инфраструктурные ограничения полярных регионов [5,7] формируют технологические и эксплуатационные требования к авиационной, морской и наземной техники и вынуждает разрабатывать специальные технические решения, как например ледоколы, транспортные самолеты с лыжным шасси и увеличенной дальностью полета и прочее.

Анализ результатов измерений проводился методом интеркалибрации, сравнения данных, полученных с помощью бортовой метеостанции MILOS-520, и данных полученных АПК «*Kolobok*», установленных на борту научно-экспедиционного судна «Академик Фёдоров», в период его плавания в водах Южного океана в 2011-2012 гг.

Все данные были привязаны по времени, координатам, и частоте измерения. В данной статье рассматриваются данные полученные на разрезе Африка-Антарктида (см. Рис. 1).

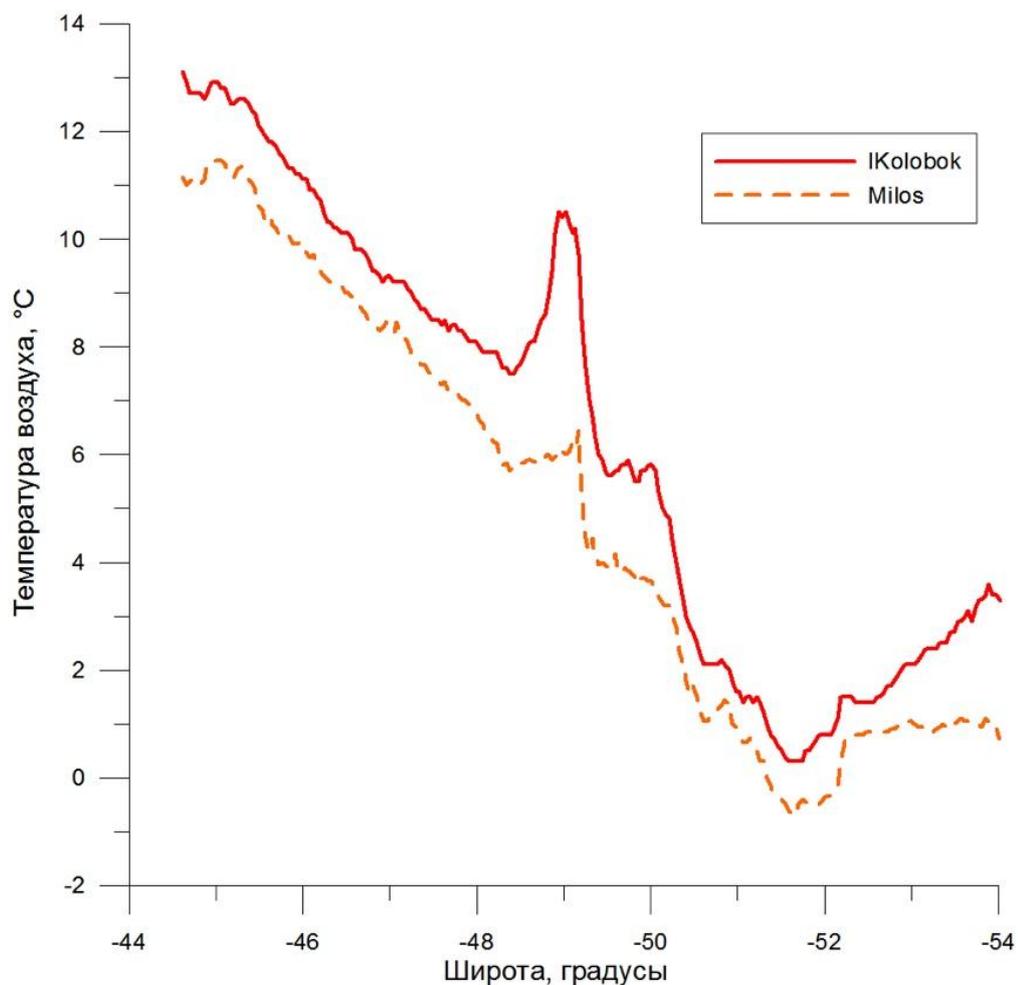


Рисунок 2. Изменчивость температуры воздуха на разрезе Африка – Антарктида согласно данным Milos и АПК «IKolobok»

Аппаратно-программный комплекс «IKolobok», в целом, регистрирует значения температуры воздуха выше, чем судовая метеорологическая станция (см. Рис. 2), и с большей амплитудой реагирует на резкие изменения температуры.

В первую очередь, с нашей точки зрения, это связано с полным отсутствием какой-либо радиационной защиты корпуса макетного образца. В условиях полярного дня в Южном полушарии это не могло не сказаться на определенном «перегреве» корпуса, а с учетом отсутствия вентиляции датчиков, к превышению значений температуры воздуха над истинными. В

тоже время, основные закономерности пространственного и временного изменения поля температуры в приводном слое атмосферы тестируемым прибором были отображены адекватно.

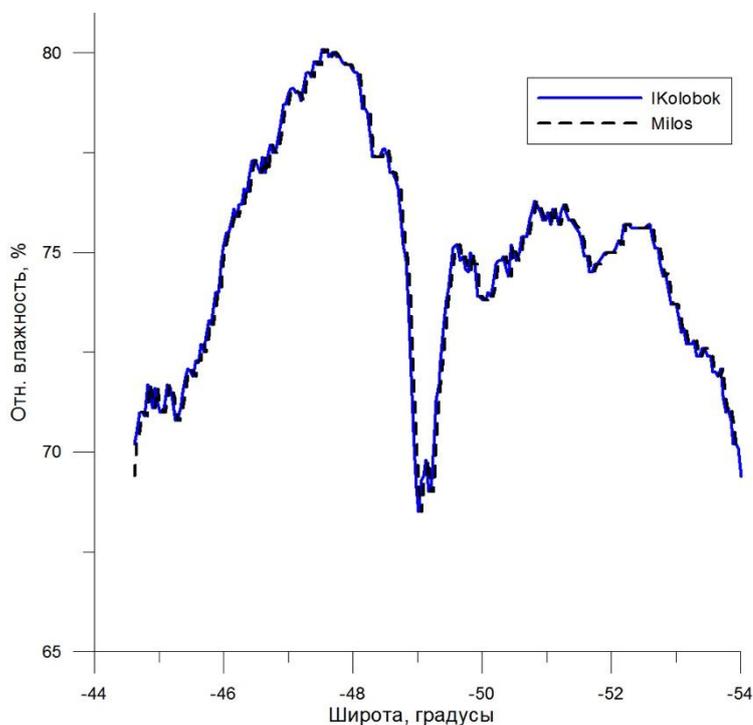


Рисунок 3. Изменчивость относительной влажности воздуха на разрезе Африка – Антарктида согласно данным Milos и «IKolobok»

Графики изменчивости относительной влажности (см. Рис. 3) продемонстрировали, практически, полную идентичность показаний обоих приборов. Разница в измерениях не выходит за пределы погрешности приборов. На Рисунке 4. представлены графики изменения атмосферного давления с широтой. Средняя разница между значениями, полученными АПК «IKolobok» и станцией Milos, равна 1,7 гПа. На всём рассматриваемом участке записи общий ход изменения атмосферного давления, зафиксированный обоими датчиками идентичен. Изменения давления,

полученные с помощью АПК «IKolobok» имеют более сглаженный вид. Расхождения в показаниях между приборами, по-видимому, обусловлены отсутствием учета поправки на приведение показаний датчика давления АПК к уровню моря.

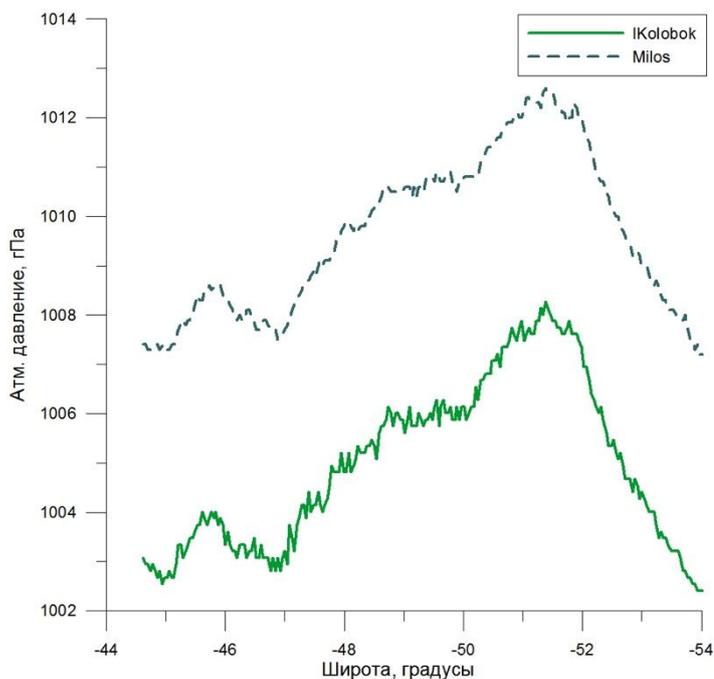


Рисунок 4. Изменчивость атмосферного давления на разрезе Африка – Антарктида согласно данным Milos и «IKolobok»

Для сравнения рядов данных наиболее показательным будет оценить статистические зависимости между ними. Основные статистические характеристики, иллюстрируют тесноту взаимосвязи показаний вышеупомянутых приборов. Коэффициенты корреляции между величинами равны 0,97 - 0,99 (см. Таблицу 1.).

Таблица 1.

Коэффициенты корреляции между метеорологическими параметрами
полученными с помощью АПК «IKolobok» и Milos

	Температура воздуха Milos	Отн. влажность Milos	Атм. давление Milos
Температура воздуха, АПК «IKolobok»	0.97		
Относительная влажность АПК «IKolobok»		0.99	
Атмосферное давление АПК «IKolobok»			0.99

Для примера рассмотрим корреляционную зависимость между данными о температуре приземного слоя атмосферы, полученными с помощью АПК «IKolobok» и с Milos (см. Рис. 5).

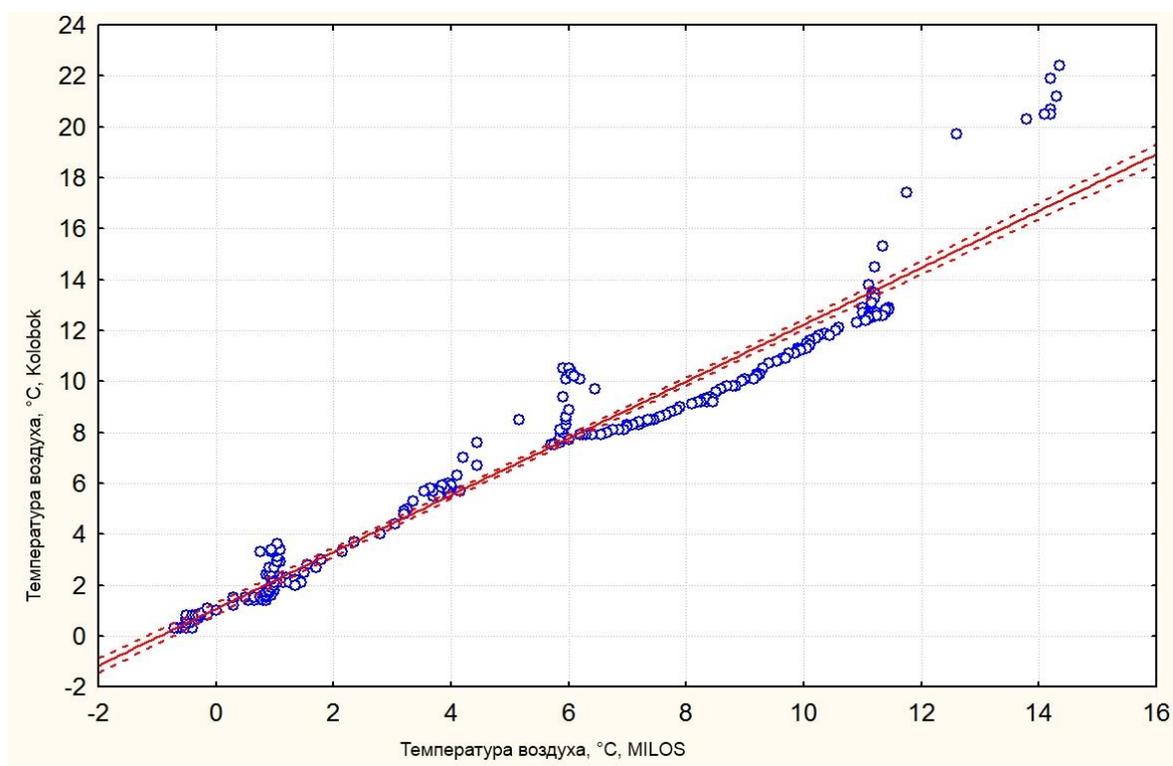


Рисунок 5. Корреляционная зависимость между данными о температуре воздуха, полученными с помощью АПК «IKolobok» и Milos

Для выборки данных о температуре воздуха коэффициент корреляции равен 0.97 (см. Таблицу 1.). На Рис. 5 представлен график корреляционной зависимости, на котором видно, что наиболее сильная корреляционная связь лежит в диапазоне низких температур, которые наблюдались, как правило, при значительной облачности. Это, в свою очередь, минимизирует влияние солнечной радиации на АПК «IKolobok». Тогда как в низких широтах, где солнечная радиация максимальна, отличия в показаниях в приборах так же велики. Это означает, что наиболее надежными измерения с помощью АПК «IKolobok» были получены именно в высоких широтах Антарктических вод.

Рассмотрим также корреляционную зависимость между данными об атмосферном давлении, полученными с аппаратно-программного комплекса «IKolobok» и с Milos (см. Рис. 6).

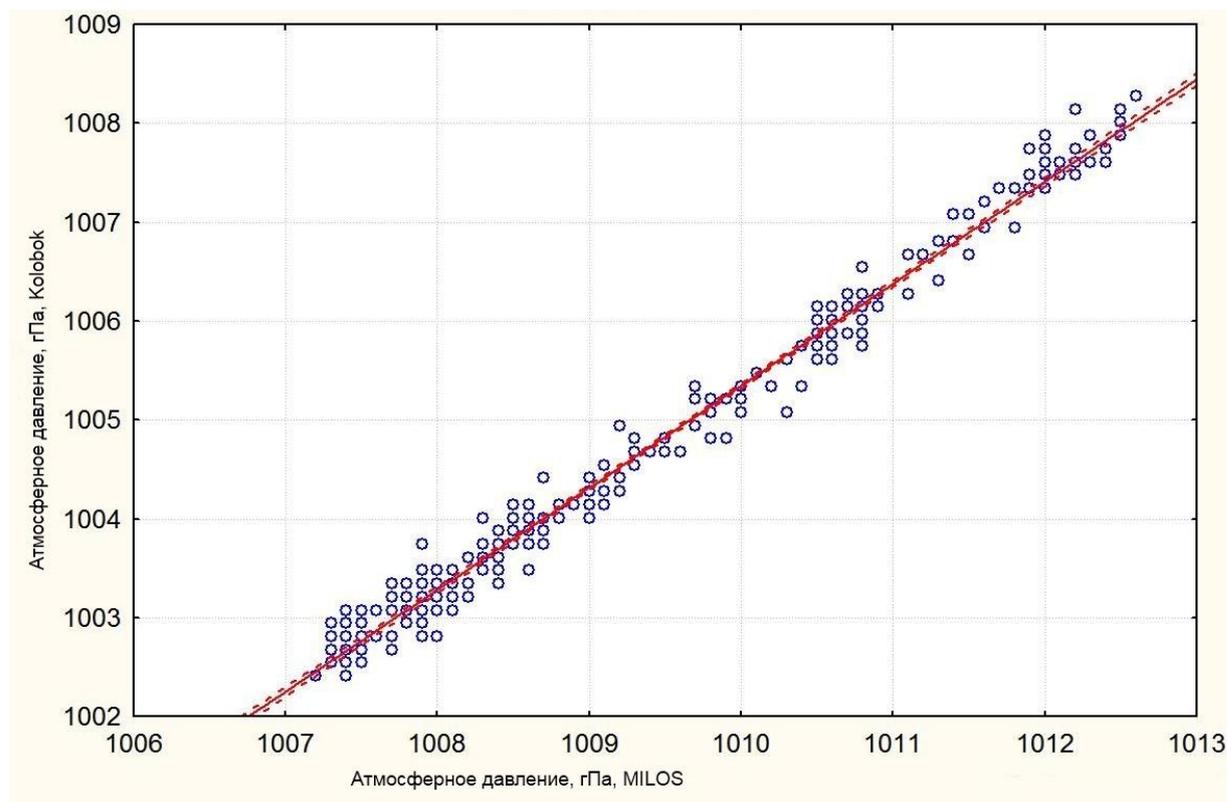


Рисунок 6. Корреляционная зависимость между данными об атмосферном давлении, полученными с помощью аппаратно-программного комплекса «IKolobok» и Milos

График корреляционной зависимости отражает высокую степень сходимости рядов. Это показывает корректность измерения атмосферного давления АПК «IKolobok».

Развитие и модернизация АПК «IKolobok», а именно установка радиационной защиты, системы вентиляции, дополнительных датчиков, параллельно с использованием спутниковых данных о температуре поверхности моря даёт возможность проводить полноценный и качественный мониторинг состояния вод Южного океана в режиме реального времени.

Универсальность, компактность и невысокая стоимость комплекса позволяет проводить мониторинговые исследования в любом

труднодоступном для регулярных (стандартных гидрометеорологических) наблюдений в районе.

Испытание на борту экспедиционного судна приборного комплекса в суровых антарктических условиях выявило его преимущества и некоторые конструктивные недостатки, которые планируется исправить в ходе подготовки к участию в очередной Российской антарктической экспедиции.

Проведение подобных тестовых испытаний в ходе полярных экспедиций и изучения интеркалибрации полученных данных локального мониторинга окружающей среды в Антарктике и Арктике будет продолжено в ходе сотрудничества научных коллективов ГНЦ «ААНИИ» и МАИ (НИУ).

Работа выполнена при государственной поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-4049.2014.8) и стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (СП-1895.2015.1).

Библиографический список

1. Буйницкий В.Х. Морские льды и айсберги Антарктики. - Л.: Изд-во Ленинградского Университета, 1973. – 344 с.

2. Федоров К.Н. Физическая природа и структура океанических фронтов. - Л.: Гидрометеоздат, 1983. - 250с.
3. g
4. Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей / Под редакцией В.Г.Смирнова. – С-Пб: ААНИИ, 2011. - 553с.
5. Куприков Н.М. Учет требований эксплуатации в Арктике на облик летательного аппарата как основа повышения конкурентоспособности на мировом рынке // Журнал Академии Военных Наук. 2012. №3(40). С.120-123.
6. Куприков Н.М., Журавский Д.М, Малыгин Д.В., Иванов Б.В., Павлов А.К., Макаренко А.В., Салахов И.Р. Перспективные космические аппаратно-программные комплексы для повышения конкурентоспособности крупных инфраструктурных проектов в Арктическом регионе и на Дальнем Востоке // Вестник «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева». 2014. №3. С. 120-134.
7. Куприков Н.М., Долгов О.С., Кутахов В.П. Организационно-экономические механизмы управления развитием системы эксплуатации региональных самолетов в Арктическом регионе Российской Федерации // Журнал Академии Военных Наук. 2014. №4. С. 99-113.