

УДК 061.63:551.579(09)

Поступила 4 марта 2015 г.

Памяти одного из основателей ГМО Тикси  
А.И. Решетникова

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ТИКСИ**  
(К ПЯТИЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ)

*д-р физ.-мат. наук А.П. МАКШТАС<sup>1</sup>, рук. группы Т. УТТАЛ<sup>2</sup>,  
рук. группы Т. ЛАУРИЛА<sup>3</sup>, канд. физ.-мат. наук Н.А. ПАРАМОНОВА<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> — ГИЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: mir@aari.ru

<sup>2</sup> — Лаборатория исследований системы Земли, НОАА, Боулдер, США, e-mail: taneil.uttal@noaa.gov

<sup>3</sup> — Финский метеорологический институт, г. Хельсинки, e-mail: Tuomas.Laurila@fmi.fi

<sup>4</sup> — Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, e-mail: nina-paramonova@gmail.ru

Представлена история развития гидрометеорологических наблюдений в Тикси, создания в 2007 – 2010 гг. современной Гидрометеорологической обсерватории и обзор основных результатов выполняемых в настоящее время в рамках программы Международных метеорологических наблюдений.

*Ключевые слова:* метеорологические наблюдения, климат, парниковые газы, международная обсерватория, Тикси.

В 1739 г. во время Великой Северной экспедиции была нанесена на карту расположенная к югу от полуострова Быковского бухта, названная Д. Лаптевым губой Горелой. В XIX в. губа Горелая была переименована в бухту Тикси. В якутском языке слово «тикси» имеет несколько значений: стоянка, пристань, отмель. Но есть еще одно значение этого слова — «встреча». Именно здесь терпящие бедствие первопроходцы Севера встречали приют и гостеприимство местных жителей, что и послужило основанием для переименования.

В конце 1920-х гг. Правительством СССР была сформулирована задача всестороннего освоения Арктики. В этой связи на заседании Полярной конференции, состоявшейся в Ленинграде в 1928 г., по предложению В.Ю. Визе было принято решение об участии в проведении в 1932–1933 гг. Второго Международного полярного года, в том числе путем создания на побережье и островах Северного Ледовитого океана сети полярных метеорологических и геофизических станций. Во исполнение решений этой и последующих конференций Всесоюзным арктическим институтом (ныне ААНИИ) и Якутской геофизической обсерваторией летом 1932 г. была организована Нижне-Ленская экспедиция. Одной из основных задач экспедиции было строительство гидрометеорологической станции в бухте Тикси. Пятого августа 1932 г. пароход «Лена» под командованием первого якутского полярного капитана А.Д. Богатырева подошел к заливу Сого, расположенному в южной части бухты Тикси, с первой сменой полярников и необходимыми для организации станции строительными материалами, оборудованием и продуктами. Работы по строительству станции велись чрезвычайно быстро, уже 12 августа в эфир была передана первая радиограмма со сводкой погоды.

Помимо чисто метеорологических наблюдений в задачи сотрудников станции «Полярка» входили наблюдения за уровнем моря и температурой воды в заливах, толщиной снега и льда, составляющими радиационного баланса и за полярными сияниями. Сотрудники станции проводили многочисленные геологические обследования окрестностей. Именно ими были детально разведаны залежи бурого угля на берегу речки Сого. Они проводили также геодезическую, топографическую и геомагнитную съемки местности. За год зимовки было описано более 350 км побережья губы Буор-Хая.

В 1936 г. на базе станции «Полярка» создается, как филиал Всесоюзного арктического института, Арктическая научно-исследовательская обсерватория (АНИО) с отделами метеорологии, аэрологии, гидрологии и бюро погоды. Одновременно вблизи «Полярки» были организованы магнитная, ионосферная и мерзлотная лаборатории Якутской геофизической обсерватории Академии наук СССР. Для более оперативного сбора и распространения гидрометеорологической информации на базе Тиксинской радиостанции в 1957 г. создается Тиксинский районный радиометцентр (РМЦ): центр сбора информации 30 полярных станций Северной Якутии. В 1964 г. объединенные РМЦ и АНИО получают статус Гидрометеорологической обсерватории (ГМО). В этом же году в Тикси проходит Вторая научная конференция арктических обсерваторий. В работе конференции принимали участие ученые ААНИИ, Центрального института прогнозов, Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, ведущие специалисты и руководители других арктических РМЦ и Арктических обсерваторий (м. Шмидта, Певек и Диксон). В 1967 г. при ГМО была организована Лаборатория гидрохимии и гидробиологии, которая в последующие годы расширяется и переименовывается в Комплексную лабораторию мониторинга окружающей среды.

Особенно плодотворным для ГМО был период 1960–1980-х гг. Сотрудники обсерватории участвовали в работе многочисленных гидрологических, океанологических и гидрографических экспедиций, в метеорологическом обслуживании Северного морского пути, воздушных высокоширотных экспедиций «Север» и полетов самолетов, обеспечивавших дрейфующие станции «Северный полюс». В этот период в ГМО работало много молодых ученых, ставших впоследствии известными полярными исследователями: член-корреспондент РАН А.Н. Чилингаров; член-корреспондент АН Украины Н.П. Булгаков; доктора наук Г.В. Алексеев, В.Ф. Захаров, Э.И. Саруханян, Л.А. Тимохов и более 30 кандидатов наук.

Новый импульс к расширению комплексных гидрометеорологических наблюдений в Тикси был задан в период подготовки Третьего Международного полярного года. В 2004–2006 гг. в научных организациях Росгидромета (ААНИИ, ГГО, НПО «Тайфун») при участии Полярного фонда были подготовлены предложения по участию в Международном полярном годе (МПГ) под условным названием «Создание атмосферной обсерватории климатического мониторинга в Тикси». Впоследствии предложенный проект был интегрирован в Кластер МПГ № 196 «International Arctic Systems for Observing the Atmosphere» (Международная система наблюдений атмосферы в Арктике). В 2006 г. решение о создании в Тикси современной атмосферной обсерватории было принято на Первом официальном совещании делегаций Национальной океанической и атмосферной администрации (НОАА) Министерства торговли США и Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромет), состоявшемся в Москве 27 февраля – 3 марта 2006 г. в рамках Меморандума по сотрудничеству в области метеорологии, гидрологии

и океанографии (Проект № 4.1. «Создание современной гидрометеорологической станции и Гидрометеорологической обсерватории в Тикси, Россия»). Ход реализации проекта по созданию Гидрометеорологической обсерватории в Тикси был рассмотрен и одобрен на Втором и Третьем официальных совещаниях делегаций НОАА и Росгидромета, состоявшихся в 2008 и 2010 гг.

Согласно резолюциям, содержащимся в Протоколах совещаний, главными целями проекта были определены:

- создание Гидрометеорологической исследовательской обсерватории, оснащенной современными средствами наблюдений и связи, системой энергоснабжения, лабораторными и офисными помещениями, на которой будет проводиться сбор качественных данных о составе атмосферы и атмосферных процессах, а также о сопутствующих параметрах океана и суши для целей изучения погоды и климата;

- интегрирование данных наблюдений и измерений, проводимых в обсерватории, в международные наблюдательские сети: Global Atmosphere Watch (Глобальная служба атмосферы, ГСА), Baseline Surface Radiation Network (Базовая сеть наземных радиационных наблюдений, БСРН), Climate Reference Network (Базовая климатическая сеть, БКС), Global Terrestrial Network for Permafrost (Глобальная сеть наблюдений за вечной мерзлотой) и Micropulse Lidar Network (Сеть лидарных наблюдений за облачностью и аэрозолями).

В резолюциях подчеркивалось, что обсерватория в Тикси должна стать важным компонентом сети действующих арктических атмосферных обсерваторий, включающей обсерватории в Барроу (Аляска, США), Еурика и Алерт (Канада), Саммит (Гренландия), Нью-Олесунн (Норвегия), Паллас и Солданкула (Финляндия), Абиско (Швеция). Совместная работа перечисленных обсерваторий обеспечит циркумполярный мониторинг атмосферных процессов в высоких широтах.

Кратко основные этапы создания Гидрометеорологической обсерватории Тикси можно охарактеризовать следующим образом.

2004 г. — первое обсуждение возможности создания атмосферной обсерватории в Тикси.

2005 г. — первый визит ученых Росгидромета, Полярного фонда, НОАА и ФМИ в Тикси.

2006 г. — подготовлены предложения по участию в Международном полярном годе (МПГ) в рамках проекта «Создание Атмосферной обсерватории климатического мониторинга в Тикси». На Первом официальном совещании делегаций НОАА и Росгидромета, состоявшемся в Москве 27 февраля – 3 марта 2006 г. в рамках Меморандума по сотрудничеству в области метеорологии, гидрологии и океанографии принято окончательное решение о создании в Тикси современной Гидрометеорологической обсерватории. В ноябре 2006 г. А.Н. Чилингаров торжественно открыл главное здание обсерватории, построенное Полярным фондом (рис. 1).

2007 г. — в НОАА проведено обсуждение конкретных планов создания Гидрометеорологической обсерватории; состоялся второй визит ученых Росгидромета, Полярного фонда, НОАА и ФМИ в Тикси.

2008 г. — ход реализации проекта по созданию Гидрометеорологической обсерватории в Тикси рассмотрен и одобрен на Втором официальном совещании делегаций НОАА и Росгидромета, состоявшемся в г. Силвер-Спринг, США.

2009 г. — начаты регулярные наблюдения за атмосферой в главном здании обсерватории (сентябрь).



Рис. 1. Основные составляющие инфраструктуры ГМО Тикси:  
 1 — главное здание ГМО Тикси, 2 — павильон чистого воздуха,  
 3 — 20-метровая башня для измерения потоков тепла и парниковых газов.

2010 г. — возведена уникальная двадцатиметровая башня для проведения исследований процессов энерго- и массообмена в приземном слое атмосферы (рис. 1), установлены основные компоненты измерительных систем по программам БСРН, ГСА, КБС (НОАА, ААНИИ, ГГО); выполнены циклы наблюдений за потоками углекислого газа и метана на границе подстилающая поверхность — атмосфера (ФМИ, ГГО, ААНИИ); влагозапасом атмосферы и жидкокапельной влаги в воздухе и напряженностью электромагнитного поля в приземном слое атмосферы (ГГО); характеристиками аэрозоля в приземном слое и во всей толщ атмосферы (Институт оптики атмосферы СО РАН); ход реализации проекта рассмотрен и одобрен на Третьем официальном совещании делегаций НОАА и Росгидромета, состоявшемся в Санкт-Петербурге; двадцать третьего августа 2010 г. ГМО Тикси посетил премьер-министр РФ В.В. Путин; двадцать пятого августа 2010 г. в присутствии официальных представителей ВМО, Росгидромета, НОАА, ННФ США и ФМИ состоялось официальное открытие атмосферных наблюдений в ГМО Тикси.

2011 г. — Полярным фондом закончено строительство павильона чистого воздуха и проведены подготовительные работы по обеспечению измерений на окружающей его территории; на средства Правительства Республики Саха (Якутия) выполнена реконструкция системы электроснабжения Гидрометеорологической обсерватории и осуществлен ремонт дороги поселок Тикси — павильон чистого воздуха — главное здание обсерватории; сотрудниками ААНИИ организованы система передачи данных из Тикси в Санкт-Петербург по спутниковому каналу и Центр приема, обработки и передачи данных участникам ГМО Тикси; сотрудниками НОАА и ААНИИ закончено развертывание комплексов аппаратуры по программам БСРН, БКС и международной сети по наблюдениям аэрозольной составляющей атмосферы АЭРОНЕТ; сотрудниками НОАА организованы измерения концентрации приземного озона и сажевого

аэрозоля; сотрудниками ФМИ и ГГО начаты регулярные измерения характеристик процессов энерго- и массообмена в приземном слое атмосферы и концентрации парниковых газов и аэрозолей; сотрудниками НПО «Тайфун» развернута аппаратура и начаты регулярные отборы проб на СО<sub>2</sub>; сотрудниками ГГО и НОАА организован отбор проб воздуха для анализа газового состава атмосферы; сотрудниками ААНИИ организованы регулярные наблюдения за температурным режимом деятельного слоя почвы, приходящей и рассеянной коротковолновой радиацией; сотрудниками ИФА РАН, ААНИИ и НОАА начаты регулярные исследования турбулентности в приземном слое атмосферы на башне; в ААНИИ созданы регулярно пополняемые архивы данных стандартных метеорологических и аэрологических наблюдений, проводимых в Тикси с 1932 г. (архивы размещены на сайте ААНИИ <http://www.aari.nw.ru>).

Начиная с 2011 г. в ГМО Тикси проводятся комплексные регулярные исследования атмосферы, ледяного покрова и вечной мерзлоты. Результаты наблюдений регулярно размещаются на сайте Международной сети полярных обсерваторий <http://www.iasoa.org>.

В сентябре 2012 г. в ААНИИ состоялась встреча основных участников проекта ГМО Тикси из организаций Росгидромета, НОАА и ФМИ (Uttal et al, 2013). На совещании были подведены итоги первого года работы ГМО. В представленных докладах были рассмотрены особенности многолетней и сезонной изменчивости основных характеристик атмосферы и подстилающей поверхности, включая припайные льды. В частности, анализ созданных архивов данных метеорологических и ледовых наблюдений показал лишь небольшой положительный тренд температуры воздуха и практическое отсутствие значимого тренда максимальной толщины припайных льдов (Макштас и др., 2011). В то же время анализ архива метеорологических данных 22 метеостанций Северной Якутии за 1976–2010 гг. позволил оценить, насколько репрезентативны данные ГМО Тикси для анализа климатической изменчивости всего региона (Иванов, Макштас, 2012). Было показано, что по температуре воздуха и атмосферному давлению данные измерений в Тикси при месячном осреднении хорошо коррелируют лишь с данными станций, расположенных к западу от Верхоянского хребта. Выполненная по данным того же архива оценка суровости климата по данным станций Северной Якутии показала, что климат района обсерватории является одним из наиболее суровых вследствие неблагоприятного сочетания низких температур воздуха и большой скорости ветра (Иванов, Макштас, 2014).

Другими интересными результатами, полученными по данным ГМО Тикси и представленными на совещании, были: наличие периода полного разрушения приземного озона весной, наблюдаемого также в ГМО Барроу, Аляска, однако с выраженным сдвигом по времени; отсутствие сколь-либо значимого увеличения концентрации метана по сравнению с данными наблюдений на других обсерваториях (Решетников, Ивахов, 2012), несмотря на то, что ГМО Тикси расположена на берегу моря Лаптевых, в районе, где по данным работы (Шахова и др., 2008) его содержание в воде максимально; годовой цикл исследований загрязнений приземного слоя атмосферы показал, что в районе Тикси сравнительно высокие уровни стойких органических загрязнителей (ДЦТ); потоки парниковых газов в приземной атмосфере, как и ожидалось, были минимальны в зимний период, когда снег препятствует газообмену подстилающей поверхности с атмосферой, но в летний период они значительны и имеют четко выраженный суточный ход с преимущественным поглощением подсти-

лающей поверхностью углекислого газа; характеристики аэрозолей в приземном слое атмосферы имеют четко выраженные сезонные циклы, обусловленные различным преимущественным направлением переноса (с суши или моря), а также вследствие наличия локальных источников (расположенный в 6 км поселок Тикси), вероятно особенно существенных в зимний период при устойчивой стратификации атмосферы.

В 2013–2014 гг. ГМО Тикси работала по всем упомянутым выше программам, за исключением наблюдений за загрязнениями приземного слоя атмосферы, приостановленных вследствие отсутствия финансирования. При этом расширился круг научных программ и участников. В сентябре 2014 г. учеными Университета Трира (Германия) и ААНИИ на территории ГМО Тикси был развернут комплекс аппаратуры, включающий сцинтилломметр BLS 900 (Scintec), позволяющий оценить средний турбулентный поток явного тепла на горизонтальных трассах протяженностью до 1,5 км, и акустический содар с антенной Scintec MFAS, предназначенный для получения каждые 5 мин профилей температуры воздуха до высоты 500 м, скорости и направления ветра до высоты 1 км. Развернутый комплекс позволяет получать информацию о состоянии приземного и пограничного слоев атмосферы, а также исследовать процессы турбулентного энергообмена атмосферы с подстилающей поверхностью. Обработка и анализ массивов данных, полученных с помощью сцинтилломметра и содара, позволяют усовершенствовать параметризации процессов в моделях энерго- и массообмена подстилающей поверхности и атмосферы. Для валидации результатов измерений планируется использовать данные профильных измерений на градиентной башне и данные аэрологических зондирований.

В период с 21 сентября по 2 октября и с 20 по 27 ноября 2014 г. проводимые в ГМО Тикси метеорологические измерения, измерения парниковых газов, концентрации и размеров аэрозоля и массовой концентрации сажевого аэрозоля (BC) были дополнены, в рамках сотрудничества НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ и ААНИИ, отбором проб аэрозоля для его последующего всестороннего анализа методами аналитической химии, микроскопии и спектроскопии. Полученные данные о физико-химических и оптических свойствах аэрозолей, кроме самостоятельного научного значения, будут использованы для всесторонней калибровки аэталометра АЕ-31, установленного в ГМО Тикси в 2010 г. Это позволит впервые применить алгоритм определения эквивалентного BC, разрабатываемый в настоящее время в Международной сети ASTRIS, к данным, получаемым в ГМО Тикси. Последнее необходимо для проведения сравнительного анализа сезонной и межгодовой изменчивости характеристик хорошо поглощающего полярного аэрозоля между всеми арктическими станциями и для включения данных длительного мониторинга аэрозолей в ГМО Тикси в глобальную модель транспорта и осаждения сажевого аэрозоля.

Сотрудниками ГГО, НОАА и ФМИ продолжены непрерывные измерения и регулярный отбор проб воздуха во флаги для определения концентрации парниковых газов. Получен ряд данных о концентрации  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в пробах воздуха с февраля 2011 г. по ноябрь 2014 г. На его основе проведена обработка и коррекция результатов непрерывных измерений установленным в июле 2013 г. газоанализатором G2310 фирмы Picarro. Кроме этого, данные по концентрации метана, полученные лазерным газоанализатором DLT-100 фирмы Los Gatos Research (LGR) в период с 2011 г. по июль 2013 г., скорректированы на дрейф шкалы прибора. После проведенной коррекции сформированы ряды среднечасовых значений концентрации метана за 2011–2014 гг. и концентрации  $\text{CO}_2$  с июля 2013 г. по ноябрь 2014 г. Сравнение сезонного хода

концентраций показал, что в 2014 г. наблюдался рост концентрации как  $\text{CO}_2$ , так и  $\text{CH}_4$ , составивший  $1,9 \text{ млн}^{-1}$  и  $19 \text{ млрд}^{-1}$  соответственно. При этом концентрация  $\text{CO}_2$  возрастает в зимние месяцы, а  $\text{CH}_4$  летом.

Продолжены опытные измерения параметров атмосферного электричества (напряженности электрического поля атмосферы и электрической проводимости воздуха). Сформирован электронный архив данных наблюдений. Судя по предварительным результатам, полученные данные не противоречат физическим представлениям. Полученный на ГМО Тикси суточный ход  $E$  проявляется в виде простой волны (унитарная вариация) с максимумом после 18 часов GMT.

Выполнен комплекс исследований на припайных льдах района ГМО Тикси. Проанализированы данные наблюдений, проведенных весной 2011 г., когда был зафиксирован феномен экстремального таяния припайных льдов, и данные прямых измерений температуры и солености воды в бухте Тикси (губа Буор-Хая, шельф моря Лаптевых), выполненных в конце зимы 2012 г. Данные наблюдений дополнены результатами расчетов с помощью усовершенствованной термодинамической модели припайных льдов (Макштас и др., 2012).

Разработана стационарная математическая модель для расчета термической структуры деятельного слоя грунта в районе ГМО Тикси. Выполнена предварительная параметризация теплофизических свойств ландшафтных характеристик. С помощью разработанной модели рассчитаны глубины сезонного протаивания песчано-гравийных и глинистых грунтов за последние 75 лет. Проведено сравнение полученных результатов с имеющимися оценками и данными расчетов по эмпирической зависимости.

Продолжен анализ межгодовой изменчивости климата свободной атмосферы по данным радиозондирований, выполненных на сети аэрологических станций, входящих в Международную сеть полярных обсерваторий. Также выполнен анализ межгодовой изменчивости характеристик приземного слоя атмосферы на тех же станциях. В дальнейшем, кроме детального анализа, они будут дополнены данными радиационного баланса подстилающей поверхности и данными о самой поверхности, состояние которой определяет метеорологические условия в приземном слое атмосферы и определяется ими.

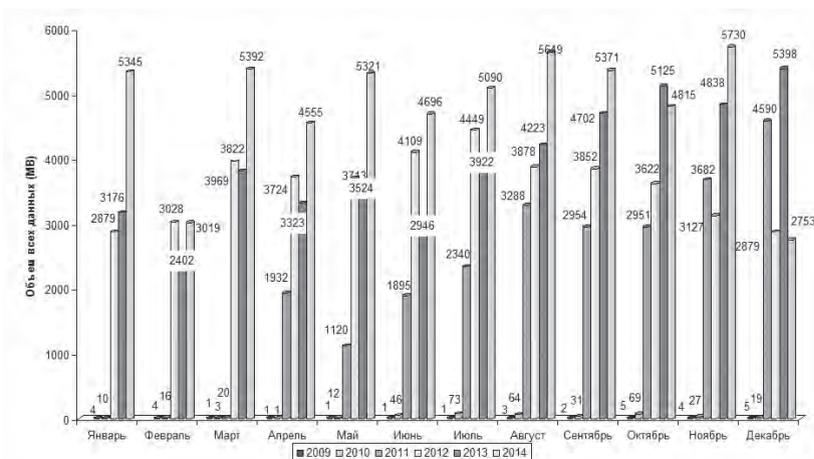


Рис. 2. Динамика поступления данных за период работы ГМО Тикси (2009–2014 гг.).

В связи с расширением круга задач и числа измеряемых параметров существенно возрос объем информации, передаваемой по спутниковому каналу в Центр данных Тикси (рис. 2). За последние два года, вследствие установки новых измерительных систем и совершенствования системы приема и передачи данных, объем получаемой и передаваемой участникам проекта ГМО Тикси информации достиг 5,5 Гб в месяц.

В целом, несмотря на ряд трудностей организационного и кадрового характера, продолжается поступательное развитие ГМО Тикси. В настоящее время она включена в международные программы наблюдений ГСА (региональная станция), БСРН, АЭРОНЕТ и БКС. Предполагается расширение ее функций в качестве глобальной станции ГСА, станции Глобальной службы криосферы (CryoNET), станции программ Циркумпольярного мониторинга деятельного слоя (CALM), Арктического мониторинга атмосферных загрязнений (АМАР) и Год полярного прогноза (YOPP). В ее работе выражают желание принять участие японские и корейские исследователи.

Подводя итоги, можно утверждать, что современная Гидрометеорологическая обсерватория Тикси, программа которой была разработана на основе фундаментальных принципов наблюдений и совместного использования данных Всемирной метеорологической организации, является достойным преемником ГМО Тикси советского периода и отвечает современным требованиям арктических наблюдений XXI века.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Иванов Н.Е., Макитас А.П.* Многолетняя изменчивость характеристик климата Северной Якутии // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. № 4 (94). С. 5–22.

*Иванов Н.Е., Макитас А.П.* Оценка влияния климата на социально-экономическую деятельность в Северной Якутии // Проблемы Арктики и Антарктики. 2014. № 2 (100). С. 57–74.

*Макитас А.П., Богородский П.В., Кустов В.Ю.* Быстрое таяние припайного льда в заливе Сого (бухта Тикси) весной 2011 г. // Проблемы Арктики и Антарктики, 2012. № 1 (91). С. 37–47.

*Макитас А.П., Большакова И.И., Гунн Р.М., Жукова О.Л., Иванов Н.Е., Шутлин С.В.* Климат района Гидрометеорологической обсерватории Тикси // Метеорологические и геофизические исследования. М.: Paulsen, 2011. С. 49–74.

*Решетников А.И., Ивахов В.М.* Результаты непрерывных наблюдений за концентрацией метана на станции Тикси (сравнение с данными наблюдений на шельфе моря Лаптевых) // Труды ГГО. 2012. Т. 566. С. 257–269.

*Шахова Н.Е., Семилетов И.П., В.И. Сергиенко, Салюк А.Н., Бельчева И.И., Космач Д.А.* Состояние вопроса о роли Восточно-Сибирского шельфа в современном цикле метана // Изменение окружающей среды и климата. Природные катастрофы. М.: Пробел, 2008. С. 164–176.

*Uttal T., Makshtas A., Laurila T.* The Tiksi International Hydrometeorological Observatory — an Arctic members Partnership // Bulletin (The Journal of the World Meteorological Organization). 2013. Vol. 62 (1). P. 22–26.

*A.P. MAKSHTRAS, T. UTTAL, T. LAURILA, N.A. PARAMONOVA*  
**TIKSI HYDROMETEOROLOGICAL OBSERVATORY**  
**(THE FIFTH ANNIVERSARY OF THE OPENING)**

The history of hydrometeorological observations in Tiksi from 1932 to organized in 2007–2010 modern Hydrometeorological Observatory and review of the main results, obtained in framework of the international meteorological observations are presented.

*Keywords:* meteorological observations, climate, greenhouse gases, international observatory.