

Бюллетень

“Логгеры iButton”

№38 (апрель-июнь 2014)



Регистраторы iButton — эффективный инструмент для мониторинга температуры и влажности почвы, а также при гляциологических исследованиях.

38.1  Использование логгеров iButton различных модификаций для мониторинга температуры и даже относительной влажности газовой среды в различных почвенных слоях и скальных породах является на сегодня уже повседневной практикой. Сходной задачей можно считать мониторинг снежного покрова и льда ледников. При этом направления, требующие подобных исследований, могут быть различными, включая: почвоведение, геологию, гидрологию, агротехнику, лесоведение, биохимию, зоологию, энтомологию, экологию и т.д.



О высоком интересе научного сообщества к применению эффективных защищённых автономных регистраторов iButton для мониторинга параметров почвы говорят многочисленные публикации, как в англоязычной, так и в русскоязычной зоне Интернета. А начиналось всё ещё в 2001 году со статьи сотрудников *Факультета почвоведения Института экологического почвоведения МГУ* под названием «*Новые инструментальные методы и портативные электронные средства контроля экологического состояния почв и сопредельных сред*» (http://www.elin.ru/files/pdf/Application/eco_vest_3_1.pdf). В ней на конкретных примерах были показаны преимущества использования логгеров iButton для проведения почвенных исследований самых различных направлений (сегодня уже доступна обширная монография *Смагин А.В. «Теория и практика конструирования почвы» - М.: Издательство Московского университета, 2012 г.*, которая содержит множество примеров применения логгеров iButton в почвенных исследованиях). Именно поэтому только НТЛ «Элин» на сегодня имеет в качестве своих постоянных клиентов более сотни российских организаций, использующих логгеры iButton в качестве эффективных средств мониторинга параметров почвенного покрова. Среди них: ИФТПС СО РАН, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Факультет почвоведения и НИЛ эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ, Биолого-почвенный факультет СПбГУ, Центр точного земледелия Гелиос, Лаборатория почвенной зоологии и экспериментальной энтомологии ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Лаборатория Географии и Эволюции почв ИГ РАН, ЯНИИСХ СО РАСХН и многие другие. Даже в этом Бюллетене множество статей за разные годы посвящены именно использованию регистраторов DS192# для контроля и отслеживания параметров почвы (см., например, сообщения №10.13, №11.02, №11.13, №15.18, №27.7, №30.5, №32.23, №33.29).



Безусловно, одним из важнейших вопросов при применении логгеров iButton для контроля температуры и влажности почвы является защита используемых регистраторов при экстремальном воздействии окружающей среды, наиболее критичным при котором является продолжительный полный залив приборов водой. Для этой цели разработаны особые устройства – защитные капсулы (<http://www.elin.ru/Protector/>), которые, к сожалению, эффективны только при работе с логгерами температуры. При решении задач по мониторингу и температуры и относительной влажности почвы с целью защиты от залива водой устройств ГИГРОХРОН (DS1923-F5) используют особые оригинальные методы, основанные на применении различных подручных средств (см. сообщение №31.7).

Особым вопросом при контроле температуры в нескольких контрольных точках подпочвенного слоя является построение измерительных систем на базе нескольких логгеров-абонентов iButton, объединённых проводной 1-Wire-шиной. Подобная сеть может быть реализована на базе технологии iB-Bus-#, разработанной НТЛ «Элин» (<http://www.elin.ru/iB-Net/?topic=iB-Bus>). Так например работают специалисты ИФТПС СО РАН (<http://iptpn.yasn.ru>), осуществляющие мониторинг температурного режима грунтов вечной мерзлоты (см. сообщения №28.24 и 37.1). А участники совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН, изучающие гидротермический режим каштановых почв Центральной Монголии, находящихся в различных условиях землепользования, применяют для мониторинга почвы на специально ограждённых и охраняемых участках полигонов Бор-нур и Гачурт электронные датчики-самописцы модификации iBDL-LS-S (<http://www.ibdl.ru/>), соединённые в измерительную сеть (<http://oren-icn.ru/index.php/enzoren/stepene/142-sim2012/1735-2012-05-14-12-35-37>). Т.о. логгеры iButton являются сегодня достаточно актуальными и востребованными инструментами при осуществлении мониторинга температуры и влажности почвы, скальных пород, снега и льда ледников.

38.2  Научный отчёт по Березовскому лесостепному стационару **Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН** содержит подробное изложение порядка применения устройств ТЕРМОХРОН, которые

используются этой научной организацией уже с 2004 года (см. сообщения №27.7 и №35.17), для накопления данных об экологическом состоянии почвы (мониторинг температуры и влажности) (<http://www.irigs.irk.ru/files/Berezovskiy%20station%202012.pdf>). Такие данные отслеживаются в различные по гидроклиматическим условиям годы. При этом основное внимание уделяется анализу временных рядов температуры, влаги в слое почв 0-50 см пространственно сопряжённых фаций склонов разных экспозиций и динамики мобильных форм соединений углерода. К примеру, измерители температуры «ТЕРМОХРОН» модификации DS1922L-F5 были использованы для регистрации температуры почвы во времени (в течение года) на глубине 20 см. Регистрация температурных значений проводилась через равные заданные промежутки времени (частота измерений 3 час и с погрешностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Логгеры температуры были установлены в трансакумулятивной разнотравно-ковыльной фации с тёмно-серой лесной почвой на склоне северо-западной экспозиции и элювиальной разнотравно-ковыльной с чернозёмом обыкновенным карбонатным на склоне юго-восточной экспозиции.

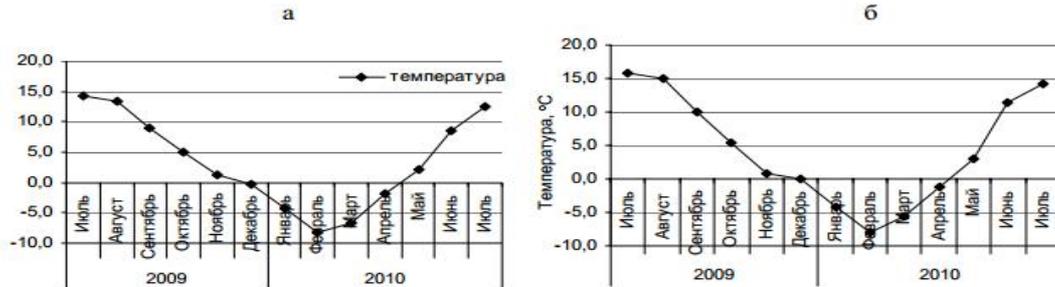
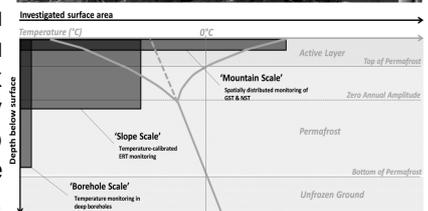


Рис. 1. Изменения температуры почвы на глубине 20 см (по данным измерителя температуры «ТЕРМОХРОН») в темно-серой лесной почве на склоне северо-западной экспозиции (а) и черноземе обыкновенном карбонатном на склоне юго-восточной экспозиции (б).

Таким образом, выявлено, что почвы, расположенные на склоне юго-восточной экспозиции, в зимний период промерзают на меньшую глубину, чем почвы на склоне северо-западной экспозиции, а переход температуры через ноль осуществляется на неделю раньше и минимальные температуры показывают одинаковые значения. Весной ситуация выравнивается и переход температуры через ноль осуществляется в одни сроки. В летний период почвы на склоне юго-восточной экспозиции прогреваются сильнее и на более длительный срок, чем на склоне северо-западной экспозиции. Выявлено, что в почвах на глубине 20 см на склоне северо-западной экспозиции в зимний период холоднее, чем в почве на склоне юго-восточной экспозиции, а в летний период почва прогревается сильнее и на более длительное время на склоне юго-восточной экспозиции (дополнительную информацию см. <http://savesteppe.org/docs/Simposium-2012.pdf>).

38.3  В Австрийском журнале наук о Земле “*Austrian Journal of Earth Sciences*” опубликована статья под названием «*A scale-oriented approach for the long-term monitoring of ground thermal conditions in permafrost-affected rock faces, Kitzsteinhorn, Hohe Tauern Range, Austria*» (http://www.univie.ac.at/ajes/archive/volume_105_2/hartmeyer_et_al_ajes_105_2.pdf). В ней описывается масштабно-ориентированный подход к долгосрочному мониторингу тепловых режимов скальной породы в зоне вечной мерзлоты в Альпах, разработанный в рамках исследовательского проекта MOREXPRT. Помимо измерения вертикальных температурных профилей термисторами и измерений на средних глубинах методом электротомографии проводился также многоточечный мониторинг поверхностной (глубина 10 см) и околоповерхностной (глубина 80 см) температуры породы с помощью логгеров модификации DS1922L-F5 (<http://www.mn.uio.no/geo/english/research/projects/cryolink/tools/>). Для установки таких регистраторов на местности каждый из них приклеивался особым морозостойким клеем к полиэтиленовым стержням, размещаемым затем в специально пробуренных скважинах. Интервал регистрации для этих регистраторов составлял 3 часа, что соответствует периоду эксплуатации таких логгеров до заполнения памяти в 512 дней. Во избежание попадания воды и влияния потоков воздуха выходные отверстия скважин с логгерами заделывались силиконовым герметиком. Особо отмечено, что выбранный специалистами подход существенно облегчает анализ и экстраполяцию полученных данных, и, в конечном счёте, позволяет получить квазипространственную модель теплового состояния поверхностных и приповерхностных слоёв скальных пород на горных склонах Альп (http://www.wmrs.edu/projects/gloria%20project/pdfs_powerpoints/AGU2007_rock%20glacier%20CM.pdf).



38.4  В документе под названием “*Guide lines for monitoring. GST. Ground surface temperature*”, который свободно доступен с сайта транснационального проекта по мониторингу вечной мерзлоты в Альпах PermaNET (<http://www.permanet-alpinespace.eu/archive/pdf/GST.pdf>), излагаются принципы организации мониторинга температуры поверхности грунта (*Ground Surface Temperature, GST*). Так как подобный мониторинг, как правило, осуществляется в нескольких, достаточно удалённых друг от друга точках, наиболее часто для этой цели используют



автономные миниатюрные регистраторы температуры. Температурные флуктуации в течение периода мониторинга довольно значительны, и акцент делается не столько на абсолютных значениях температуры, сколько на её сезонных изменениях. Поэтому при измерениях является достаточным разрешение 0,1°C или даже 0,5°C, дополнительная калибровка также не нужна, поскольку в большинстве случаев точка перехода через 0°C определяется во время таяния снега. Среди рассматриваемых модификаций логгеров подходящих для такого мониторинга авторы называют и регистраторы iButton модификации DS1922L-F5. По сравнению с прецизионными измерителями, эти недорогие логгеры могут иметь более высокую аддитивную погрешность, что, как показал опыт, несущественно, благодаря возможной калибровке по нулевой точке (0°C) с учётом высокой относительной точности. В заключении авторы рекомендуют использовать для мониторинга температуры поверхности грунта в качестве основных средств логгеры типа UTL (от Geotest AG), а приборы iButton, благодаря их десятикратно меньшей стоимости, задействовать для создания сети дополнительных контрольных точек статистических измерений температуры почвенного покрова на глубине 5...10 см.

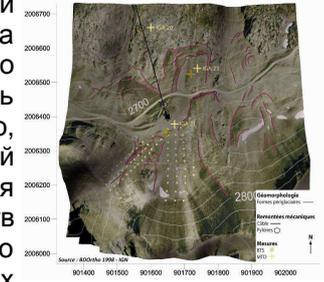


Fig 3. Study site and talus design

38.5



На сайте Лесной службы США (**US Forest Service**) под названием «*Thermal Regimes of Periglacial Talus Landforms; Complex Micro-Climatic Processes in the Sierra Nevada, California*» (http://www.fs.fed.us/psw/cirmount/meetings/mtnclim/2010/talks/pdf/Millar_Poster2010.pdf)

выложен краткий отчёт об изучении тепловых режимов перигляциальных осыпей в Сьерра-Неваде. При проведении этих исследований осуществлялся мониторинг температуры с помощью логгеров iButton, устанавливаемых на осыпях и смежных формах рельефа, как на поверхности, так и на глубине до 1 м, в том числе в местах хранения съестных запасов, организуемых грызунами (*американскими мышухами*). Термологгеры производили тщательную регистрацию с часовыми и 4-часовыми интервалами. Собранные в процессе мониторинга данные показали, что микроклимат в осыпях отличается от условий в других формах рельефа Сьерра-Невады, которые расположены по соседству, и подвержены влиянию вентиляции и внутренней динамики материнской породы почвы. Осыпи позволяют грызунам избегать летально высоких летних температур, фиксируемых на поверхности, в то же время запасы еды располагаются на термически атипичных участках, где зимой температура материнской породы почвы более высокая. Особо отмечено, что зафиксированная логгерами iButton информация о тепловых режимах в осыпях почвенных слоёв имеет ключевое значение для оценки состояния термочувствительных видов и популяций, обитающих в почвенных слоях в условиях будущего глобального потепления.

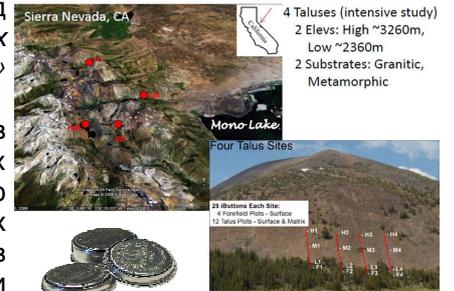
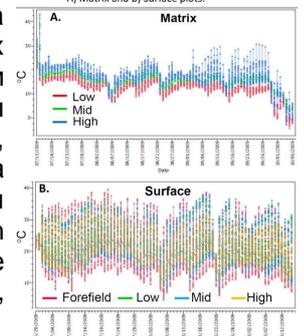


Fig 4. Daily temperatures at Green Cr (low elev) talus; A) Matrix and B) Surface plots.

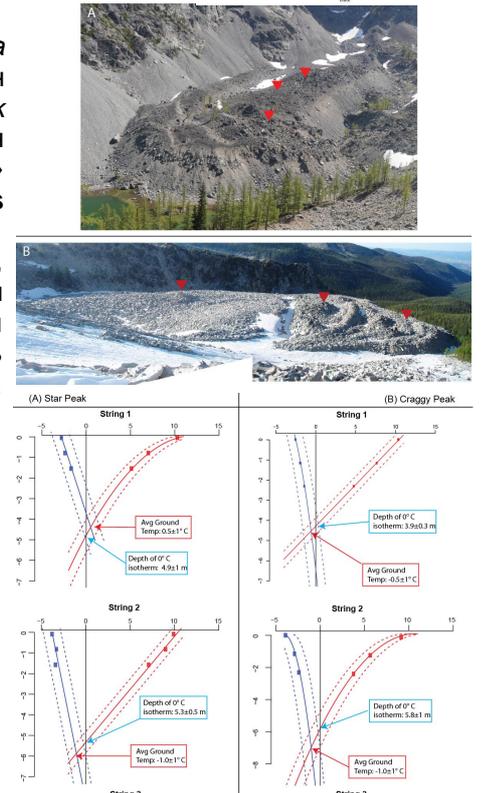


38.6



На странице факультета Геологии Университета Западного Вашингтона (**Western Washington University**) размещён доклад с заголовком «*Thermal Conditions and Movement of Rock Glaciers in the North Cascades, Washington*». Он целиком посвящён изучению тепловых режимов и исследованию движения «каменных» ледников в горном массиве **North Cascades** (http://geology.wvu.edu/dept/thesistable/theses/2012_Goshorn-Maroney_J_FINAL.pdf).

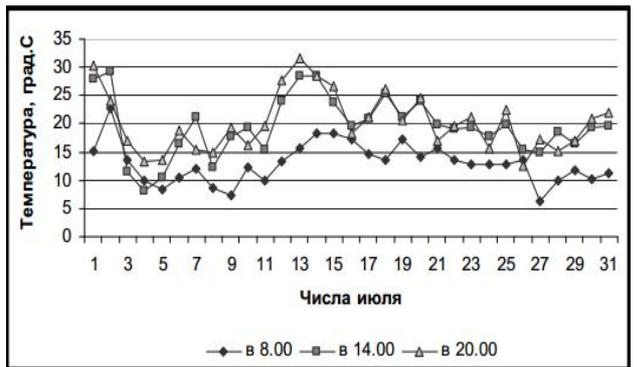
Подобные образования представляют собой ледовые потоки, покрытые слоем обломков породы. Во время исследований для мониторинга температуры двух ледников использовались логгеры модификации DS1921G-F5, располагаемые в трёх точках вдоль направления протяжённости ледников на поверхности породы и на различных глубинах до 2 – 3 м. Приборы осуществляли измерения с интервалами 1 ч (летом) и 4 ч (зимой). В целях защиты логгеров от проникновения влаги они упаковывались в герметичные латексные презервативы или в zip-пакеты. Чтобы на показания поверхностных регистраторов не влияли прямые солнечные лучи, логгеры устанавливались с северной стороны крупных обломков породы. Глубинные регистраторы закреплялись на нейлоновой верёвке и опускались в расщелины между камнями. Данные осуществлённого мониторинга использовались для построения вертикальных температурных профилей,



определения средней температуры породы и глубины пролегания изотерм. Анализ полученных результатов позволил выявить роль различных процессов и механизмов, влияющих на температуру породы и температуру воздуха (нагнетание воздуха ветром, естественная конвекция и пр.) и обуславливающих образование горной вечной мерзлоты.

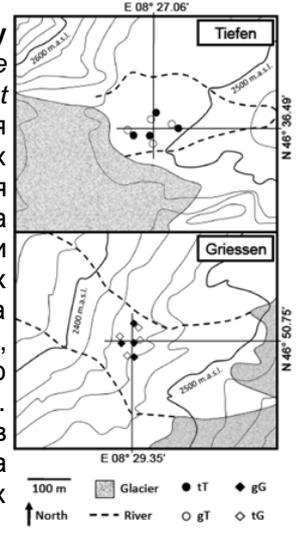
- 38.7  Работа «Исследование температурного режима почвы на гари Балгазынского бора» сотрудника ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет» (г. Красноярск) А.Ф. Гайдукова (http://www.sibstu.kts.ru/files/nau/zs/2012/molod_uch_t1.pdf) посвящена исследованию последствий пирогенного воздействия на почву в ходе лесных пожаров, связанному с изменением её температурного режима, который во многом определяет ход почвообразовательных и лесовозобновительных процессов. Отмечено, что согласно данным Красноярской базы авиационной охраны лесов, только в Средней Сибири ежегодно выгорает до 118 тыс. га лесной площади, а в экстремальные пожароопасные сезоны еще в 2-3 раза больше. Вследствие этого пожары рассматриваются как мощный и активно действующий фактор, оказывающий сложное и многоплановое влияние на формирование почвенного покрова лесных биогеоценозов.

Негативные изменения режима пирогенного воздействия на почву, в том числе крайне высокие температуры поверхности почвы и ее верхних минеральных слоев требуют тщательной оценки постпирогенных изменений температурного режима почвы в условиях Балгазынского бора Республики Тыва. В качестве объекта исследования была выбрана свежая гарь, пройденная в мае 2011 г. низовым беглым пожаром средней силы, а контролем служил не затронутый им участок чистого соснового насаждения. Для изучения их температурного режима в начале июля 2011 г. на гари были установлены автономные температурные логгеры



«Термохрон», которые в течение месяца регистрировали температуру почвы на глубине 20 см. Поскольку именно на такой глубине температура почвы характеризует тепловое состояние всего корнеобитаемого я. Проведенные исследования выявили определенные негативные изменения в температурном режиме почвы гари, которые могут соответствующим образом отразиться на ходе лесовозобновления.

- 38.8  В журнале **Applied and Environmental Microbiology** Американского общества микробиологии опубликован доклад “*Field-Scale Transplantation Experiment To Investigate Structures of Soil Bacterial Communities at Pioneering Sites*” (<http://aem.asm.org/content/77/23/8241.full>). В нём описывается исследование влияния условий окружающей среды на структуру почвенных бактериальных сообществ с помощью метода трансплантации (переноса). Для этого на горных склонах в Швейцарии, в зоне ледников, были выбраны два участка с различными типами грунта, производился перенос образцов почвы между этими участками, и затем в течение долгого периода контролировались их географические и физико-химические параметры. Для полевого мониторинга температуры в ёмкостях с образцами использовались термолггеры iButton, которые устанавливались в почве на глубинах до 5 см, где эти полностью автономные логгеры регистрировали температуру с 8-часовыми интервалами. Полученные результаты показали, что сезонные климатические изменения в целом оказывают более сильный эффект на бактериальные сообщества, чем сама трансплантация. Однако, бактерии, населяющие почвы в данных ландшафтных зонах, в состоянии динамично реагировать на изменения окружающей среды.



- 38.9  Специализированный Интернет-ресурс «**Все о земледелии**» (<http://polyera.ru/>), содержащий множество интересных материалов по почвоведению и земледелию, который ранее имел другое название «**Почва и земледелие**» (<http://commodoreusa.ru/>), и уже упоминался в сообщении №32.23 в связи с размещением на нём статьи под названием “*Использование программируемых микро-термодатчиков «Thermochron»*” о применении в почвоведении логгеров iButton (сейчас доступ к этой статье возможен по адресу <http://polyera.ru/gazovaya-faza-pochvy/1857-ispolzovanie-programmiruemyh-mikro-termodatчиков-thermochron-chast-1.html>), опубликовал два новых документа, посвящённых использованию логгеров ТЕРМОХРОН при исследовании почвы:

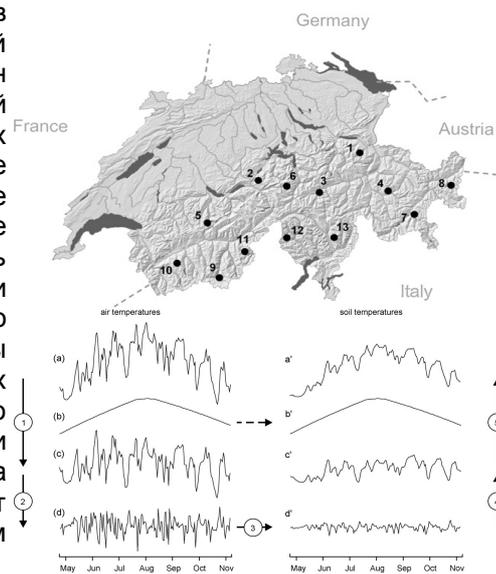
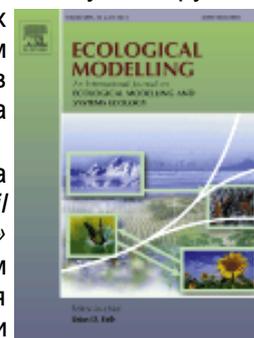
1. Так в статье под названием «*Взаимодействие газов и паров с жидкой фазой (часть 1)*» (<http://polyera.ru/gazovaya-faza-pochvy/1978-vzaimodeystvie-gazov-i-parov-s-zhidkoy-fazoy-chast-1.html>) в связи количественным описанием газообразных компонентов почвенной физической системы, с учетом взаимодействия между газовой и жидкой фазами, отмечено, что среди новых средств исследования относительной влажности воздуха и ее динамики удобны программируемые термодатчики «Термохрон». Поскольку они позволяют проводить скрытый мониторинг температуры, а по последним разработкам - и собственно относительной влажности воздуха в объектах окружающей среды с частотой измерений до 1 раза в секунду и объемом запоминаемых данных до 2000 - 4000 отдельных результатов измерений.

2. А в статье с названием «Транспорт газообразных веществ (часть 4)» (<http://polyera.ru/gazovaya-faza-pochv/1915-transport-gazoobraznyh-veschestv-chast-5.html>) отмечено, что с целью оценки потоков на границе почвы с атмосферой, основанной на комбинации известных в метеорологии и физике почв зависимостей [см. Смагин А.В. «Газовая фаза почв» (<http://www.twirpx.com/file/548262/>)], необходимо экспериментальное определение радиационного баланса (R) и так называемого отношения Боуэна ($P=H/LE$). Последнее легко найти, если на расстоянии от поверхности (Δz) измерены разности температур (AT) и относительных влажностей воздуха (A(RH)). С этой целью удобно использовать программируемые электронные датчики «Термохрон», последней версии, которые способны с высокой точностью определять, как температуру, так и относительную влажность окружающей среды.

38.10 **GeoTex** Барнаульские компании ООО "Геотех" и Центр Точного Земледелия «Гелиос», осуществляющие научно-практическое сопровождение и оказывающее специализированные услуги в области практического земледелия, включая: агрономический консалтинг, почвенное электросканирование, агрохимическое обследование, протравливание семян, обработку посевов, обучение и проведение семинаров, формирование и ведение базы данных хозяйства, также осуществляют поставку различного измерительного оборудования для точного земледелия, в том числе необходимых агрономам инструментов (http://www.geo-technology.ru/products_solutions/?SECTION_ID=18). Среди широкого спектра поставляемых измерительных устройств особо выделяется продукция, относящаяся к особому классу измерительных устройств, объединённых термином *DataLoggers*, т.е. безбумажные средства сбора и накопления измерительной информации. Отмечено, что в Сибири наиболее широкий ассортимент таких измерительных средств предлагает именно ООО "Геотех". Среди них недорогие устройства ТЕРМОХРОН (http://www.geo-technology.ru/products_solutions/?SECTION_ID=18&ELEMENT_ID=54), которые получили сегодня заслуженное всеобщее и повсеместное признание. Множество государственных служб и крупных коммерческих структур по всему миру сертифицировали их в качестве штатных регистраторов для производства, хранения и транспортировки продукции, в том числе, в рамках известной системы контроля качества HACCP. Эффективны они и в сельском хозяйстве, например, для осуществления долгосрочного мониторинга температуры почвенного слоя.



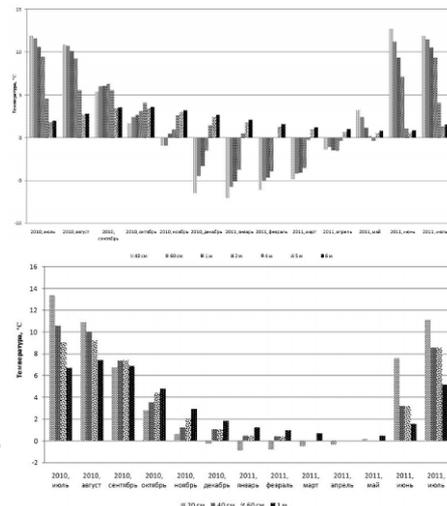
38.11 В журнале **Экологическое моделирование** (*Ecological Modelling*) опубликована статья с заголовком «Evaluating thermal treeline indicators based on air and soil temperature using an air-to-soil temperature transfer model» (http://wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann/papers/EcolModel_Gehrig_2008.pdf). В описанном исследовании проводилась оценка тепловых индикаторов границы произрастания лесов в Швейцарских Альпах с использованием разработанной специально модели теплопередачи воздух-почва. Для разработки и проверки модели использовались данные калиброванных измерений температуры воздуха и корневой зоны, проведённые на девяти различных участках. Температурные измерения осуществлялись с помощью автономных устройств ТЕРМОХРОН модификации DS1921L-F52 в количестве 400 штук. Приборы регистрировали температуру раз в 3 часа на протяжении 2 лет. Дважды в год накопленные приборами данные загружались в карманный компьютер. На каждое выбранное дерево, с северной его стороны, устанавливалось по два логгера ТЕРМОХРОН, один закапывался в корневой зоне на глубине 10 см, а второй закреплялся в кроне на высоте 2 м. При анализе данных мониторинга вычислялись среднесуточные и среднесезонные значения температур, фиксировались дни с температурами выше 0°C и +5°C. Оценивалась пригодность этих величин в качестве индикаторов границы произрастания лесов, а также сравнивались значения, полученные с использованием модели теплопередачи, и измеренными значениями. Результаты показали, что среднесуточные температуры воздуха могут быть использованы для точного прогнозирования соответствующих среднесуточных температур почвы в корневой зоне в течение всего вегетационного периода без использования дополнительных параметров. Среди рассматриваемых индикаторов среднесезонная температура корневой зоны показала наименьший разброс независимо от длины исследуемых периодов и наилучшим образом характеризует положение границы лесов.



38.12  +  В разделе «Науки о земле» **Вестника тюменского государственного университета** опубликована статья Коркина С.Е. под названием «Мониторинговые исследования температуры пород для получения фоновых показателей территории природного парка «Сибирские увалы»» (<http://www.utmn.ru/docs/7381.pdf>), в которой описана методика мониторинга тенденций состояния природно-территориальных комплексов в слое с годовыми колебаниями температур горных пород территории природного парка «Сибирские Увалы» (<http://sib-park.wix.com/sib-park>).

Целью проводимых исследований является мониторинг тенденций состояния мерзлых и талых грунтов на основе современной приборной базы, обеспечивающей высокую точность, массовость и возможность отслеживания тенденций в различных природно-территориальных комплексах территории природного парка. Особенно важно отслеживать температурную тенденцию в зоне распространения островной и высокотемпературной мерзлоты, которая является индикатором чувствительности. Полученные результаты входят в базу данных фоновых температурных показателей верхней части слоя годовых теплооборотов, на основе которой можно строить точные прогнозы изменений и впоследствии использовать эти данные в проектообеспечивающих работах. Для исполнения мониторинга грунтов использовались специально пробуренные термоскважины глубиной от 20 см до 6 м на, дне которых размещались одноканальные терморегистраторы (DS1921G-F5 с диапазоном регистрируемых температур от -40°C до +85°C с чувствительностью 0,5°C, или DS1921Z-F5 с диапазоном регистрируемых температур от -5°C до +26°C с чувствительностью 0,125°C). В статье приведено детальное описание схемы и порядка исполняемых измерений, а также наглядно отображены полученные результаты мониторинга.

Дополнительная информация об этих исследованиях приведена по следующим ссылкам: http://www.uspermafrost.org/icop-proceedings/TICOP_Vol_5.pdf, <http://research-journal.org/wp-content/uploads/2013/06/5-12-3.pdf>, http://nggu.ru/materialyikonf/1016/Ekologo-biologicheskie%20problemi%20Sibiri_1244_2011.pdf.



- 38.13  Теперь технология с использованием марки **micro-T temperature loggers**, созданная знаменитой канадской компанией **NexSens Technology** (<http://www.nexsens.com/>), на базе регистраторов iButton (см. сообщение №30.19), и продвигаемая в настоящее время американским интегратором **Fondriest Environmental, Inc.** (<http://www.fondriest.com/>), представлена в особом разделе каталога «Soil Temperature» (<http://www.fondriest.com/parameter/soil/soil-temperature.htm>). Т. о. логгеры температуры iButton рекомендуются профессионалами рынка поставок оборудования для экологического мониторинга окружающей среды именно для регистрации температуры почвы. В качестве конкретных примеров подобных приложений, наглядно демонстрирующих применение технологии micro-T для фиксации температуры в почвенных слоях при проведении самых различных исследований, предлагается ряд статей, подготовленных ведущими специалистами кампании, и опубликованных в особых бюллетенях по применению оборудования и решений, предлагаемых компанией **Fondriest Environmental**, см. например по ссылкам http://fondriest.com/pdf/2013_em_fall.pdf и http://fondriest.com/pdf/2013_em_summer.pdf, а также материал по ссылке <http://www.fondriest.com/news/colorado-researchers-believe-debris-increases-snowmelt.htm>. Кроме того, доступно также множество статей по использованию логгеров micro-T для контроля температуры грунта, опубликованных непосредственно на ресурсах конкретных пользователей этой технологии, например: <http://mds.marshall.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1402&context=etd>, <http://umaine.edu/nsfaresearch/category/news/environment/>, <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:463351/FULLTEXT02> и т.д.



- 38.14  Примечательно, что базовые учебные пособия по дисциплинам, как непосредственно связанным с почвоведением, так и примыкающим к этой специализации, позиционируют регистраторы ТЕРМОХРОН в качестве эффективных инструментов для мониторинга почвы.



К примеру, учебное пособие к полевой практике для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению – почвоведение «**ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ**», рекомендованное

Учебно-методическим советом по почвоведению при УМО по классическому университетскому образованию для направления высшего профессионального образования 021900 «Почвоведение», отмечает, что для круглогодичного слежения за температурой почв, оптимальны термодатчики «ТЕРМОХРОН» (http://fhe.vlsu.ru/files/biologia/Polevyje_issledovanija_svoistv_pochv.pdf). Преимущество применения такого вида приборов заключается в том, что наблюдения можно проводить непрерывно в течение долгого времени и без участия в этом процессе человека. Кроме того, при использовании для фиксации температурного режима почвы и её тепловых свойств регистраторов ТЕРМОХРОН нет необходимости следить за тем, чтобы во время проведения измерений измеритель находился в состоянии термодинамического равновесия с почвой, а также плотно соприкасался с почвой без воздушных зазоров.



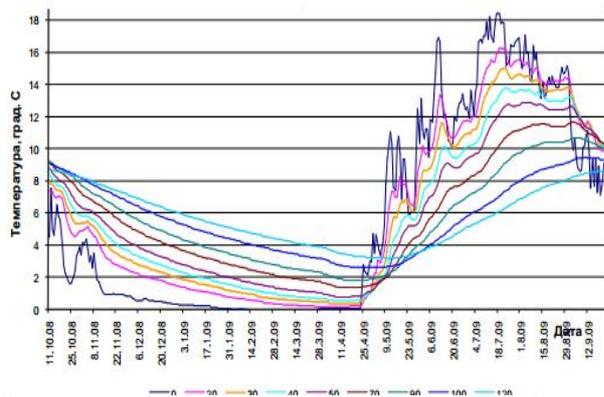
А раздел «**Автоматизированный мониторинг температуры почвы и пограничных сред с помощью программируемых датчиков**» из практического пособия для бакалавров КубГАУ «**ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**» допущенного Министерством сельского хозяйства Российской Федерации для высших учебных заведений по специальности 020801.65 «Экология» и направлению 020800.62 «Экология и природопользование» (см. http://mizna.ru/docs/4/3683/conv_1/file1.pdf и <http://window.edu.ru/resource/570/79570>) отмечает, что температура является базовым физическим свойством почвы, определяющим как абиотические процессы агрегатного состояния, реакционной способности веществ, их транспорта, так и биохимические процессы жизнедеятельности, биологической активности и продуктивности живых компонентов экосистемы.



Поскольку этот показатель является одним из наиболее динамичных, экологу желательно иметь непрерывную информацию о его изменениях в суточных, сезонных, годовых циклах, что вполне осуществимо посредством программируемых мини-сенсоров DS1921/DS1922 и DS1923, отличающихся высокой эффективностью и экономичностью в получении информации. С их помощью возможно проведение мониторинга температуры и относительной влажности почвенного покрова окружающей среды с высокой точностью и оперативностью при небольшой стоимости оборудования. В отличие от традиционных технологий контроля, требующих постоянного или периодического присутствия на опытных площадках наблюдателя, данная разработка позволяет осуществлять мониторинг полностью автоматически без каких-либо коммуникаций со стационарной базой.

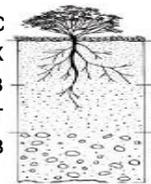


Методические рекомендации «Торфяные ресурсы и торфопользование», написанные в рамках учебной программы по специальности торфопользование для студентов биолого-химического факультета Томского Государственного Педагогического Университета, рекомендуют применение датчиков Thermochron iButton™ с корпоративным обозначением DS1921 при тщательном долгосрочном мониторинге температуры торфяных залежей (см. <http://cok.opredelim.com/docs/300/index-7299.html?page=13> или http://torf.tspu.ru/files/Polevie_raboty.pdf). При этом датчики устанавливаются на деревянной штанге в углубления, вырезанные по диаметру корпуса логгера «ТЕРМОХРОН» (датчики, попадающие в слой промерзания, изолируются также от повреждения мерзлотой). Штанга помещается в пробуренную скважину до заданной глубины на определённый период времени (вегетационный период, год и др.).



Динамика температуры в торфяной залежи по данным «Термохрон»

38.15 Ниже представлена подборка ссылок на русскоязычные материалы, связанные с использованием логгеров iButton для организации мониторинга температуры почвы в самых разнообразных направлениях прикладных исследований. Большое число упоминаний устройств ТЕРМОХРОН в связи с получением данных о температуре в почвенном слое показывает большую востребованность и широкую распространённость этих инструментальных средств именно для подобных приложений.



№ п/п	Наименование информационного материала: статьи, доклада, презентации и т.д., содержащего упоминание об использовании логгеров iButton	Ссылка на ресурс, содержащий этот информационный материал: статью, доклад, презентацию, автореферат и т.д.	Используемая система измерения и/или логгер iButton	Назначение используемого логгера iButton
1.	«Исследования температурного режима эмбриозёмов на отвалах Каптанского угольного разреза» И.С. Сёмина, В.А. Андроханов В.А. (ИПА).	http://www.giab-online.ru/files/Data/2010/5/Semina_5_2010.pdf	Термохрон-Ресибл, DS1921G-F5	Измерение температурного режима почвенного покрова эмбриозёмов на глубинах 10-20 см
2.	«Влияние способов мульчирования почвы на урожайность арбуза при выращивании в условиях республики Беларусь» А.В. Ботько, РУП «Институт овощеводства», Республика Беларусь	http://www.baa.by/upload/smu/mii-01.pdf	DS1921G-F5	Отслеживание температуры почвы опытного агроучастка на глубине 10 см.
3.	«Особенности почвообразования на техногенных ландшафтах южного Кузбасса» Е.В. Владимиров, КузГПА, Естественно-географический факультет	http://kk.convdocs.org/docs/index-138615.html?page=4 http://do.gendocs.ru/docs/index-67882.html?page=3 http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2010/18.doc	DS1921G-F5	Фиксация температуры почв породы отвалов угольных разрезов на глубине 20-25 см
4.	«Гидротермические условия и органическое вещество почв геосистем контакта степи и тайги» И.Б. Воробьева, ИГ им. В.Б.Сочавы СО РАН	http://oren-icn.ru/index.php/enzoren/stepene/142-sim2012/1744-2012-05-15-15-09-43	DS1921G-F5	Регистрация температуры почвы во времени (в течение года) на глубине 20 см.
5.	«Температурный режим почвы на территории заказника "Караканский"» Бочаров Д.А., КемГУ	http://issc.nsu.ru/upload/issc13/07%20Biology.pdf	DS1921G-F5	Мониторинг температуры почвы на глубине 15 см.
6.	«Динамика летних температур почвы 2011 и 2012 годов в естественных насаждениях липы сибирской на территории липового острова» О. А. Куприянов КемГУ, Кузбасский ботанический сад ИЭЧ СО РАН	http://issc.nsu.ru/upload/issc13/07%20Biology.pdf	DS1921G-F5	Постоянный мониторинг температуры почвы на глубине 15 см.
7.	«Геоморфологические исследования на территории Даурского заповедника», ИГ им. В.Б.Сочавы СО РАН	http://daurzapoved.com/index.php/ru/index.php/ru/novosti/nauka/315-geomorfologicheskie-issledovaniya-na-territorii-daurskogo-zapovednika	Комплекс iBDLR, DS1922L-F5	Наблюдения за изменением температуры почвы на разной глубине

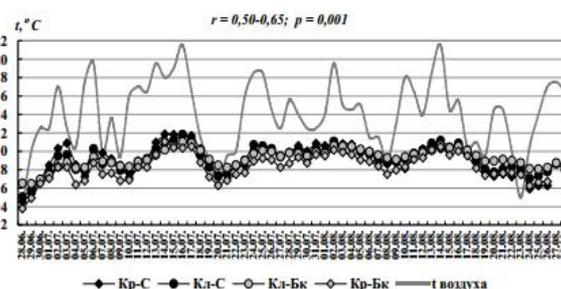
8.	«Гидротермический и окислительно-восстановительный режим торфяных почв» Смирнов О.Н., Инишев Н.Г., Царегородцев Д.Б., Томский ГПУ	http://resources.krc.karelia.ru/forestry/doc/kniga_3_pochvy_2012.pdf	DS1921G-F5	Изучение окислительно-восстановительного режима торфяной залежи на глубинах 2...5 м
9.	«Изменение температурного режима дерново-подзолистой почвы под влиянием декоративного органического мульчирования», Сидорова М.А., Чернова А.Д., МГУ	http://resources.krc.karelia.ru/forestry/doc/kniga_3_pochvy_2012.pdf	DS1921G-F5	Измерение температуры почвы на глубинах 3 см, 5 см, 10 см
10.	«Сохранение и рациональное использование природных ресурсов Кузбасса в восстановлении нарушенных земель» Семина И.С., СибГИУ	http://in-nature.ru/wp-content/uploads/2010/02/ebookpart4.pdf	Термохрон-Ресибл, DS1921G-F5	Измерение температурного режима эмбриозёмов на глубине 20-50 см
11.	«Физическое состояние почвоподобных тонкодисперсных систем на примере буровых шламов», А. В. Смагин, И. Н. Кольцов, И. Л. Пепелов, А. В. Кириченко, Н. Б. Садовникова, Р. Р. Кинжаев, Фак. почвоведения МГУ	http://www.iemt.ru/sites/default/files/12.pdf	DS1923-F5	Оценка удельной поверхности тонкодисперсных буровых отходов в виде донных отложений по уравнению Брунауэра-Эммета-Теллера
12.	«Оценка факторов, определяющих морфометрическую структуру популяций <i>carabus odoratus barguzinicus shil</i> , 1996 (<i>carabidae, coleoptera</i>), в высотном градиенте баргузинского хребта», Т.Л. Ананина, Р.А. Суходольская, БГУ	http://www.bsru.ru/content/pages2/1069/Biolog_pechat_2_1_1_doc.pdf	DS1921G-F5	Фиксация температуры почвенных горизонтов на глубине 5 см и 10 см
13.	«Растительность и мониторинг экологических условий сплавинных карстовых болот в тульской области» Институт лесоведения РАН	http://monitoring.basnet.by/pdf/razdel3.pdf	Комплекс TCR, DS1921G-F5	Изменение температуры в торфяной залежи (глубина 30 см и 50 см), и на глубине 8 м в торфе
14.	«Полевые исследования и прогноз поведения фунгицида метрафенона в почвах и почвенных конструкциях в целях оценки его экологического риска», Г.В. Тавлуй, Фак. почвоведения МГУ	http://soil.spbu.ru/files/MDH2013.pdf	DS1923-F5	Наблюдения за температурой и влажностью искусственных почвенных конструкций на глубине до 30 см
15.	«Температурный и водный режимы специализированных почвенных конструкций для газонных покрытий», М.М. Сусленкова, Фак. почвоведения МГУ	http://soil.spbu.ru/files/MDH2013.pdf	DS1921G-F5	Съемка температуры почвы на разных глубинах 6 см...18 см
16.	«Особенности произрастания липы в Сибири» Куприянов О.А., КемГУ	http://www.rusnauka.com/10_DN_2012/Ecologia/6_102537.doc.htm	DS1921G-F5	Температура почвы и наземного слоя изучалась на глубинах 0, 15, 30 см,
17.	«Микроклиматические условия зимовки мелких млекопитающих в южной тайге Среднего Урала», Бердюгин К. И., Давыдова Ю. А. ИЭРИЖ УрО РАН	http://www.iemt.ru/sites/default/files/12.pdf	Комплекс TCR, DS1921G-F5	Температура верхних слоев почвы на глубине 5 см и 10 см
18.	«Влияние температуры воздуха и почвы в четырех регионах Западной Сибири на развитие некоторых лекарственных растений», Ю. В. Загурская [и др.], НГАУ, ИЭЧ СО РАН, Алтайский филиал ЦСБС СО РАН	http://nsau.edu.ru/file/9514/	DS1922L-F5	Изучение температурных колебаний на глубине 5 см
19.	«Влияние погодных условий на продуктивность зверобоя продырявленного и пустырника пятилопастного», Ю. В. Загурская [и др.], НГАУ, ИЭЧ СО РАН	http://nsau.edu.ru/file/9514/	DS1922L-F5	Изучение температурных колебаний на глубине 5 см
20.	«Экологическое состояние почвенных объектов Московского зоопарка», Юркова Н.Е., Юрков А.М., Смагин А.В., ГУК «Московский зоопарк», ФП МГУ	http://magz.elibraries.eu/ul/726/Pochvovedenie_2009_03.pdf	DS1921G-F5	Измерение температуры почвы на глубинах 5 см, 10 см, 20 см
21.	«Научная деятельность сада в 2012 году», Горно-Алтайский ботанический сад	http://www.g-abs.ru/otchof/otchof%202012/otchof%2012.htm	DS1922L-F5	Изучение колебания температур на глубине 5 см
22.	«Опыт проведения инженерно-геокриологического мониторинга на объектах с применением термостабилизации грунтов» Пить В.И., Феклистов В.Н. ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень	http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/KrioorenPec2008.pdf см. сообщение №13.25	Комплекс iBDLR, DS1922L-F5	Температурный мониторинг термоскважин строительных объектов на различных глубинах в условиях вечной мерзлоты

23.	«Физические свойства почв и моделирование гидротермического режима комплексного почвенного покрова владимирского ополья», Трошина О.А., ФП МГУ	http://earthpapers.net/fizicheskie-svoystva-pochv-i-modelirovanie-gidrotermicheskogo-rezhima-kompleksnogo-pochvennogo-pokrova-vladimirskogo-opol	DS1921G-F5	Температурный режим агросерой почвы для глубин 0, 10, 20, 30, 40, 50 и 70 см
-----	--	---	------------	--

38.16  Сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН И.В. Зенкова опубликовала в Вестнике МГУ статью с названием «Летняя динамика температуры в горных почвах заповедника "Пасвик"» (http://vestnik.mstu.edu.ru/v16_4_n54/715_724_zenko.pdf). В ней описана методика и изложены результаты исследований летней динамики температуры в почвах горной системы природного заповедника "Пасвик", расположенного на северо-западе Мурманской области. Показано, как с помощью автоматических регистраторов – ТЕРМОХРОНов получены сравнительные данные по динамике температуры в подстилках таёжного и лесотундрового горно-растительных поясов на склонах встречной экспозиции. Прослежена корреляция летней динамики температуры подстилок и атмосферного воздуха. Определена сумма положительных и активных температур в подстилках за два наиболее тёплых месяца вегетационного сезона – июль и август. Выявлена внутрисуточная динамика температуры горнолесных подстилок в условиях полярного дня. Установлено достоверное влияние факторов высотной поясности и экспозиции горных склонов на различие температурного режима подстилок.

В летний сезон 2012 г. в одноимённых горно-лесных поясах двух гор (таёжном и лесотундровом) на сходных высотах в подстилку на глубину 5 см были заложены автоматические регистраторы температуры – ТЕРМОХРОНЫ серии ТРВ-2 с предельным диапазоном измерений от -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$ (поставщик ООО Инженерные технологии см. http://gigrotermon.ru/imag/shop/product_details/7/flypage.tpl/21.html).

ТЕРМОХРОНЫ фиксировали температуру в подстилках каждые 2 часа (внутрисуточная динамика) на протяжении 60 суток – с конца июня до конца августа (летняя динамика). По 12 измерениям за каждые сутки были рассчитаны среднесуточные значения температуры подстилок. Достоверность различий температурного режима подстилок в разных высотных поясах на склонах разной экспозиции оценена методом дисперсионного анализа, соответствие летней динамики температуры подстилок и воздуха – методом корреляционного анализа.



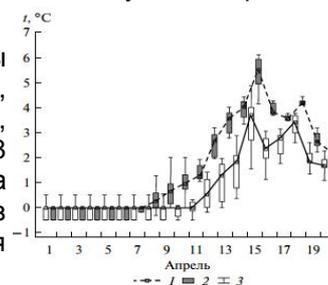
На основе показаний ТЕРМОХРОНов установлены минимальные и максимальные внутрисуточные и среднесуточные значения температуры в подстилках горнолесных поясов; определена сумма положительных и активных температур за два наиболее тёплых месяца вегетационного сезона.

Многолетние наблюдения показали, что в подстилках зональных сосняков на глубине 5 см летний переход среднесуточной температуры через значение $+5^{\circ}\text{C}$ происходил во второй декаде июля (в подстилках горнолесных поясов заповедника зафиксирован ТЕРМОХРОНами раньше – в конце июня). Учёт температуры с помощью программируемых терморегистраторов, впервые применённых в заповеднике "Пасвик", позволил, с одной стороны, выявить достоверные различия в суточной и летней динамике температурного режима горнолесных подстилок в зависимости от факторов высотной поясности и экспозиции горных склонов, с другой стороны, обнаружить различия в сроках и степени прогрева горных почв заповедника и равнинных почв лесной зоны Мурманской области.

Дополнительные материалы, подготовленные автором статьи по этой тематике, доступны по ссылкам http://www.forestsoil.ru/files/Forest_Soil_2013.pdf и http://www.forestsoil.ru/files/3_Биота.pdf.

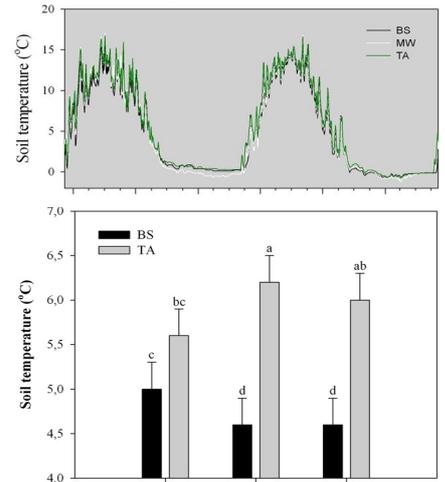
38.17  В разделе ФИЗИКА ПОЧВ журнала РАН «Почвоведение» опубликована статья сотрудников Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова Е. В. Шеина, М. В. Банникова, О. А. Савоськиной, М. А. Мазирова с названием «Температурный режим дерново-подзолистых агропочв на склонах различной крутизны» (http://magz.elibraries.eu/ul/726/Pochvovedenie_2011_02.pdf). Она посвящена исследованию температурного режима почв на глубине 20 см, который может заметно различаться на участках одного склона. Эти различия связаны как с местоположением участка на склоне, так и с его геоморфологическими особенностями, в частности с уклоном поверхности. Почвы верхних крутых участков склона быстрее прогреваются в весенний период, характеризуются более высокими значениями сумм температур выше $+10^{\circ}\text{C}$. Степень этих различий находится в зависимости от погодных условий, и они могут быть причиной неодинаковой продуктивности сельскохозяйственных культур.

Изучение динамики температурного режима в пахотном слое почвы проводилось, на опытных участках РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, расположенных на склонах крутизной 4° и 8° , с помощью датчиков "Термохрон", установленных на глубине 20 см. Всего установлено 36 подобных устройств (18 на склоне крутизной 4° и 18 датчиков на склоне крутизной 8°). В двух точках (на уклонах 4° и 8°) температура с помощью датчиков изучалась послойно через 10 м до глубины 50 см. Это позволило получить картину изменения температурного поля всего склона на протяжении календарного года.

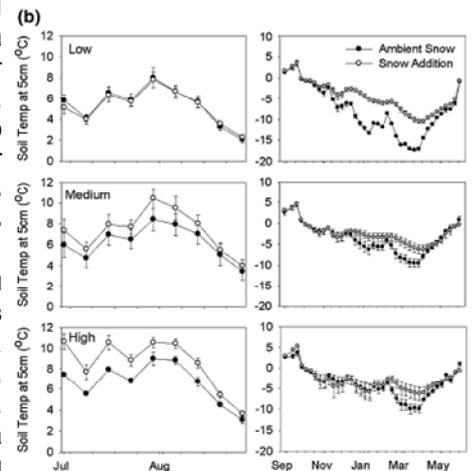


Режимные круглогодичные наблюдения за динамикой температуры почв на склоне показали заметное различие сравниваемых участков по сумме среднесуточных температур почв выше +10°C до глубины 30 см включительно. По этому показателю почвы на более крутом склоне оказались теплее на всех глубинах активного развития корневой системы травянистых растений (0, 10, 20 и 30 см). Практически четверть этих различий сумм температур пришлось на начало вегетации, что сказывается на росте и развитии растений.

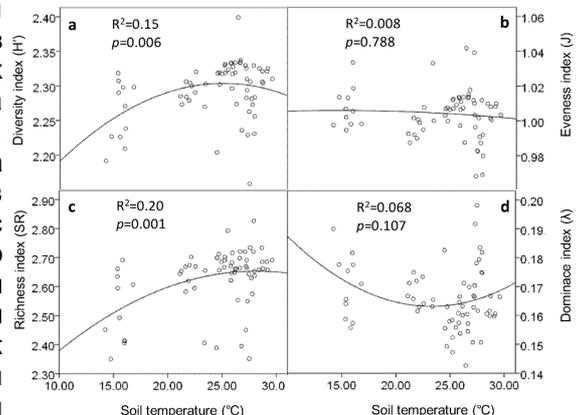
- 38.18 В журнале **Soil Biology & Biochemistry** (*Биология и биохимия почвы*) опубликована статья озаглавленная “*The effect of boreal forest composition on soil respiration is mediated through variations in soil temperature and C quality*” (<http://flash.lakeheadu.ca/~hchen/papers/Laganiere2012.pdf>). Она посвящена изучению влияния видового состава деревьев северных лесов Канады на респирацию почвы (выделение углекислого газа, образующегося при дыхательных процессах организмов). Исследования проводились на восьми участках леса с различным количественным сочетанием ели чёрной и тополя осинообразного. Помимо измерений выхода углекислого газа и содержания влаги в почве, также проводился температурный мониторинг почвы с использованием логгеров iButton модификации DS1921G-F5. Приборы закапывались в грунт на глубину 5 см и регистрировали температуру в течение двух лет с периодичностью раз в 4 часа. Данные, зафиксированные регистраторами, использовались для определения зависимости респирации от температуры, и для оценки годового выхода CO₂ на всех участках. Анализ экспериментальных результатов показал, что от породного состава деревьев в лесу существенно зависят вариации температуры почвы, полное содержание углерода и качество органического вещества (содержание лабильного углерода), а эти три параметра, в свою очередь, оказывают наибольшее влияние на респирацию. Данный вывод имеет большое значение для прогнозирования воздействия изменения климата на запасы и динамику почвенного углерода.



- 38.19 **ECOSYSTEMS** В журнале **Ecosystems** (*Экосистемы*) напечатана статья под названием “*The Effects of Snow, Soil Microenvironment, and Soil Organic Matter Quality on N Availability in Three Alaskan Arctic Plant Communities*” (http://macklab.biology.ufl.edu/files/DeMarco_etal_2011.pdf). В ней описаны проводимые на Аляске исследования по влиянию снежного покрова и свойств почвы на содержание в почве азота. Исследования осуществлялись на территориях с различной растительностью. Во время полевых работ на опытных участках устанавливались специальные ограждения, аккумулирующие снег. Наряду с измерением высоты снежного покрова и глубины оттаивания почвы осуществлялся мониторинг температуры грунта на глубине 5 см посредством регистраторов iButton, которые производили измерения с интервалами от 1 до 3 часов на протяжении года. Используя накопленные логгерами данные, для каждого участка вычислялись средненедельные и среднегодовые температуры. Обработка полученных от логгеров результатов показала, что хотя с ростом высоты снежного покрова увеличиваются и летняя, и зимняя средние температуры грунта, соответствующий рост N-минерализации наблюдается лишь летом. Это объясняется тем, что даже при большом количестве снега температура почвы в зимний период была отрицательной, и активность микроорганизмов была низкой.



- 38.20 **PLOS ONE** В журнале **PLOS ONE** напечатана статья с названием “*Contributions of Understory and/or Overstory Vegetations to Soil Microbial PLFA and Nematode Diversities in Eucalyptus Monocultures*” (<http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0085513>). В описываемом проекте изучалось влияние различных ярусов леса на микробиологический и химический состав почвы. На опытных площадках в эвкалиптовом лесу Южного Китая вырубались в различных комбинациях подлесок и деревья, и на протяжении года собирались образцы почвы для биохимических анализов. Также производился мониторинг температуры почвы на глубинах 2,5 см, 5 см, 10 см посредством логгеров модификации DS1922L-F5, осуществляющих измерения с периодом 2 часа. По результатам эксперимента было установлено, что удаление любого из ярусов растительности приводит к уменьшению биоразнообразия почвы и содержания в ней жирных кислот PLFA. Это происходит, как за счёт изменения состава питательной среды для микроорганизмов, так и за счёт повышения температуры

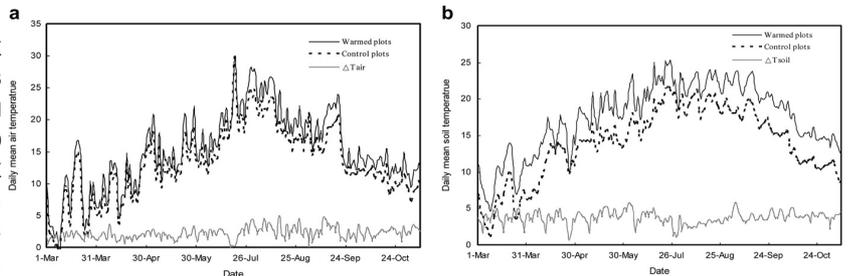


почвы, зафиксированной логгерами. Учитывая общность изучаемой экосистемы для влажных субтропических и тропических регионов, результаты исследования имеют большой потенциал для экстраполяции на большее по масштабам территории лесной растительности.

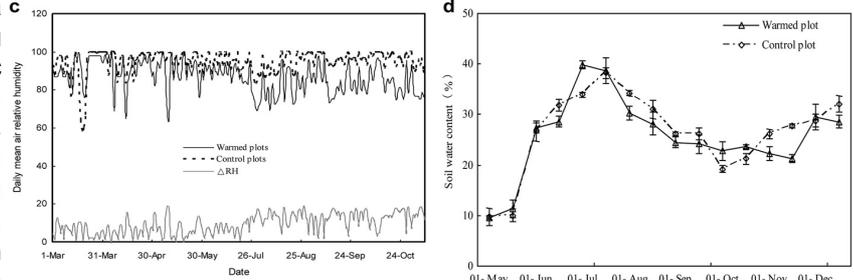
38.21 В журнале **Soil Biology & Biochemistry** (*Биология и биохимия почвы*) опубликована статья озаглавленная “*Effects of experimental warming on soil N transformations of two coniferous species, Eastern Tibetan Plateau, China*” (<http://210.75.237.14/bitstream/351003/23821/1/2012e0094z.pdf>). В ней описывается исследование влияния пород деревьев при изменении климата на трансформации азота в почве. В рамках данного проекта на востоке Тибетского нагорья



формировались опытные участки, куда высаживались саженцы хвойных деревьев двух видов. По ночам в течение нескольких лет производился обогрев участков с помощью инфракрасных нагревателей и их полив. Мониторинг микроклимата осуществлялся посредством логгеров модификации DS1921G-F5,



измерявших температуру воздуха на высоте 20 см от поверхности и температуру почвы на глубине 5 см с интервалом 1 час. После проведения полевых работ анализировались образцы почвы (азотная минерализация) и характеристики корневой системы деревьев. Данные, зафиксированные регистрами iButton



показали, что среднесуточные температуры воздуха и грунта на опытных участках превышали аналогичные контрольные величины соответственно на 2°C и 3,7°C. Установленные в эксперименте различия в циклах превращения азота в почве для двух видов хвойных деревьев значительно продвинули специалистов в понимании того, как взаимодействие корней, почвы и микроорганизмов влияет на экологические процессы в лесных экосистемах в условиях глобального изменения климата.

38.22  **Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (ИПА СО РАН)** (<http://sibsoil.nsc.ru/>) активно использует регистраторы ТЕРМОХРОН в самых различных направлениях при исследовании почв.

Например, на базе Усть-Каменского противозрозионного стационара Института ведутся многолетние наблюдения за режимом снегоотложения, стоком талых вод, отчуждением ими твердой фазы почвы и выносом химических элементов в жидком и твердом стоке на территории Предсалаирской дренированной равнины.



В 2008...2010 годах в стационаре проводились наблюдения и за температурным режимом чернозёмов с помощью автономных регистраторов температуры ТЕРМОХРОН. В том числе, контролировалась глубина промерзания почв на глубинах от 20 см до 140 см. В конце вегетационного периода 2010 г. регистраторы ТЕРМОХРОН были установлены с целью фиксации температуры профиля почвы и её поверхности. Регистрация производилась через 4 часа в течение всего холодного периода гидрологического года. (см. «Отчет о работе полевых стационаров в 2010 году» (<http://sibsoil.nsc.ru/index.php/2010-10-13-18-09-42/45--2009->))



В 2011 году в стационаре регистраторами ТЕРМОХРОН было зафиксировано, что чернозём выщелоченный разной степени эродированности равномерно промерзал со скоростью 2 см/сут. в первую, вторую и третью декады ноября. А целинный чернозём, выщелоченный начал промерзать лишь в III декаде ноября (скорость промерзания составила 1,5 см/сут.). Глубина промерзания почв за 2011-2012 гидрологический год также отслеживалась регистраторами ТЕРМОХРОН на глубинах 20 см ...180 см. Регистраторы позволили в том числе установить величину скорости оттаивания чернозёмов (2 см/сут ...4 см/сут). А в ноябре 2012 г. регистраторы ТЕРМОХРОН вновь были установлены на чернозёме выщелоченном несмытом (целина), на чернозёме выщелоченном сильносмытом (11-летняя залежь). (см. «Результаты работы научных стационаров ИПА СО РАН в 2012 году» (<http://sibsoil.nsc.ru/index.php/2010-10-13-18-09-42/161--2012->)).

Кроме того, ряд диссертаций, выполненных в лабораториях ИПА СО РАН по тематике связанной с проблемами почвоведения опирается на результаты, полученные с помощью устройств ТЕРМОХРОН. Например:

1. Кандидатская диссертация Шипилова А.М. «Постмелиоративное развитие и почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий лесостепной зоны Кузбасса» описывает способ

исследования теплового режима почв на глубине 10-20 см с использованием универсальной системы температурного мониторинга «ТЕРМОХРОН-РЭЛСИБ» (http://www1.asau.ru/doc/nauka/Autoreferat_Shipilova.docx)

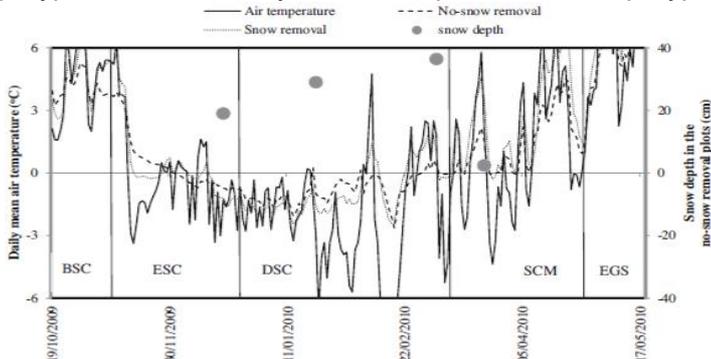
2. Кандидатская диссертация Беланова И.П. «Трансформация почвенно-экологического состояния естественных ландшафтов Кузбасса в условиях техногенеза» содержит данные об изучении амплитуды колебания температуры почвы на глубине 0,2 м автономной системой «ТЕРМОХРОН». Данная величина является основным показателем теплового режима почвы и характеризует т.н. степень *континентальное*TM почвенного климата. На основании полученных данных были рассчитаны среднегодовые температуры и суммы активных температур для каждого участка.

<http://www.referun.com/n/transformatsiya-pochvenno-ekologicheskogo-sostoyaniya-estestvennyh-landshaftov-kuzbassa-v-usloviyah-tehnogenez/>

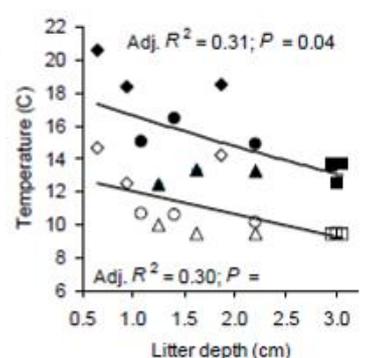
3. Кандидатская диссертация Семиной И. С. «Оценка и рациональное использование природных ресурсов для рекультивации почв в горно-таежной зоне Кузбасса» включает сведения о методах изучения температурного режима при помощи ТЕРМОХРОНов (универсальная система температурного мониторинга «ТЕРМОХРОН-РЕЛСИБ»), которые устанавливались на разных элементах рельефа и в разных типах эмбриоземов.

<http://earthpapers.net/otsenka-i-ratsionalnoe-ispolzovanie-prirodnih-resursov-dlya-rekultivatsii-pochv-v-gorno-taehnoy-zone-kuzbassa>

38.23 В журнале **Applied Soil Ecology** (Прикладная экология почвы) напечатана статья с названием «Snow removal alters soil microbial biomass and enzyme activity in a Tibetan alpine forest» (<http://ief.sicau.edu.cn/management/WebEdit/UploadFile/2014132017170.pdf>). В ней исследуются изменения микробной биомассы и активности ферментов в почве после удаления снежного покрова в зоне альпийских лесов на Тибете. Во время экспериментов на тестовых участках леса проводились измерения параметров микроклимата и биохимических параметров почвы при различных состояниях снежного покрова. Часть участков накрывалась полиэтиленовой плёнкой во избежание аккумуляции снега. Мониторинг температуры воздуха и грунта производился на глубине 15 см логгерами модификации DS1923-F5 в течение нескольких месяцев с интервалом в 1 час. Анализ данных мониторинга показал, что по сравнению с заснеженными территориями на защищённых участках значительно уменьшались средняя и минимальная температуры почвы, а суточные вариации температуры увеличивались. Также на защищённых участках зафиксировано в несколько раз больше циклов замерзания/оттаивания, большая длительность периода замерзания почвы и глубина замерзания. Ассоциируемые с глобальным потеплением перечисленные факторы, приводят, как выявил биохимический анализ образцов почвы, к вымыванию питательных веществ до начала вегетационного периода и к зафиксированному устройствами ТЕРМОХРОН, изменению микробиологической активности, что влияет на экологию лесных систем альпийского типа.



38.24 На сайте проекта **FireScience.gov**, занимающегося исследованиями и подготовкой специалистов в области лесных пожаров опубликована диссертация с названием «Bark Beetle Disturbance And Nitrogen Cycling In Conifer Forests Of Greater Yellowstone». В ней рассматривается влияние повреждений, наносимых жуком-короедом структуре леса, а также микроклимат почвы и циклы превращения азота в хвойных лесах нацпарка Йеллоустоун (http://www.firescience.gov/projects/09-1-06-3/project/09-1-06-3_Griffin_2011_Dissertation_FNL.pdf). Для проведения микроклиматических измерений на территориях, подвергавшихся с разной давностью воздействию короедов, использовались устройства ТЕРМОХРОН. Регистраторы устанавливались в слое лесной подстилки и в почве на глубине 10 см. Также устройства ТЕРМОХРОН, помещённые в пластиковые вентилируемые кожуха, производили мониторинг температуры воздуха. Регистрация всех параметров производилась ежечасно. При обработке данных температурного мониторинга вычислялись среднесуточные и среднесезонные значения температур, а также разности температур почвы и воздуха. Результаты измерений показали, что происходившие вспышки активности вредителей, оказывают сильный и стойкий эффект на микроклимат почвы в течение вегетационного периода. При этом наибольшие изменения (увеличение средних температур почвы и подстилки, т.е. большой диапазон флуктуаций) зафиксированы на территориях, где атака короедов происходила относительно давно – ещё за 30 лет до проводимых исследований.



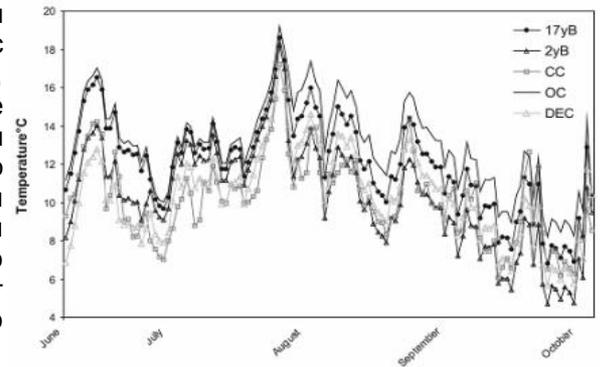
38.25 На сайте **Школы Джексона наук о Земле** (*The Jackson School of Geosciences*), подразделения Университета Техаса в *Остине*, опубликована диссертация под названием «GROUNDWATER – VEGETATION – ATMOSPHERE. INTERACTIONS IN AN INTERTIDAL SALT MARSH» (<http://www.jsu.utexas.edu/moffett/files/Moffett-PhD-Dissertation-FINAL-20100824-Stanford-Repository-Copy.pdf>). В ней исследуются взаимодействия подземных вод, растительности и атмосферы в солончаках приливной зоны. На одном из этапов исследования изучалось влияние кратковременных затоплений на обмен энергией,



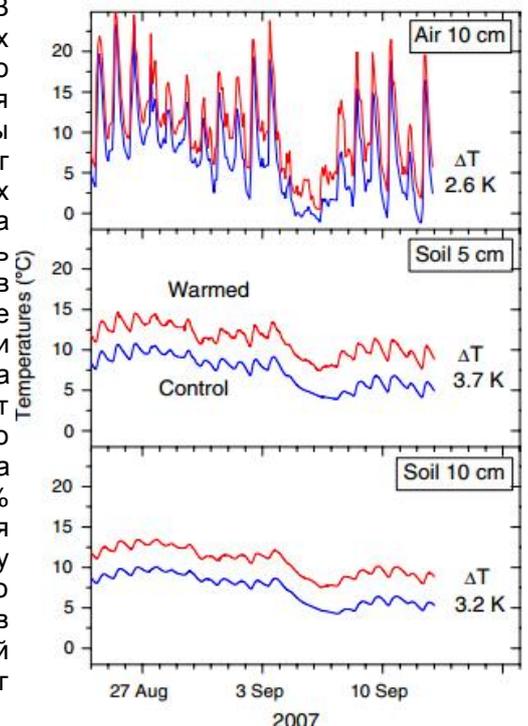
водяным паром и углекислым газом между прибрежной полосой болот и атмосферой. Для вычисления теплового потока почвы использовались данные температурного мониторинга, производимого логгерами iButton модификации DS1922L-F5. Эти приборы регистрировали вертикальные температурные профили почвы в нескольких точках, при этом для получения каждого такого профиля в грунт устанавливались по 8 регистраторов на глубине от 1 см до 50 см. Величина теплового потока почвы, рассчитанная с использованием метода профилей температуры почвы, показала очень большие изменения в начале наводнения. Вероятно, это объясняется недостаточным уплотнением окружающего логгеры материала, допущенным при установке регистраторов. Таким образом, показания логгеров демпфировались за счёт макропор вокруг датчиков, и поэтому такие результаты были непригодны для расчёта теплового потока почвы во время затоплений.



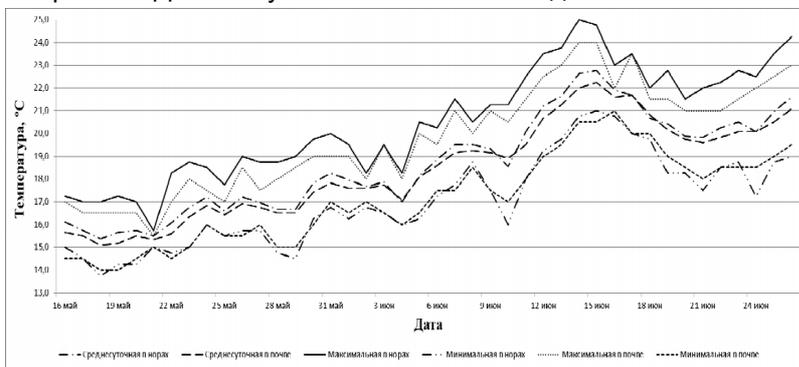
38.26 **UQAM** На сайте **Университета Квебека в Монреале** (*Université du Québec à Montréal*) в отчёт о научном проекте по изучению содержания углерода в почве включена статья, озаглавленная «*Relationships between soil carbon stocks and quality in a boreal landscape, James Bay, Quebec*» (http://declique.uqam.ca/upload/files/Memoires_et_theses/Banville-Lagace_J_2008.pdf). Целью описанного исследования было определить закономерности накопления почвенных запасов углерода для участков северного леса с разными типами растительности. Для оценки гетеротрофной респирации почвы (дыхания организмов) осуществлялся мониторинг температуры грунта посредством регистраторов iButton модификации DS1921Z-F5, закопанных на глубине 10 см и сохраняющих в памяти значения температуры каждый час в течение 4 месяцев. По данным, собранным логгерами, вычислялась среднесуточная температура почвы. Её значения колебались в пределах от +4,3°C до +18,8°C, и интегральный показатель в градусо-днях незначительно различался для разных участков. По результатам исследований сделан вывод, что небольшие изменчивости углеродного качества почвы (доли минерализованного углерода) и скорости изменения респирации помогут упростить моделирование циклов превращения почвенного углерода в данной ландшафтной зоне.



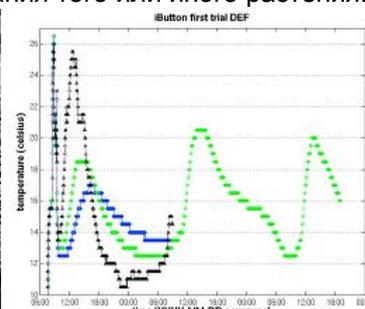
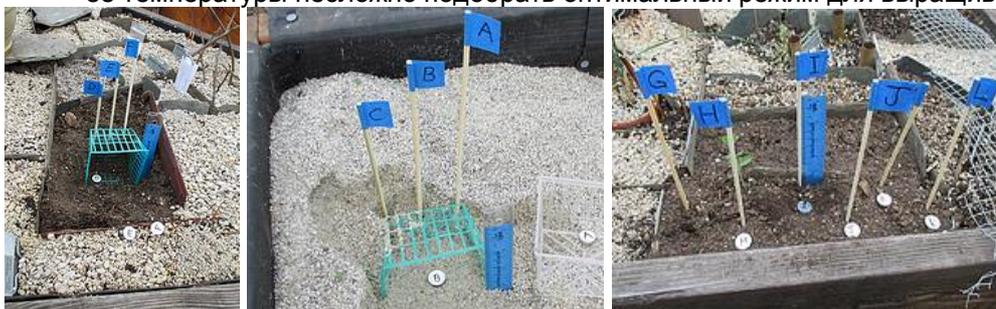
38.27  На сайте известного во всём мире швейцарского федерального **Института изучения снега и лавин** (*WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF*) приведена статья с названием «*Short-term responses of ecosystem carbon fluxes to experimental soil warming at the Swiss alpine treeline*» (http://www.slf.ch/info/mitarbeitende/wipf/download/hagedorn_10_biogeochem_short-term_responses_soil_warming_treeline.pdf). Она посвящена исследованию изменений в циклах превращения почвенного углерода в ответ на экспериментальное потепление грунта в Швейцарских Альпах. В ходе экспериментов на некоторых тестовых участках воздух обогащался углекислым газом, а для подогрева грунта в него устанавливались нагревательные провода. Помимо измерения концентрации CO₂, скорости респирации почвы и величины содержащейся в ней влаги, проводился мониторинг температуры почвы и воздуха на различных глубинах и высотах с помощью логгеров ТЕРМОХРОН модификации DS1922L-F5, а логгеры ГИГРОХРОН модификации DS1923-F5 использовались для регистрации влажности воздуха. Используемые в исследованиях логгеры зафиксировали увеличение температуры почвы на величину 3,2 К и 4,7 К (глубина 3 см и 10 см соответственно) и увеличение температуры воздуха на 0,9 К и 4,3 К (на высоте 20 см и 5 см соответственно). Этот эффект потепления был постоянен в течение всего бесснежного периода и не менялся с погодой. Средняя влажность воздуха почвенного слоя на подогреваемых участках составила 81% против 90% на контрольных. Результаты исследования показали, что нагрев почвы приводит к значительному росту выделения углекислого газа в течение всего вегетационного периода. Сымитированный нагрев почвы на 4 К (возможный в жаркие, засушливые годы) привёл к потерям углерода в данной экосистеме, так как рост растительной массы не смог компенсировать рост разложения почвенной органики.



38.28  Кандидатская диссертация Бухаревой А.О. «Экологические функции норных систем мелких млекопитающих в разных природных зонах европейской территории России» (http://www.ilan.ras.ru/files/BukharevaOA_disser.pdf), выполненная в Институте лесоведения, посвящена выявлению основных экологических функций норных систем мелких млекопитающих в разных природных зонах. В работе изложены исследования процессов возникновения и развития норной системы общественной полёвки, выявлены пространственные и температурные характеристики этой системы. Температурный режим в норах общественных полёвок изучался на одном из молодых поселений на территории Джаныбекского стационара. При этом измерение температуры в норах, на поверхности почвы и в толще почвы на средней глубине ходов проводились с помощью датчиков ТЕРМОХРОН iButton модификации DS1921G-F5. Эти датчики позволяют регистрировать температурные значения, измеренные через определённые, заранее заданные, промежутки времени и сохранять полученную информацию в собственной энергонезависимой памяти. Два датчика крепились в прорезанных углублениях на тонких металлопластиковых трубках таким образом, чтобы принимающая сторона датчика смотрела наружу (материал трубки не влиял на температуру). Датчики закреплялись так, что при установке в почву нижний датчик помещался внутри хода, а верхний – на поверхности почвы. Для получения данных о температуре в незатронутой ходами почвы устанавливалась дополнительная трубка с датчиками, на которой нижний датчик помещался на глубину 20 см (средняя глубина расположения ходов), а второй оставался на поверхности почвы. Перед установкой датчиков тонким и острым металлическим стержнем-щупом с нанесёнными на нём мерными делениями нащупывался ход и определялась глубина его залегания. Трубочка с датчиками помещалась в узкую скважину, пробитую металлическим стержнем. Датчики устанавливались в ход на максимальном расстоянии от норного отверстия. Статистическая обработка температурных данных проводилась в приложении Microsoft Excel. В результате проводимых исследований было установлено, что температурный режим в норах в вегетационный период характеризуется меньшим колебанием температур, чем на поверхности почвы. Такие условия могут являться одним из факторов, привлекающих беспозвоночных и позвоночных животных в норы мелких млекопитающих.



38.29  Использовать устройства ТЕРМОХРОН для мониторинга почв и грунтов, к примеру, с целью создания наиболее благоприятных условий для выращивания тех или иных видов растений даже в собственном саду или огороде легко может каждый. Хорошим примером этого является подборка фотоматериалов и графиков авторизованного пользователя **Gastil**, опубликованная на продвинутом Интернет-поисковике фотоизображений *Flickr Hive Mind* (https://www.flickr.com/photos/gastils_garden/). В неё вошли фото различных участков почв и грунтов (чернозём, кварцевый песок, галька, глина и их различные смеси), предназначенных для посадки растений, с установленными в них логгерами, каждый из которых помечен особой меткой, отражающей на какой глубине будет фиксировать температуру регистратор (глубина заложения 5 см, 10 см и 15 см). Расположенные рядом графики, сфотографированные с экрана компьютера, оснащённого программой поддержки регистраторов iButton, показывают изменение температуры на протяжении нескольких дней (чётко видны дневные и ночные циклы изменения температуры на разных глубинах). Таким образом, меняя состав почвы, за несколько итераций мониторинга её температуры несложно подобрать оптимальный режим для выращивания того или иного растения.



При работе с влажной почвой, регистраторы необходимо защищать от воздействия влаги (и от залива в ходе полива растений). Для этого удобно использовать, например, доступные герметичные Zip-пакеты из толстой плёнки.

Если же климатические условия и текущее время года не позволяют добиться необходимого температурного режима внутри грунта, используют различные системы обогрева (к примеру, различные

лампы и инфракрасные нагреватели). Предложенный здесь вариант мониторинга температуры почвы позволяет выбрать наиболее оптимальный регламент использования таких нагревателей, с целью создания наиболее благоприятной среды почвенного слоя для выращивания конкретных видов растений.



38.30  В докладе «Экспериментальные исследования эффективного коэффициента теплопроводности снежного покрова западного Шпицбергена (Норвегия)» (<http://snowphysics.fegi.ru/abstracts.pdf>) сотрудников **Института географии РАН** Н.И. Осокина, А.В. Сосновского в рамках II Международного симпозиума «Физика, химия и механика снега» отмечено, что теплозащитные свойства снежного покрова определяются его термическим сопротивлением. Термическое сопротивление снежного покрова зависит как от стратиграфии снежного покрова, так и эффективного коэффициента теплопроводности снега. Известные зависимости коэффициента теплопроводности снега дают большой разброс значений при одной плотности снега. Одной из причин этого является зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от структуры снега. Целью представленных в докладе исследований являлось определение коэффициентов температуропроводности и теплопроводности снега разной структуры по данным полевых измерений температурного режима снежного покрова в районе Западного Шпицбергена весной 2013 г. Представлены результаты экспериментальных исследований температурного режима снега разной структуры. Толщина снежного покрова превышала 1 м, и он был сложен из слоёв снега разной структуры. Для измерения температуры снега использовались ТЕРМОХРОНЫ модификации DS1922L-F5 с чувствительностью 0,06°C. Апробация этих датчиков температуры в снежном покрове и грунте, в сравнении с данными метеостанций была выполнена ещё в 2008 году (<http://glac.igras.ru/files/f.2010.12.14.18.45.14..2.doc>). Анализ данных подтвердил успешное применение таких датчиков в зимних условиях. Поэтому регистраторы температуры ТЕРМОХРОН были размещены на расстоянии 5 см друг от друга. В каждом эксперименте запись температуры проводилась, с интервалом в 20 мин. в течение 3-6 часов. Измерения проводились, как в режиме нагревания, так и охлаждения поверхности снега. При искусственном нагревании горизонтальной поверхности естественного снежного покрова исследуемая часть снежного покрова изолировалась от остального массива для предотвращения горизонтального теплового потока. При измерении температурного режима вертикальной стенки шурфа датчики помещались в слой снега выбранной структуры. Расчёт коэффициента температуропроводности проводился на основании полученных от ТЕРМОХРОНов данных с использованием уравнения теплопроводности Фурье для нестационарного одномерного температурного поля. В результате измерений и расчётов были получены более 100 значений коэффициента температуропроводности и теплопроводности снега. Результаты измерений показали, что в режиме охлаждения с ростом температуры снега увеличивается коэффициент теплопроводности, а с ростом температурного градиента значение этого коэффициента уменьшается. В режиме нагревания зависимость обратная – с ростом температуры коэффициент теплопроводности уменьшается. Причём этот эффект проявлялся для снега разной структуры.

