

Гидрометеорологический мониторинг в экосистемах ООПТ Алтае-Саянского экорегиона

Введение.

Мониторинг – это процесс систематического или непрерывного сбора информации о параметрах сложного объекта. В общих чертах, термин «мониторинг» можно заменить словосочетанием «систематические наблюдения». Однако, под мониторингом обычно понимается сбор информации, которая используется в процессе принятия решения, а также, косвенно, для информирования общественности об изменении свойств наблюдаемого объекта. Только лишь сбор информации об объекте, например, с научно-исследовательскими целями, нельзя назвать мониторингом.

Таким образом, под гидрометеорологическим мониторингом следует понимать оперативную систему сбора и первичной обработки информации о состоянии воздуха, водных объектов и ледников через строго определенные временные интервалы, а также ее передачи по каналам связи (теле-радио коммуникации, интернет) и предоставлении в удобном для потребителя виде. В этом смысле, вся работа гидрометслужбы сводится к мониторингу атмосферы и гидросферы, в том случае, если не только ее подразделения, но и органы власти получают информацию о состоянии природной среды, которая используется для принятия тех или иных решений. Рост числа природных и техногенных катастроф в последние годы способствует быстрому развитию систем мониторинга. Так, практически во всех крупных европейских городах осуществляется мониторинг экологического состояния воздуха и водных объектов. Широкое применение нашел спутниковый мониторинг – оперативное слежение за природными явлениями (лесные пожары, распространение загрязняющих веществ в морях и океанах, и т.д.). Использование такого рода систем существенно повышают манёвренность властей, позволяя принимать эффективные решения в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Путь к достижению баланса между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды, который в последнее время чаще называют устойчивым развитием, предполагает активное применение самых разнообразных систем мониторинга природной среды.

Гидрометеорологический мониторинг в экосистемах горных районов занимает особую нишу. Тут следует выделить несколько аспектов. Во-первых, горные районы отличаются высокой концентрацией опасных гидрометеорологических явлений, которые наносят большой экономический ущерб, и самое главное – уносят жизнь людей. В первую очередь это паводки на реках, лавины, сели и оползни. Все эти явления являются следствием погодных явлений, в первую очередь – обильных осадков. Таким образом, оперативные наблюдения за атмосферными осадками, а также за расходом горных рек, таянием ледников, уровнем воды в горных озёрах, и т. д. является необходимыми составляющими мониторинга. Во вторых, оперативные гидрометеорологические наблюдения в таких районах необходимы в качестве источников данных для численных и статистических прогнозов погоды по горным районам. И, наконец, в-третьих, горные экологические регионы нередко являются охраняемыми уникальными природными объектами. Разумеется, природно-охранные мероприятия, а также использование рекреационных ресурсов горных районов, в первую очередь требуют гидрометеорологический мониторинг.

Гидрометеорологические наблюдения в горах имеют свою специфику, отличную от измерений на равнинных территориях и морских акваториях. Целью данного пособия является изложение основных принципов гидрометеорологических наблюдений в горах и описание оборудования, которое можно наиболее эффективно использовать для данной задачи. Также затрагиваются некоторые методы первичной обработки гидрометеорологической информации.

ГЛАВА I Общие принципы гидрометеорологических наблюдений

1.1. Метеорологические наблюдения.

1.1.1. Общие понятия. Метеорологическими наблюдениями называют количественные измерения *метеорологических величин*, а также регистрация атмосферных явлений. Метеорологические наблюдения делятся на контактные и дистанционные. Контактные наблюдения представляют собой помещение приёмной части прибора непосредственно в измеряемую точку воздуха. К ним относится весь комплекс наблюдений на метеорологических станциях, а также аэрологическое, самолётное и ракетное зондирование атмосферы. Дистанционные наблюдения главным образом основаны на методах пассивной и активной локации. Суть методов состоит в том, что приборы принимают или собственное излучение электромагнитных волн, испускаемых объектом (пассивная локация), или отраженные от объекта электромагнитные волны (активная локация). Интенсивность излучения (в случае пассивной локации) или электромагнитного эха (в случае активной локации) переводятся в количественные значения интенсивности явления. К дистанционным наблюдениям относятся все спутниковые измерения, радиолокация, лазерное и акустическое зондирование, грозопеленгация, и т.д.

К метеорологическим величинам относятся атмосферное давление, температура воздуха и характеристики влажности (парциальное давление, массовая доля водяного пара, отношение смеси), скорость и направление ветра, количество осадков, потоки тепла и лучистой энергии, количество облаков и высота их нижней границы, метеорологическая дальность видимости, толщина гололедных или смешанных отложений и изморози. К ним присоединяются величины, непосредственно не отражающие свойства атмосферы или атмосферных процессов, но тесно связанные с ними. Это температура поверхности почвы, высота снежного покрова и продолжительность его залегания, продолжительность солнечного сияния. Помимо обязательного списка метеорологических количественных величин существует еще обязательный список явлений, который также отмечается на любой метеорологической станции Всемирной Метеорологической Организации (ВМО). Это тип облачности, атмосферные явления (туман, метель, гроза, град, шквал, смерч, морось, роса, изморозь, гололёд, туман, пыльная буря, гало, радуга, венец). Каждый из этих элементов выражаются не количественно, а качественно, то есть, по принципу «есть явление», или «нет явления». Некоторых из элементов перечисленного списка также классифицируются по простой шкале интенсивности (слабое явление, умеренное, и сильное). Это относится к туману, граду, мороси, изморози, гололёду, грозе, метели и пыльной буре. Перечисленные выше метеорологические наблюдения осуществляются на наземных метеорологических станциях, и называются наземными метеорологическими наблюдениями. Помимо них существуют аэрологические наблюдения, которые представляют собой измерения основных метеорологических величин (давления, температуры, влажности, скорости и направления ветра) в свободной атмосфере на определенных, строго фиксированных вертикальных уровнях (изобарических поверхностях). Наблюдения над состоянием высоких слоев атмосферы (выше 40 км над уровнем моря) называются аэрономическими. К ним, в первую очередь, относится ракетное зондирование атмосферы.

1.1.2. Метеорологические станции и метеорологическая сеть. Атмосфера – самая подвижная оболочка Земного шара. Если «время обновления» таких объектов, как антарктический ледник составляет тысячелетия, а полный массообмен Мирового океана происходит за сотни лет, то земная атмосфера полностью перемешивается примерно за один месяц. Еще живее планетарный влагооборот: 10 суток. Кроме того, атмосферные процессы, определяющие изменения погоды в конкретном месте, развиваются на больших пространствах. Так, образно говоря, для того, чтобы успешно осуществить прогноз погоды по Алтаю на сутки, необходима информация о погоде на территории от Уральского Хребта до Енисея, и от южного Казахстана до Полярного круга. Прогноз погоды на вторые-третьи сутки расширяет эту область до Гринвича на запад, и до Арктики на север. Если же речь идет о прогнозе на четвертые-пятые сутки, то уже необходима

информация по всему Северному полушарию. Кроме того, метеорологические величины являются начальными и граничными условиями для математических моделей глобальной атмосферы, которые в последние 20-30 лет являются основой прогноза погоды в мировых метеоцентрах. Все эти обстоятельства вынуждают размещать метеорологические и аэрологические станции на огромных расстояниях и, по возможности, на равном удалении друг от друга. В идеале всемирная метеорологическая сеть должна представлять собой ряд станций, равноудаленных друг от друга не более, чем на 100 км – это примерно 55 000 точек наблюдений. В реальности международная сеть ВМО насчитывает около 12 000 метеорологических и аэрологических станций. В России, как и в большинстве других стран мира, исключая небольшие страны, а также так называемые «страны третьего мира» есть своя государственная метеорологическая сеть Росгидрометра, в которую входит около 2 000 станций. Помимо станций Росгидромета существуют метеорологические станции особого назначения, связанные с различными потребностями народного хозяйства и науки. На них, помимо общепринятых наблюдений, обычно измеряются те характеристики, которые необходимы конкретной отрасли. Это агрометеорологические станции, метеорологические станции, обслуживающие транспортные отрасли, курорты, метеорологические станции Военно-промышленного комплекса, Министерства Образования, Академии Наук, и т.д. Эти станции не имеют отношения к ВМО поэтому, как правило, не находятся в «международном обмене информацией». По сути дела, помимо сети Росгидромета, на территории России существуют альтернативные сети ВПК, министерства сельского хозяйства, и т.д. Также, эпизодически для научно-исследовательских или образовательных задач разворачиваются локальные сети из нескольких, как правило, автоматических метеостанций. Так делается, в частности, в научных и учебных экспедициях Московского Государственного Университета.

Важнейшей проблемой любой метеорологической сети является ее пространственная неоднородность. Например, плотность наблюдений на Европейской территории России составляет примерно 1000 станций, а в Западной Сибири, площадь которой примерно такая же, всего 400. Еще хуже дело обстоит с морскими акваториями, пустынями, арктическими и горными районами. В частности, в горах Кавказа существует всего лишь 5 метеорологических станций, в Саяно-Алтайском регионе – 2. Разумеется, такие разрозненные наблюдения не отражают всего многообразия метеорологических процессов, наблюдаемых в этих крайне неоднородных регионах. Именно этим обосновывается необходимость гидрометеорологического мониторинга, в частности, Саяно-Алтайского экорегиона. Вторая важная проблема метеорологических наблюдений – их временная неоднородность. Без длительных и непрерывных рядов наблюдений выводы о климатических особенностях региона и о статистических свойствах климатических величин совершенно бессмысленны. Так, по рекомендациям ВМО, минимальный срок наблюдений, отражающих климат региона, должен составлять 30 лет. Причем, важно чтобы 30-ти летний ряд наблюдения был непрерывным. Кризис 90-ых годов привел к тому, что больше половины метеорологических станций на 10-20 лет прекратили свою работу, постепенно возобновляя ее только в период 2000-2010 гг. Фактически, климатическая однородность рядов для этих станций уже безвозвратно потеряна. Очень важно, чтобы станции не меняли своего местоположения. Перенос станции в другую точку, фактически, обрывает ряд наблюдений, и начинается новый. Такую же роль играют меняющиеся условия вокруг самой станции – появление городской застройки, автомагистралей, теплоцентралей, и т.д. Примерно треть станций ВМО сталкивалась или с проблемой переноса, или с резкими изменениями условий в районе наблюдений.

Во всем мире на наземных метеорологических станциях проводятся синхронные наблюдения в 0:00, 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 ч по единому гринвическому времени. Результаты наблюдений за эти так называемые синоптические сроки немедленно обрабатываются и передаются по системам связи в органы службы погоды. Таким образом, в мировых и региональных метеоцентрах примерно через полчаса после перечисленных сроков появляется полная информация о текущей погоде. Научно-исследовательские или учебные измерения могут выполняться по индивидуальной

программе. Однако, необходимо понимать, что это исключит возможность сопоставления полученных результатов с данными ближайших сетевых станций.

1.1.3. Метеорологические величины, приборы, и их точность. В таблице №1 приведен список метеорологических величин, которые измеряются на любой станции, вне зависимости от её типа, а также точность измерений, установленной ВМО, и прибор, с помощью которого величина измеряется на сети ВМО.

Таблица 1.1. Основные количественные метеорологические величины, их точность, и приборы, с помощью которых они измеряются.

Метеорологическая величина	Единица измерений	Точность измерений	Метеорологические приборы ¹
Атмосферное давление	1 гПа (100 Па)	0.1 гПа	Ртутный барометр, барометр aneroid ²
Температура воздуха	° С (градус Цельсия)	0.1 ° С	Ртутные термометры
Парциальное давление водяного пара	1 гПа (100 Па)	0.1 гПа	Станционный психрометр ³
Относительная влажность	%	1%	Гигрометр ⁴
Скорость ветра на уровне 10 м	м/с	0.5 м/с	Анеморумбометр
Скорость ветра на уровне 2 м	м/с	0.1 м/с	Анемометр
Направление ветра на уровне 10 м	Градус азимута	1 °	Анеморумбометр
Количество осадков	мм водного эквивалента	0.2 мм	Осадкомер Третьякова ⁵
Интенсивность осадков	мм/час	0.2 мм	Плювиограф
Температура почвы ⁶	° С (градус Цельсия)	0.1 ° С	Ртутные термометры
Высота снежного покрова	см (сантиметры)	0.5 см	Снегомерная рейка
Плотность снежного покрова	кг/м ³	0.1	Плотномер
Составляющие радиационного баланса	Вт/м ²	1 Вт/м ²	Актинометрическая установка ⁷
Составляющие теплового баланса	Вт/м ²	1 Вт/м ²	Не измеряются ⁸

Примечания ¹ метеорологических приборов, точность которых соответствует стандартам ВМО, разработано великое множество. Однако, само по себе понятие «метеорологическая сеть» предполагает наличие именно единообразных приборов. Это требование часто нарушается. Например, в СССР на сети станций использовался анеморумбометр М-63, в то время, как далеко не во всех зарубежных странах скорость и направление ветра измерялись и, тем более, измеряются в настоящее время этим же прибором. Тоже самое относится к aneroidам, актинометрическим приборам, ртутным термометрам и т.д. Это естественно – в каждой развитой стране производятся свои метеорологические приборы, несколько отличающиеся между собой в эксплуатации, имеющие свои особенности чувствительности, приспособления, и т. д. Поэтому полного единообразия приборов на всех станциях сети ВМО, конечно, нет. Но главное – это неукоснительное выполнение требования точности измерений, установленного ВМО. Если эти требования соблюдаются, то метеорологические измерения следует считать точными. Таким образом, в таблице указан просто класс приборов, без выделения какого-либо конкретного варианта.

² Самым точным прибором для измерения атмосферного давления является ртутный барометр. Барометр анероид, как правило, используется в полевых метеорологических наблюдениях.

³ Стандартная программа метеорологических наблюдений не предполагает прямых измерения характеристик влажности воздуха. Она вычисляется по измеренным значениям сухого и смоченного термометров, с использованием так называемых психрометрических таблиц. Они основаны на решении уравнения Клаузиуса-Клайперона, которое устанавливает однозначную аналитическую связь между температурой воздуха и парциальным давлением содержащегося в нём водяного пара. Однако, современные автоматические метеостанции оснащены датчиками, непосредственно измеряющими характеристики влажности.

⁴ Измерения относительной влажности воздуха с помощью гигрометра носят вспомогательный характер. Относительная влажность, как и другие характеристики влагосодержания приземного воздуха, определяется из психрометрических таблиц по значениям сухого и смоченного термометра, то есть по станционному психрометру.

⁵ Имеется в виду осадкомерное ведро с ветровой защитой Третьякова, принятой на сети ВМО в 1965 г. Ветровая защита Третьякова важна, в основном, при измерении твёрдых осадков. Однако, точность измерения снега даже при её наличии все равно низка – 5-10%.

⁶ Наблюдения за температурой почвы включают в себя измерения срочной, максимальной и минимальной температур на поверхности, измерения на глубине 5,10,15,20 см с помощью коленчатых термометров Савинова, а также измерения на глубинах 40, 80, 120 и 160 сантиметров с помощью глубинно-вытяжных термометров.

⁷ Актинометрическая установка включает приборы для измерения коротковолновой приходящей и отраженной солнечной радиации (актинометр, пиранометр), а также прибор для измерения приходящего и уходящего потоков длинноволновой радиации (балансометр). Как было сказано в ¹, на станциях приборы могут быть разными. Главное – это выполнение единой схемы наблюдений и требований точности.

⁸ Стандартная программа метеорологических наблюдений не предполагает измерений составляющих потоков тепла и влаги. Однако, в последние 10-15 лет появились автоматические пульсационные датчики, позволяющие измерять турбулентные потоки в явном виде.

Как отмечалось выше, помимо количественных измерений, в метеорологии многие величины оцениваются качественно. Точность этих величин уже во многом зависит от квалификации и состояния наблюдателя, и является достаточно субъективной. К таким явлениям относятся метеорологическая дальность видимости, балл и тип облаков, интенсивность явлений погоды, оптические явления, и т.д. Следует отметить, что, несмотря на некоторый субъективизм этой части метеорологических наблюдений, прибора, более точного и совершенного, чем сам наблюдатель пока что не создано. Именно поэтому, даже в условиях автоматизации метеорологических измерений, которая в последние годы 10-15 лет идет быстрыми темпами, наличие наблюдателей на метеостанциях ВМО пока что является обязательным.

1.1.4. Организация стандартной метеорологической площадки. Метеорологическую площадку располагают так, чтобы ее наблюдения характеризовали метеорологические условия возможно более обширного района и были показательны для данного района. Независимо от характера окружающей местности участок для метеоплощадки должен быть ровным, открытым, удаленным от строений, деревьев и других препятствий на расстояние не менее 10-кратной их высоты и не ближе чем в 100 м от больших водоемов. В то же время следует избегать чрезмерно открытых мест, где возможны завывания скорости ветра. Нельзя размещать метеорологическую площадку вблизи глубоких оврагов, обрывов и других резких изломов рельефа. Стандартная метеорологическая площадка имеет размеры 26х26 м и ориентируется так, чтобы ее стороны были направлены с севера на юг и с востока на запад. Если объем наблюдений небольшой, размер площадки может быть уменьшен до 20х16 м, при этом длинная сторона

прямоугольника направляется с севера на юг. Приборы и оборудование размещают так, чтобы они не влияли на показания соседних установок (не было затенения приборов, нарушения обмена воздуха). Поэтому на площадке приборы и оборудование устанавливают обычно в четыре линии с севера на юг примерно в шахматном порядке на расстоянии не менее 5 м друг от друга. Площадку ограждают хорошо продуваемой оградой из проволоки или проволочной сетки. Нельзя применять штакетные ограды, способствующие накоплению снега и препятствующие свободному обмену воздуха. Вход устанавливается с северной стороны. Чтобы не нарушать естественного состояния поверхности площадки, для подхода к приборам прокладывают выпуклые дорожки шириной 40 см. К почвенным термометрам дорожки должны вести с севера, к гелиографу - с юга, к другим установкам - с тем расчетом, чтобы наблюдения производились с наименьшей затратой времени на переходы. За метеорологической площадкой должен осуществляться периодический уход. Психрометрические будки, ограду, столбы, подставки для приборов для уменьшения нагревания солнечными лучами следует покрасить белой краской. Покров метеорологической площадки должен по возможности поддерживаться в естественном состоянии. Нельзя допускать разрастания травяного покрова выше 20 см. Не следует нарушать естественное состояние снежного покрова, но в случае образования сугробов их необходимо удалять.

Все метеорологические измерения выполняются под открытым небом. Исключение составляет атмосферное давление, которое измеряется в помещении (в здании метеостанции). Дело в том, что разница давления между помещением и открытым воздухом ничтожно мала.

Температура воздуха по сухому и смоченному термометру, а также влажность по гигрометру измеряется **на уровне 2 метра** над поверхностью в специальной метеорологической будке. Метеорологическая будка необходима для того, чтобы защитить термометры от попадания на их приёмные части солнечных лучей. Чтобы минимизировать нагревание будки за счёт поглощения коротковолновой радиации ее принято выкрашивать в белый цвет. Стенки будки представляют собой жалюзи, для того, чтобы обеспечить воздухообмен внутри ёмкости.

Скорость и направление ветра измеряется **на высоте 10 метров**. Атмосферные осадки – **на уровне 2 метра** с обязательным применением защиты Третьякова. Высота снежного покрова по специальной снегомерной рейке с точность 0.1 см. Составляющие радиационного баланса измеряются на специальной актинометрической установке (см. выше) над естественной поверхностью **на высоте 1 метр**. Для измерения потока рассеянной солнечной радиации применяется затенение.

Если речь идет о специальных наблюдениях, направленных на оценку составляющих теплового баланса, то организуют так называемые градиентные наблюдения. Устанавливается специальная градиентная мачта, на которой приборы принято размещать на высотах 0.25, 0.5, 1 и 2 метра. И если к точности аспирационных психрометров требования такие же – 0.1 ° С, то к анемометрам Фуса требования точности уже более высокие – 0.1 м/с.

1.1.5. Особенности метеорологических наблюдений в горных районах.

Гидрометеорологические наблюдения в горах входят в систему глобальной сети ВМО и преследуют те же цели – оперативное обеспечение многочисленных отраслей экономики а также общественности текущей информацией о погоде, а также обеспечение данными технологии прогноза погоды. Поэтому, как и равнинные метеостанции, многие горные состоят в международном обмене. Однако, когда речь идет об организации научно-исследовательского или прикладного мониторинга, то, как правило, он преследует следующие дополнительные цели.

- Оценки изменений климата в соответствующем горном регионе. Для этого необходимо создать долговременную (не менее 10ти лет) систему непрерывных наблюдений на репрезентативных участках горных ландшафтах. Такого рода наблюдения не требуют большой временной дискретности – достаточны сроки, рекомендованные ВМО (один раз в 3 часа). Перечень наблюдаемых величин в

обязательном порядке должен содержать атмосферное давление, температуру воздуха, парциальное давление водяного пара (или абсолютную влажность), суточную сумму осадков, скорость и направление ветра. Перечисленные величины являются основными характеристиками климата. Если мониторинг преследует более тонкие задачи (например, выявление связей между изменениями климата и растительности), то необходимы также измерения составляющих радиационного баланса, а также температуры и влажности почвы на различных глубинах.

- Изучение теплового баланса горных ледников. В этом случае метеорологические станции устанавливаются на относительно однородных, субгоризонтальных ледовых и моренных поверхностях. Для того, чтобы оценить теплообмен ледника с атмосферой помимо полного перечня метеорологических и актинометрических величин, необходимы градиентные наблюдения. Они могут представлять собой автоматизированные измерения температуры и влажности воздуха как минимум на двух (а желательно на четырех) уровнях над земной поверхностью (0.25, 0.5, 1, 2 м), а также скорости ветра на этих же уровнях. Другой, современный вариант градиентных наблюдений – измерения самих турбулентных потоков тепла и влаги над поверхностью льда и морены с помощью пульсационных датчиков (или акустических анемометров). Временная дискретность таких наблюдений, в идеале, должна составлять 15 минут (не менее 1 часа).
- Обеспечение мониторинга лавин, селей и паводковых явлений на реках. Для этой задачи необходим очень ограниченный перечень измерений: температура воздуха, сумма жидких осадков (для селей) и прирост снега по снегомерной рейке (для лавин), температура на нескольких уровнях снежного покрова (для лавин), и грунта (для селей), уровень воды в реках и селеопасных озерах. Мониторинг разворачивается в области потенциального зарождения этих явлений. Существуют эмпирические монограммы, которые связывают температуру и сумму осадков с вероятностью возникновения лавин и селей в горных районах. Поэтому критические значения этих величин являются явным сигналом для штормового предупреждения. В связи с этим дискретность наблюдений должна быть не менее 1 часа для температуры и 6 часов для осадков (или прироста снега). Важнейшее условие таких наблюдений – передача данных посредством радиосвязи на посты МЧС, в региональное управление Гидрометеослужбы, и т.д.
- Изучение статистической структуры полей гидрометеорологических величин. Это чисто научная задача, направленная на развитие горной метеорологии и усовершенствования качества прогноза погоды в районах со сложным рельефом. Она требует организации густой метеорологической сети в районе, который отражает условия соответствующего горного региона. Измерения организуются в различных горных ландшафтах, на склонах разной экспозиции и в горных долинах, причем расстояние между метеорологическими станциями не должно превышать 5 км (по горизонтальному проложению) и 500 м по вертикали. Набор наблюдаемых величин зависит от поставленной задачи. Как правило, осуществляются измерения температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, суммы осадков. К этому списку основных наблюдений могут прибавляться измерения температуры почвы на различных глубинах, влажности почвы, характеристик радиационного баланса, и т.д.

Специфика метеорологических наблюдений в горных районах связана с большой неоднородностью природных условий по сравнению с равнинными территориями. Поскольку источником энергии приземной атмосферы является подстилающая поверхность, неоднородность природных условий приводит к существенным вариациям радиационного баланса, тепло и влагообмена, а следовательно, температуры, характеристик влажности, и других (практически всех) метеорологических величин.

Метеорологическая площадка и прилегающая территория должна целиком находиться в пределах однородной подстилающей поверхности. Эта поверхность должна быть субгоризонтальной – метеорологические наблюдения на крутых склонах (более 15 °), над

ущельями, в узких щелях и долинах (менее 100 м), или на гребнях морен не имеют физического смысла. Дело в том, что в условиях сильно пересеченного рельефа невозможно добиться правильных условий измерения метеорологических величин, что делает их нерепрезентативными. Большая часть наблюдения в горах проводится в широких горных долинах. Реже наблюдения выполняются на широких перевалах, и совсем редко – на плоских вершинах, или выположенных участках горных склонов. Обеспечение работы полноценной метеостанции со штатом наблюдателей в горных районах является трудоёмкой и дорогостоящей задачей. Поэтому в горах использование автоматических метеостанций имеет большой смысл.

Как было уже отмечено выше, часто метеорологические наблюдения в горах организуются для задач детального микроклиматического описания соответствующих ландшафтов, с целью изучения тонких особенностей атмосферной циркуляции, теплового баланса различных элементов ландшафтов, в том числе, ледников, и т.д. Все эти задачи предполагают использование не одной, а нескольких станций. При организации метеорологических наблюдений в горах необходимо учитывать всю сложность статистических свойств метеорологических полей в условиях сильно пересеченного рельефа. Эти свойства, безусловно, учитываются не только в горах – при организации сети наблюдений, а также при реализации задачи интерполяции величин в узлы регулярной сетки, необходимо понимание того, насколько пространственно зависима статистическая связь между наблюдениями в точках станций. В общих чертах, очевидно, что чем больше расстояние между точками наблюдения, тем в меньшей степени ряды метеовеличин в этих точках будут коррелировать между собой. Простейшей, и вместе с тем, основной статистической характеристикой полей метеовеличин является так называемая нормированная корреляционная функция. Она представляет собой коэффициент корреляции между точками наблюдений. Допустим, что существует несколько точек измерений. Тогда для каждой из них вычисляется парный коэффициент корреляции. Например, для первой точки наблюдений корреляционный коэффициент вычисляется между первой и второй, первой и третьей; для второй – между второй и первой, второй и третьей, и т.д.). В этом случае, для каждой из точек наблюдений получится зависимость коэффициента корреляции от расстояния.

Нормированная корреляционная функция, естественно, убывает с ростом расстояния между точками наблюдений. Величина расстояния, дальше которого связь между величинами становится статистически незначимой, называется радиусом корреляции. Внутри радиуса корреляции можно считать, что точка наблюдений описывает соответствующую область.

Проблема заключается в том, что для каждой метеорологической величины характерно собственное значение радиуса корреляции. Так, для срочного значения температуры и характеристик влагосодержания на Западно-Сибирской равнине радиус корреляции равен 150 км, для атмосферного давления – 300 км, для полусуточной суммы осадков 50 км. Это означает, что точки идеальной сети наблюдений за температурой должны быть расположены на расстоянии не более 150 км друг от друга, осадков – 50 км, и т. д. Если при организации метеорологической сети опираться на самые статистически неоднородные величины (осадки, скорость и направление ветра, облачность), то окажется, что расстояние между элементами сети на равнинах не должны превышать 50 км. В горах эта величина на порядок меньше (порядка 5ти км). Правда, ситуация меняется при увеличении масштабов временного осреднения. Для среднемесячных значений радиусы корреляции существенно увеличиваются, достигая на равнинной территории для приземной температуры воздуха 300 км, для осадков и скорости ветра – 100 км. Еще больше радиус для годовых значений: температура – 500 км, осадки – 250 км.

Метеорологическое поле называется изотропным, если значения пространственной корреляции между точками наблюдений не зависит от направления. То есть, изокорреляты каждой из точек представляют собой концентрические окружности. В реальности, на равнинных территориях они, как правило, имеют эллиптическую форму, вытянутую по направлению ветра. Ветер переносит атмосферные свойства, поэтому, связь

между величинами по направлению преобладающего потока сохраняется, естественно, дольше.

Если на равнинах пространственные свойства корреляционных функций главным образом определяются направлением преобладающего ветра, то в горах дело обстоит сложнее. Метеорологические поля в горных условиях отличаются значительно анизотропностью. Так, в пределах одной долины, в которой, например, действует горно-долинная или фёновая циркуляция, радиус корреляции метеовеличин может достигать 10-20 км, в то время, как корреляция с точкой, расположенной в соседней долине, расстояние до которой составляет 3 км, может практически отсутствовать. Важную роль играют преобладающие погодные условия. Например, в перуанских Андах или в горах Кунь-Лунь, где преобладает сухая и малооблачная погода, главным фактором, определяющим изменчивость температуры, помимо местных циркуляционных факторов, является суточный ход. Поэтому точки, расположенные на расстоянии даже 100 км друг от друга в отдельных случаях могут хорошо коррелировать. Метеорологические условия Альп, Кавказа или Алтая совсем другие – они отличаются большой погодной и сезонной изменчивостью. А значит, расстояние между точками наблюдений должны быть минимальными.

Опыт метеорологических наблюдений в горах показывает, что расстояния между точками наблюдений должны не превышать 20 км горизонтального проложения в том случае, если наблюдения проводятся в крупной горной долине, и 1000 метров вертикального превышения, если наблюдения проводятся на склоне хребта или горы. Размещать метеорологические станции следует в пределах какого-то одного крупного природно-территориального комплекса – например, макросклон хребта, или крупная горная долина. Наблюдения в горном районе должно включать несколько таких объектов. Требования к организации метеорологической площадки сохраняются такими же, как и для равнинных наблюдений. Еще раз отметим, что наблюдения на наклонных поверхностях, на границах элементов ландшафтов (берег озера, кромка ледника, и т.д.), на сильно неоднородной подстилающей поверхности (крупнообломочный материал) не имеют физического смысла.

1.2. Гидрологические наблюдения

1.2.1. Общие понятия. Гидрологические работы включают широкий круг наблюдений, измерений и исследований, связанный с изучением гидрологического и гидравлического режимов рек. В полный перечень гидрологических работ входят:

- водомерные наблюдения,
- наблюдения за уклонами водной поверхности,
- измерения расходов воды и определение зависимости между расходами и уровнями,
- измерение расходов и определение стока взвешенных и донных наносов,
- измерение скоростей и направлений течений,
- определение коэффициентов шероховатости,
- измерение температуры поверхности и на различных глубинах,
- оценка ледового режима и явлений
- русломерные измерения
- измерения волнения
- измерения прозрачности воды и оценка её цвета
- гидрохимические измерения
- гидробиологические измерения и наблюдения

Помимо этого перечня отдельно выделяют еще несколько видов работ. Например, комплекс гидрологических наблюдений при строительстве крупных гидроузлов при перекрытии русел, наблюдения на водохранилищах и озёр, имеющих свою специфику, и т.д. Из приведенного выше списка часть гидрологических работ принято относить к основным. Это водомерные измерения и наблюдения за уклонами водной поверхности, а также измерения расходов воды и наносов. Эти работы проводятся на государственной

гидрологической сети и при всех видах изысканий на реках. Остальные из перечисленных работ чаще всего относятся к специальным и выполняются только в том случае, если изыскания этого требуют. Как правило, полный комплекс гидрологических исследований проводится для удовлетворения потребностей ряда отраслей, среди которых в первую очередь следует отметить – гидроэнергетическое строительство, водный транспорт, лесная промышленность (лесосплав), водные мелиорации, водоснабжение, строительство мостов и переходов коммуникаций, рыбное хозяйство, проекты защиты территорий от наводнений, природно-охранные проекты, рекреация

Основные гидрологические наблюдения проводятся на постах Государственной гидрологической сети и поступают в региональные и государственные органы гидрометслужбы. Остальные виды наблюдений, которые выполняются в основном по заказу перечисленных выше отраслей хозяйства, передаются в оперативном режиме только в исключительных ситуациях. Например, в случае химического загрязнения водного объекта соответствующие посты могут оперативно передавать данные о концентрациях химических веществ в воде.

Основные гидрологические измерения и их обработка проводятся по единой методике, рекомендованной наставлениями и методическими указаниями гидрометеорологической службы, с использованием стандартных гидрологических приборов со строго определенной точностью. Как и в случае с метеонаблюдениями, это необходимо для сопоставимости результатов измерений. Основные гидрологические наблюдения должны быть систематическими.

1.2.2. Гидрологические посты. Основные гидрологические наблюдения.

Гидрологические наблюдения выполняются в определенной последовательности и, как и в случае с метеонаблюдениями, в определенное время. Как уже отмечалось, к обязательным наблюдениям относятся измерения уровня воды, определение уклона водной поверхности, а также расхода воды и речных наносов. Программу каждого гидрологического поста составляют в зависимости от реальной потребности в тех или иных гидрологических данных, при этом руководствуются типовыми программами наблюдений на гидрологических постах I, II и III разряда. Так, если намечается проводить только водомерные наблюдения, то организуют гидрологический пост III разряда. Если помимо водомерных измерений осуществляются наблюдения за уклоном воды, а также определяются расходы воды и наносов, то соответствующий пост относится ко II разряду. Если в программу наблюдений, помимо основных, входят дополнительные систематические измерения, то организуется пост I разряда.

Наблюдения за уровнем воды. Для наблюдений за уровнем воды посты устанавливают в точках, где режим уровней может иметь характерные особенности, например, в местах изменения уклона, резких изменений ширины русла и долины. Кроме того, посты устанавливаются ниже впадения крупных притоков, а также на самих притоках. При устройстве постов руководствуются общими правилами их установки. Каждый пост должен иметь два репера, основной и контрольный, а также водомерные устройства того или иного типа. Основной репер привязывают двойным нивелирным ходом IV класса к государственной геодезической сети. Водомерные устройства делают в виде свай (свайный пост) или рек (речный пост). Наблюдения ведут за уровнем два раза в сутки – в 8:00 и 20:00 по местному времени. При резких изменениях уровня во время половодья или паводка ведут учащенные измерения. На реках с резкими суточными колебаниями уровня рекомендуют устанавливать самописцы уровня. Результаты наблюдений за уровнем воды представляют в виде графика, который составляют для годового цикла.

Определение уклонов водной поверхности. Определение уклона водной поверхности выполняется с помощью геодезического нивелирования. Вообще говоря, установке гидрологического поста всегда предшествует большой комплекс геодезических работ, направленный на точное измерение параметров русла реки и её долины в районе поста. Определение уклона водной поверхности выполняется систематически - в период паводка и половодья ежедневно, в период межени – ежемесячно. На уровне водной поверхности вбиваются уровненные колья. Разница высот между кольями, измеряемая с помощью

стандартного нивелира и дает значение угла уклона. Систематические наблюдения за уклоном водной поверхности производят для уточнения зависимости между расходами и уровнями воды.

Определение расхода воды. Систематические измерения расходов воды на гидрологических постах служат для определения объемов стока воды, для анализа внутригодового распределения стока, определения максимальных и минимальных расходов, а также в рамках мониторинга крупных рек с целью предупреждения об опасных гидрологических явлениях. Определение расходов на гидрологических постах выполняются таким образом, чтобы их результаты охватили весь спектр колебаний уровней. Это необходимо для построения кривой расходов и последующего вычисления стока воды. При установлении частоты и сроков измерения расходов придерживаются следующих рекомендаций Гидрометеослужбы. В весеннее половодье расход измеряется через равные интервалы уровней 4-5 раз в сутки на подъеме уровня и 7-8 раз на спаде. В устойчивую межень делают одно измерение в сутки, а во время дождевых паводков – два измерения за сутки. При устойчивом и длительном ледоставе расход воды измеряется один раз в 2 недели. Четких временных сроков измерения расходов воды не существует. Строго говоря, меряются не расходы воды, а скорости течения, которые затем умножаются на площадь сечения русла, которая, в свою очередь, получается по результатам промеров дна и геодезической съемки параметров русла и долины. На гидрологических постах расходы воды измеряются несколькими способами

1. Измерение расхода гидрометрической вертушкой. До сих пор на гидрологических постах бывшего СССР используется гидрометрическая вертушка ГР-21М. Она имеет лопастной винт диаметров 120 мм, обладающий хорошими компонентными свойствами. Вертушка крепится на штангу и на трос с грузом. Измерения скоростей осуществляются на разных глубинах для того, чтобы оценить среднюю скорость течения, а также в разных точках русла.

2. Измерение расхода с помощью поверхностных поплавков. Этот метод применяется при рекогносцировочных работах на реках, а также в периоды ледохода и шугохода, когда измерения вертушкой или затруднены, или даже недопустимы по правилам техники безопасности. Суть метода в определении средней скорости течения по нескольким поплавкам. Поплавки должны быть пенопластовыми. Следует отметить, что точность поплавокных измерений расхода намного ниже, чем измерения с помощью вертушки.

3. Измерение расхода способом смещения. Этот метод используется на бурных реках, и основан на определении скорости перемешивания раствора-индикатора (как правило, поваренной соли) с помощью измерения электропроводности.

Также используются дистанционные методы измерения расхода (аэрометоды, спутниковые, и т.д.), на которых в рамках данного пособия мы останавливаться не будем.

Несколько слов о гидрологической сети России. Она, как и метеорологическая сеть, является важнейшей составляющей гидрометеослужбы. На территории России в настоящее время около 1000 гидрологических постов всех трех классов. Общие проблемы сети те же, что и в случае с метеорологическими наблюдениями (п.1.1.) – пространственно-временная неоднородность наблюдений. На территории России до сих пор существует огромное количество рек, гидрологический режим которых не изучен. Следует, правда, отметить, что нерегулярность гидрологической сети является не столь большой проблемой, как нерегулярность сети метеорологической. Дело в том, что, во-первых, результаты гидрологических наблюдений не являются начальными и граничными условиями для задачи прогноза погоды. В прогнозе паводков, половодья, а также уровня водохранилищ эти данные тоже, как правило, тоже используются для валидации и оценки результатов прогноза, а не в качестве начальных. То есть смысл гидрологических измерений – это, во-первых, мониторинг рек с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций, во вторых – с целью накопления длиннорядных наблюдений, которые позволят построить точные кривые расходов, усовершенствовать статистические методы прогнозов, и т.д. Кроме того, гидрологические процессы, в основном, определяются атмосферными, и успех гидрологического прогноза напрямую зависит от успеха среднесрочного прогноза

погоды. Еще один упрощающий фактор – большая предсказуемость гидрологических процессов по сравнению с атмосферными. По этой причине один из самых мощных методов гидрологических оценок и прогнозов – это метод аналогов.

Температура. Важнейшей гидрологической характеристикой является температура воды. В реках температура обычно измеряется два раза в сутки. Особенно важны измерения температуры водохранилищ и озёр, поскольку от термического режима напрямую зависят биологические и химические процессы в водоемах. В горно-ледниковых озерах температурный режим важен с точки зрения селевой опасности. Температура воды обычно измеряется два раза в сутки, на поверхности воды и на нескольких глубинах (0.25, 0.5, 1, 2, 3 м). Число вертикальных уровней определяется глубиной водоема. Глубже уровня 10 метров измерения обычно проводятся через 2 м, а глубже 25 – через 5 м.

1.2.3. Основные гидрологические величины, приборы, и их точность.

Гидрологические наблюдения проводятся по строгой методике, рекомендованной Росгидрометом, стандартизованными приборами. Как и в случае метеонаблюдений, существуют стандартизованные ошибки, хотя их пределы существенно более широкие. Это связано с тем, что значительная часть гидрологических характеристик вычисляется пока что приближенно. Упрощенное уравнение водного баланса выглядит, как разница между осадками, испарением и так называемыми «гидрологическими потерями». Гидрологические потери – это часть стока, не попадающая в русло, то есть остающаяся в пределах водосбора. Эта влага расходуется на жизнедеятельность растений и животных, на внутренний сток (бессточные озера, болота), и т.д. Измерить величину гидрологических потерь невозможно. Другая важнейшая составляющая – уже метеорологическая величина, осадки. Как было показано в 1.1., осадки – одна из самых сложно измеряемых величин. То же самое относится и к испарению. Кроме того, гидрологические наблюдения зачастую связаны с большими техническими сложностями, из-за которых нарушается стандартизованность измерений. Например, измерения расхода на большой и малой реке, или на равнинной и горной – совершенно технически разные задачи. А значит и диапазон погрешности измерений получается разный.

Таблица 1.2. Основные гидрологические величины, их точность, и приборы, с помощью которых они измеряются.

Гидрологическая величина	Единица измерений	Гидрологические приборы и методы ¹	Точность измерений
Расход воды	м ³ /сек	Вертушка ГР-21М	2-5% ¹
		Метод поплавков	5-10%
		Метод смещения	5-10%
		Дистанционные методы	7-12%
Уровень воды	см (сантиметры)	Сваи или водомерные рейки	1 см
Уклон водной поверхности	Угловые градусы	Нивелиры НЗ, НС4, НТ (СССР), Ni 025, Ni 030 (Германия)	Угловая секунда
Температура	° С (градус Цельсия)	Водный термометр	0.1 ° С

Примечания ¹ имеются в виду проценты от истинной величины расхода в точке измерения

В таблице 1 приведены классические методы гидрологических наблюдений, которые опираются на ГОСТ 1972 г. В гидрологии также, как и в метеорологии активно используются автоматизированные методы измерения.

1.2.4. Специфика гидрологических измерений в горах. Главные отличительные черты горных рек – большие уклоны русла, его пространственная неоднородность, а также высокая скорость течения. В таких условиях измерения расходов воды сводятся к применению метода смешения, а уровня – к использованию самописцев типа «Валдай». Метод смешения заключается в следующем. В 10ти литровой ёмкости готовится концентрированный раствор поваренной соли. Измеряется электропроводность раствора. Затем раствор вводится в русло, и в этот же момент начинается отсчёт времени. В 20 метрах ниже по течению с интервалом в 3 сек выполняется несколько десятков серий измерений электропроводности. Получившаяся скорость смешения напрямую связана со скоростью течения горной реки. Основа питания горной реки, как правило, талая ледниковая вода. Поэтому расход воды, как правило, имеет ярко выраженный суточный ход. Это означает, что число измерений расхода в течение суток должно быть не меньше 3. В сочетании с непрерывной фиксацией уровня с помощью самописца это даст достаточно верную картину гидрологического режима горной реки.

1.3. Гляциологические наблюдения

1.3.1. Основные понятия. Из всех видов гидрометеорологических наблюдений, гляциологические не являются оперативными, не используются в задаче прогноза погоды и стока. Само по себе понятие гляциологическая сеть является условным – в мире существует всего несколько десятков горных ледников, на которых выполняются исследования. Кроме того, гляциологические работы ведутся в нескольких точках покровного оледенения Антарктиды и Гренландии. Главная задача гляциологических измерений несколько отличается от метеорологических и гидрологических. Она преследует две цели. Первая – исключительно научная, которая представляет собой оценку отклика баланса массы ледников на изменения климата, и использование ледниковых бассейнов в качестве индикаторов меняющихся климатических условий. Вторая – прикладная, связанная с оценкой изменений запасов законсервированной пресной воды в горных районах, а также изменений экологических условий, связанных с динамикой оледенения. Для некоторых горных территорий и стран, расположенных в засушливых условиях (Перу, Чили, Гиргизия, Таджикистан, и т.д.) это задачи стратегической важности. Например, все реки Перу на 80% питаются талыми ледниковыми водами, и лишь на 20% - дождевыми. Быстрое сокращение объемов горного оледенения этого региона может обернуться катастрофой. Кавказ и Алтае-Саянский регион, где за год выпадает, в среднем, 450-500 мм осадков на равнинной части 1000-1200 в горных районах, эта проблема стоит не так остро. Однако, и в этих горных районах сокращение запасов законсервированной пресной воды очень неблагоприятно сказывается на экологической обстановке в регионах, а также на их экономическом (прежде всего, гидроэнергетическом и рекреационном) потенциале.

В рамках данного пособия под гляциологическими наблюдениями будут пониматься измерения, которые проводятся на горных ледниках (хотя, как отмечалось выше, наблюдения выполняются и на покровных ледниках). Ключевое понятие гляциологического мониторинга – это репрезентативность ледника. Репрезентативным называется тот ледник, морфометрические свойства которого являются типичными для соответствующего горно-ледникового региона. Так, на Центральном Кавказе репрезентативным является ледник Джанкуат, на Тянь-Шане – ледник Туяк-су, и т.д. Гляциологические наблюдения включают в себя:

- измерения поверхностной скорости течения льда;
- измерения температуры ледовой толщи;
- измерения вертикальной мощности ледника и восстановление подлёдного рельефа
- снегомерная съёмка в области аккумуляции,
- измерения абляции снега и льда,
- измерения плотности снега в морфологических шурфах

Эти наблюдения позволяют оценить баланс массы ледника – главный результат гляциологических наблюдений.

1.3.2. Основные методы гляциологических наблюдений

Методам гляциологических исследования будет посвящено отдельное пособие, поэтому здесь мы не будем подробно останавливаться на их описании. Однако, учитывая то, что гляциологические измерения, во-первых, напрямую связаны с гидрометеорологическими (в смысловом плане они даже являются их частью), а во-вторых отчасти переходят на автоматизированный режим, мы все же коротко перечислим основные направления гляциологических исследований.

измерения поверхностной скорости течения льда;

измерения температуры ледовой толщи;

измерения вертикальной мощности ледника и восстановление подлёдного рельефа

снегомерная съёмка в области аккумуляции,

измерения абляции снега и льда,

измерения плотности снега в морфологических шурфах.

ГЛАВА II. Автоматическое оборудование для полевых гидрометеорологических наблюдений.

2.1. Использование автоматических метеостанций.

2.1.1. Общие принципы устройства автоматической метеостанции. В последние 20 лет наблюдается бурное развитие иных методов метеорологических наблюдений, основанных на использовании автоматических метеостанций (АМС). Условно оборудование автоматических метеорологических станций можно разделить на 3 блока:

- 1) регистрирующие датчики (термометры, гигрометры, осадкомеры, барометры и т.п.);
- 2) приборы, принимающие, хранящие и передающие данные;
- 3) оборудование энергообеспечения.

Регистрирующие датчики всех АМС основаны на измерении электрического тока (чаще всего сопротивления), который меняется в зависимости от изменений температуры, влажности, скорости ветра, и т.д. Так, измерения температуры и влажности основаны на измерениях сопротивления металлов в различных термических условиях, измерение скорости ветра – на измерении силы тока, который вырабатывается вращающимся анемометром, измерение суммы осадков – на взвешивании массы жидкой воды, накопившейся в осадкомерном ведре, и т.д.

Данные в виде электрических сигналов поступают в так называемый data-logger, то есть накопитель информации. Это вторая группа оборудования АМС. Через него же осуществляется настройка метеостанции – установка временной дискретности, выдача интересующих параметров, и т.д. Практически все современные АМС имеют собственное разработанное программное обеспечение, которое можно устанавливать на персональном компьютере. Такие программные пакеты позволяют визуализировать информацию, сохранять ее в удобном формате, а иногда выполнять простейшую статистическую обработку.

И наконец третий блок – это энергообеспечение. Несмотря на то, что качество измерений не зависит от качества энергоблока АМС, его эффективность чрезвычайно важна. Дело в том, что АМС, в первую очередь, актуальны для работы в труднодоступных полевых условиях. Поэтому эффективность энергоблока определяет надежность и длительность работы АМС. Чаще всего используются литиевые аккумуляторы и солнечные батареи.

На сегодняшний момент в мире существуют десятки производителей АМС, в том числе и в России. Вот только некоторые из них – ANRERA, CAMBLE, DAVIS, VYAISEL, OZON, НОВО, и многие другие.

Конкретные характеристики и конфигурации автоматических станций зависят от решаемых ими задач, однако обычно они включают датчики для наблюдений за атмосферным давлением, температурой воздуха и/или почвы, влажности воздуха, ветром и осадками.

Ограничениями при установке автоматических станций являются местные природные особенности (суточные, сезонные или годовые перепады условий, особенно температуры воздуха), а также их зависимость от источников питания. Необходимо также учитывать доступность и посещаемость территории.

Современные регистрирующие датчики характеризуются довольно высокой надежностью и долговечностью, в случае выхода из строя они легко заменяются. Перед началом работы с ними необходимо ознакомиться с их техническими особенностями и калибровочными шкалами, которые поставляются совместно с ними. Это связано с тем, что снимаемые показания имеют поправки в определенных диапазонах, обычно указываемые в технических спецификациях. Для традиционных метеорологических приборов также существуют поверочные данные, которые учитываются при измерениях. В этой связи желательно в тестовый период проводить измерения как при помощи автоматического оборудования, так и традиционными метеорологическими приборами, прошедшими поверку. В этом случае можно будет вычислить поправочные

коэффициенты, которые позволят либо уменьшить ошибку/погрешность измерений, либо полностью избежать ее.

Существенным отличием регистрации данных при помощи традиционных приборов и современных датчиков является точность измерений. Так, например, у традиционных ртутных термометров она составляет около $0,1^\circ$, тогда как у электронных на порядок выше. Однако для анализа климатических параметров такая точность чаще всего избыточна.

Еще одним важным отличием является то, что традиционные приборы позволяют осуществлять преимущественно дискретные наблюдения, то есть в фиксированные сроки с 3-часовым интервалом, тогда как современные их аналоги могут определять параметры с гораздо более высокой частотой. Это дает возможность для более тонкого анализа влияния метеорологических параметров, например, на биоту для выяснения особенностей ее поведения.

2.1.2. Репрезентативность наблюдений с помощью АМС. Несмотря на очевидные преимущества АМС необходимо помнить о репрезентативности наблюдений, поскольку данные должны соответствовать требованиям точности, установленным ВМО (см. выше). Поэтому желательным условием использования АМС, даже в том случае, если она абсолютно новая и имеет лицензированный паспорт погрешностей, является её поверка, то есть сопоставление результатов автоматических измерений с данными, полученными с помощью эталонных приборов, которые используются согласно ГОСТу. Такого рода проверка может осуществляться двумя путями:

1. Поверка АМС в соответствующей специализированной лаборатории фирмы-производителя. Этот путь наиболее оптимальный, поскольку по результатам поверки фирмы-производителя выдается паспорт АМС, содержащий величины погрешностей приборов. Однако, на практике такой путь мало применим.

2. Поверка АМС путем сравнения с данными сетевой метеостанции. Приборы устанавливаются в тех же условиях, что эталонные. В течение как можно более длительного времени (не менее 1 месяца) выполняются синхронные наблюдения по АМС и по эталонным приборам. Несмотря на удобство, такого рода поверка имеет ряд технических сложностей. Во-первых, условие полной однородности среды для эталонного и тестируемого прибора можно выполнить только в случае лабораторной поверки. Во-вторых, чувствительность приборов АМС, как правило, существенно выше, чем таковая для эталонных метеоприборов. Например, в заданный момент времени АМС фиксирует мгновенное значение, в то время, как эталонный прибор только приспособливается к данным значениям. Таким образом, количественно точная поверка АМС возможна только в лабораторных условиях фирмы-производителя (п.1). В идеале АМС должна проходить такую лабораторную поверку ежегодно. Однако, на практике это оказывается трудно реализуемо. Поэтому необходимо выполнять промежуточные поверки согласно п. 2. Таким образом, можно накопить ряд невязок, которые позволят:

а) выявить грубые ошибки. Например, отклонение температуры более, чем на 1 градус при максимально одинаковых условиях наблюдений нельзя объяснить только лишь различием в чувствительности приборов.

б) построить эмпирическую функцию распределения ошибок. Если она хорошо аппроксимируется каким-либо законом распределения, то для каждого из интервалов метеовеличины можно ввести систематическую поправку (в рамках измеряемого диапазона). Для того, чтобы поверка была статистически значимой, ряд наблюдений должен составлять не менее 1 месяца, а желательно порядка 3 месяцев. Поверку необходимо проверять в том диапазоне температур, в котором АМС будет, предположительно, работать. К примеру, если станцию планируется использовать в июле в Алтае-Саянском горном регионе на высоте 2500 метров над уровнем моря, то это означает, что чаще всего измерения будут осуществляться в диапазоне $-2 - 18^\circ\text{C}$ с максимальной повторяемостью значений $8-10^\circ\text{C}$. Из этого следует, что если поверка выполняется в Москве, то ее следует проводить в период 15 апреля – 15 мая, или 15

сентября – 15 октября, когда данный диапазон температур наиболее вероятен. То же самое относится и к другим метеовеличинам.

Следует отметить, что в том случае, если цели мониторинга научно-исследовательские или образовательно-просветительские, точность измерений может варьировать в достаточно широких пределах. Например, для задачи изучения пространственного распределения метеовеличин в пределах ландшафта зачастую важны не абсолютные значения метеозлементов в точках, а величины различий между ними. В этом случае вполне достаточно выполнить поверку, алгоритм которой записан в п.2. Выявив статистические свойства ошибки, можно использовать данные, имея в виду оцененную величину погрешности в точках.

В том случае, если работы ведутся по заказу министерств и ведомств, в рамках госконтрактов или с целями гидрометеообеспечения какой-либо отрасли экономики, необходима ежегодная поверка приборов в лаборатории фирмы-производителя согласно п.1.

2.1.3. Принцип выбора автоматической метеостанции для задач гидрометеорологического мониторинга. Как уже отмечалось выше, в настоящее время в мире существуют десятки производителей гидрометеорологического оборудования. Поэтому естественен вопрос – для чего такое разнообразие автоматических гидрометеостанций, и как подобрать нужное оборудование?

Цена автоматического гидрометеорологического оборудования напрямую зависит от двух факторов – точности приборов и их надежности. Однако, следует отметить, что далеко не всегда эти требования необходимы. К примеру, использовать дорогостоящую станцию ANDERRA в учебно-образовательных целях также неуместно, как применение «комнатного» термоэлектрического термометра с точностью ± 1 °C в научно-исследовательской экспедиции. Для каждой задачи естественным образом подбирается оборудование, отвечающее её условиям. Если речь идет о серьезных гидрометеорологических изысканиях, которые требуют измерения метеовеличин согласно Госстандарту, то необходимо использовать высокоточное профессиональное оборудование. Но и тут необходимо четкое понимание задачи. Например, использование очень качественной станции ANDERRA не всегда удобно. Эта система потребляет значительное количество электроэнергии, и практически не приспособлена для работы в автономном режиме. Кроме того, вес полного комплекта этой станции составляет 70 кг. Это означает, что использование ANDERRA в полевых условиях затруднительно, а в горных – практически невозможно. В свою очередь, дешевые и очень удобные в эксплуатации метеорологические станции американской фирмы Davis отличаются хорошей энергоёмкостью и автономностью (1 месяц без солнечной батареи, и неограниченная автономность в случае использования солнечной батареи). Они компактны – вес полного комплекта составляет 6 кг, датчики крепятся на любой носитель. Станции Davis очень удобны для работы в полевых условиях, однако, отличаются низкой точностью измерений (например, по температуре погрешность 0.5 градуса, по скорости ветра 0.5 м/с). Однако, это не всегда является ключевым недостатком. Если перед исследователями стоят чисто научно-исследовательские, или образовательные задачи, то точность, соответствующая ГОСТу и не требуется. Создание портативной сети поверенных станций Davis позволит вполне адекватно описать микроклиматические различия, в частности, в горных районах, получить соответствующие статистические связи, которые могут быть полезны как в научном, так и в прикладном плане.

Пожалуй, наиболее оптимальной метеорологической станцией, если говорить о соотношении «цена/качество» является английская система CAMBLE. Однако, эта станция имеет два существенных недостатка. Первый – неудобный программный софт, который прилагается к этой станции, а также процедура записи данных на внешние носители. И вторая – отсутствие блока измерения атмосферных осадков. Дело в том, что автоматизированное измерение осадков до сих пор остается большой проблемой – точность, как правило, не соответствует стандарту ВМО. Именно поэтому руководство

некоторых ведущих фирм-производителей принимает решение не оснащать станции автоматическими осадкомерами.

2.2. Система удаленного мониторинга НОВО-U30-NRC-10-S100-00

2.2.1 Общая характеристика. Станция НОВО U30 также довольно удобна для гидрометеорологического мониторинга в горных условиях.

Метеостанция на базе U30 измеряет следующие параметры:

- Температура воздуха
- Температура почвы/воды
- Относительная влажность воздуха
- Влажность почвы
- Уровень осадков
- Скорость и направление ветра
- Влажность листвы
- Освещённость
- Фотосинтетически активное излучение
- Атмосферное давление
- Содержание CO₂

Метеостанция на базе НОВО U30 компактна – ее вес вместе с крепежным и несущим оборудованием и энергоблоком не превышает 10 кг. Система способна работать в автономном режиме, может питаться от электрической сети и от солнечной батареи 6,0 Вт SOLAR-6W. Она может легко быть перестроена и приспособлена для широкого ряда приложений. Программное обеспечение НОВОwarePro (Windows®, Mac®) используется для программирования метеостанции и выгрузки и дальнейшей обработки данных. Данные могут выгружаться из программы в виде таблиц для дальнейшей обработки или хранения.

2.2.2 Структура метеостанции.

Метеостанции НОВО имеют модульную структуру. Это означает, что нельзя просто "заказать метеостанцию". Нужно отдельно указывать регистратор, датчики и вспомогательное оборудование.

- Регистратор. Основным блоком метеостанции, её «сердцем» является регистратор. Из всех регистраторов, выпускаемых Onset, серия U30 является наиболее современной. Регистраторы U30 снабжены гнездом мини-USB и напрямую подключаются к USB-порту компьютера.

Рассмотрим систему обозначений регистратора U30.

U30-NRC-VIA-10-S100-000

Второй блок обозначает наличие или отсутствие удалённой коммуникации

NRC—удалённая коммуникация отсутствует

GSM—данные выгружаются через GSM (у Onset заключены договоры с крупнейшими российскими операторами мобильной связи) и поступают на сайт Onset. Предварительно создаётся аккаунт (взимается абонентская плата), который

может быть как открытым так и закрытым. Абонентская плата зависит от того, насколько часто выгружаются данные.

WIF – данные выгружаются через WiFi

ETH – данные выгружаются через Ethernet

Третий блок обозначает наличие или отсутствие аналоговых входов. VIA – входы наличествуют, 000 – входы отсутствуют.

Четвёртый блок обозначает количество входов для цифровых датчиков типа Smart. 05 – 5 входов, 10 – 10 входов. Если необходимо подключить больше датчиков, следует заказать расширительную плату (заказывается отдельно).

Пятый блок обозначает мощность аккумуляторной батареи. S045 – батарея на 4.5 Ач, S100 – батарея на 10 Ач.

Шестой блок обозначает сервисный план, то есть период выгрузки данных из регистратора в Интернет. Информацию можно найти на сайте Onset и в инструкциях к регистратору. Для системы без удалённой коммуникации (NRC) – 000.












Рис.2.1. Общий вид метеорологической станции НОВО U30 при установке на треногу. Датчик уровня осадков установлен на дополнительную мачту. Обычно он устанавливается на верхнюю часть мачты. Датчик скорости ветра установлен на полуперекрёстный рычаг

(заказывается отдельно). Датчик фотосинтетически активной радиации установлен на дополнительный кронштейн (заказывается отдельно).

- Датчики. Метеостанции НОВО рассчитаны на подключение цифровых датчиков типа Smart. Кроме того, могут подключаться до 2 аналоговых датчиков других производителей (если метеостанция оборудована аналоговым входом) либо датчики с импульсным выходом (требуется адаптер)

Таблица 2.1. Основные характеристики датчиков Smart

Название датчика	Внешний вид датчика	Единица измерения	Диапазон измерений	Разрешение измерений	Точность измерений	Инерция датчика
Датчик температуры S-TMB-M0xx		°С (градус Цельсия)	-40 +75°С	0.03 °С	±0.2 °С	< 3 мин
Датчик температуры/относительной влажности S-TNB-M0xx		°С (градус Цельсия) % (проценты)	-40 +75°С 0 -100%	0.02 °С 0.1%	±0.2 °С ±2.5 - ±3.5 %	5 мин
Датчик количества осадков S-RGB-M002 ¹		мм	0-127 мм/ч	0.2 мм	±1 %	
Датчик скорости и направления ветра S-WCA-M003 ²		Скорость ветра: м/с	0-44 м/с	0.19 м/с	±4° или ±0.5 м/с	
		Направление ветра: °	0-358°	1.4 °	±5°	
Датчик атмосферного давления S-BPB-CM50 ³		гПа (или миллибары)	660-1070 мБар	0.1 мБар	±3 мБар	<3 мин
Датчик влажности листвы S-LWA-M003 ⁴		% (проценты)	0-100 %	0.59 %	±5 %	
Датчик фотосинтетически активного излучения S-LIA-M003		мкмоль/м2/сек	0-2500 мкмоль/м2 /сек	2.5 мкмоль/м2/сек	±5 мкмоль/м2 /сек	
Датчик солнечной радиации S-LIB-M003		Вт/м2	0-280 Вт/м2	1.25 Вт/м2	±10 Вт/м2	
Датчик влажности почвы S-SMA-M005		м3/м3	0-40 м3/м3	±0.0004 м3/м3	±0.020 м3/м3	

Примечания

¹ Осадкомер оснащён опрокидывающимся ковшом с приёмным отверстием на 154 мм осадков. Максимальное число опрокидываний за интервал – 4000. Поставляется с боковыми кронштейнами для установки на шест или треногу и с ножками для установки на поверхность.

² Оснащен тремя каналами данных: средняя скорость ветра, направление, и самый большой 3-секундный порыв ветра. Выдерживает скорость ветра до 54 м/с.

³ Поставляется с кабельными стяжками для установки на мачте. Рекомендуется для использования с системой удаленного мониторинга НОВО.

⁴ Поставляется с установочным кронштейном

2.2.3 Устройство регистратора. Регистратор U30 изображен на рис. 2.2.

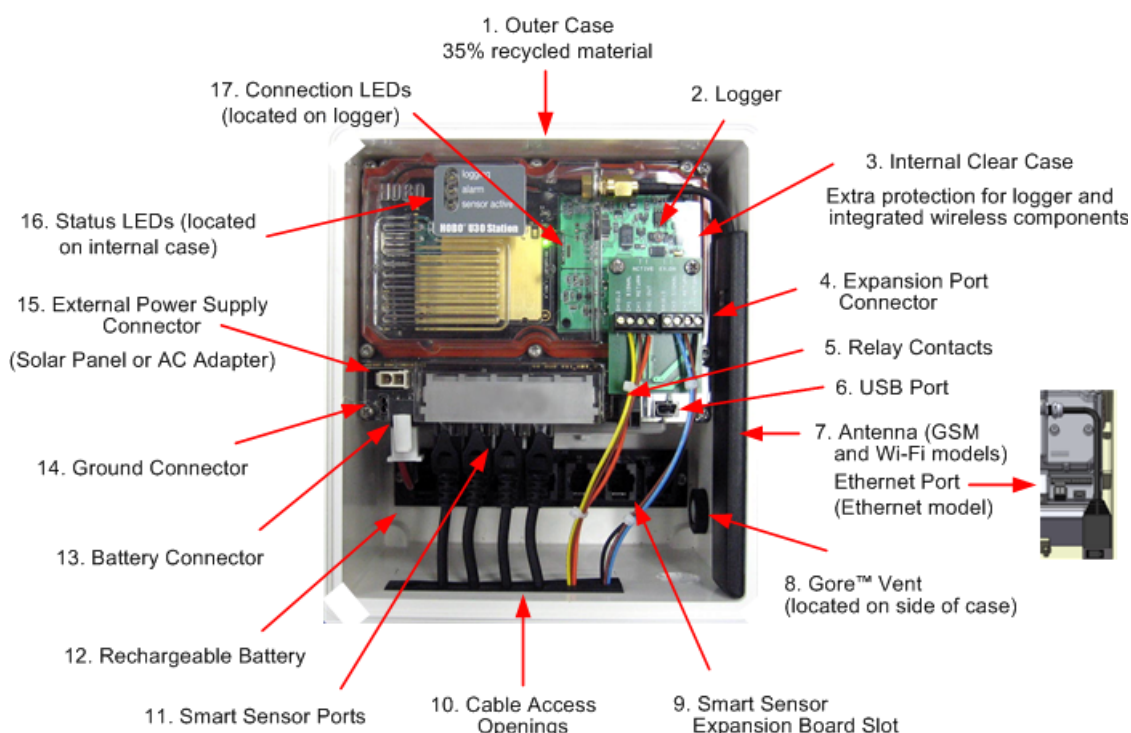


Рис.2.2. Регистратор НОВО U30

1. Наружный кожух – защищает U30.
2. Регистратор – собственно U30
3. Внутренний кожух - обеспечивает защиту электроники от внешних воздействий. Данный кожух никогда не следует открывать. Если Вы откроете данный кожух, Вы лишитесь гарантии
4. Порт аналоговых датчиков - устанавливается на заводе (в моделях, где он есть).
5. Контакты реле - могут замыкаться, размыкаться или пульсировать при сигнале тревоги, заданном пользователем. Данное реле может конфигурироваться, как нормально-замкнутое, нормально разомкнутое. Номинал 30 В, 1 А.
6. Порт USB - сюда вставляется USB-кабель для подключения к компьютеру.
7. Разъём для GSM или Wi - Fi антенны (на моделях с GSM или Wi - Fi). Соединение с Ethernet (только для моделей с Ethernet).

8. Вентиляционное отверстие – позволяет выравнивать давление внутри корпуса, но не пропускает влагу.
Примечание: давление внутри корпуса не точно равно давлению воздуха снаружи, так что датчик атмосферного давления, установленный внутри корпуса, не может измерить истинное атмосферное давление, если его собственное вентиляционное отверстие не находится снаружи.
9. Расширительный слот для датчиков Smart – сюда устанавливается расширительная плата для датчиков Smart.
10. Отверстие для подключения кабелей - все кабели и провода подключаются через защитный резиновый канал, расположенный в данном отверстии. Если используется опциональная расширительная плата для дополнительных датчиков Smart, потребуется использовать второе отверстие для подключения кабелей.
11. Порты датчиков Smart – подключается до 5 датчиков Smart при помощи разъемов RJ -
12. Используйте один разъем для подключения дополнительной расширительной платы для дополнительных датчиков Smart.
12. Батарея – 4-вольтовая герметичная свинцово-кислотная аккумуляторная батарея.
13. Разъем батареи – подключайте батарею сюда.
14. Разъем заземляющего кабеля – подключите сюда заземляющий кабель.
15. Внешнее питание – подключите сюда солнечную батарею или адаптер сети переменного тока.
- Важно! Всегда подключайте и отключайте внешнее питание до отключения батареи. Если отключить батарею до отключения внешнего питания, систему можно повредить.
16. Светодиоды, отображающие состояние.
Внутри три светодиода, отображающих состояние.
Logging указывает, что система в данный момент регистрирует события.
Alarm указывает на наличие тревожной ситуации.
Sensor active указывает, что сеть датчиков Smart наличествует.
- Прочую информацию см. в разделах «Диагностика» и «Поиск и устранение неисправностей».
17. Светодиоды «Подключение» (только для моделей с удаленной коммуникацией)
Верхний – мигает, когда НОВО U30 пытается установить контакт

Таблица 2.2. Спецификация

Беспроводная связь GSM	Четырехдиапазонный GSM/GPRS 850/900/1800/1900 МГц
Беспроводная связь Wi-Fi	2.412-2.484 GHz IEEE 802.11 b/g
Ethernet	IEEE 802.11 b/g
Реле тревоги	Конфигурируется пользователем, как НЗ, НО или импульсное Может замыкаться, размыкаться или пульсировать при сигнале тревоги, заданном пользователем. (макс. 30 В, 1 А)
Длительность уведомления о тревоге	Интервал обработки плюс 2–4 минуты (нормальная ситуация)
Сертификация	Сертификат FCC.
Входы датчиков Smart	5 или 10
Каналы данных	Максимум 15 (некоторые датчики используют более одного канала данных)

Память	500 000 измерений
Суммарная длина кабелей датчиков	Максимум 100 м
Нормальный рабочий диапазон	От -20 до 40°C
Расширенный рабочий диапазон	От -40 до 60°C, см. срок эксплуатации батареи, Примечание: модуль GSM не работает при температуре ниже -30°C
Локальная коммуникация	USB
Память для хранения данных	512 кБ в энергонезависимой флеш-памяти
Индикаторы работы	Светодиоды отображают состояние датчиков, регистрацию, сигналы тревоги и связь с удаленными устройствами.
Интервал регистрации	От 1 минуты до 18 часов, определяется пользователем
Интервал выгрузки в Интернет	От 10 минут, определяется пользователем
Питание	Солнечная панель Onset (1.2 Вт, 3 Вт, 6 Вт) или адаптер постоянного тока.
Тип батареи	4 В, 10 Ач, или 4,5 Ач перезаряжаемая герметичная свинцово-кислотная аккумуляторная батарея
Срок эксплуатации батареи	Обычно 3-5 лет, в зависимости от условий эксплуатации. При постоянной работе за пределами нормального рабочего диапазона срок эксплуатации сокращается до 1-2 лет.
Окружающие условия	Устойчив к атмосферным воздействиям
Размеры	17.8 В x 11.7 Д x 19.3 Ш (см)
Вес	2 кг
Установка	Мачта диаметром до 4.1 см или настенный монтаж
Корпус	С двойной защитой от атмосферных воздействий, с защитой от ударов
Доступ в корпус	Откидная крышка, закрепленная двумя защелками, может дополнительно запираться на замок (замок не поставляется)
Дополнительный порт аналоговых датчиков	
Входы	2 канала, конфигурируются пользователем, постоянный ток 0-20 мА или 0-20 В
Питание датчиков	Постоянное напряжение 12 В, потребляемый ток до ,50 мА; подогрев от 5 мс до 2 мин, определяется пользователем
Масштабирование	Линейное масштабирование в единицах, заданных пользователем
Точность	± 0.25% от полной шкалы

2.2.4 Проверка регистратора перед выходом «в поле»

1. Подключение к компьютеру

- Для подключения к компьютеру установите программу NOBOWare Pro и подключите регистратор к компьютеру при помощи USB-кабеля. Все необходимые датчики должны быть подключены к регистратору. Если

регистратор никогда ранее не подключался к компьютеру, обнаружение и регистрация устройства может занять некоторое время. Появится одно или несколько сообщений, указывающих, что обнаружено новое устройство. Вы также можете услышать звуковой сигнал. Примечание: компьютер может потребовать перезагрузиться, но в этом нет необходимости.

- Запустите НОВОware Pro.
- В меню Device выберите Select Device....
- 4. На вкладке Select Device нажмите на кружок рядом с нужным названием устройства, затем нажмите ОК. Когда программа НОВОware Pro опознает устройство, на панели состояния в нижней части окна отобразится значок «подключено».

2. Запуск регистратора.

- Нажмите значок Launch на панели инструментов. Появится окно Launch Logger.
- Заполните поля, согласно требованиям.
 - Description: введите нужное описание.
 - Channels to Log: Убедитесь, что все датчики, подключенные к регистратору видны в окне Channels to Log
 - Logging Interval: Выберите интервал регистрации 10 секунд, чтобы собрать достаточно данных для анализа. Когда вы снова запустите регистратор «в поле», выставьте нужное значение.
 - Launch Options: выберите Now.
 - Utilities: используйте необходимые утилиты. Чтобы получить информацию по конфигурированию тревожных сообщений для U30/NRC см. «Конфигурирование сигналов тревоги» на стр. 17 Руководства пользователя для программы НОВОware. Информацию о Data Assistants и прочих утилитах см. в Руководстве пользователя для программы НОВОware.
- Нажмите Launch. Светодиод “logging ok” на регистраторе будет мигать каждые две секунды в процессе регистрации.

2.2.5 Установка регистратора «в полях»

Внимание! Прежде чем Вы направитесь «в поле», прочитайте информацию на стр. 56 Руководства пользователя к регистратору U30 и убедитесь, что у Вас есть все необходимые инструменты и оборудование.

Данная процедура подразумевает, что Вы выполнили предварительную настройку и конфигурирование оборудования и провели предварительное тестирование.

1. Установите регистратор НОВО U30 на мачте или треноге.
2. Подключите заземляющий провод (опция).
3. Подключите к НОВО U30 все датчики Smart (если ещё не подключены), убедитесь, что все кабели проходят через отверстия для кабелей.
4. Включите аналоговые датчики (если используются) в порт аналоговых датчиков. Примечание: может потребоваться нарастить диаметр кабелей датчиков прочих производителей при помощи термоусадки или изолянты, чтобы они соответствовали диаметру отверстий в каналах и обеспечивали должное уплотнение.
5. Пропустите кабель солнечной панели или адаптера переменного тока через первый кабельный слот, но не подключайте.
6. Подключите оборудование (если используется) к контактам реле.
7. Установите защитные кабельные каналы.
8. Подключите батарею.
9. Подключите солнечную панель ли адаптер переменного тока.
10. Убедитесь, что регистратор НОВО U30 запитан должным образом.
10. Закройте дверцу и защёлкните зажимы на корпусе U30.

Для запираания можно использовать замок.
Система должна работать согласно конфигурации.

2.2.6 Добавление нового датчика

НОВО U30 опознаёт новые датчики, когда процесс регистрации не идёт. Если Вы попытаетесь добавить датчик, когда регистратор записывает данные, он будет проигнорирован. Для всех подключенных датчиков процесс регистрации будет продолжаться.

Чтобы добавить новый датчик Smart:

- При помощи программы НОВОware Pro остановите процесс регистрации
- Считайте данные с регистратора

Внимание! При перезагрузке регистратора все существующие данные будут потеряны.

- Подключите новые датчики Smart.
- Снова включите регистратор. Новые датчики Smart должны начать работать

2.2.7 Считывание данных с регистратора

Чтобы получить данные, записанные регистратором, их надо считать.

При считывании данных, они копируются с регистратора на компьютер. Данные можно сохранить в файле и вывести график. Во время считывания регистратор продолжает записывать данные, если вы его не остановили или память не заполнилась.

- Нажмите значок "Считать» на панели инструментов.
- Нажмите Stop, когда программа НОВОware спросит, желаете ли Вы остановить регистратор перед выгрузкой данных. После считывания данных программа НОВОware предложит Вам сохранить данные в файле.
- Введите имя и расположение файла и нажмите Save.

Более подробная информация о подключении аналоговых и импульсных датчиков и об установке и программировании метеостанции содержится в Руководствах пользователя к регистратору U30 и к программе НОВОware Pro.

Автономные регистраторы параметров окружающей среды

Автономные регистраторы используются, когда использовать метеостанцию нецелесообразно по экономическим, техническим или иным соображениям. В состав автономного регистратора параметров входит 1-2 датчика (например, температуры и относительной влажности воздуха) и собственно регистратор.

В отличие от метеостанции, автономный регистратор нельзя подключить напрямую к компьютеру. Для снятия информации с автономного регистратора используется коллектор данных либо базовая станция. Отличие между ними заключается в том, что коллектор данных оборудован собственной памятью.

Коллектор либо базовая станция подключается к USB-порту компьютера, а к нему подключается регистратор. Передача данных между регистратором и коллектором (базовой станцией) осуществляется по оптическому интерфейсу. Благодаря этому герметичность регистратора не нарушается.

Подключение автономного регистратора к ПК

Для подключения регистратора НОВО к компьютеру требуется следующее:

- Оптическая USB базовая станция (BASE-U-1 или BASE-U-4) либо коллектор данных (U-DT-1 или U-DTW-1); программа НОВОware

Если возможно, не подключайте при температуре ниже 0°C и выше 50°C

1. Подключите USB разъём базовой станции к USB порту компьютера.
2. Подключите регистратор и базовую станцию к соединителю, как показано на рис. ниже. Если Вы используете базовую станцию BASE-U-1, убедитесь, что регистратор подключен к тому концу соединителя, на котором расположен магнит, и что выступы на базовой станции и регистраторе совпадают с канавками на соединителе.

Вы можете считать с регистратора данные или проверить его состояние, пока он продолжает регистрировать данные, остановить его вручную при помощи программы или позволить ему записывать данные, пока память не заполнится. Полная информация по загрузке, считыванию данных и обзору данных находится в руководстве по программному обеспечению.

Запуск регистратора

Можно сконфигурировать регистратор таким образом, чтобы он запускался по Вашей команде при помощи магните на соединителе.

1. В программе выберите Trigger Start. Выньте регистратор из соединителя.
2. Принесите регистратор и пустой соединитель к месту расположения.

Важно! Запустить регистратор можно любым магнитом. Это может быть полезно, но может вызвать преждевременный запуск. Держите регистратор вдали от магнитных полей, пока не решите его запустить.

3. Когда Вы готовы запустить регистратор, вставьте регистратор в пустой соединитель (или разместите рядом с сильным магнитом) и выньте через три секунды.

Важно! Если к соединителю подключена базовая станция, регистратор не запустится!

4. Убедитесь, что светодиод регистратора мигает не реже, чем раз в четыре секунды.

Снятие данных

Подключите регистратор коллектору данных (либо к базовой станции, подключённой к ПК). Дальнейший процесс выгрузки данных ничем не отличается от выгрузки данных из регистратора U30.

ГЛАВА III. Общие принципы использования гидрометеорологического оборудования на территории Алтае-Саянского экорегиона.

3.1. Выбор точек для установки оборудования

3.1.1. Краткая климатическая характеристика Алтае-Саянского экорегиона. Климат Алтае-Саянского экорегиона следует определить, как резко-континентальный, с холодной (в высокогорных районах суровой) зимой и теплым (в высокогорных условиях прохладным) летом. Средняя температура января колеблется в пределах $-19...-21$ °С в предгорьях и $-25...30$ °С в высокогорных районах, а средняя температура июля около $+19...21$ °С в предгорьях и $10...15$ °С в высокогорных районах. Годовая сумма осадков в предгорьях составляет 400-500 мм/год, в горных районах она достигает 1600 мм. Порядка 70% осадков выпадает в теплое полугодие (с апреля по октябрь). Это связано с особенностями атмосферной циркуляции. Зимой около 70% времени погоду региона определяет холодный сибирский антициклон, реже - холодные антициклональные ядра скандинавского или арктического происхождения. Число атлантических и южных (со стороны Средиземноморья и Каспия) циклонов, определяющих погоду региона, за холодный период (с ноября по март), как правило, не превышает 10-12. Правда, эти вихри активные, поскольку температурные контрасты в них очень велики. В теплых секторах циклонов, пересекающих юг Западной Сибири, еще часто сохраняется морской умеренный воздух Атлантики или Средиземноморья, температура которого в приземном слое даже в этих районах может достигать нулевой отметки. В тыл циклонов поступает континентальный воздух Сибири, свойства которого не отличаются от арктического, а температура в приземном слое составляет $-20...25$, а нередко и $30...35$ °С. При таких контрастах атмосферные фронты циклонов очень активные. Они обеспечивают на Алтае сильные снегопады – особенно в горах. За счет этого зимой, несмотря на существенно меньшее, по сравнению с летним периодом, количество осадков, формируется мощный снежный покров, высота которого в предгорных районах составляет, в среднем, 30-40 сантиметров, а в горах 60-70 сантиметров, а местами (без учета лавинных отложений) достигает трех метров. Этим объясняется, с одной стороны, мощность оледенения Алтая, а с другой – основной вклад ледово-снежного питания рек региона, которые представляют собой верховья Оби и Енисея. Летом регион оказывается в зоне полярного фронта, который разделяет прохладный умеренно-континентальный воздух Сибири или морские воздушные массы Атлантики и Арктики от континентального тропического воздуха Средней Азии, Монголии и Китая. В зоне фронта активно развиваются процессы циклогенеза – надо сказать, что в лето время местный циклогенез над южными районами Сибири весьма развит. Число циклонов, которые образуются над Алтае-Саянским регионом, или проходят через него в теплое полугодие, составляет, в среднем, 20-25, то есть вдвое больше, чем зимой. Это и атлантические, и южные (средиземноморские, черноморские, каспийские) циклоны. Пространственное распределение летних осадков очень пестрое – в основном это дожди ливневого характера, часто сопровождаемые грозами и градом. Таким образом, летние осадки в горах Алтая отличаются очень большой пространственной неоднородностью. В целом можно выделить четкое уменьшение годовой суммы осадков с запада на восток (примерно вдвое) – это связано с преобладанием западного переноса воздушных масс. Также выделяется большая увлажненность северных макросклонов по сравнению с южными, которые обращены к пустыням и полупустыням Монголии и Средней Азии. Например, годовая сумма осадков на северных и западных склонах Катунского хребта составляет 1500-1700 мм, в то время, как расположенные всего в 100-150 км к востоку южные склоны Чуйского и Бийского хребтов получают всего 300-500 мм осадков за год. Такие пространственные различия увлажнения убеждают исследователей в том, что ограничиваться общей климатической характеристикой при детальном изучении природной среды Алтае-Саянского региона нельзя. Климатическое районирование данного региона представляет собой весьма сложную задачу. Помимо традиционного выявления горно-климатических поясов, не следует забывать об обозначенном выше пространственном различии метеорологических величин (в особенности, осадков), что требует организации довольно густой сети метеорологических наблюдений в пределах Алтае-Саянского экорегиона.

3.1.2. Принципы выбора точек метеорологических наблюдений. Выбор примерных точек метеорологических наблюдений в горах Алтае-Саянского региона проводился по следующим принципам.

- Наблюдения в пределах каждой из особо-охраняемых территорий должны быть привязаны к так называемой «базовой» точке, то есть к ближайшей метеорологической станции Росгидромета (или какого-либо другого ведомства), либо к автоматической станции, установленной в рамках данного проекта, на субгоризонтальной поверхности в предгорных районах (то есть, фактически, на равнине, или в долине крупной реки), точность измерений на которых соответствует стандартам Росгидромета (см. глава 1). Тогда сравнения данных наблюдений в горах с данной точкой будут более или менее корректными. На «базовой» точке должен проводиться весь спектр метеорологических наблюдений, включая актинометрические.
- Метеорологические наблюдения должны проводиться вдоль макросклонов хребтов или в пределах речных долин в нескольких типичных зонах высотной поясности. То есть на одном макросклоне (или в пределах одной долины) должно находиться несколько станций, на расстоянии не более 20 км по горизонтальному проложению. Следует отметить, что и слишком близкое расположение станций друг от друга (менее 5 км) не имеет смысла;
- Значительная часть метеорологических станций должна находиться вблизи верхней границы леса для того, чтобы обеспечить информацией исследования ее динамики;
- Часть метеорологических станций (2-3) должна быть расположена на ледниках для обеспечения гляциологических расчетов данными о метеорологическом режиме, а в идеале – о составляющих теплового баланса ледника. Эти метеорологические станции обязательно должны быть укомплектованы радиационными датчиками (выполняющими измерения радиационного баланса)

Следует отметить, что, вне зависимости от задач мониторинга, наблюдения должны проводиться по стандартной методике, которая описана в главе 1. Однако, в некоторых случаях возможны отклонения от стандарта. Так, если метеорологические наблюдения необходимы для оценок, например, биопродуктивности лесных ландшафтов, то измерять метеорологические характеристики на классической метеорологической площадке, описанной в главе 1, не имеет смысла. В этом случае станция может располагаться в лесу, измеряя метеорологические величины в конкретных физических условиях. Конечно, в этом случае измерения скорости и направления ветра, а также осадков окажутся бессмысленными. Речь может идти только об оценке количества атмосферной влаги, попадающей на земную поверхность в условиях леса, что, возможно, полезно для исследований соответствующих экосистем. Ниже приведен пример размещения метеорологических станций по ООПТ Алтае-Саянского экорегиона.

3.1.3. Пример выбора точек метеорологических наблюдений. Алтае-Саянский экорегион, на территории которого планируется проведение гидрометеорологических наблюдений включает в себя 12 особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в пределах каждой из которых, в рамках системы экологического мониторинга, планируется организация метеорологических наблюдений. Изучение информации по всем объектам каждого из 12 ООПТ, позволила определить количество метеорологических станций, необходимых для мониторинга, а также определить их наиболее оптимальное местоположение.

1.Азас. Преобладают высокогорья тундровые, подгольцово-редколесные среднегорья с кедровыми и лиственничными лесами; низкогорья с сосново-лиственничными, иногда остепненными лесами; возвышенные равнины с сосновыми и лиственничными лесами, лесостепями и остепненными лугами. То есть для данной ООПТ характерны горно-лесные, горно-тундровые и лесостепные ландшафты. Выделяется три ключевых объекта – озеро Азас, хребет Кадыр-Эги-Тайга, и «Кара-Тешский голец». Основные направления работ по данной ООПТ – мониторинг верхней границы леса, альпийских экосистем в восточной части экорегиона, термического режима многолетнемерзлых грунтов, а также

экосистем озера Азас. Диапазон высот над уровнем моря колеблется от 900 до 2400 м. н. у. м. С точки зрения изменчивости метеорологических параметров ключевую роль в пределах данной ООПТ будет играть не изменение типа лесов, а рост высоты над уровнем моря. С 2000 г. на берегу озера Азас (около 1000 м.н.у.м.) уже работает одна метеорологическая станция, принадлежащая Росгидромету. Соответственно, на данной ООПТ интерес представляют метеорологические наблюдения на субгоризонтальных поверхностях «Кара-тешского гольца» на высоте 1900-2000 м.н.у.м.. Эта территория, согласно исследованиям, проведенным в [«Потенциальные объекты для мониторинга изменений климата и экосистем в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона»], перспективна для мониторинга верхней границы леса. Ее относительная орографическая однородность позволяет организовать метеорологические наблюдения согласно правилам, изложенным в главе 1. Кроме того, представляется возможность сопоставления результатов измерений с данными метеостанции Росгидромета на озере Азас. Разница высот между двумя станциями не превысит 1000 м.

2. Заповедник «Алтайский». Этот район представлена гляциально-нивальными высокогорьями, а также тундровыми, тундрово-криофитностепными, альпийскими и субальпийскими луговыми экосистемами. В ООПТ входят также среднегорья с пихтовыми и лиственничными лесами, и низкогорья с кедровыми лесами. Встречаются также межгорные котловины тундровые и тундрово-криофитностепные. Диапазон высот фактически охватывает все высотные пояса Алтая: (350-3500 м.н.у.м.). Поэтому, представляется целесообразным проведение метеорологических наблюдений в каждой из характерных экосистем. ООПТ обеспечена метеоданными с постов Чили и Беле, данные измерений которых отразят микроклиматические особенности таежных экосистем. Имеет смысл разместить метеорологические станции далее по Кыгинскому высотному профилю. Одну из станций следует установить в пологой части горной тайги на открытой площадке (см. глава 1) (высота 1200-1700 м), вторую – в экосистеме высокогорной тундры (2300-2500 м). Есть смысл разместить еще одну станцию над примитивной растительностью каменистых мохово-лишайниковых тундр или каменистых пустынь Джулукульской межгорной котловины (3200 м). Полученный профиль может выявить интересные особенности распределения осадков по высотному профилю по мере увеличения абсолютной высоты над уровнем моря. Долгопериодные наблюдения такого рода в разных ООПТ Алтае-Саянского экорегиона помогут получить плювиометрический коэффициент для данного района, который количественно отражает изменения осадков с ростом абсолютной высоты при различных синоптических ситуациях. Также можно получить закономерности изменения температуры в горных регионах с высотой и, что еще ценнее, компонентов радиационного баланса (в том случае, если станции будут оснащены актинометрическими датчиками).

Кроме того, интересными представляются основные метеорологические наблюдения над водной поверхностью Телецкого озера. Микроклиматические различия между озером и таежными территориями будут значительными, и, во многом, окажутся типичными для Алтае-Саянского экорегиона, для которого характерно большое количество озер. Микроклиматический режим озера, скорее всего, определяет тип растительности в его прибрежной зоне. Кроме того, Телецкое озеро – уникальный природный объект международного значения, в настоящее время ведутся активные исследования его экосистемы, что невозможно без метеорологических и гидрологических измерений.

3. Катунский заповедник. Район типичен для северного макросклона Катунского хребта, представлен экосистемами гляциально-нивальными высокогорий, тундровыми, альпийскими и субальпийско-луговыми экосистемами, а также кедровыми и лиственнично-кедровыми лесами среднегорья. Диапазон высот 1700-3300 м.н.у.м. В высокогорной части района большое количество ледников. Метеорологические наблюдения имеет смысл проводить по профилю Мультинской долины (от верхней границы леса до ледника Томич, на котором с 1960 года выполняются гляциологические работы). Эти наблюдения, как и в случае предыдущего Алтайского района (см выше) позволят получить количественную информацию об изменениях метеорологических

характеристик в высотой на северном макросклоне. Также имеет смысл установить метеостанцию в районе Тайменьего озера, бассейн которого расположен в самой увлажненной, западной части Катунского хребта. Эти измерения позволят определить максимальную сумму осадков, выпадающих в горах Алтая, что, наряду с измерениями в других точках, позволит получить простейшие характеристики статистического поля осадков, которые существенно дополняют данные климатического мониторинга.

4. Кузнецкий Алатау – представляет типичный спектр высотной поясности западного макросклона хребта Кузнецкий Алатау. Здесь преобладают экосистемы тундрового высокогорья, альпийские луга среднегорья, а также низкогорья с кедровыми и подтаежными (черневыми) лесами. Диапазон высот 500 – 1500 м.н.у.м. Метеорологические наблюдения имеет смысл проводить вдоль широтно ориентированной долины реки Верхняя Терсь, а также в долине р. Кия. Обоснования – те же, что и для предыдущих районов.

5. Саяно-Шушенский район представляется долиной реки Отуксук, являющейся репрезентативным объектом южного макросклона Саянского хребта. Здесь метеорологические наблюдения имеет смысл проводить в горной тайге, вблизи верхней границы леса (1000-1200 м.н.у.м.), а также в горной тундре (2000-2200 м). Обоснования – те же, что и для предыдущих районов.

6. Заповедник «Столбы». Этот район интересен наличием реликтовые участков холодных степей, исчезнувших в связи с общим потеплением климата в голоцене. Представляется интересным выявить микроклиматические различия между экосистемами холодных степей и экосистемами обычных степных ландшафтов, характерных для региона.

7. Заповедник Тигирекский. Включает в себя экосистемы макросклонов Тигирекского хребта северной и южной экспозиции. Диапазон высот в пределах данной ООПТ – 500-2500 м.н.у.м. Как для северного, так и для южного макросклона типичными являются следующие экосистемы: таежные леса, березовое криволесье, альпийские луга, горные тундры и нивальные экосистемы. В случае ООПТ Тигирекский различия в экспозиции проявляются не в разном наборе типов экосистем, а в различных диапазонах высот их расположения (имеется в виду высота над уровнем моря). Например, если на склонах северной экспозиции верхняя граница леса проходит примерно по изогипсе 1500 м.н.у.м., то на склонах южной экспозиции 2000 м.н.у.м. Представляется целесообразным установить три метеостанции в бассейне правых притоков реки Большая (северный макросклон Тигирекского хребта), причем одну – на открытом участке в лесной зоне, вторую - вблизи верхней границы леса, в зоне криволесья или тундры а третью – в нивальном поясе. На южном макросклоне (бассейн р. Белая) имеет смысл установить метеорологические станции в тех же экосистемах (горная тайга, альпийские луга, вблизи верхней границы леса, а также в пределах нивальных экосистем). Это позволит количественно оценить различия климатического и погодного режимов склонов разных экспозиций на двух разных высотах (в среднем, 600 и 1600 м.н.у.м.), а также обеспечить данными исследования верхней границы леса. Имеет смысл также установить метеостанцию в лесо-степной зоне низкогорных районов северо-западного Алтая. Эта станция может стать «реперной» для метеорологических наблюдений в северо-западной и западной части Алтае-Саянского экорегиона.

8. Убсунурская котловина – находится на стыке Алтая и Саян, прекрасно отражает высокогорные ландшафты восточной части Алтае-Саянского экорегиона, представляет типичный спектр высотной поясности северо-восточного макросклона горного массива Монгун-Тайга (ледники и нивальные экосистемы, горные тундры, альпинотипные и субальпийские луга). Диапазон высот в пределах данной ООПТ 1700-3900 м.н.у.м. Метеорологические наблюдения имеет смысл проводить в контрастных условиях – на типичных субгоризонтальных участках степей, альпийских лугов, горных тундр и горных ледников.

9. Заповедник «Хакасский» – расположена в северной части республики Хакасия. Диапазон высот – 500-2400 м.н.у.м. В межгорных котловинах и в глубоких котловинах

преобладают степные экосистемы, до уровня 1200 м – кедровые и лиственничные леса, далее – альпийские и субальпийские луга и горные тундры. Метеорологические наблюдения имеет смысл проводить в степенной зоне, а также по профилю вдоль склона хребта Чукчут или Шаман. Имеет смысл установить две метеостанции: на открытой субгоризонтальной площадке вблизи верхней границы леса, а также на плоских горных вершинах. Это даст возможность получить метеорологическую информацию о метеорологическом режиме вблизи верхней границы леса, а также сопоставить данные, полученные с различных абсолютных высот.

10. Шорский национальный парк – представлен в основном горно-таежными экосистемами. Большим разнообразием ландшафтов не отличается. Учитывая относительную однородность территории представляется возможным ограничиться данными метеостанции г. Таштагол (в том случае, если она расположена не в области городской застройки или промзоны, а в естественных условиях). Можно расположить еще одну автоматическую метеостанцию, которая обеспечит дополнительными данными этот таежный массив (например, в верховьях реки Мрас-Су)

11. Национальный парк «Шушенский бор». Половину территории занимают кедровые леса. Диапазон высот над уровнем моря – 500-1500 м. Представляется целесообразным разметить одну из метеостанций на субгоризонтальной открытой поверхности в лесном массиве, вторую - вблизи верхней границы леса. Обоснования – те же, что и для предыдущих районов.

12. Природный парк Ергаки – горный массив Западных Саян (хребет Ергаки), диапазон высот – 500-2500 м.н.у.м. Имеют смысл профильные наблюдения вдоль доступного (проходимого) склона хребта. Одну метеостанцию имеет смысл разместить у подножия хребта, в речной долине, вторую – вблизи верхней границы леса, третью – в зоне горной тундры.

Таблица. 3.1. Организация метеорологических наблюдений в Алтае-Саянском экорегионе

ООПТ	Район метеонаблюдений	Высота над уровнем моря	Характеристика района
Азас	Кара-тешский гонец	1900-2000	Горные тундры, кедровое редколесье
Алтайский	Кыгинский высотный профиль	1200-1700	Горная тайга
		2300-2500	Горная тундра
	Джулукульская межгорная котловина	3200-3500	каменистая пустыня
	Телецкое озеро	440	Озеро в таежном районе.
Катунский	Бассейн реки Мульта	1700-1900 м	Верхняя граница леса
		2400-2600 м	Горная тундра или альпийские луга
		3000-3200 м	Поверхность ледника Томич
	Бассейн Тайменьего озера	1900-2100 м	Озеро в тундровом районе
Кузнецкий Алатау	Бассейн реки Верхняя Терсь	500-600 м	Тайга

		900-1000 м	Альпийские луга
		1300-1400	Горная тундра
Саяно-Шушенский	Долина реки Отуксук	500-600	Горная тайга
	Долина реки Отуксук	1000-1200	Верхняя граница леса
	Долина реки Отуксук	2000-2200	Горная тундра
Столбы	Холодные реликтовые степи	400-600	Степь
Тигирекский	Бассейн правых притоков реки Б. Тигирек	500-700	Горная тайга
		1000 – 1200	Верхняя граница леса
		1500-1700	Горная тундра или нивальный пояс
	Бассейн реки Белая.	700-900	Горная тайга
		1500-1700	Верхняя граница леса
		1800-2000	Горная тундра или нивальный пояс
Лесостепь северо-западного Алтая	600-700	Лесостепь	
Убсунурская котловина	Ледник и бассейн ручья Мугур	1700-1900	Альпийские или субальпийские луга
		2500-2700	Горные тундры
		3200-3400	Поверхность ледника
	Песчано-степной участок «Цугээр-Элс»	400-600	Сухая степь
Хакасский	Участок «Подзаплотный»	500-600	Сухая степь
	Хребет Чукчут	1100-1300	Верхняя граница леса
		1700-1800	Горная тундра
Шорский	Верховья р. Мрас-Су	500-600	Горная тайга
Шушенский бор		600-700	Кедровые леса
		1200-1300	Верхняя граница леса.
Ергаки	Подножие хребта	500-700	Горная тайга
	Средняя часть склона	1200-1300	Верхняя граница леса
	Верхняя часть склона	2000-2200	Горная тундра

Таким образом, для того, чтобы получить более или менее надежную метеорологическую, а в перспективе – климатическую информацию по различным природно-территориальным комплексам Алтае-Саянского экорегиона, необходимо установить 35-40 автоматических метеостанций, измеряющих хотя бы основные характеристики (температуру и влажность воздуха, осадки, скорость и направление ветра, температуру поверхности почвы и температуру почвы на нескольких глубинах). В среднем, на территории каждого из национальных или природных парков должно работать 3-4 автоматические метеостанции.

3.2. Первичная обработка данных наблюдений.

3.2.1. Фиксация показаний, накопление и хранение данных. Как было показано в главе 1, временная дискретность метеорологических наблюдений зависит от поставленных

задач. В рамках экологического мониторинга Алтае-Саянского региона следует ограничиться ежечасной фиксацией величин. В том случае, если будет развернут полный спектр наблюдений, в том числе, градиентных, на ледниках, частоту измерений следует увеличить хотя бы до 30 минут. В главе 2 приведены основные технические характеристики станции НОВО U32. В частности, отмечено, что накопитель (logger) станции рассчитан на 500000 измерений. Это означает, что если ограничиться основным набором метеорологических величин (атмосферное давление, температура воздуха, парциальное давление водяного пара, относительная влажность, скорость ветра, направление ветра, сумма осадков, интенсивность осадков, температура поверхности почвы (или воды)), то окажется, что в случае ежечасных наблюдений памяти накопителя хватит почти на 6 лет. Однако, опыт работы в полевых условиях с метеорологическими станциями показывает, что перемещать данные с накопителя на жесткий диск ПК или внешние устройства лучше не реже, чем один раз в 2 недели. Это связано во-первых, с относительно небольшой автономностью большинства станций, в том числе и НОВО. Например, без солнечной батареи НОВО может работать в автономном режиме (от аккумулятора) 30 дней. Учитывая возможные технические проблемы (нарушения контактов, механические повреждения, и т.д.) переносить данные на ПК или информационные носители следует как можно чаще.

Вообще, временную дискретность наблюдений можно сделать любой – вплоть до минутной. Вопрос состоит в необходимости создания таких больших массивов информации. Как правило, высокодискретные измерения выполняются для задач детального изучения локальных эффектов атмосферной циркуляции (бризы, горно-долинные ветры, фены), а также в рамках задач детального изучения временной структуры метеорологических рядов. Если такая временная детализация требуется и для экологических задач, то, пользуясь возможностью станции НОВО, можно установить соответствующую временную дискретность. Например, важными величинами для экологических и ландшафтных исследований могут быть экстремальные значения температуры, влажности воздуха, и атмосферных осадков. Если программное обеспечение НОВО не позволяет записать в память эти значения, измеряя при этом один раз в час, то придется выполнять фиксацию данных с максимальной частотой (ежеминутно).

3.2.2. Программное обеспечение НОВОware Pro Программа НОВОware Pro поставляется вместе с метеостанцией. Загружается с компакт-диска или через Интернет <http://onsetcomp.com>. Программа предназначена для подключения станции и ее настройки через ПК, загрузки данных и их декодирования, построения графиков и простейшего статистического анализа. Поддерживает все регистраторы НОВО® серии U, шлюзы данных, метеостанции и микростанции НОВО, регистраторы расхода энергии НОВО Energy Logger Pro™, сборщики данных систем мониторинга НОВО, инструменты считывания. Обеспечивает анализ данных и уведомление о нештатных ситуациях.

Системные требования для НОВОware, установленной под операционной системой Windows® следующие:

- Вариант операционной системы практически любой: Vista Pro, Vista Home Premium, Microsoft Windows XP Professional или Home Edition.
- Требуется наличие среды Java Runtime Environment (JRE), версия 1.5.0_15 (как правило, автоматически появляется при установке ОС Windows®; в крайнем случае всегда можно найти в Интернет-пространстве)
- Минимальная оперативная память 256 МБ (рекомендуется 512 МБ), а также минимум
- 3.5 МБ свободного места на жестком диске после установки Java Runtime Environment
- Для регистраторов серии U требуется USB-порт, а также последовательный порт или последовательный USB адаптер для метеостанций микростанций НОВО, или регистраторов расхода энергии НОВО Energy
- Разрешение дисплея 800x600 (минимум), 256 цветов (1024 x 768 или более)

Системные требования для HOBOWare, установленной под операционной системой MAC® следующие:

- Операционная система Mac OS X версия 10.4.x и 10.5.x
- Требуется наличие среды Java Runtime Environment (JRE) версия 1.5.0_13
- Минимальная оперативная память 256 МБ (рекомендуется 512 МБ), а также минимум
- 7 МБ свободного места на жестком диске после установки Java Runtime Environment
- Для регистраторов серии U требуется USB-порт, а также последовательный порт или последовательный USB адаптер для метеостанций микростанций HOBOW, или регистраторов расхода энергии HOBOW Energy
- Разрешение дисплея 1024 x 768 (минимум)

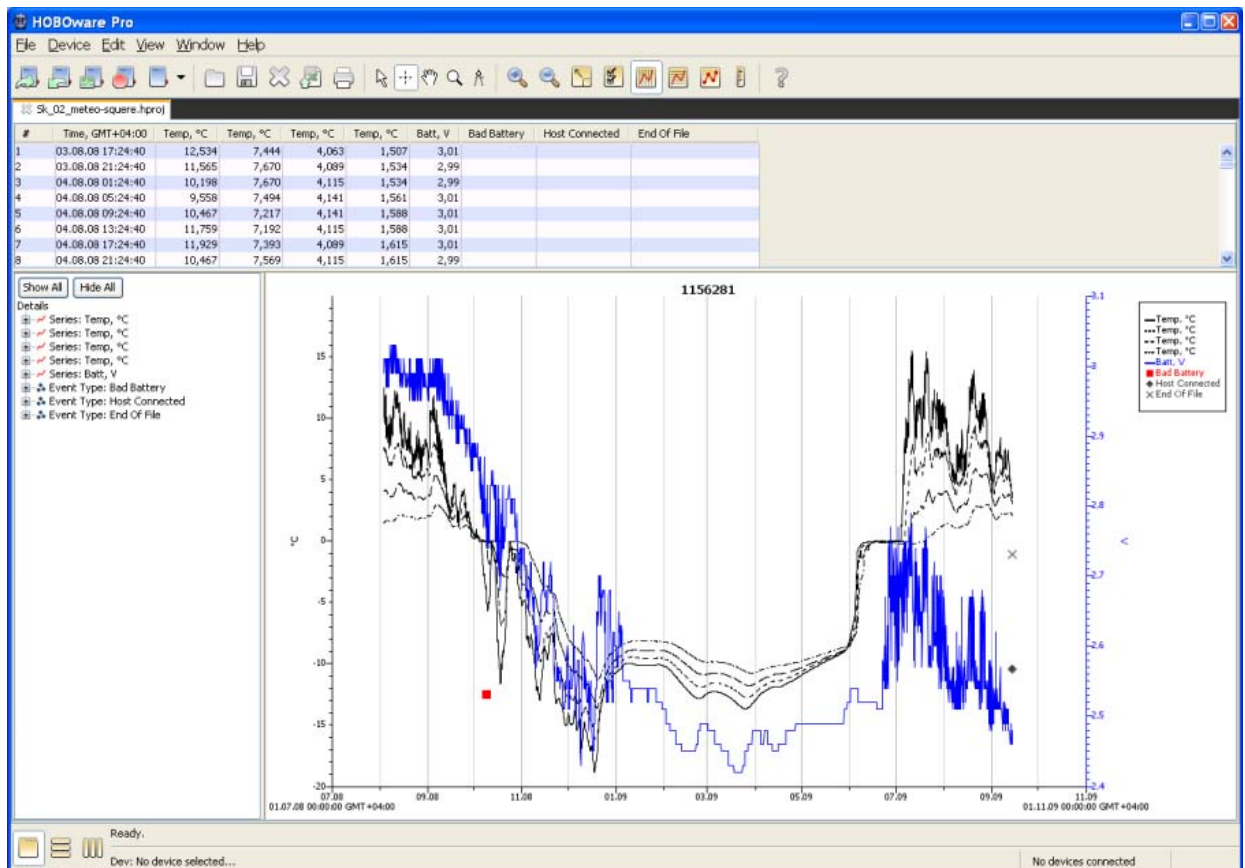


Рис. 3.1. Пример визуализации метеорологических данных с помощью HOBOWare PRO

Программа HOBOWare PRO очень проста в использовании. Отличается классическим софтом WINDOWS, позволяет визуализировать все метеорологические данные. Программа экспортирует и импортирует данные в текстовом формате ASCII. Формат ASCII считается общепринятым современным форматом хранения и передачи станционных гидрометеорологических данных. Он представляет собой последовательную запись даты наблюдений, координат точки, и, далее, всех наблюдаемых параметров. То есть файл ASCII – это набор столбцов соответствующих данных наблюдений.

С помощью программы HOBOWare PRO можно также выполнять простую статистическую обработку данных. На заданном пользователем временном интервале можно вычислять средние значение величин, находить минимальные и максимальные значения, и т.д.

