

Министерство культуры Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение культуры
«КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКИЙ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНЫЙ
И ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ-ЗАПОВЕДНИК»

**«Об изменениях ТВР в Успенском
соборе Кирилло-Белозерского
монастыря в условиях
ограниченного обогрева.
Беспроводная система контроля
ТВР в соборном комплексе»**

Е.В.Шурупова

Успенский собор (1497г.) – первая каменная постройка на территории Кирилло-Белозерского монастыря, четырехстолпный крестово-купольный храм с одним световым барабаном и тремя алтарными апсидами, подклета не имеет, алтарь отделен от четверика сплошным многоярусным иконостасом. Собор построен из кирпича, толщина наружных стен в нижнем ярусе около 1,5 м. С трех сторон собор окружен пристройками, сообщающимися с объемом храма и между собой дверными и арочными проемами.

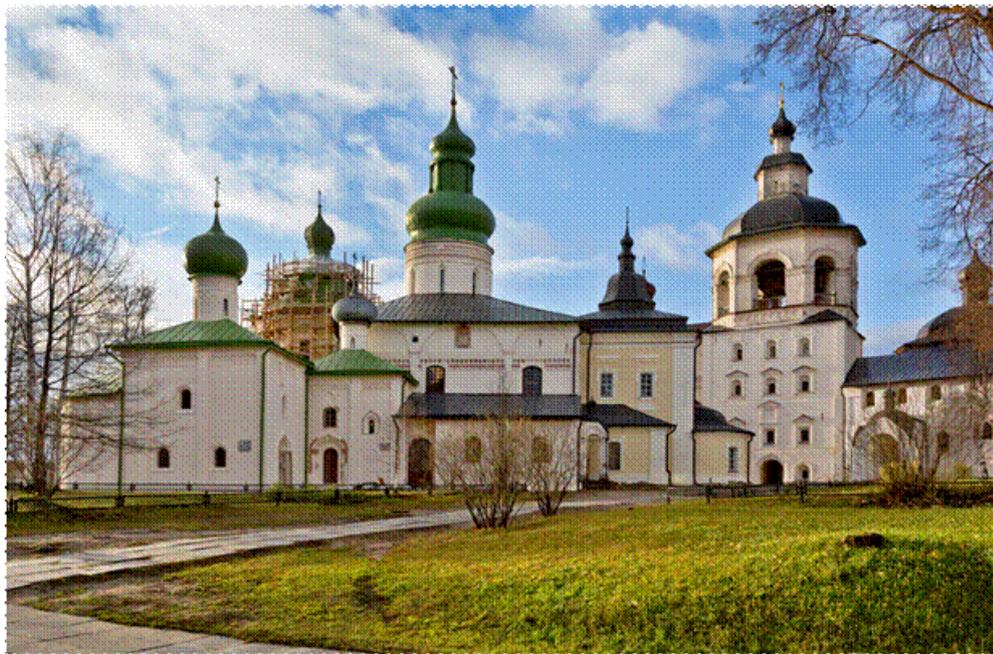


Фото 1. Соборный комплекс XV-XVII века Кирилло-Белозерского монастыря.

С севера к собору примыкает паперть и ц. Владимира 1554 г. - маленький бесстолпный храм со световым барабаном. Северная паперть сообщается с ц.Владимира через дверной проем. Успенский собор и Северная паперть расписаны в середине 17 века, ц. Владимира настенных росписей не имеет.

У южной стены собора в 1785 г. построена ц.Кирилла. В настоящее время объемы собора и церкви между собой не сообщаются, кроме общей стены их разделяет деревянная перегородка с застекленными распашными дверями, сделанная в 2012 году. В ц. Кирилла водяное отопление от местной котельной, храм действующий, регулярно проводятся богослужения.

С западной стороны в 1731 г. была возведена большая высокая паперть сложной планировки: ее боковые (северный и южный) помещения отделены от центрального кирпичными стенами с арочными проемами. Перед входом на западную паперть дополнительно сооружен небольшой полукруглый в плане притвор.

Таким образом, в результате сооружения пристроек комплекс Успенского собора получил сложную объемно-пространственную структуру, он состоит из двух частично изолированных объемов, сообщающихся между собой через дверной проем в северной стене: один из них - Северная паперть с ц.Владимира, второй - четверик, алтарная часть и западная паперть, различные по высоте и разделенные опорными столбами с широкими арочными проходами.

Комплексные исследования воздушных параметров и состояния конструкций соборного комплекса проводились с 2002 года совместно со специалистами Центральных научно-реставрационных проектных мастерских (ЦНРПМ). На основании исследований был предложен набор и очередность архитектурно-строительных, организационных и теплотехнических мероприятий по нормализации ТВР.

В настоящее время завершены основные реставрационные работы на памятнике: устройство системы дренажа, реставрация кровель, модернизация системы отвода осадков, архитектурная реставрация ограждающих конструкций интерьеров, барабана и главы Успенского собора, Северной паперти, ц. Владимира, реставрация фасадов западной и северной стен Успенского собора, всей западной пристройки и Северной паперти, реставрация дверных заполнений в Успенском соборе, Северной паперти, ц. Владимира, замена оконных заполнений в Успенском соборе, Северной паперти, ц. Владимира, установка аэрационных устройств в окнах барабана и окнах 2-ого света Успенского собора.

Ключевым теплофизическим пунктом по нормализации ТВР комплекса стало устройство в 2010 г. ограниченного обогрева в виде «тёплых полов» в Успенском соборе, Северной паперти и ц. Владимира.

Для оценки эффективности проведённых реставрационных работ был проанализирован ТВР памятника за три года 2010-2012гг. Подробный отчёт будет опубликован на сайте Кирилло-Белозерского музея, сейчас остановлюсь на выводах, сделанных в ходе исследования.

Температурно-влажностный режим собора до конца 2010г. имел характерные для неотапливаемого здания особенности. Зимой здание находится на консервации, к концу ноября устанавливались отрицательные температуры и держались до начала апреля – примерно 30% времени года, достигая минимальных отметок к середине февраля. В марте, апреле происходил постепенный прогрев внутреннего воздуха, и с середины августа внутри здания становилось теплее, чем снаружи (см. приложение, график 1)

В конце 2010г. в соборе был закончен монтаж «тёплого пола». Реставрационные работы продолжались на протяжении всего периода исследования, наружный воздух попадал внутрь через открытые дверные и оконные проёмы, отверстия в кровле и т.п., оказывая существенное влияние на ТВР памятника. Несмотря на это:

- количество дней с повышенной влажностью уменьшилось с 95 до 60%
- сократился температурный диапазон
- исчезли отрицательные температуры
- в 4,4 раза сократилось количество дней с ОВвн. > 80%.

Успенский собор	Общее кол-во дней	Соответствует норме		За пределами нормы	
		Кол-во дней	в %	Кол-во дней	Кол-во дней
				ниже 40%	выше 60%
				в %	в %

2010	365	15	4	2	0,5	348	95
2011	365	96	26	28	8	241	66
2012	365	117	32	29	8	219	60

Таблица 1. Общие характеристики ТВР

· практически исчезли суточные скачки температуры и относительной влажности, превышающие 8% и 1°C

месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	∑ за год T _{вн.} /OB _{вн.}
год													
2010	2	2	0	0	1	1	0	2	0	0	1	5	12/2
2011	1	1	0	0	1	1	2	0	0	1	3	0	0/10
2012	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2/0

Таблица 2. Количество дней, когда суточные скачки температуры и относительной влажности, превышали 8% и 1°C

С 2004 г. для анализа ТВР собора и выявления периодов увлажнения/высыхания конструкций применялась методика сравнения удельного влагосодержания (q) наружного и внутреннего воздуха.

Сравнив количество дней, когда Δq выше и ниже 0°C получаем, что в 2010г. периоды увлажнения/высыхания были примерно одинаковыми по продолжительности 172/193 дня. В 2011г. период высыхания составил 270 дней, в 2012г. – 275 дней (см. приложение, графики 4-5)

Линии удельного влагосодержания наружного и внутреннего воздуха в 2010г. повторяют друг друга с небольшим запаздыванием, что говорит о полной зависимости ТВР собора от погодных условий на протяжении года (см. приложение, график 2)

В 2011-2012гг. существенной разницы между линиями удельного влагосодержания наружного и внутреннего воздуха не наблюдаем, что объясняется схожими погодными условиями. Наружный воздух по-прежнему имел свободный доступ внутрь помещений соборного комплекса из-за отсутствия герметичных дверных заполнений и продолжения реставрационных работ, но, благодаря ограниченному обогреву, периоды увлажнения конструкций заметно сократились, влагосодержание внутри памятника стало более стабильным - большинство значений дельты на протяжении годового цикла распределяются вокруг нулевой оси в диапазоне от +1 до -1 единицы (см. приложение, график 3)

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о высокой эффективности проведённых реставрационных работ и положительной динамике изменений внутреннего температурно-влажностного режима помещений соборного комплекса.

В новых условиях эксплуатации памятника возникла необходимость изменить систему мониторинга внутреннего ТВР. С 2004 года для регистрации параметров воздуха в помещениях соборного комплекса были установлены электронные приборы Testo 175-H2. Данный способ мониторинга имеет ряд недостатков, во-первых – невозможность

отследить изменения температуры и влажности в режиме реального времени. Во-вторых, чтобы посмотреть историю, нужно снять прибор с контрольной точки и с помощью интерфейса перенести информацию из памяти прибора в компьютер напрямую - это отнимает достаточно большое количество времени и связано с определёнными неудобствами, учитывая удалённость объектов на территории монастыря и расположение приборов по вертикали храма.

Тёплые полы работают в автоматическом режиме, но время от времени, в переходные климатические периоды или при резкой смене наружных показаний, требуют ручной корректировки. Для определения возможности проветривания или регулировки ограниченного обогрева необходимо иметь полную и непрерывную информацию о состоянии внутреннего и наружного воздуха.

Устройство систем контроля ТВР в музейных зданиях связано с определёнными трудностями – сложная плановая структура внутреннего пространства, наличие настенных росписей, значительная толщина внутренних и ограждающих конструкций, требования пожарной безопасности, совместное использование памятника с действующим монастырём. Вывод о том, что система должна быть беспроводной давно был сделан на основании опыта работы Софийского собора Вологодского Кремля и Собора Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря. Оставалось только изучить предложения на рынке средств автоматизации, а их оказалось не так много. В результате была выбрана беспроводная система контроля ТВР «Wi-климат» производства компании «Анрон», г. Томск, которая работает в музее с 15 марта 2013 года.

Система осуществляет:

§ сбор данных с беспроводных измерителей, расположенных на контролируемых ею объектах музея: Успенский собор, Северная паперть, церкви Кирилла, Владимира, фонды;

§ ведение базы данных, учет, накопление и архивирование информации;

§ предоставление доступа к оперативной и исторической информации в пределах локальной вычислительной сети музея и в Интернет;

§ вывод отчетов в формате Excel за необходимые промежутки времени.

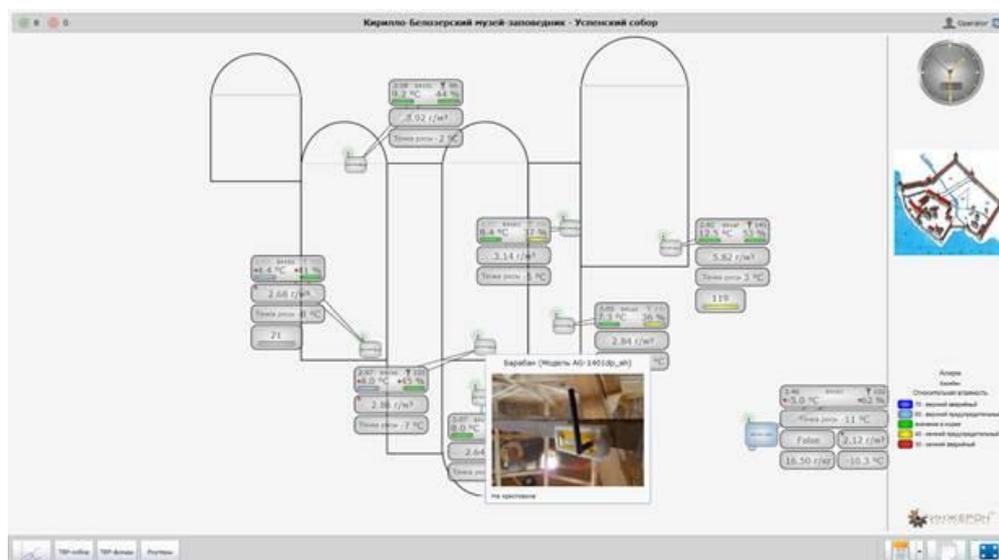


Рис. 1. Оперативный режим

Данные поступают 1 раз в 10 минут. В описание измерителя можно загрузить фото места его установки. Основу системы составляют автономные беспроводные измерители температуры и относительной влажности серии AG-1401, работающие по радиоканалу 2.4 Гц:



Рис. 2. Внешний вид измерителя

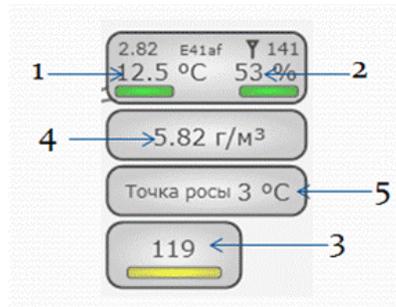


Рис. 3. Переданные измерителем данные:

1 - температура

2 - относительная влажность воздуха

3 - освещенность

На основе переданных данных система вычисляет дополнительно влагосодержание (4) и точку выпадения росы (5).

Данные можно просмотреть и сформировать отчет за любой промежуток времени, начиная с 1 часа и до 1 года

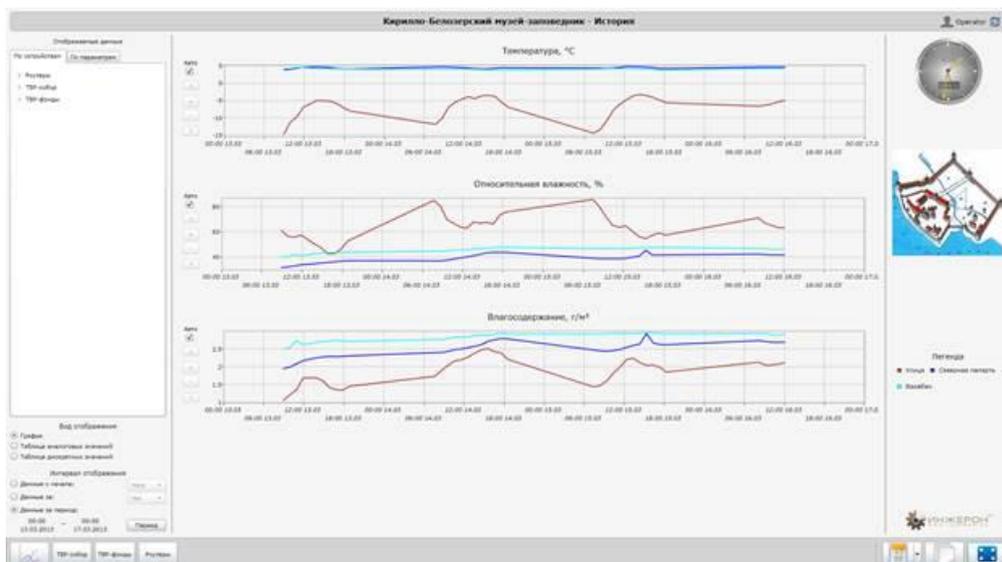


Рис.4. Исторический режим - графическое представление

«Wi-климат» отвечает всем требованиям музейной эксплуатации, не нарушает эстетического восприятия памятника, позволяет своевременно принимать оперативные решения. Программное обеспечение Anron Automation Services выполняет всю

необходимую работу по обработке информации, освобождая хранителя от рутинных математических вычислений и графических построений, требующих переноса данных из формата датчиков в формы Excel. Система сама формирует отчеты в удобных формах Excel, позволяет выбрать любой интервал отображения и показать данные с начала часа, суток, недели месяца, года. В шаблон отчета легко встроить дополнительные формулы, используя возможности встроенного математического аппарата Excel. Просмотр и генерация отчетов возможны из любой точки музея, поскольку система предоставляет WEB-интерфейс и имеет клиент-серверную архитектуру.

Отличительные особенности системы:

§ Систему представляет отечественный производитель, поэтому осуществляется быстрая и внятная техническая поддержка и возможность модификации системы по желанию Заказчика.

§ Быстрый монтаж: система из 14 контрольных точек смонтирована и запущена за 5 рабочих дней одним сотрудником, это включая первичное обследование объектов музея и последующее обучение сотрудников музея.

§ Конкурентная цена, особенно в сравнении с импортными производителями и проводными системами.

Применение системы «Wi-климат» расширяет возможности детального анализа ТВР и причин его изменения, позволяет совершенствовать методы по защите памятников от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

Литература

1. Изучение температурно-влажностного режима комплекса Успенского собора Кирилло-Белозерского монастыря. М.,2005. Архив ЦНРПМ 62/3740

2. Отчёт «Проведение мониторинга состояния и выработка рекомендаций по нормализации ТВР памятников архитектуры Кирилло-Белозерского музея-заповедника», 2 этап. Комплекс Успенского собора Кирилло-Белозерского монастыря. М.,2002г. Шифр ЦНРПМ 62/3015

Приложение 1.



График 1. Сравнительный график годового хода среднесуточных температур наружного и внутреннего воздуха 2010г.

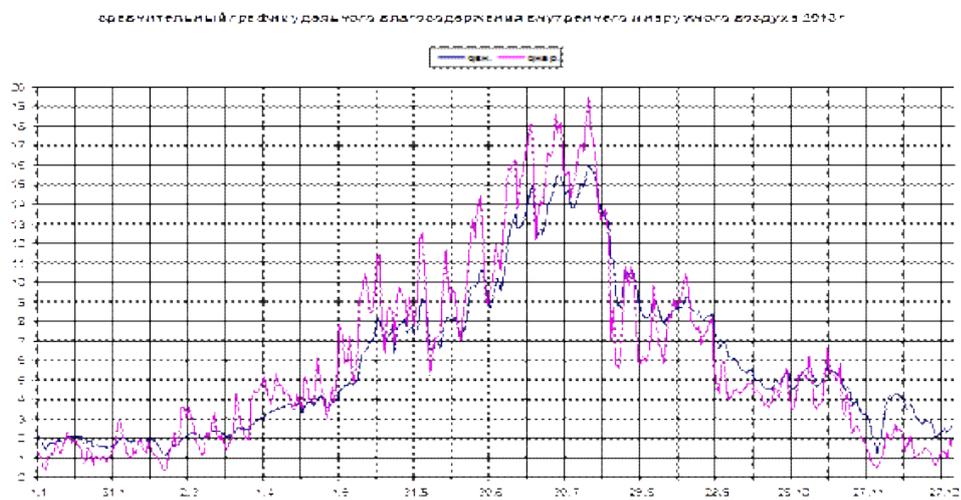


График 2. Сравнительный график удельного влагосодержания внутреннего и наружного воздуха 2010г.

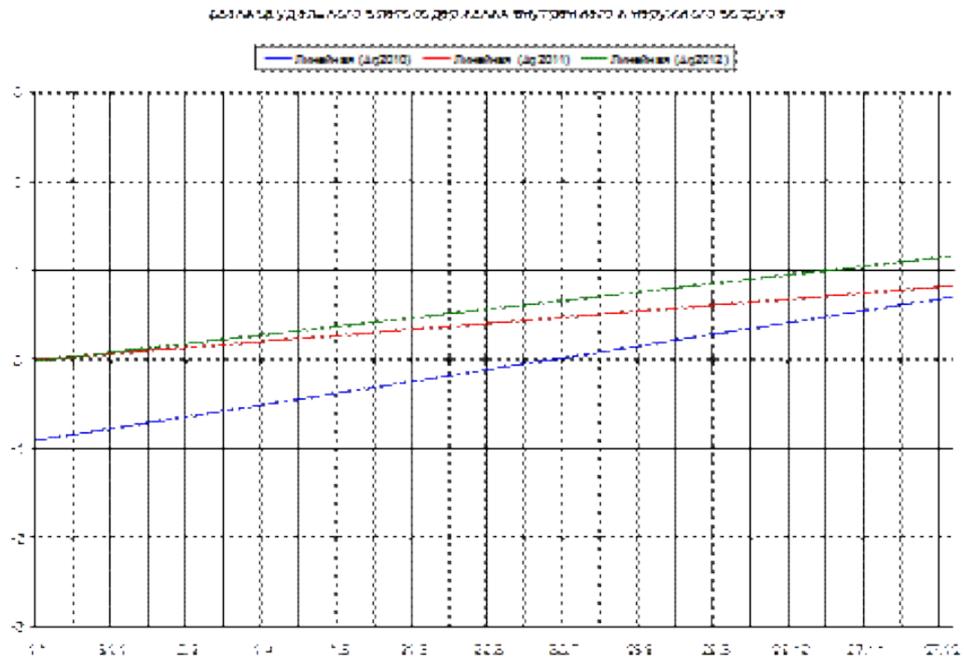


График 3. Разница удельного влагосодержания внутреннего и наружного воздуха (линейный фильтр).

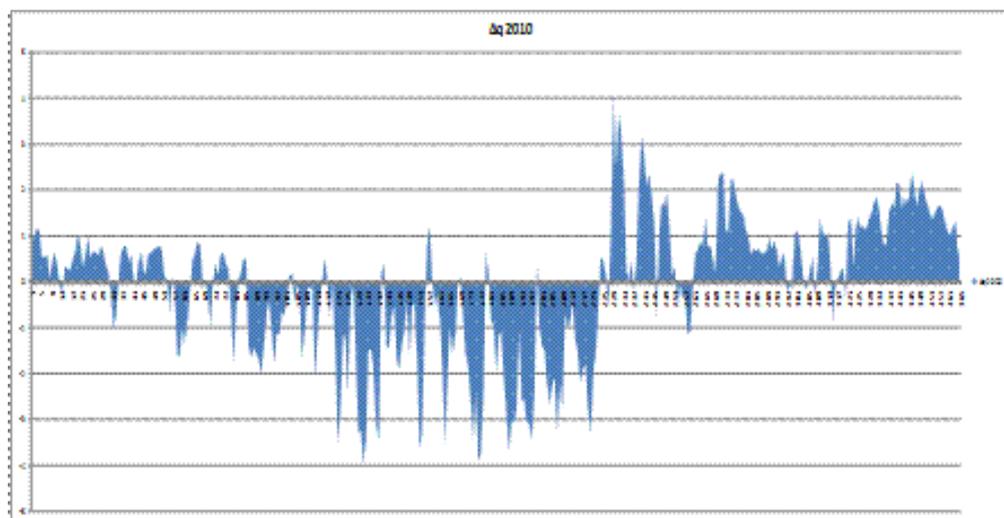


График 4. Δq2010

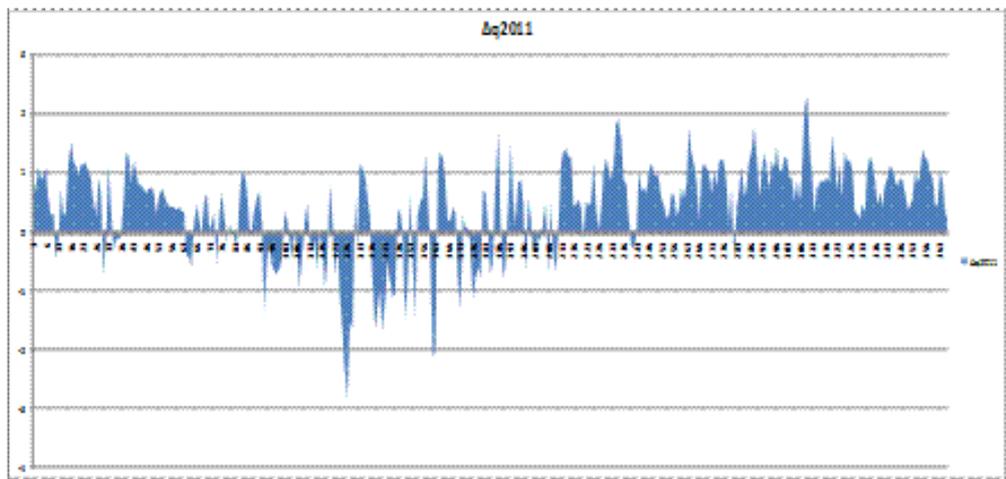


График 5. Δq2011