

Бюллетень

“Логгеры iButton”

№11 (июль-сентябрь 2007 года)



Применение регистраторов iButton для мониторинга окружающей среды

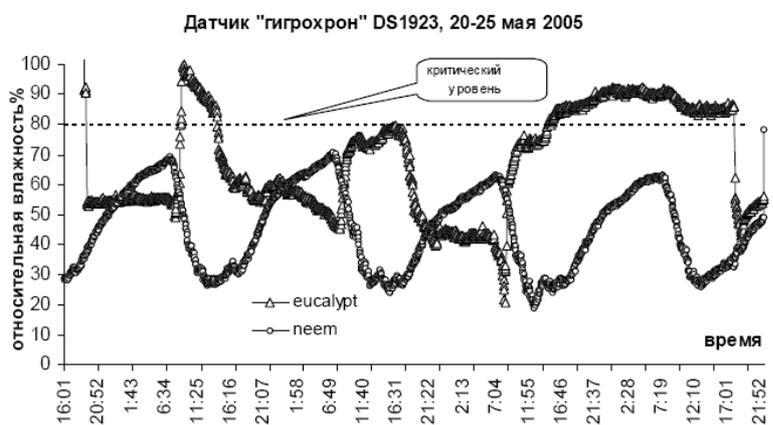
- 11.1  Регистраторы iButton являются идеальным инструментом, посредством которого множество исследователей, ученых-естествоиспытателей, экологов по всему миру реализуют мониторинг температуры и относительной влажности в самых различных приложениях, связанных с теми или иными аспектами изучения и контроля природной среды. Среди наиболее популярных направлений таких исследований особо выделяются: изучение климата, мониторинг почвы, водоёмов, снежного покрова, метеорология, спелеология, исследование морских и океанских течений и глубин, гейзеров, термальных источников, ледников, а также различные лесотехнические и ботанические изыскания. Особо следует выделить экологические приложения, в которых могут быть полезны регистраторы iButton. Они связаны с вопросами выделения тепла крупными энергетическими объектами, мониторингом изменения климата в районе расположения различных техногенных конструкций и сооружений, фиксацией воздействий на внешнюю среду и человека проходящих испытание образцов новой техники, набор статистического материала о последствиях техногенных и природных катастроф с целью прогнозирования их последствий для человека и окружающей среды, и т.п.



Основным преимуществом использования устройств ТЕРМОХРОН для изучения окружающей среды являются их малый вес, небольшие размеры, полная биологическая и химическая инертность, а также высокие защитные свойства этих регистраторов. Однако часто именно при исследованиях окружающей среды этих защитных свойств недостаточно. Например, при работе на больших глубинах, при высокой вероятности ударных воздействий, при возможной деформации корпуса логгеров, при попадании в воду на несколько дней, с высокой вероятностью перепадов её температуры в широком диапазоне. В таких случаях используемые для мониторинга температуры “таблетки”-логгеры обязательно требуют дополнительной защиты. Поэтому вопросы о методах защиты регистраторов iButton от критических для них внешних воздействий является тесно связанным с любыми приложениями этих уникальных приборов по мониторингу параметров окружающей среды.



- 11.2 В «**Экологическом вестнике Северного Кавказа**», 2006, Т.2, № 1, 5-16 с. опубликована весьма значимая статья ученых факультета почвоведения Института экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова под названием «**Новые инструментальные методы и портативные электронные средства контроля экологического состояния почв и сопредельных сред**» (http://instecology.ru/pdf/ecv/eco_vest_3_1.pdf). Этот материал является изложением доклада, сделанного авторами на научной конференции НИИ экологии Кубанского госагроуниверситета (Биостанция «Криница») 19 июня 2006 г. В нем подробно проанализированы особенности использования современных электронно-технических средств для экологической оценки состояния окружающей среды, позволяющих оперативно и эффективно анализировать реальную ситуацию условий функционирования отдельных экологических систем. А также обсуждаются особенности использования электронных средств для мониторинга температуры атмосферы, воды, почвы и почвенного воздуха с применением различных электронных датчиков. Около 70% процентов содержания статьи посвящено особенностям применения устройств ТЕРМОХРОН и ГИГРОХРОН при исследовании почвы. Приводя множество результатов конкретных исследований, авторы делают вывод, что «... с помощью таких датчиков возможно проведение мониторинга температуры и относительной влажности воздуха объектов окружающей среды с высокой точностью и оперативностью при небольшой стоимости оборудования». Более того «...оказалось возможным использовать датчики «термохрон» и «гигрохрон» для лабораторного анализа потенциала почвенной влаги



и температуропроводности, а также дисперсности (удельной поверхности) почв». При этом на понятном почвоведом профессиональном языке описаны конструкции приспособлений для измерения влажности почвы с использованием ГИГРОХРОНов, закрепленных в небольших бюксах, а также изложены методики, правила расчетов и техника проводимых экспериментов. Особенно важным представляется четкое определение авторами границ возможности использования устройств ГИГРОХРОН для контроля полевой влажности почв и грунтов.

Несомненно, появление этой статьи, явившейся первой отечественной научной публикацией по теме применения регистраторов iButton для почвоведческих исследований, будет способствовать еще большему расширению в России, уже и так весьма обширной и в настоящее время практики применения устройств ТЕРМОХРОН и ГИГРОХРОН для целей контроля состояния почв.

11.3



В истории полярной науки впервые Международный полярный год проводился еще в 1882...1883 годах. В ходе проведения нового четвертого Международного полярного года в 2007...2008 гг. ученые различных стран выполняют скоординированные научные исследования в рамках национальных и международных программ. Они включают, в том числе, мероприятия по совершенствованию существующей наблюдательной сети за состоянием арктических и антарктических областей, а также мероприятия по развитию систем мониторинга загрязнения окружающей среды. В частности осуществляются синхронные измерения различных характеристик природной среды полярных регионов. Ученые различных организаций из 60 стран мира участвуют в этих исследованиях, включая специалистов NASA (<http://www.nasa.gov/home/index.html>) и многих других американских агентств.



Причем Американское национальное аэрокосмическое агентство в рамках проекта **NASA and International Polar Year in Norway** (http://www.nasa.gov/mission_pages/IPY/main/index.html) продолжает собственную специальную программу «**NASA: History of Winter**». В ходе реализации этого проекта активно используются наработки агентства, связанные с использованием регистраторов ТЕРМОХРОН для целей изучения окружающей среды. Эта технология позиционируется NASA, как дешевая температурная система мониторинга для экологических приложений (подробнее см. http://education.gsfc.nasa.gov/how/pdf/thermochron/thermo_hubbart.pdf). К примеру, ещё зимой 2004 года технология ТЕРМОХРОН была с успехом применена исследователями NASA для тщательного всестороннего мониторинга климата (подробнее см. http://education.gsfc.nasa.gov/how/pdf/thermochron/Lunsford_tq_casestudy.pdf).



Программа **NASA: History of Winter** (<http://education.gsfc.nasa.gov/how>) 2007-2008 годов трансформировалась в направление **Global Snowflake Network (GSN)**, базирующееся на проекте **SNOWFLAKE DATA COLLECTION**. В ходе реализации этого проекта во



всех зонах земли, где, так или иначе, выпадает снег, организованы команды наблюдателей, которые в соответствии со специально разработанными критериями идентифицируют форму снежинок и любые другие особенности снега, а также регистрируют температурные значения на поверхности и на разных глубинах снежного покрова. При этом форма снежинок показывает температуру и влагосодержание в облаках, где они формируются и растут перед тем, как упасть на землю. Цель создания сети GSN состоит в том, чтобы обеспечить сбор наиболее полной статистической информации, что необходимо для лучшего понимания динамики изменения снежного покрова Арктики. Причем, от этого, есть польза и NASA, и обитающим на этих территориях северным оленям.

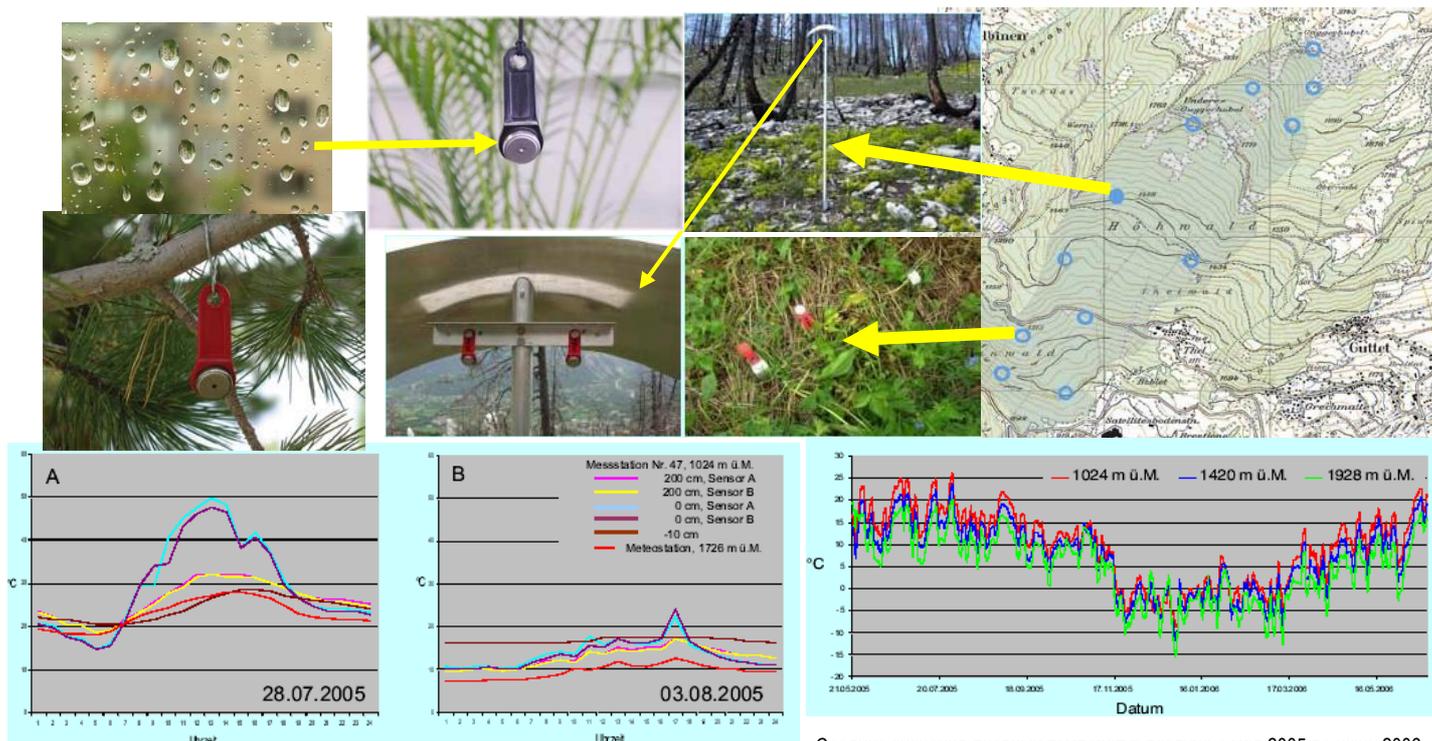


Действительно в течение зимы, северные олени вынуждено очищают толстые слои снега в поисках пищи (мха). Качество снега, таким образом, непосредственно связано с их жизнедеятельностью. Поэтому оленеводы, используя оборудование, поставляемое NASA, которое включает инструкции о том, как собрать данные, карты и каталоги с формами снежинок, лупы для наблюдения, а также электронные устройства ТЕРМОХРОН и средства их поддержки, постоянно обеспечивают проект SNOWFLAKE DATA COLLECTION подробными результатами мониторинга температуры полярных областей. Такие данные обоюдно выгодны исследователям из NASA и оленеводам (подробнее см. http://www.nasa.gov/mission_pages/IPY/snow/reindeer.html).



мониторинга температуры полярных областей. Такие данные обоюдно выгодны исследователям из NASA и оленеводам (подробнее см. http://www.nasa.gov/mission_pages/IPY/snow/reindeer.html).

Изучение роли микроклимата в жизни растений требует долгосрочного мониторинга температуры и относительной влажности в множестве контрольных точек различных зон исследуемого лесоучастка, и такая задача под силу только неприхотливым устройствам ТЕРМОХРОН и ГИГРОХРОН, что наглядно подтверждают исследования климатологов из Цюриха, опубликованные в статье **“Minisensoren messen den Wandel des Mikroklimas”** (http://www.wsl.ch/dienstleistungen/wald_klima/schneiter.pdf). Весь накопленный годами опыт сотрудников Швейцарского федерального института исследования леса, снега и ландшафта (<http://www.wsl.ch/>) свидетельствует о полном преимуществе этих недорогих, миниатюрных, защищенных от любых внешних воздействий регистров iButton по сравнению с другими типами Data Loggers, изготавливаемых иными компаниями. Особенно эффективны “таблетки”-регистраторы при осуществлении многолетнего мониторинга температуры и влажности, когда эмпирически необходимо подтвердить возникшие предположения используя обширный статистический материал по регистрации температуры и влажности почвы, снега, воздуха, воды в водоемах, почвы и т.д.



Температура почвы на разных глубинах

Средние значения дневных температур воздуха с мая 2005 по июнь 2006 зафиксированные устройствами ТЕРМОХРОН



Задача **Affiliated temperature monitoring** (<http://climate.umn.edu/snowrules/SnowRulesTC.htm>) в рамках проекта **Snow Rules** посвящена применению регистраторов iButton в самых различных аспектах, связанных с контролем температуры при изучении климата Северной Миннесоты. Прежде всего, регистраторы необходимы для регистрации температуры в трех различных ситуациях наблюдений. Они используются для контроля температуры на поверхности снежного покрова в высокогорье, для мониторинга температуры окружающего разреженного воздуха высокогорья, а также для отслеживания температуры высокогорных озер. При этом очень важно, что нижний уровень диапазона температур, регистрируемых устройствами ТЕРМОХРОН, составляет -40°C .

Причем сотрудниками **Minnesota State Climatology Office (SCO)**, которые и организуют эти исследования, специально для карманных компьютеров типа C1ie подготовлена программа **itcRead** выполняющая извлечение данных из памяти регистраторов модификаций DS1923, DS1922, DS1921 и осуществляющая задание установочных значений, а также запуск миссии для регистраторов модификаций DS1922 и DS1921. Другая программа **itcMission** выполняет обработку полученных результатов и их представление в графической форме, используя возможности известного пакета MathLib. Обе программы и их описания доступны для широкого круга пользователей.

После того, как программы обслуживания регистраторов и оборудование для съема данных на базе PDA C1ie были готовы, они вместе с достаточным количеством устройств ТЕРМОХРОН были переданы группам волонтеров, которые осуществляли непосредственную установку регистраторов в заданных точках и последующий съем накопленных ими результатов в течение 2003...2006 годов. При этом для различных контрольных точек иногда приходилось конструировать специальные приспособления, например, для защиты от солнечного излучения, или для защиты от образования наростов изо льда.

Известный интегратор портативных регистраторов из Великобритании **Signatrol Ltd.** (см. сообщения №5.1 и №10.8) поставляет в комплекте с устройствами ТЕРМОХРОН специальный аксессуар **SL50-ACC01** (http://www.signatrol.com/data-loggers/sl50_accessories.php), который позволяет эксплуатировать их в агрессивных окружающих средах при высоких давлениях.



В настоящее время компания **Dallas Semiconductor** также включила в список аксессуаров, поставляемых ею для “таблеток” iButton, защитную капсулу **iButton Capsule** с корпоративным обозначением **DS9107** (см. сообщение №7.1). iButton Capsule изготавливается из особого PPS-пластика, выдерживающего давления водяного столба в 100м. Конструктивно капсула состоит из двух частей между которыми помещается непосредственно “таблетка”-регистратор (<http://www.elin.ru/Protector/?topic=DS9107>). Обе части стягиваются друг с другом с помощью стальных винтов. Планируется, что капсула DS9107 будет особенно востребована при реализации температурного мониторинга в ходе проведения подводных исследований. Фиксацию капсул DS9107 на различных расстояниях можно выполнять посредством металлического или иного троса, который пропускается через особый желобок её конструкции.



11.7



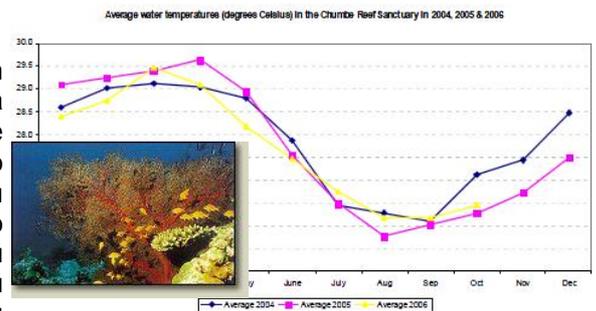
Сайт <http://www.separationsnow.com/> компании **John Wiley & Sons, Ltd**, посвященный профессиональным вопросам спектрометрии опубликовал статью под названием «Turning up the heat on ion chromatography» (<http://www.separationsnow.com/coi/cda/detail.cda?id=1641&type=Feature&chId=5&page=1>), которая сообщает, что исследователи-технологи из дублинского университета выполняют посредством кнопочных регистраторов iButton мониторинг температурных изменений хлорированной питьевой воды. Поскольку именно температура является важным фактором при оптимизации процедуры хроматографии ионов и анионных разновидностей содержащихся в ней примесей.



11.8



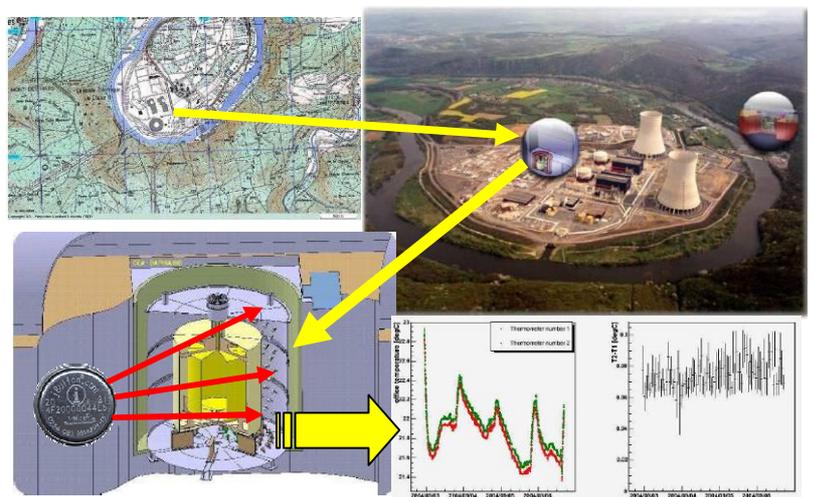
В течение 2003...2006 годов регистраторы iButton были использованы для долгосрочного мониторинга коралловых рифов **Sanctuary** в национальном парке Танзании **Chumbe Island Coral Park**. Это стало возможным благодаря уникальным защитным свойствам этих логгеров, не боящихся морской воды. Несколько регистраторов DS1921 было расположено в прибрежной зоне приливов/отливов без какой-либо дополнительной защиты, где они выполняли мониторинг температуры воды или воздуха в зависимости от фазы прилива/отлива. Это позволило собрать ценные сведения о состоянии рифа, поскольку долгосрочные данные о температуре рифов дают возможность выявить, например, значимые корреляции между высокими температурами и обесцвечиванием кораллов. (http://www.chumbeisland.com/Reef%20Sanctuary/Conservation_Report_Mikala_Peters_Nov06.pdf)



11.9



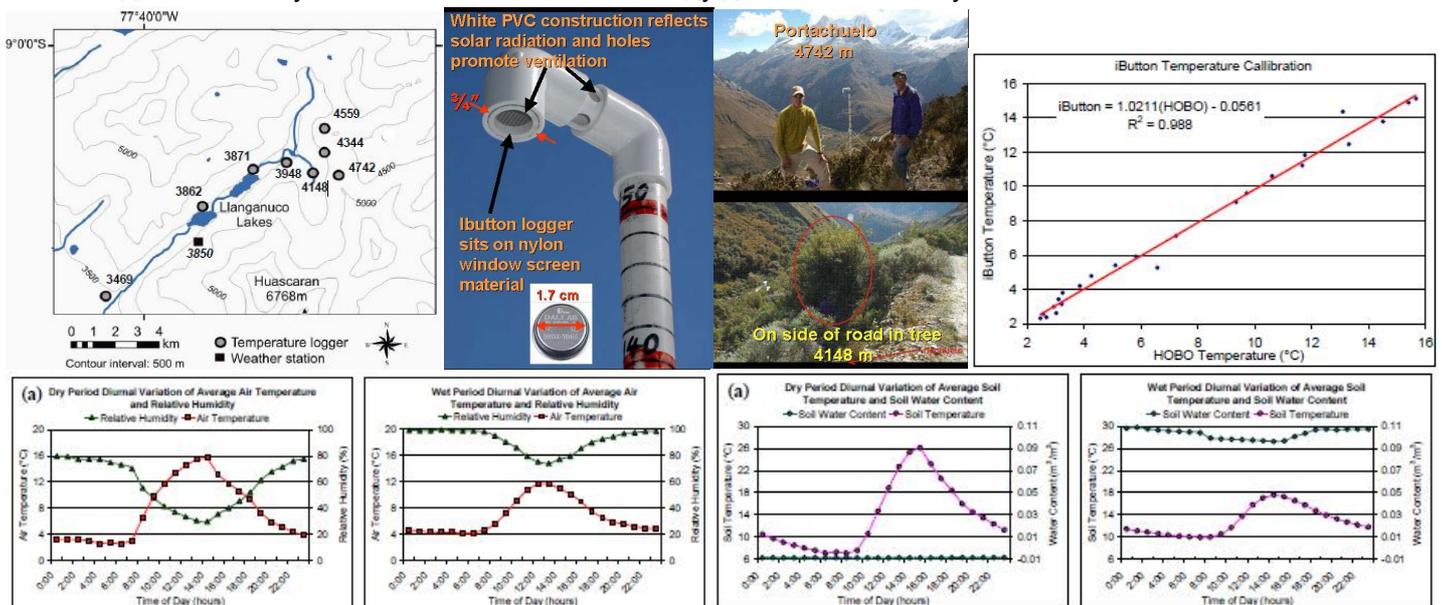
В ходе известного международного эксперимента **Double Chooz: A Search for the Neutrino Mixing Angle** (<http://arxiv.org/pdf/hep-ex/0606025>) по поиску осцилляций реакторных антинейтрино на атомной станции CHOOZ во Франции, связанного с измерением неизвестного угла смешивания θ_{13} , используется более сотни видов типовых и специальных датчиков, детекторов, измерительных приборов. В том числе долгосрочный мониторинг экологической обстановки в районе атомной электростанции осуществляется с помощью регистраторов DS1922L и DS1923, размещенных в контрольных точках энергетического оборудования, наиболее уязвимых сточки зрения нарушения экологического баланса.



11.10  Характерный пример использования устройств ТЕРМОХРОН при исследованиях температуры береговой полосы и прибрежных зон, периодически подверженных приливам и отливам, на пляжах в Океании и северной Австралии в рамках реализуемой с 1999 года глобальной научной международной программы по мониторингу состояния плантаций водорослей **Seagrass-Watch** (<http://www.seagrasswatch.org/monitoring.html>). Поскольку температура воды оказывает сильное влияние на обмен веществ растений и процессы фотосинтеза, а также тесно связана с эволюцией растительного и животного населения прибрежных районов, набор статистической информации о температурных флуктуациях в береговой зоне весьма полезен. Во многих случаях чрезвычайно важно знать, какую именно максимальную температуру как долго могут выдержать водоросли, оказавшиеся в результате отлива без воды под открытым солнцем. Поэтому так необходим тщательный мониторинг диапазонов температур плантаций. Мониторинг по программе сейчас Seagrass-Watch осуществляется примерно на 259 прибрежных участках в 17 странах.

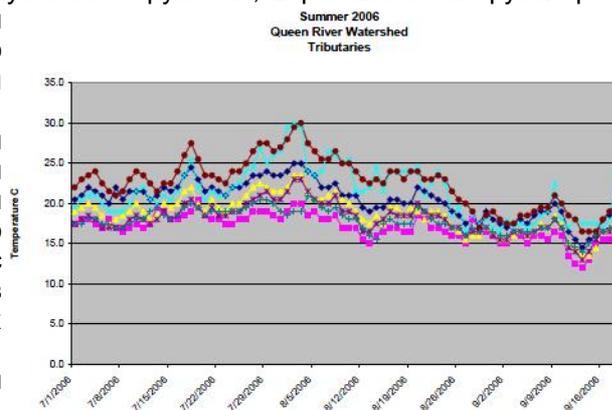


11.11  В одном из томов трудов, подготавливаемых совместной канадско-американской организацией **Eastern Snow Conference (ESC)** (<http://www.easternsnow.org/>), опубликован показательный материал «**An Embedded Sensor Network for Measuring Hydrometeorological Variability Within an Alpine Valley**» (www.easternsnow.org/proceedings/2006/hellstrom_and_mark.pdf). Он посвящен организации сети логгеров iButton для измерения гидрометеорологической изменчивости в альпийской долине Кордильера-Бланка Перуанских Анд в ходе исследований, проводимых специалистами ECS совместно с Национальным управлением водоснабжения Перу (**Autoridad Nacional del Agua – ANA** (<http://www.inrena.gob.pe/>)). Там в июне 2005 года была развернута сеть из 9 регистраторов температуры iButton ThermoChron® модификации DS1921G-F5 на различных высотах от 3469 до 4742 м над уровнем моря. Каждый из логгеров iButton предварительно был размещен в специальных чехлах, выполненных из ПВХ-трубок, с целью защиты устройств мониторинга от солнечной радиации. Каждый из таких чехлов размещался в ветвях небольших деревьев и других укромных местах. Предварительно все регистраторы были откалиброваны с помощью более точных измерителей температуры. Затем логгеры были запрограммированы на фиксацию показаний температуры через каждый час. Данные из памяти регистраторов извлекались стандартным компьютерным комплексом, построенным на базе компактного ноутбука каждые 3 месяца. Результаты, накопленные логгерами в течение 2005...2006 годов, были обработаны и наложены на показания портативных метеостанций, также развернутых исследователями в этом же районе. Обработка и анализ полученных результатов показали, что баланс массы ледников, расположенных во внешних тропиках Анд, особенно чувствителен к колебаниям между длительностями сухого и влажного сезонов.



11.12  Известно, что температура воды является одним из важнейших факторов, оказывающих непосредственное влияние на обитающих в них различных представителей лососевых. Особенно велико

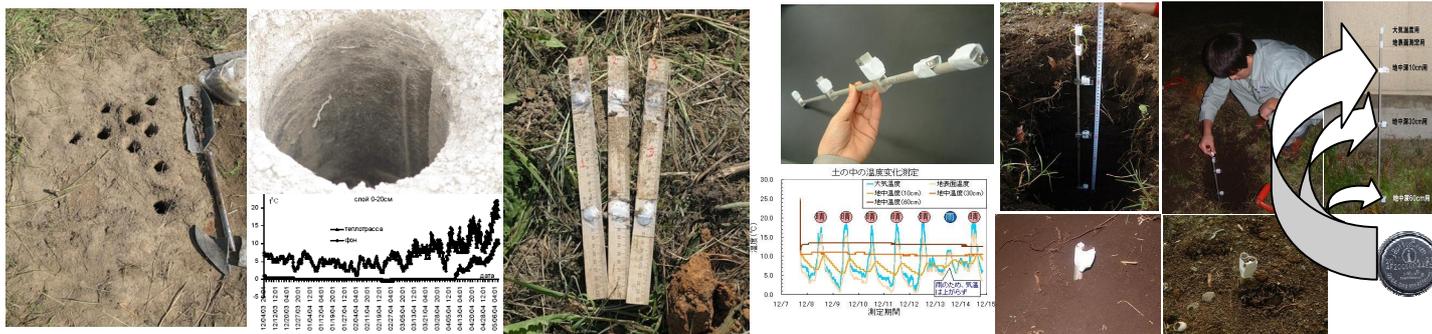
это воздействие на традиционные виды Северной Америки такие как голец и форель, а не искусственно выведенные промысловые породы, которые превосходно чувствуют себя в широком температурном диапазоне. Поэтому специально созданная для защиты естественных водоразделов организация **Wood-Pawcatuck Watershed Association (WPWA)** (<http://www.wpwa.org/>) осуществила в течение лета 2006 года тщательный мониторинг наиболее типичной среды обитания коренных лососевых. Результаты исследований были опубликованы в специальном документе «**Maximum Daily Stream Temperature in the Queen River Watershed and Mastuxet Brook Summer 2006**» (<http://www.wpwa.org/Reports/2006TemperatureStudy.pdf>). Их реализация стала возможной только благодаря использованию уникальных устройств ТЕРМОХРОН, которые обеспечили сбор данных о температурах среды обитания лососевых на разных глубинах погружения, в разных зонах русел рек, наполняющих их горных ручьев и в поймах, при течениях различной скорости. Всего было задействовано около 30 логгеров, каждый из которых накапливал данные в заданной контрольной точке водораздела. После завершения исследований все регистраторы были извлечены из мест установки, а накопленные ими данные извлечены, статистически обработаны и проанализированы. Результат показал, что качество среды обитания лососевых меняется в связи с повышением максимальных температур воды, а это, в свою очередь, приводит к замещению традиционных видов, привыкших к более низким температурам, которые замещаются новыми более теплолюбивыми видами.



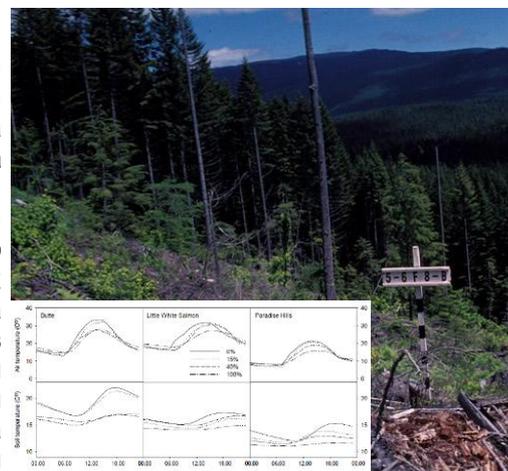
11.13 Яндекс В разделе «Фотки» популярного сайта **Яндекс** опубликован новый альбом «**Чашниково-2007**» (<http://fotki.yandex.ru/users/borisson/album/2542/>). Он содержит фотографии, посвященной летней практике студентов на агробиостанции факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова "Чашниково". В частности несколько фотографий связано с подготовкой устройств ТЕРМОХРОН для мониторинга температуры почвы. Причем для удобства логгеры, заранее запущенные на новую сессию, закреплены вдоль обычных деревянных линеек, так чтобы они затем оказались на нужной глубине в предварительно подготовленных шурфах. Для защиты устройства ТЕРМОХРОН обмотаны вначале полиэтиленовой пленкой, а затем скотчем.



Таким образом, опыты российских студентов почвоведов полностью повторяют методику мониторинга температуры почвы, разработанную специалистами японской корпорации **TECH-JAM INTERNATIONAL Inc.** (см. сообщение №4.7). Да и как может быть иначе, ведь иных более оптимальных по стоимости и удобству вариантов для долгосрочного мониторинга температуры почвы на разных глубинах сегодня, пожалуй, не существует (<http://www.tech-jam.com/temp/sp/netdecheck/tsuchi/>).



11.14 Диссертационная работа Troy D. Heithecker под названием «**Variation in microclimate associated with dispersed-retention harvests in coniferous forests of the Pacific Northwest**» на звание магистра Вашингтонского университета (http://faculty.washington.edu/chalpern/Heithecker_Thesis_Final.pdf), посвященная трансформации микроклимата и связанным с этим явлением изменением урожая в хвойных лесах Тихоокеанского северо-запада, основана на данных, собранных в полевых условиях посредством устройств ТЕРМОХРОН. Для мониторинга температуры воздуха и почвы на трех участках хвойного леса в западной части штата Вашингтон использовались регистраторы данных модели DS1921G. Причем два логгера были размещены в каждой точке: первый установлен на деревянный кол на расстоянии 1 м над поверхностью земли (контроль температуры



воздуха), второй закопан на 15 см под поверхностью почвы (контроль температуры почвы). Регистраторы, используемые для мониторинга температуры воздуха, были защищены специальными приспособлениями из фольги и пластика от прямых солнечных лучей и от аккумуляции тепла из-за застоя окружающей корпус измерителя воздушной массы. Температура каждым из логгеров регистрировалась синхронно через каждый час в течение сезонов 2004...2005 годов. Извлечение накопленных результатов производилось раз в месяц. Затем все данные проходили статистическую обработку, которая дала непредвзятую объективную картину изменения климата.

11.15 Signatrol.com В сообщении №11.6 был дан обзор наиболее перспективных и доступных на сегодня защитных капсул для устройств ТЕРМОХРОН, которые ориентированы на экстремальные условия эксплуатации логгеров (высокие давления предельная устойчивость к коррозии и агрессивным средам). Все это определяет высокие требования к конструкции капсул и материалам, из которых они изготавливаются, что в свою очередь обуславливает достаточно высокую цену подобных приспособлений. Однако зачастую защитная капсула не должна предохранять логгер от сверхэкстремальных воздействий, а должна только лишь надежно защищать от проникновения внутрь его корпуса влаги. К примеру, при возможном затоплении устройства (что достаточно вероятно, например, в ходе выполнения мониторинга температуры почвы) или даже при эксплуатации термологгера непосредственно в жидкости, на небольших глубинах или на её поверхности. Специально для подобных вариантов применений известная английская фирма **Signatrol Ltd**, (<http://www.signatrol.com/>) разработала и выпускает оригинальные водонепроницаемые защитные чехлы для устройств ТЕРМОХРОН, выполненные из силикона (http://www.signatrol.com/data-loggers/sl50_accessories.php). Они особенно рекомендуются к применению в тех случаях, когда существует вероятность, что логгер будет подвержен воздействию невысокого давления. При этом такие приспособления обеспечивают значительный выигрыш в стоимости по сравнению с традиционными конструкциями защитных капсул (примерно на порядок). Чехлы от Signatrol также предохраняют от воздействия растворителей и загрязнения. Однако использование таких приспособлений все-таки ухудшает температурную инерционность логгеров. Для загрузки данных, собранных логгерами, они должны быть извлечены из чехлов. В настоящее время доступны чехлы двух видов.

SL50-ACC06 Open Faced Enclosure (<http://www.maxim-ic.com/products/ibutton/solutions/product.cfm?id=620>) - самый дешевый водонепроницаемый мягкий чехол для логгеров iButton. SL50-ACC06 изготовлен из неокрашенного силикона. Он защищает логгер при давлениях до 0,5 бар или глубине погружения до 5 м. Максимальная рабочая температура материала чехла значительно превышает значение +125°C - максимальную рабочую температуру логгера DS1922T. Диаметр чехла SL50-ACC06 составляет 22,5 мм, а его длина 25,0 мм. Вес чехла SL50-ACC06 без логгера — 5 г.



Чехол SL50-ACC06 состоит из колпачка, в котором удерживается логгер и пробки для ее затыкания. Логгер вставляется в колпачок, как можно ближе к куполообразному дну. Затем в колпачок вставляется пробка и углубляется насколько возможно для обеспечения хорошей герметичности. После завершения эксплуатации пробка может быть удалена нажатием на корпус логгера. Чехол можно использовать повторно много раз, но реальное количество циклов использования зависит от многих эксплуатационных факторов, таких, как температура, тип жидкости и продолжительность каждого цикла. Каждый раз

перед использованием чехла рекомендуется тщательно проверить колпачок на наличие повреждений и в случае их обнаружения отказаться от дальнейшего использования чехла. Время установления конечного уровня температуры, регистрируемой логгером в в чехле, в 5 раз больше чем время установления для логгера без чехла. Нижняя температура эксплуатации чехла SL50-ACC06 составляет -50°C, верхняя температура эксплуатации: +316°C (временно). Чехол SL50-ACC06 имеет отличную стойкость к солнечному свету. С целью тестирования устойчивости силикон чехла SL50-ACC06 подвергался разработчиками воздействию сильноконцентрированных растворителей масел, кислот и разбавленного гидроксида натрия. При этом материал чехла проявил умеренную устойчивость к растворителям, отличную устойчивость к нагреву, хорошие характеристики при разъединении, способность выдерживать экстремально низкие температуры. Также он устойчив к окислению и воздействию озона.



SL50-ACC08 Colored Enclosure (<http://www.maxim-ic.com/products/ibutton/solutions/product.cfm?ID=644>) - окрашенный водонепроницаемый мягкий чехол, который немного больше по размеру, чем приспособление SL50-ACC06. Составные части чехла SL50-ACC08 окрашены в синий и желтый цвета, что делает его более заметным при погружении в продукт. Синяя пробка снабжена ручкой, облегчающей ее извлечение из колпачка. В отличие от чехла SL50-ACC06 с установленным в нем логгером, чехол SL50-ACC08 с установленным в нем логгером плавает в жидкости. Диаметр чехла SL50-ACC06 составляет 21,6 мм, а его длина 55,0 мм. Вес чехла SL50-ACC08 без логгера — 5 г.

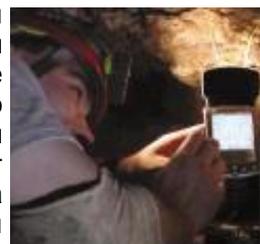
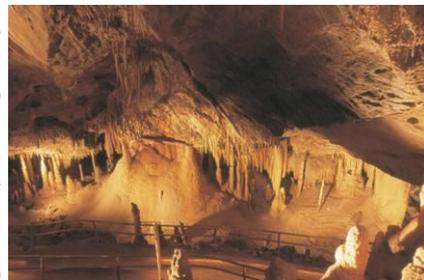




11.16 Интернет-журнал **Arizona Entertainment Magazine**

(<http://emol.org/arizona/>) сообщает в разделе **ARIZONA STATE PARKS** (<http://emol.org/arizona/kartchnercaverns/aboutkartchnercaverns.html>),

что долгосрочные исследования температуры в пещерах Аризоны в рамках программ мониторинга микроклимата выполняются с помощью устройств ТЕРМОХРОН. Логгеры устанавливаются во множестве наиболее интересных для спелеологов контрольных точек под сводами на потолочных блоках, в расщелинах, в скважинах, вдоль сталактитов и сталагмитов и даже под водой. При этом используется уже давно отлаженная у спелеологов технология использования для обслуживания “таблеток”-логгеров карманных персональных компьютеров. Такой подход удобен тем, что исследователь пещеры может выполнить анализ зафиксированных регистратором температур и перепрограммирование логгера на новую сессию, находясь в пещере непосредственно в месте установки устройства ТЕРМОХРОН. Т.е. не нужно извлекать регистратор из контрольной точки и переносить его к комплексу поддержки построенному на базе стационарного компьютера, что значительно упрощает сопровождение температурных мониторов iButton. Впервые преимущества подобного подхода именно для спелеологов были описаны известным журналом **WIRELESS BUSINESS & TECHNOLOGY** (<http://wireless.sys-con.com/>) в статье С. Williams «Data Collection PALM handhelds and tiny ibuttons make the process effortless» (www.harlandwebs.com/wbt_ibutton_palm_story.pdf). Поэтому устройства ТЕРМОХРОН, даже получившие в спелеологии собственно имя **SpeleoLoggers** (см. сообщение №4.30), с подачи известного швейцарского информационного ресурса **TechTonique** (<http://www.tech.ch/sensors/SpeleoLogger.htm>), посвященного профессиональной спелеологии, и рассматривающего логгеры iButton в качестве оптимальных температурных мониторов, необходимых при изучении пещер, становятся еще мобильнее и удобнее в эксплуатации при их обслуживании с помощью современных PDA.



11.17  Международный проект **ALARM**, который на основе лучшего понимания биоразнообразия наземных и пресноводных экосистем, а также их функционирования, разрабатывает и тестирует методы по оценке крупномасштабных рисков для окружающей среды в целях минимизации прямых и опосредованных негативных последствий, вызванных деятельностью человека, также использует устройства ТЕРМОХРОН для получения данных о состоянии экосистем. Именно этому посвящен отдельный документ «**ALARM FSN Experiment 2006 Linking macroclimate to microclimate: a first step using ibuttons**» (http://www.alarmpoint.net.ufz.de/documents/fsn_protocol_2006/2006_07.pdf),

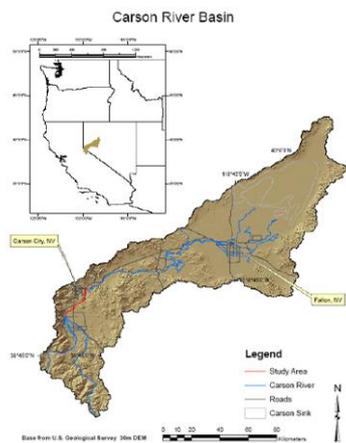
подготовленный в рамках проекта ALARM. В нём ученые-экологи из **Institute of Integrative and Comparative Biology** подробно описывают конкретный эксперимент по отслеживанию микроклимата, наглядно показывающий удобство и неприхотливость “таблеток”-логгеров при мониторинге температуры воздуха и почвы участка с ландшафтом, типичным для Великобритании. При этом сделан вывод, что именно данные, полученные с помощью регистраторов iButton, в отличие от данных, получаемых от штатных метеостанций, усредненных для конкретной зоны изучения, позволяют обеспечить более точную информацию для создания цифровой модели рельефа местности, с тем, чтобы потом более эффективно прогнозировать изменение микроклимата в любом ландшафте.



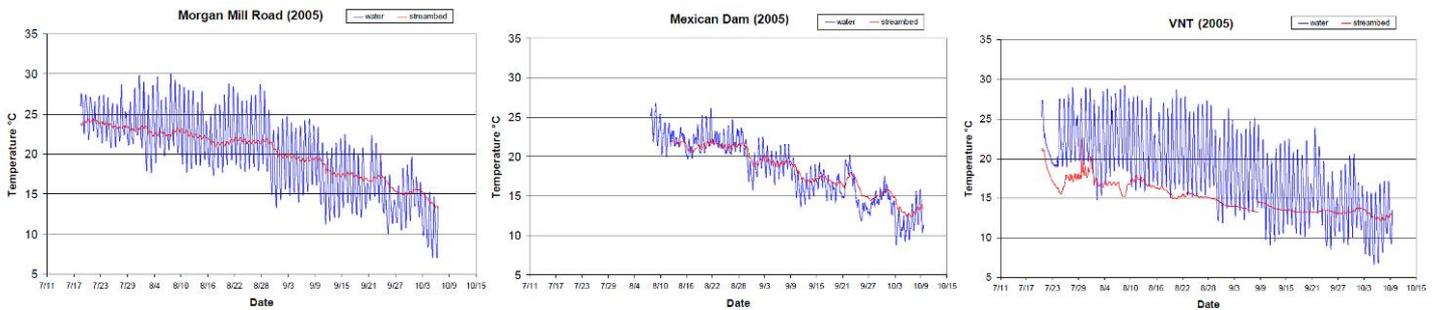
11.18  На сайте отдела по охране окружающей среды штата Невада

Division of Environmental Protection (NDEP) (<http://ndep.nv.gov/>), миссия которого заключается в сохранении и улучшении состояния окружающей среды в целях защиты общественного здоровья, опубликовал исследование группы ученых-гидрологов Невадского университета «**Modeling the Effect of Riparian Shading on Water Temperature for Portions of the Carson River, Western Nevada, USA**» (http://ndep.nv.gov/bwqp/file/garner_thesis_final.pdf).

Оно посвящено построению модели, которая бы учитывала взаимовлияние влияния реки Carson в западной Неваде и прилегающих к ней территорий в зависимости от температуры воды русла, почвы и воздуха. Подобная работа была бы невозможна без использования богатого статистического материала о температуре в самых различных частях исследуемой местности и самой реки. Такой материал собирался авторами в течение



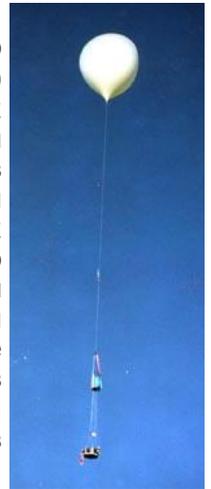
2005...2006 годов с использованием различных метеостанций и регистраторов температуры различных производителей. В том числе были использованы в только, что появившиеся точные регистраторы модификации DS1922L, а когда их не хватало менее точные регистраторы модификации DS1921Z. Для измерения ими температуры воздуха некоторые логгеры размещались в специальных кожухах из ПВХ, чтобы исключить воздействие прямого солнечного света. При мониторинге температуры воды в русле реки также использовались защитные конструкции, которые, тем не менее, имели хороший контакт с контролируемой средой. Поскольку исследователи ставили перед собой задачу учета даже мельчайших особенностей, влияющих на изменение подлежащей моделированию экосистемы, было задействовано очень большое число измерительной аппаратуры (несколько сотен регистраторов). Специально отмечено, что те регистраторы, которые все-таки использовались без дополнительной защиты, в частности с целью мониторинга температуры подземных стоков, вышли из строя в сезоне 2005 года. Однако эти ошибки были устранены при наблюдениях в сезоне 2006 года. Несмотря на эти неудачи и частичную потерю ценных данных, ученым удалось собрать большой статистический материал, на основании которого можно построить достаточно точную модель, прогнозирующую, в зависимости от изменения температуры, поведение реки и окружающей её экосистемы.



11.19



Известное общество исследователей и любителей околоземного космического пространства и воздухоплавания из США — **Treasure Valley Near Space Project (TVNSP)** (<http://www.tvnsp.org/TV01A.htm>) использует воздушные шары и аэростаты для самых различных исследовательских целей. Так с 2005 по 2006 год была реализована целая программа метеорологических наблюдений с помощью высотных шаров и аэростатов (http://www.tvnsp.org/modules.php?name=Flight_Archive&pa=showpage&pid=38). При этом для получения данных о температуре атмосферы околоземного пространства на высотах до 25 км использовались устройства TЕРМОХРОН модификации DS1922L-F5. Достаточно низкая стоимость подобного оборудования (гелиевый неуправляемый аэростат и легкий защищенный логгер, осуществляющий мониторинг температуры в автоматическом режиме, имеют цену порядка 200...300\$) позволяет создать сеть аэростатов, которые предоставляют объективную достоверную информацию о температурной динамике в верхних слоях атмосферы. Такие данные являются неоценимыми для составления общей картины долгосрочных метеорологических прогнозов (http://www.tvnsp.org/modules/Gallery/view_album.php?set_albumName=TV01C).



11.20



Представители департамента внутренних дел из Питсбурга W.C.Ehler, и R. Balogh сделали доклад на ежегодном совещании геологического общества **Geological Society of America (GSA)** под названием «**EXTENDED MONITORING OF COAL MINE FIRES WITH TЕРМОХРОН**» (http://gsa.confex.com/gsa/2004AM/finalprogram/abstract_75659.htm). В нём наглядно раскрыты преимущества новых, недавно ставших доступными, высокотемпературных устройств TЕРМОХРОН для мониторинга разогрева породы в шахтах, выработках и отвалах, что напрямую связано с возникновением в них пожаров из-за самовозгорания. Речь идет о новых модификациях регистраторов iButton DS1922T-F5 с диапазоном фиксируемых температур от 0°C до 125°C. Особенно подчеркивается возможность использовать эти устройства для осуществления длительного мониторинга температуры в шурфах и скважинах (до нескольких лет), что позволяет понять тенденции и тренды температурных изменений, и исключить ошибки, вызванные особенностями естественной вентиляции, погодными условиями и различными экологическими факторами. Такие выводы подтверждены экспериментами авторов доклада, выполненными на четырех горных выработках (объектах) с различными условиями. Так на некоторых объектах уже существуют зафиксированные очаги подземных пожаров, в то время, как на других их нет, но есть предпосылки для их возникновения в будущем. Проведенное тестирование показало высокую надежность регистраторов iButton и полную инертность этих логгеров к внешним воздействиям, связанную с особенностью их конструкции, которая обеспечивает совершенную защиту от пыли и грязи.

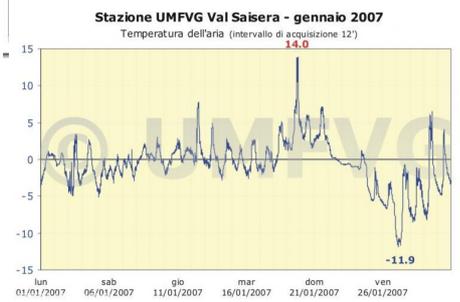


11.21



На сайте итальянского метеорологического общества **Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia (UMFVG)**, которому отводится важная роль в рамках Европейского метеорологического общества, опубликован материал под заголовком «**Il sensore di temperatura della Val Saisera**» (http://www.umfv.org/index.php?page=functions/classes/oartpage.php&id_art=128).

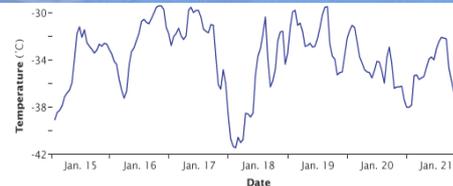
Он посвящен возможностям, предоставляемым устройствами ТЕРМОХРОН при наблюдениях за температурой окружающей среды в естественных условиях, без использования каких-либо дополнительных проводов, источников энергии и за весьма небольшие деньги. Метеорологи из Венеции давно искали подобное решение для мониторинга температуры в буковых лесах долины Val Saisera и после того, как они ознакомились с возможностями и характеристиками регистратора DS1922L-F5, у них не осталось сомнений, что это наиболее оптимальный для их случая измерительный прибор. Действительно он не требует какого-либо технического обслуживания, выполняя на протяжении нескольких месяцев и даже лет точную фиксацию в собственной памяти значений температуры окружающей его среды. При этом прибор очень устойчив к факторам окружающей среды, таким как влажность и пыль, выдерживает ударные воздействия и не боится падений на землю. Он также может быть помещен практически в любом месте, поскольку является водонепроницаемым. Устройство содержит встроенные часы, календарь, память результатов на 8 Кбайт, имеет высокое разрешение 0,0625°C и широкий диапазон регистрируемых измерений от -40°C до +85°C, причем погрешность в диапазоне от -10°C...+40°C, лучше ±0,5°C. Точность регистраторов DS1922L-F5 была подтверждена посредством их совместных испытаний с прецизионным платиновым термометром в различных температурных диапазонах. Для исследований был выбран интервал между регистрируемыми значениями в 12 минут. «Таблетки» были установлены в девяти контрольных точках и надежно защищены от солнечного излучения и осадков с помощью простых подсобных приспособлений. Накопленные результаты регулярно – раз в месяц – извлекались из памяти логгеров посредством простого приспособления-адаптера, связанного с портативным персональным компьютером. Ученые исследователи остались чрезвычайно довольны качеством полученных данных, тем более, что теперь им также доступны устройства ГИГРОХРОН (DS1923-F5), которые позволяют измерять помимо температуры относительную влажность, и для их обслуживания может быть использовано тоже самое оборудование, что и для поддержки уже имеющихся регистраторов модификации DS1922L-F5.



11.22



Масштабный исследовательский проект Американского национального аэрокосмического агентства **Earth Observatory** (<http://earthobservatory.nasa.gov/>) опубликовал предварительный отчет, посвященный изучению ледников Гренландии, под названием **Winter Camp: A Blog from the Greenland Summit** (<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GreenlandBlogKoenig/>). В ходе этих изысканий помимо прочего выполнялась работа по тарированию автоматических систем дистанционного измерения температуры поверхности ледников группировкой спутников NASA при различных погодных условиях. Для мониторинга температуры поверхности гренландских ледников использовались устройства ТЕРМОХРОН, которые очень нравятся исследователям NASA и давно ими используются в самых различных проектах (см. сообщение №11.3). Миниатюрные, прекрасно защищенные от внешних воздействий логгеры iButton очень хорошо зарекомендовали себя в суровых условиях ледникового покрова Гренландии. Их показания в нескольких случаях были тщательно проверены с помощью более точной, но в тоже время значительно более дорогой и громоздкой аппаратуры. Испытания оказались успешными. Поэтому теперь именно технология ТЕРМОХРОН будет массово использоваться NASA для калибровки систем дистанционного измерения температуры поверхности Арктики, которыми оснащены спутники NASA.



11.23



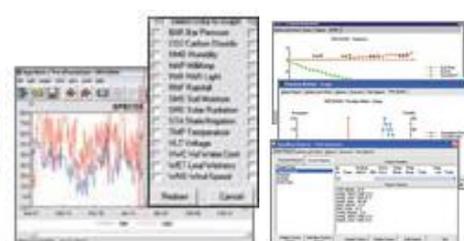
Известная компания **Eclo** из Португалии, которая является приоритетным партнёром контрольных органов ЕС по поставке оборудования для ревизии Холодовой цепи в страны Европейского сообщества, объявила о доступности силиконовых чехлов производства компании **Signalrol Ltd**, (<http://www.signalrol.com/>) из Великобритании (см. сообщение №11.15). Причем приспособления SL50-ACC06 имеют в транскрипции Eclo аббревиатуру обозначения **TPC200**, а чехлы SL50-ACC08 обозначение - **TPC201**. Также дополнительно компания Eclo поставяет приспособление **TPC300**. Это



миниатюрный мягкий защитный чехол из силикона, специально разработанный для защиты устройств ТЕРМОХРОН от попадания жидкости внутрь их корпуса. Чехол представляет собой колпачок, который надевается на корпус логгера и оставляет открытой его нижнюю часть, чтобы уменьшить температурную инерционность. Поскольку датчик температуры логгера находится со стороны поверхности, на которой выгравировано обозначение устройства, приспособление охватывает ту часть корпуса, которая не связана с чувствительным элементом (фаску крепления с полипропиленовой вставкой соединяющей обе половинки корпуса). Такая конструкция оставляет открытой именно ту часть корпуса логгера под которой находится непосредственно чувствительный элемент преобразователя температуры, поэтому инерционность такого защитного чехла равна инерционности незащищенной “таблетки”, что в целом ряде применений играет существенную роль, особенно при мониторинге динамических процессов.



11.24 Компания **Spectrum Technologies** (<http://www.specmeters.com/>) из США уже больше 30 лет специализируется на производстве и поставках по всему миру оригинальных передовых информационных технологий для измерений и мониторинга любых величин в области сельского хозяйства и наблюдений за состоянием окружающей среды. В ряду продуктов от Spectrum Technologies: различные типы портативных метеостанций, приборы для контроля: газовых сред, нитратов, кислотности, программные модели распространения вредных насекомых и опылителей, тесты для определения состояния и болезней посевов сельхозкультур, устройства контроля влажности и уплотнения почвы, а также регистраторы различных параметров окружающей среды под фирменной маркой **WatchDog™ Data Loggers**. Для решения любых задач, связанных с длительным мониторингом температуры окружающей среды (в том числе воздуха, почвы, воды, семян, силоса и т.д.) предлагается логгер марки **WatchDog 100**, который представляет собой закрепленный на пластиковой карточке регистратор DS1921G-F5 (http://www.specmeters.com/international/WatchDog_Data_Loggers_-_100_Series/). Для поддержки таких логгеров разработан и поставляется фирменный комплект оборудования под названием **WatchDog Docking Station** (http://www.specmeters.com/international/WatchDog_Data_Loggers_-_100_Series/WatchDog_Docking_Station.html). Он включает специализированный адаптер и приемник, сопрягаемый непосредственно с корпусом регистратора, которые обеспечивают информационный обмен с персональным компьютером, позволяя запускать WatchDog 100 на новую сессию и считывать из его памяти накопленные данные. Управление комплектом WatchDog Docking Station осуществляет специализированная программа **Spec 8 Basic** (http://www.specmeters.com/international/SpecWare_Software/Spec_8_Basic_Software.html), позволяющая также визуализировать в табличной и графической формах собранные логгерами **WatchDog 100** результаты.



11.25 Размещенный в Интернете отчет **"Water Flux and Nitrogen Cycling in the Hyporheic Zones of a Semi-Arid Watershed: Hydrologic and Geomorphic Driving Forces in a Transitional Climate"** (<http://hydrology.syr.edu/RCCOverview.htm>)

, который подготовила Laura K. Lautz доцент Syracuse University, посвящен гидрологическим исследованиям



транспорта растворенных в воде веществ, в водоразделах на альпийских водосборах и пустынных равнинах центральной части североамериканского континента. Поскольку температура воды речного потока наряду с другими факторами (такими, как химический состав воды, скорость течения, количество осадков и т.д.) оказывает существенное влияние на состояние биовзвесей, исследователи во время летних экспедиций 2006...2007 годов проводили её мониторинг. Для этого использовались устройства ТЕРМОХРОН, закреплённые на различной высоте в специальных пластиковых штифтах-трубках, которые были установлены непосредственно в речном потоке, и таким образом регистрировали температуру на разных глубинах. Только сверх миниатюрность и исключительные защитные свойства логгеров iButton, а также дополнительная внешняя защита этих устройств изоляционной лентой, позволили собрать множество статистической информации о температурных профилях в различных местах русел нескольких рек.

11.26  В № 19 (1517–1523) популярного международного журнала **HYDROLOGICAL PROCESSES** (<http://www.hydrologicalprocesses.com/>), который посвящен обсуждению физических, биохимических, математических и методологических аспектов гидрологических процессов, а также необходимых при гидрологических исследованиях измерительных методов и инструментов, была опубликована базовая статья **“Evaluation of a low-cost temperature measurement system for environmental applications”**. Она посвящена возможностям, которые предоставляют устройства ТЕРМОХРОН при гидрологических исследованиях. С целью изучения возможностей этих привлекательных для подводных экспериментов температурных мониторов группа ученых из различных университетов и организаций США произвела набор тестов. При этом логгеры подвергались воздействию различных сред (воды, облучения солнечным светом (воздействие солнечной радиации)), а зафиксированные ими показания тщательно сравнивались с синхронно работающими более точными измерительными приборами. Результаты тестов показали, что iButton Thermochron является достаточно точной и весьма недорогой альтернативой более дорогостоящим системам регистрации температурных данных, хорошо подходящей для получения качественных пространственно распределенных результатов для большинства видов гидрологических исследований и изучения качества воды.

Результаты тестов устройств ТЕРМОХРОН, представленные в этой статье столь авторитетного издания, оказались впечатляющими не только для гидрологов, но и для ученых, связанных с другими дисциплинами, относящимися к исследованиям окружающей среды, поэтому статья стала классической. Она хранится в качестве наглядного материала, отражающего практические возможности термолоттеров iButton, в библиотеках и архивах (в том числе и электронных) множества исследовательских организаций, непосредственно или косвенно ведущих экологические или естественнонаучные изыскания. На этот материал ссылается множество исследователей окружающей среды. Вот только несколько примеров:

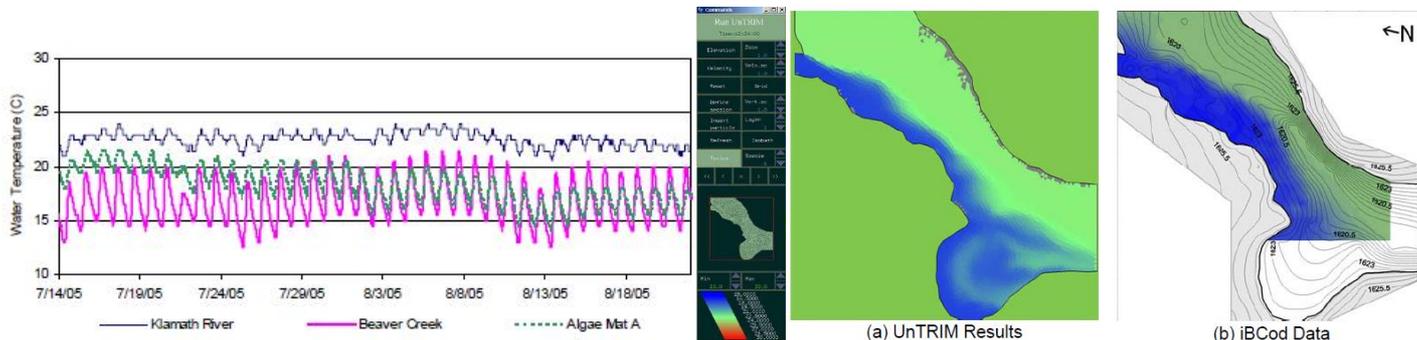
- <http://www.cnr.uidaho.edu/micacreek/Papers/Hubbart%20et%20al.%202005.pdf> – Университет Индианы,
- http://education.gsfc.nasa.gov/how/pdf/thermochron/thermo_hubbart.pdf - NASA,
- <http://adsabs.harvard.edu/abs/2005HyPr...19.1517H> - Гарвардский университет.

11.27  Популярный альманах **ARCTIC/ InfoNorth** (VOL. 60, NO. 4) опубликовал материал **«Shrub Line Advance in Alpine Tundra of the Kluane Region: Mechanisms of Expansion and Ecosystem Impacts»** (<http://pubs.aina.ucalgary.ca/arctic/Arctic60-4-447.pdf>), посвященный изучению последствий трансформации климата северных экосистем Аляски и Западной Канады, которые приводят к масштабным экологическим изменениям, таким как таяние вечной мерзлоты, увеличение частоты лесных пожаров, наступление лесов на тундровые области и т.д. Изменение качества и массы растительного покрова северных экосистем, прежде всего, влияет на продвижение к северу ранее не встречавшихся здесь видов животных и птиц, и соответственно, к отступлению на север коренных обитателей тундры. Для тщательного изучения процессов сокращения тундры исследователи из Университета Альберты проводят комплексные экспедиции. При этом с целью получения статистической информации о температурах снежного покрова, почвы и воздуха ими активно используются устройства ТЕРМОХРОН, которые наряду с автономными метеостанциями НОВО позволяют собирать большой статистический материал об изменениях климата и состоянии тундровой растительности. Именно после изучения и сопоставления этих данных, возможно делать обоснованные выводы о реальном смещении границ тундры и о формировании климатических условий, подходящих для заселения освободившегося пространства новыми видами.

11.28  Очевидно, что статистический материал для диссертации на получение докторской степени соискателя S. K. Tanaka с названием **«Modeling to Improve Environmental System Management: Klamath River Thermal Refugia and the Sacramento-San Joaquin Delta»** (<http://cee.engr.ucdavis.edu/faculty/lund/students/StacyTanakaDissertation.pdf>), подготовленной под эгидой Калифорнийского университета, было бы невозможно собрать без использования устройств ТЕРМОХРОН. Поскольку эта работа была посвящена моделированию систем, необходимых для реализации эффективной и экологически безопасной водохозяйственной политики. Действительно, проблемы, стоящие перед менеджерами, осуществляющими планирование водных ресурсов, становятся все более сложными, а люди, вовлеченные в процесс управления ими, нуждаются в новых современных инструментах для определения эффективности тех или иных решений. Поэтому диссертация S. K. Tanaka сфокусирована на сборе данных и разработке компьютерных моделей для оказания помощи лицам, принимающим решения по управлению водными ресурсами с учетом экологических факторов. Для проверки предлагаемых в диссертации механизмов были выбраны два экологически чувствительных района Северной Калифорнии, а для получения информации о температуре водной среды, включая русла рек и подземных грунтовых вод, были использованы защищенные конструкции, построенные на базе устройств ТЕРМОХРОН, разработанные и изготавливаемые канадской компанией **Alpha Mach Inc.** (<http://www.alphamach.com/>). Такое решение было принято не случайно. Оно было связано с необходимостью осуществлять мониторинг температуры на различных глубинах, где давление водяного столба легко могло вывести из рабочего состояния стандартные “таблетки”-логгеры от Dallas Semiconductor. Используемые автором регистраторы **iBCod** от Alpha Mach, хоть функционально и схожи с



устройствами ТЕРМОХРОН, но конструктивно очень сильно отличаются от них, что позволяет им выполнять мониторинг температуры на громадных глубинах (см. сообщение №11.6). Использование множества логгеров iBCod позволяет получать массу данных (скорость течения, температура на различных глубинах, градиенты изменения температурных полей) необходимых для разработки и построения моделей UnTRIM, а также для проверки точности моделирования в реальных условиях.



11.29 Презентация сотрудников из университетов Вашингтон и Сент-Луис на **Western Snow Conference** (<http://www.westernsnowconference.org/>) под названием «**Distributed temperatures in the snow zone: Spatial patterns and innovative measurement techniques**» (http://faculty.washington.edu/jdlund/home/Lundquist_WSC2007.pdf) посвящена испытаниям логгеров iButton различных модификаций для целей сбора эмпирических данных о температуре, необходимых для построения моделей формирования климата горных ландшафтов. Это чрезвычайно важно, поскольку из-за сложного пространственно рельефа, снежных торосов, растительности реальные температуры в различных точках ландшафта часто далеки от усредненных значений, получаемых от региональных метеостанций. Поэтому были выполнены тщательные испытания большого числа (несколько сотен) устройств ТЕРМОХРОН модификаций DS1921G и DS1922L в диапазонах температур приближенных к тем которые требуются для мониторинга в высокогорье. Испытания продолжались в течение 2005...2006 года в университетских лабораториях, а также в национальных парках США и Канады. Испытания показали удобство и функциональность логгеров iButton при получении пространственных температурных контуров и рельефов. Кроме того, после тщательного тестирования с помощью прецизионной измерительной аппаратуры реальные погрешности для большинства «таблеток»-регистраторов оказались значительно ниже значений, заявленных их изготовителем. В ходе натуральных испытаний были разработаны специальные средства и способы защиты логгеров от воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков, а также выработаны методики косвенного измерения посредством устройств ТЕРМОХРОН других параметров окружающей среды, включая солнечную радиацию, таяние снега, кристаллизацию и испарение воды.



11.30 Презентация «**Steelhead, Turtles, and Frogs: Temperature Dynamics of Stream Habitat**» (http://www.creeksidescience.com/presentations/esa_stream_8aug07.pdf) к сообщению исследователей из **Creekside Center for Earth Observation** на ежегодном совещании Экологического общества Америки (**Ecological Society of America**) связана с применением регистраторов ТЕРМОХРОН для изучения динамики изменения температуры воды ручьях и реках Калифорнии, которые являются местом обитания множества земноводных. При этом была использована оригинальная методика крепления логгера к грузу достаточной массы, чтобы сделать его устойчивым к течению тока воды. Роль такого груза в данном случае исполнял обычный кирпич. Закрепленные подобным образом регистраторы выполняли долгосрочные мониторинг потока поверхностных и подземных вод в районе своеобразных гидропостов, размещенных вблизи стационарных метеостанций. При этом после сопоставления температурных данных от логгеров (вода) и метеостанций (воздух) была выявлена корреляция между температурой потока воды в водоемах и периодами солнечной активности, экспозиция которой фиксировалась с помощью автомата, периодически выполняющего полусферические фотографии.

