

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Вологодский государственный университет

Кафедра геоэкологии и инженерной геологии

## **Международная программа исследования климата**

Методические указания  
к самостоятельным работам

Факультет экологии

Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и  
природопользование»

Магистерская программа: глобальные экологические  
проблемы

Вологда  
2014

УДК 551.58 (076)

**Международная программа исследования климата:** методические указания к самостоятельным работам /сост. Т.К. Карандашева. – Вологда; ВоГУ, 2014. - 32 с.

В методических указаниях сформулированы основные требования к знаниям, умениям и навыкам, получаемым магистрантами направления «Экология и природопользование» по курсу «Международная программа исследования климата», который относится к профессиональному циклу ООП ВПО и изучается в 3-м семестре. Сформулирована цель и поставлены задачи, представлены материалы и методы для самостоятельного исследования одного из основных климатических показателей – температуры приземного воздуха. Показано решение поставленных задач на примере исследования изменений температуры приземного воздуха в г. Вологде за весь период инструментальных наблюдений.

Приводятся темы для самостоятельной разработки.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель Т.К. Карандашева, канд. геогр. наук, доцент

Рецензент Н.Г. Крутов, канд. тех. наук

## **Введение**

Настоящие методические указания предназначены для выполнения самостоятельных работ по курсу «Международная программа исследования климата», который в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования отнесен к профессиональному циклу ООП ВПО.

Цель изучения дисциплины «Международная программа исследования климата» - получение научных знаний, необходимых для адаптации к изменениям климата, снижения их негативных последствий и управления климатическими рисками. Для освоения дисциплины «Международная программа исследования климата» необходимо изучение таких предыдущих дисциплин и частей ООП, как современные проблемы экологии и природопользования, международное сотрудничество в области охраны окружающей среды, управление природопользованием.

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовности студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин, включают следующее:

знать: современные проблемы экологии и природопользования, основы управления природопользованием и международного сотрудничества в области охраны окружающей среды;

уметь: работать с информацией из различных источников, использовать ресурсы интернета, обрабатывать данные и анализировать информацию;

владеть: культурой мышления, способностью к восприятию, обобщению и анализу информации, постановке цели и задач к достижению цели, логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь.

В результате освоения дисциплины «Международная программа исследования климата» студент должен:

- знать основные направления и проекты международной программы исследования климата;

- уметь реферировать научные труды; составлять аналитические обзоры сведений, накопленных в мировой науке;

- владеть основами статистических методов сравнения полученных данных и определения закономерностей.

### **Цель и задачи**

В современном представлении изменения климата могут иметь мозаичную структуру: на фоне общего потепления на отдельных территориях

может наблюдаться похолодание или потепление с еще большей скоростью, чем в среднем по планете (материку, региону). В связи с этим представляется актуальным анализ изменений климата на отдельно взятой метеорологической станции и сравнение этих изменений с общей тенденцией климатических изменений окружающей территории.

Целью самостоятельного исследования является оценка изменений температуры приземного воздуха по данным наблюдений на метеорологических станциях. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать регион исследования и дать характеристику климата региона по литературным данным.
2. Подготовить массив исходных данных для региона исследования.
3. Провести расчет средних годовых и сезонных температур и аномалий температур приземного воздуха, оценок линейных трендов.
4. Провести графический анализ и выявить основную тенденцию изменения температуры приземного воздуха.
5. Сравнить полученные результаты с общей тенденцией изменения температуры приземного воздуха в соответствующем физико-географическом регионе РФ и России в целом.
6. Определить десять наиболее теплых и наиболее холодных сезонов и лет за весь период наблюдений для региона исследования.

### **Материалы и методы**

Исходными материалами для исследования служат данные специализированных массивов для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового Центра Данных (ВНИИГМИ – МЦД) [1] и Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации (Доклад) [2].

На официальном сайте ВНИИГМИ-МЦД представлены базовые массивы данных по основным метеорологическим элементам в рамках реализации концепции глобальной рамочной основы для климатического обслуживания, согласно которой должно быть обеспечено функционирование открытого полноценного доступа к специализированным климатическим массивам исторических данных через Интернет [1]. Данные предоставляются бесплатно после регистрации на сайте ВНИИГМИ-МЦД.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации [2] является официальным изданием Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и выпускается ежегодно (с 2005 года). Доклад является авторитетным источником информации о со-

стоянии и тенденциях изменения климата на территории Российской Федерации.

Для характеристики климатических изменений в Докладе приводятся временные ряды климатических переменных (температура приземного воздуха, атмосферные осадки, высота снежного покрова, протяженность морского льда и др.) за достаточно длинный промежуток времени (как правило, несколько десятилетий). Временные ряды приводятся, в основном, для средних годовых и сезонных аномалий рассматриваемых величин, осредненных по всей территории РФ и по территории избранных физико-географических регионов. Аномалии определены как отклонения наблюдаемых значений от «нормы», за которую принято многолетнее среднее за базовый период 1961-1990 гг. [2].

Для самостоятельного исследования предлагается один метеорологический элемент - температура приземного воздуха, так как этот элемент в первую очередь характеризует изменения климата. Выбор методов обработки исходных данных определяется одной из основных задач самостоятельного исследования: полученные результаты должны быть сопоставимы с результатами для физико-географического региона, в котором находится выбранная станция, и России в целом.

В самостоятельном исследовании рассматриваются осредненные оценки температуры приземного воздуха для календарных сезонов и года в целом, рассчитанные по среднемесячным значениям. Среднегодовые значения относятся к календарному году, то есть к интервалу времени с января по декабрь рассматриваемого года. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года.

Выявление тенденции во временных рядах проведено методом скользящей средней с шагом 11 лет и аналитическим выравниванием по прямой линии. В качестве числовых характеристик линейного тренда приняты величина тренда (в  $^{\circ}\text{C}/10$  лет) и коэффициент детерминации  $D$  (%), выражающий вклад тренда в дисперсию исходного процесса.

## **Самостоятельная работа № 1** **ВЫБОР РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Климат России характеризуется разнообразием, обусловленным большой протяженностью ее территории и значительными сезонными колебаниями температурного и гидрологического режимов [3]. На территории России расположены зоны с арктическим, субарктическим, умеренным и даже субтропическим (на небольшом пространстве юга страны) климатом (рисунок 1.1).

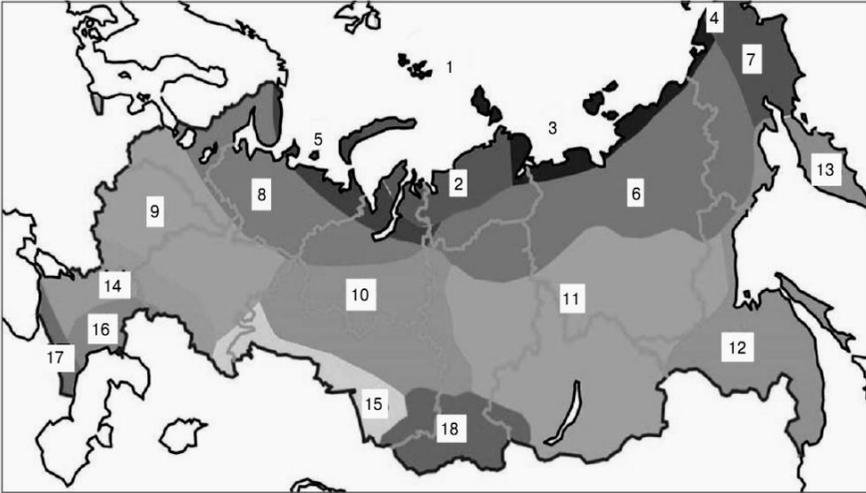


Рисунок 1.1 – Климатические пояса и области (Алисов, Полтораус, 1974).

Области арктического пояса: 1) внутриарктическая (холодная), 2) атлантическая (умеренно холодная), 3) сибирская (холодная), 4) тихоокеанская (умеренно холодная). Области субарктического пояса: 5) атлантическая (влажная, умеренно холодная), 6) сибирская (умеренно влажная, умеренно холодная), 7) тихоокеанская (избыточно влажная, умеренно холодная). Области умеренного пояса: 8) атлантико-арктическая (избыточно влажная, умеренно теплая), 9) атлантико-континентальная европейская (умеренно-влажная, умеренно теплая), 10) континентальная западносибирская (влажная, умеренно-теплая), 11) континентальная восточносибирская (умеренно влажная, умеренно теплая), 12) муссонная дальневосточная (влажная, умеренно теплая), 13) тихоокеанская (избыточно влажная, умеренно холодная), 14) атлантико-континентальная европейская (недостаточно влажная, очень теплая), 15) континентальная западносибирская (недостаточно влажная, теплая), 16) континентальная восточноевропейская (умеренно сухая, очень теплая), 17) горная Большого Кавказа, 18) Горный Алтай и Саяны [3].

### Температурный режим России

По климатическим условиям Россия является самой холодной страной в мире, ее средняя годовая температура приземного воздуха составляет  $-4.1^{\circ}\text{C}$ . Зимой, когда приток солнечной радиации мал или отсутствует совсем (севернее Полярного круга), основным климатообразующим фактором являются циркуляционные процессы. В Восточной Сибири зимний антициклон, являющийся чрезвычайно устойчивым барическим образованием, способствует формированию на северо-востоке России полюса холода в районе Верхоянска и Оймякона (средняя месячная температура зимы  $-42^{\circ}\text{C}$ ).

Средний минимум температуры зимой составляет в Восточной Сибири  $-55^{\circ}\text{C}$ , а абсолютная минимальная температура достигала  $-68^{\circ}\text{C}$ . В долинах рек Яны и Индигирки суммарная продолжительность температуры ниже  $-$

30°C превышает в год 125 суток. А в отдельные годы такая температура не прерывается в течение более двух месяцев. В этом районе наблюдается более 280 морозных дней в году.

На Европейской территории России под влиянием выноса теплого атлантического воздуха средняя зимняя температура изменяется от -2...-4°C на юго-западе до -11...-12°C в центральной части, достигая на Черноморском побережье Краснодарского края положительных значений. Летом контрасты не так велики, но средняя летняя температура изменяется от 4-5°C на северных побережьях до 20-22°C в Калмыкии и Астраханской области, где средний максимум составляет 36-38°C, а абсолютный максимум достигает 45°C. Максимальная непрерывная продолжительность температуры выше 25°C составляет здесь до 4 суток.

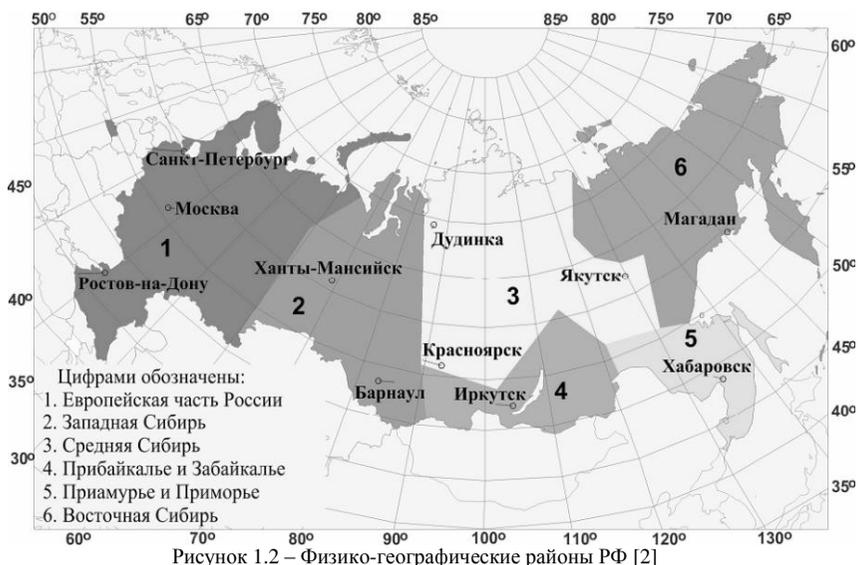
Особенностью температурного режима России являются большие суточные и годовые амплитуды, особенно в сугубо континентальном климате азиатской части страны. Весной, в марте-апреле, суточные амплитуды могут достигать 15-17°C в Восточной Сибири и Забайкалье ( в Верхоянске средняя суточная амплитуда равна 19°C, в Оймяконе - 22°C). Годовые амплитуды изменяются от 8-10°C на западном побережье Баренцева моря до 63°C в Восточной Сибири в районе Верхоянского хребта. Здесь размах экстремальных значений температуры достигает 90°C [3].

Для проведения самостоятельного исследования изменений температуры приземного воздуха необходимо выбрать один из физико-географических регионов РФ и населенный пункт на его территории, в котором находится метеорологическая станция.

На официальном сайте ВНИИГМИ - МЦД [1] по ссылкам **Доступ к данным – Температура воздуха (месячные данные) – Каталог станций** открывается каталог 518-ти метеорологических станций, содержащий индекс по классификации ВМО (Всемирная метеорологическая организация), наименование станции, координаты (широта, долгота) и год начала наблюдений.

**Пример 1.1** Выбор физико-географического района и населенного пункта.

Из шести физико-географических районов, рассматриваемых в Докладе об особенностях климата на территории Российской Федерации [2], выбираем Европейскую часть России (ЕЧР) (рисунок 1.2).



На территории ЕЧР выбираем город Вологду.

**Пример 1.2** Поиск данных по г. Вологда (таблица 1.1)

Таблица 1.1 – Фрагмент таблицы «Каталог станций» [1]

№ п/п	Индекс ВМО	Наименование станции	Координаты станции		Высота метеопл.	Начало наблюдений
			широта	долгота		
1.	20046	Им. Э.Т.Кренкеля, ГМО	80° 37'	58° 03'	21	1957
2.	20069	Визе	79° 30'	76° 59'	10	1945
...						
199	27037	Вологда, Прилуки	59° 19'	39° 55'	125	1891

Для г. Вологды имеются наблюдения с 1891 года, и, таким образом, для исследования изменений температуры приземного воздуха доступны более чем столетние временные ряды.

**Задание 1.** Выбрать регион исследования и населенный пункт, в котором есть метеорологическая станция с достаточно длинным периодом наблюдений (несколько десятилетий).

## Самостоятельная работа № 2 ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА РЕГИОНА

Для характеристики климата региона, в котором находится выбранный населенный пункт, рекомендуется придерживаться плана:

- Тип климата.
- Температура, °С (среднегодовая, максимальная, минимальная).
- Осадки (количество осадков, снежный покров).
- Ветер (средняя скорость ветра).
- Влажность воздуха.
- Облачность (общая, нижняя).

### **Пример 2.1** Климат города Вологды.

Вологда расположена в зоне умеренно континентального климата, который формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под воздействием северных морей и интенсивного западного переноса, со сравнительно теплым коротким летом и продолжительной холодной зимой. Погода неустойчива: зимой наблюдаются оттепели, весной возможны сильные морозы. Вынос теплого морского воздуха, связанный с прохождением циклонов из Атлантики, и частые вторжения арктического воздуха с Северного Ледовитого океана придают погоде большую неустойчивость в течение всего года [4].

Среднегодовая температура воздуха в г. Вологде составляет 3,1 °С, абсолютный максимум (36,4°С) зарегистрирован в августе 2010 г., абсолютный минимум (- 47,1 °С) - в январе 1940 г (таблица 2.1).

Зима в городе долгая и умеренно холодная, длится пять с половиной месяцев [4]. Самый холодный месяц – январь, средняя температура января составляет -10,6 °С [5]. Весна и осень прохладные, лето тёплое [4]. Самый теплый месяц – июль, средняя температура июля составляет 17,6 °С [5].

Сумма осадков за год составляет 565 мм, абсолютный максимум (724 мм) зарегистрирован в 1978 г., абсолютный минимум (310 мм) - 1944 г (таблица 2.1). Суточный максимум осадков зарегистрирован в августе 1946 года и составил 74 мм [5]. Осадков выпадает больше летом и осенью, в виде дождя [4]. Число дней со снежным покровом составляет 154 дня в году, высота снежного покрова в конце зимы (февраль-март) - 36-38 см, максимум - 70 см [5].

Таблица 2.1 – Характеристики температуры воздуха, °С (год наблюдения)  
в г. Вологда [5]

Месяц	Абсолют. минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолют. максимум
январь	-47,1 (1940)	-14,5	-10,7	-7,2	5,3 (2007)
февраль	-43,2 (1946)	-13,9	-10,0	-6,0	5,6 (1990)
март	-34,6 (1955)	-8,2	-4,0	0,5	16,4 (2007)
апрель	-25,6 (1941)	-1,0	3,5	9,0	26,8 (2000)
май	-9,1 (1978)	4,8	10,6	16,9	30,6 (2007)
июнь	-3,1 (1985)	9,5	15,1	20,9	33,1 (1998)
июль	1,2 (1949)	12,0	17,6	23,4	34,5 (1981)
август	-1,4 (1950)	9,8	14,7	20,3	36,4 (2010)
сентябрь	-8,6 (1996)	5,5	9,3	14,0	28,8 (1963)
октябрь	-19,6 (1992)	0,6	3,4	6,7	22,8 (1999)
ноябрь	-34,1 (2010)	-6,5	-3,9	-1,4	13,3 (2013)
декабрь	-45,2 (1978)	-11,7	-8,4	-5,4	8,5 (2006)
год	-47,1 (1940)	-1,1	3,1	7,6	36,4 (2010)

Ветры со скоростями 2,5-3,3 м/с осенью и зимой в основном южного и юго-западного направлений, весной и летом – северо-западного направления.

Влажность воздуха изменяется в пределах от 65 % в мае до 87 % в декабре, и в среднем за год составляет 80 % [5].

Общая облачность изменяется в пределах от 6,5 баллов в июле до 8,6 баллов в ноябре-декабре, и в среднем за год составляет 7,4 балла, число ясных дней составляет 19 за год. Нижняя облачность изменяется в пределах от 3,4 баллов в марте до 6,4 баллов в ноябре, и в среднем за год составляет 4,5 балла, число ясных дней составляет 100 за год [5].

**Задание 2.** По литературным данным дать характеристику климата региона исследования.

### Самостоятельная работа № 3 ПОДГОТОВКА МАССИВА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

На официальном сайте ВНИИГМИ - МЦД [1] по ссылкам **Доступ к данным – Температура воздуха (месячные данные) – Получить данные** открывается страница **Специализированные массивы для климатических исследований**. Выборка данных обеспечивается Web-технологией «Аисори – Удаленный доступ к ЯОД-архивам».

**Пример 3.1** Получение массива исходных данных для г. Вологды

На странице **Выбор данных** задаем раздел БД: месяц; Источник данных: Температура воздуха; Выбор станции: 27037 Вологда, Прилуки. В запросе указываем годы от начала наблюдений (1891) до текущего года.

Получаем массив исходных данных (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Фрагмент файла исходных данных\* для г. Вологда

27037	1891	-14.5	-5.2	-2.7	2.7	11.1	13.0	17.5	12.6	7.0	2.3	-10.1	-5.7
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
27037	1918	-12.1	-10.4	-7.3	4.0	4.0	14.1		12.1	8.8	6.2	-2.1	
27037	1919	-10.4	-12.6	-9.1	2.9	7.5	16.8	18.1	13.1	11.2	3.6	-8.6	-11.3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
27037	2013	-12.1	-5.8	-12.1	3.0	13.2	18.0	17.8	16.1	9.0	4.3		

Примечание: \*формат записи в файлах данных: индекс ВМО станции пробел год пробел температура воздуха в январе (в градусах Цельсия с точностью до 0,1 градуса) пробел температура воздуха в феврале пробел...пробел температура воздуха в декабре.

Таким образом, получены среднемесячные значения температуры приземного воздуха в выбранном населенном пункте. Массив исходных данных необходимо подготовить к анализу.

**Пример 3.2** Внесение исправлений в исходные данные.

На официальном сайте ВНИИГМИ - МЦД по ссылкам **Доступ к данным – Температура воздуха (месячные данные) – Обнаруженные ошибки** открывается страница исправлений. По синоптическому индексу находим выбранную станцию (таблица 3.2):

Таблица 3.2 – Исправления

Синоптический индекс	Название станции	Год	Месяц	Температура
27037	Вологда	1992	1	-9.4

Вносим исправления в исходные данные.

**Пример 3.3** Подготовка массива исходных данных к анализу.

Исходные данные заносим в таблицу (таблица 3.3). В случае отсутствия данных о среднемесячных температурах приземного воздуха, соответствующие клетки таблицы отмечаем цветом.

Таблица 3.3 – Индекс ВМО 22037, станция Вологда, Прилуки.  
Среднемесячные температуры приземного воздуха (°С), 1891-2013 гг.

Год	Среднемесячная температура											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1891	-14,5	-5,2	-2,7	2,7	11,1	13,0	17,5	12,6	7,0	2,3	-10,1	-5,7
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1918	-12,1	-10,4	-7,3	4,0	4,0	14,1		12,1	8,8	6,2	-2,1	
1919	-10,4	-12,6	-9,1	2,9	7,5	16,8	18,1	13,1	11,2	3,6	-8,6	-11,3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2013	-12,1	-5,8	-12,1	3,0	13,2	18,0	17,8	16,1	9,0	4,3		

Примечание:  - явление существует, но сведений о нем нет.

**Задание 3.** Подготовить массив исходных данных для региона исследования.

### Самостоятельная работа № 4 РАСЧЕТ СРЕДНИХ ГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА

Средние сезонные и годовые температуры приземного воздуха для календарных сезонов и года в целом рассчитываются по формуле среднего арифметического:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

где  $\bar{x}$  - среднее значение,  $x_i$  -  $i$ -е измерение,  $n$  – число измерений.

Зимний сезон включает в себя декабрь предыдущего года, а среднегодовые значения относятся к календарному году, то есть к интервалу времени с января по декабрь рассматриваемого года.

**Пример 4.1** Расчет средних годовых и сезонных температур приземного воздуха. Все необходимые расчеты проведем в таблице (таблица 4.1).

**Пример 4.2** Сопоставление расчетных данных с данными из других источников.

Среднегодовая и среднемесячные температуры приземного воздуха, рассчитанные за весь период инструментальных наблюдений 1891-2013 гг. в г. Вологде, в основном ниже соответствующих температур, представленных на сайте «Погода и климат» [5], причем расхождения достигают 1,5°С (таблица 4.2).

**Пример 4.3** Уточнение характеристик климата региона с помощью расчетных средних сезонных температур приземного воздуха.

Зима в г. Вологде умеренно холодная: средняя температура зимнего сезона составляет -10,5°С. Весна и осень прохладные: средняя температура весеннего и осеннего сезонов соответственно 2,4 и 2,8°С; лето тёплое: средняя температура летнего сезона 15,6°С.

**Задание 4.** Провести расчет средних годовых и сезонных температур приземного воздуха в регионе исследования.

Таблица 4.1 – Исходные данные: среднемесячные температуры приземного воздуха (°С), г. Вологда, 1891-2013 гг.  
 Расчетные данные: средние годовые и сезонные температуры приземного воздуха (°С), 1891-2013 гг.

Год	Среднемесячная температура												Средняя температура				год
													сезоны				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	зима	весна	лето	осень	
1891	-14,5	-5,2	-2,7	2,7	11,1	13,0	17,5	12,6	7,0	2,3	-10,1	-5,7		3,7	14,4	-0,3	2,3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1913	-10,3	-13,1	-3,8	6,8	7,3	13,5			9,4	0,2	-0,3	-7,6	-10,1	3,4		3,1	
1914	-14,0	-5,7	-4,6	0,2	11,5	16,0	18,4	12,5	8,2	1,0	-5,0	-5,4	-9,1	2,4	15,6	1,4	2,8
1915	-8,6	-7,8	-10,4	1,6	9,2	11,8	17,6	13,3	9,5	1,3	-6,3	-16,2	-7,3	0,1	14,2	1,5	1,3
1916	-7,9	-4,8	-7,3	3,2	6,5	14,0	17,2	12,4	6,7	1,4	-1,5	-8,2	-9,6	0,8	14,5	2,2	2,6
1917	-13,9	-20,3	-12,1	3,7	5,5	18,2	15,9	16,8	10,1	5,4	-2,4	-9,2	-14,1	-1,0	17,0	4,4	1,5
1918	-12,1	-10,4	-7,3	4,0	4,0	14,1		12,1	8,8	6,2	-2,1		-10,6	0,2		4,3	
1919	-10,4	-12,6	-9,1	2,9	7,5	16,8	18,1	13,1	11,2	3,6	-8,6	-11,3		0,4	16,0	2,1	1,8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1938											0,4	-11,7					
1939	-10,8	-7,8	-4,6	-0,1	7,8	15,4	17,4	15,7	6,1	0,4	-1,5	-8,7	-10,1	1,0	16,2	1,7	2,4
1940	-22,1	-15,1	-8,4	0,4	9,9	14,1	18,2	16,9	10,8	0,6	-2,2		-15,3	0,6	16,4	3,1	
1941	-17,1	-14,4	-9,0	-2,3	5,1	10,4	18,6	15,6	7,5	0,4	-7,0	-17,7		-2,1	14,9	0,3	-0,8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2013	-12,1	-5,8	-12,1	3,0	13,2	18,0	17,8	16,1	9,0	4,3			-10,4	1,4	17,3		
Средние	-11,6	-11,1	-5,5	2,7	10,0	14,8	17,1	14,8	9,2	2,9	-3,6	-8,9	-10,5	2,4	15,6	2,8	2,6

Примечание:  - явление существует, но сведений о нем нет.

Таблица 4.2 – Сопоставление расчетных температур (°С) приземного воздуха в г. Вологда с данными сайта «Погода и климат» [5]

Источник	Среднемесячная температура												Среднегодовая температура
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Сайт «Погода и климат»	-10,7	-10,0	-4,0	3,5	10,6	15,1	17,6	14,7	9,3	3,4	-3,9	-8,4	3,1
Расчетные данные	-11,6	-11,1	-5,5	2,7	10,0	14,8	17,1	14,8	9,2	2,9	-3,6	-8,9	2,6

## Самостоятельная работа № 5 ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Простым и вместе с тем эффективным средством выявления специфики изменений уровней того или иного временного ряда от одного периода к другому, а также за весь период является графический анализ этих изменений [6].

Линейные диаграммы временных рядов, построенные в прямоугольной системе координат, позволяют при анализе характера, интенсивности и направлений развития исследуемого явления во времени быстро решить следующие задачи:

1. Выявить наличие или отсутствие изменений во времени уровней исследуемого явления.
2. Установить направление изменения уровней явления в отдельные периоды времени.
3. Оценить интенсивность и характер изменений, происходящих в процессе развития явления в отдельные периоды времени.
4. Выявить «аномальные» уровни данного явления и определить «критические точки» в его развитии.
5. Провести периодизацию явления, т.е. выделить однородные периоды с точки зрения характера и направления развития данного явления [6].

Для построения графиков средних годовых и средних сезонных температур приземного воздуха в программе EXCEL используем инструменты **Вставка – Точечная – С прямыми отрезками и маркерами**. Так как предполагается графическое сравнение процесса развития нескольких явлений на нескольких диаграммах, расположенных рядом, то необходимо сохранить нулевую точку на оси ординат на всех диаграммах. Это дает возможность не только отобразить на диаграмме изменения уровней временного ряда, но и проследить за величиной уровней, на которой протекают эти изменения.

**Пример 5.1** Построение графиков средних годовых и сезонных температур приземного воздуха (рисунки 5.1- 5.3).

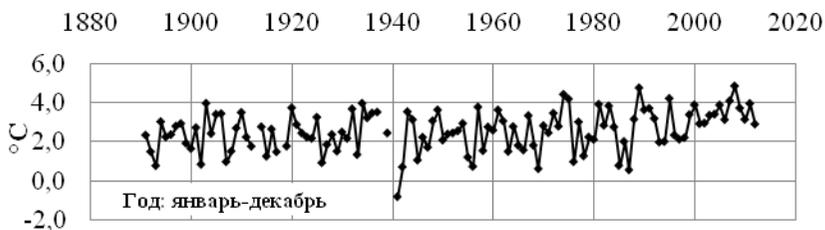


Рисунок 5.1 – Среднегодовые температуры приземного воздуха (°C), г. Вологда, 1891-2013 гг.

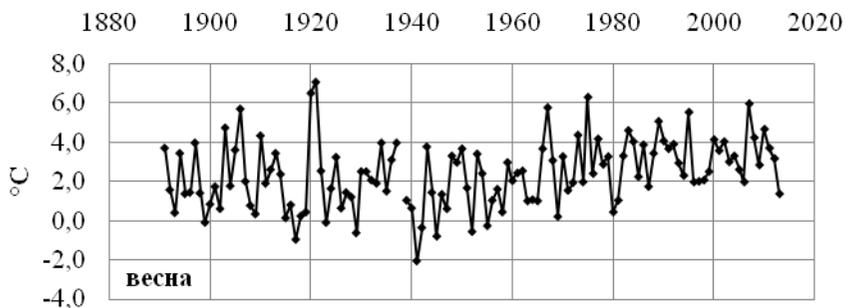
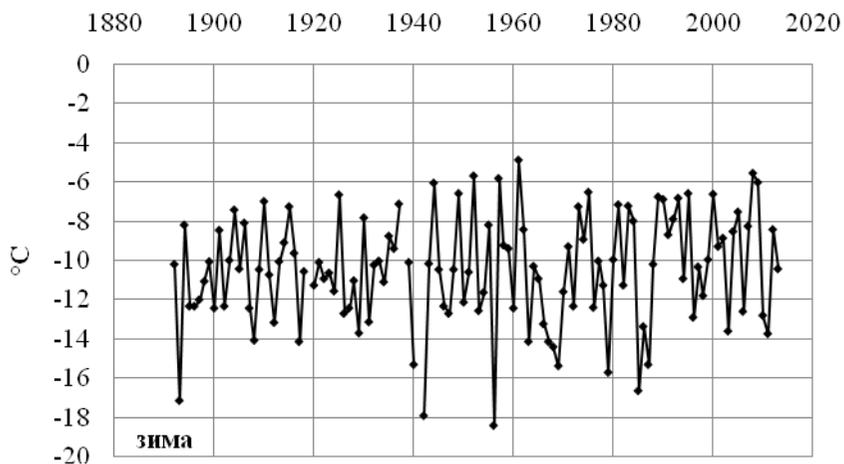


Рисунок 5.2 – Средние сезонные (зима, весна) температуры приземного воздуха (°C), г. Вологда, 1891-2013 гг.

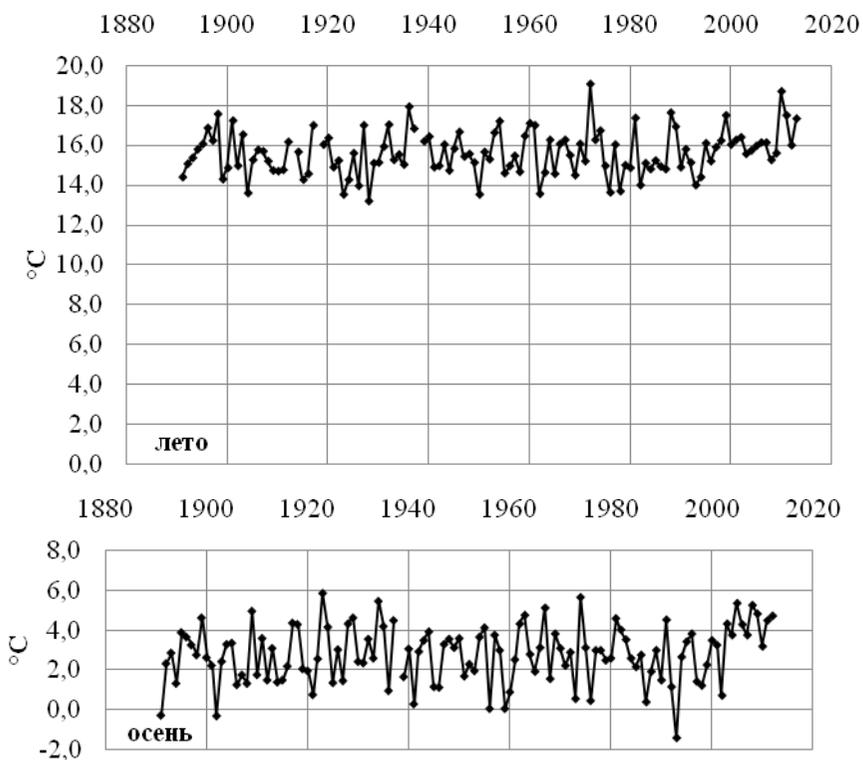


Рисунок 5.3 – Средние сезонные (лето, осень) температуры приземного воздуха (°С), г. Вологда, 1891-2013 гг.

При анализе рядов динамики важнейшей задачей является выявление и описание основной тенденции развития изучаемого явления [7]. В некоторых случаях закономерность изменения явления, общая тенденция его развития явно и отчетливо отражается уровнями динамического ряда (уровни на изучаемом периоде непрерывно растут или непрерывно снижаются). Однако часто приходится встречаться с такими рядами динамики, в которых уровни ряда претерпевают самые различные изменения (то возрастают, то убывают), и общая тенденция развития неясна.

**Пример 5.2** Заключение об изменчивости параметра за весь рассматриваемый период для каждого сезона и года в целом.

За период наблюдения с 1891 по 2013 гг. в г. Вологде средняя температура приземного воздуха зимнего сезона колеблется в широких пределах от -18,4 до -4,9°C; весеннего, летнего и осеннего сезона – в сравнительно узких пределах, соответственно от -2,2 до 7,1°C, от 13,2 до 19,0°C, и от 1,4 до 5,9°C. Средняя годовая температура приземного воздуха колеблется в пределах от -0,8 до 4,9°C. За период с начала наблюдений по 60-е годы XX века средние годовые и сезонные температуры приземного воздуха претерпевают некоторые колебания, но устойчивой тенденции (к потеплению или похолоданию) не отмечается. С 1960-х годов наблюдается тенденция повышения средней температуры весеннего сезона, с 2000-х – тенденция повышения температуры летнего и осеннего сезонов, и среднегодовой температуры. В изменениях средней температуры зимы тенденции не выявлено.

Таким образом, графический анализ средних годовых и сезонных температур приземного воздуха показал, что не всегда можно сделать определенный вывод о наличии основной тенденции в изучаемом явлении. Применяя соответствующие методы обработки и анализа временных рядов, можно представить основную тенденцию развития временного ряда более отчетливо, в виде сглаженной линии плавного движения уровней временного ряда.

**Задание 5.** Провести графический анализ временных рядов средних годовых и сезонных температур приземного воздуха в регионе исследования.

### **Самостоятельная работа № 6**

## **РАСЧЕТ СРЕДНИХ ГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА**

Средние температуры приземного воздуха дают представление о холодной зиме, прохладной весне (осени), теплом лете, среднегодовые и сезонные аномалии температур приземного воздуха показывают отклонения наблюдаемых значений от «нормы», за которую принято многолетнее среднее за базовый период 1961-1990 гг.

**Пример 6.1** Расчет средних сезонных и годовых аномалий температур приземного воздуха.

Все необходимые расчеты проведем в таблице (таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Средние годовые и сезонные температуры и аномалии температур (°С) приземного воздуха, г. Вологда, 1891-2013 гг.

Год	Средняя температура					Аномалии температуры				
	зима	весна	лето	осень	год	зима	весна	лето	осень	год
1891	*	3,7	14,4	-0,3	2,3		0,8	-1,1	-3,2	-0,3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1913	-10,1	3,4		3,1		0,7	0,5		0,2	
1914	-9,1	2,4	15,6	1,4	2,8	1,7	-0,5	0,1	-1,5	0,2
1915	-7,3	0,1	14,2	1,5	1,3	3,5	-2,8	-1,3	-1,4	-1,4
1916	-9,6	0,8	14,5	2,2	2,6	1,2	-2,1	-1,0	-0,7	0,0
1917	-14,1	-1,0	17,0	4,4	1,5	-3,3	-3,9	1,5	1,5	-1,1
1918	-10,6	0,2		4,3		0,2	-2,7		1,4	
1919		0,4	16,0	2,1	1,8		-2,5	0,5	-0,8	-0,8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1938										
1939	-10,1	1,0	16,2	1,7	2,4	0,7	-1,9	0,7	-1,2	-0,2
1940	-15,3	0,6	16,4	3,1		-4,5	-2,3	0,9	0,2	
1941		-2,1	14,9	0,3	-0,8		-5,0	-0,6	-2,6	-3,4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2013	-10,4	1,4	17,3			0,4	-1,5	1,8		
средние за 1891-2013 гг.	-10,5	2,4	15,6	2,8	2,6	0,3	-0,5	0,1	-0,1	0,0
средние за 1961-1990 гг.	-10,8	2,9	15,5	2,9	2,6	X**	X	X	X	X

Примечания: \*  - явление существует, но сведений о нем нет.

\*\* X – клетка не подлежит заполнению.

**Пример 6.2** Сопоставление средних сезонных и годовых температур, рассчитанных за базовый период 1961-1990 гг., и средних сезонных и годовых температур, рассчитанных за весь период наблюдения.

Средние температуры летних и осенних сезонов, и среднегодовая температура приземного воздуха в г. Вологде, рассчитанная за весь период наблюдения (1891-2013 гг.), практически не отличаются от средних температур, рассчитанных за базовый период. Средняя температура весеннего периода на 0,3 °С выше, а средняя температура летнего периода на 0,5 °С ниже температуры соответствующих сезонов базового периода.

**Задание 6.** Провести расчет средних годовых и сезонных аномалий температур приземного воздуха в регионе исследования.

**Задание 7.** Построить графики средних годовых и сезонных аномалий температур приземного воздуха в регионе исследования. Убедиться, что характер изменения аномалий температур приземного воздуха совпадает с характером изменений температур приземного воздуха.

## Самостоятельная работа № 7

### АНАЛИЗ ОСНОВНОЙ ТЕНДЕНЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ. МЕТОД СКОЛЬЗЯЩЕЙ СРЕДНЕЙ

Сущность метода скользящей средней состоит в том, что фактические уровни исследуемого временного ряда заменяются их средними значениями, которые погашают случайные колебания, а основная тенденция развития выражается в виде некоторой плавной кривой. Скользящее среднее определяется по формуле:

$$Y_t = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-m+1}}{m},$$

где  $y_t$  – текущий уровень временного ряда;  $m$  – число уровней, входящих в интервал сглаживания [6].

Практически, если скользящую среднюю применяют к построенному по ежегодным данным временному ряду с беспорядочными колебаниями уровней, то сглаживание начинают с минимального интервала скольжения, равного трем уровням временного ряда. Если интервал в три года оказывается достаточным, чтобы представить фактические уровни изучаемого временного ряда в виде плавной кривой, то укрупнение периода не выполняется. Если же трехлетние скользящие средние обнаруживают скачкообразный характер, то основная тенденция остается невыявленной, и скользящая средняя вычисляется по более укрупненным интервалам:  $m = 4; 5$  и т.д., вплоть до выявления основной тенденции развития. Однако увеличение интервала скольжения имеет границы, поскольку метод скользящей средней приводит к сокращению числа уровней ряда: сглаженный ряд сокращается по сравнению с исходным рядом с обоих концов на количество уровней, равное

$$\frac{m - 1}{2},$$

где  $m$  – число уровней, входящих в интервал сглаживания [6].

**Пример 7.1** Выявление тенденции средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха.

Выявление тенденции во временных рядах проводим методом скользящей средней с шагом 11 лет. Для построения скользящей средней в EXCEL используем инструменты **Добавить линию тренда – Линейная фильтрация – Точки: 11** (рисунок 7.1-7.3).

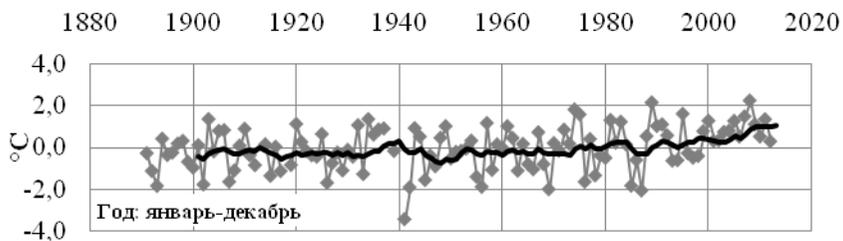


Рисунок 7.1 – Среднегодовые аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), г. Вологда, 1891-2013 гг. и 11-летнее скользящее среднее

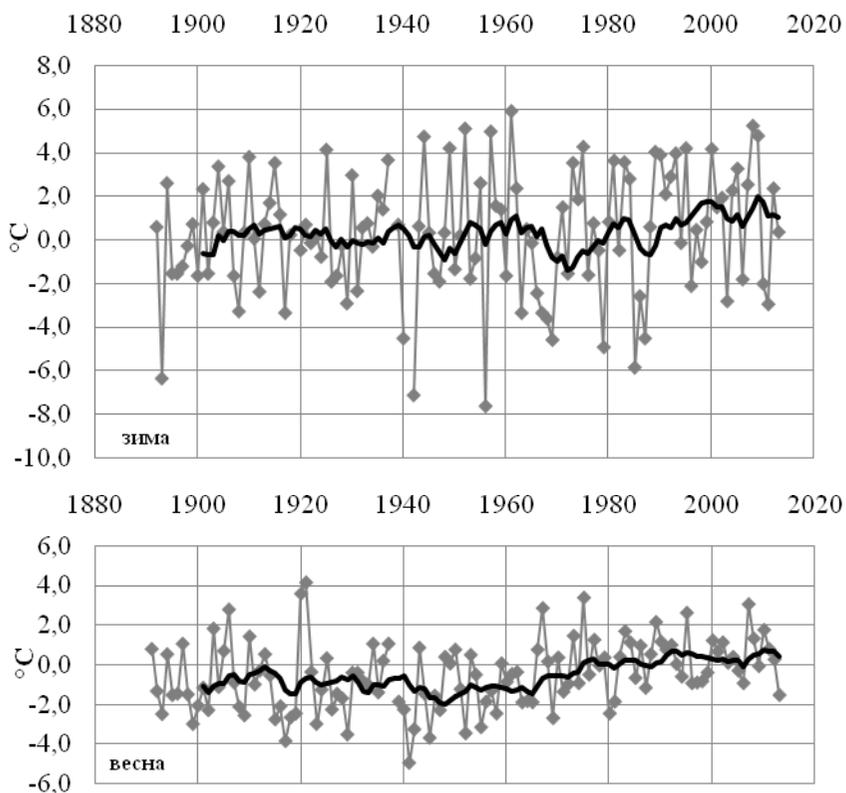


Рисунок 7.2 – Средние сезонные (зима, весна) аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), г. Вологда, 1891-2013 гг. и 11-летнее скользящее среднее

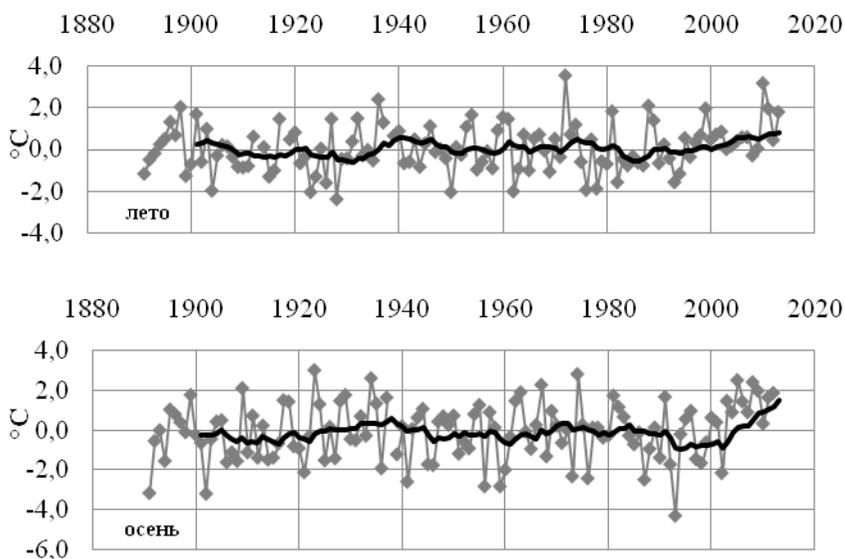


Рисунок 7.3 – Средние сезонные (лето, осень) аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), г. Вологда, 1891-2013 гг. и 11-летнее скользящее среднее

**Задание 8.** Провести сглаживание средней годовой аномалии температуры приземного воздуха, начиная с минимального интервала 3 года, затем укрупняя интервалы  $m = 4; 5$  и т.д. Выбрать интервал скользящего среднего, который наилучшим образом отражает основную тенденцию временного ряда.

**Задание 9.** Провести сглаживание средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха скользящей средней с шагом 11 лет.

**Пример 7.2** Заключение о тенденции параметра за весь рассматриваемый период для каждого сезона и года в целом.

Для выявления тенденции изменения средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха построена линия тренда методом скользящей средней с шагом 11 лет. Сглаженная 11-летняя средняя подтвердила некоторую тенденцию повышения температуры приземного воздуха в весенний сезон с 1960-х гг., с 2000-х гг. – тенденцию повышения температуры летнего и осеннего сезонов и среднегодовой температуры.

Как видно из рисунков 7.1-7.3, временные ряды, сглаженные по методу скользящей средней, показывают более или менее плавное изменение уровней температуры приземного воздуха.

Метод скользящей средней как способ выявления основной тенденции развития широко применяется на практике, однако ему присущи следующие недостатки [6]:

- Выровненными оказываются не все уровни ряда динамики;
- Произвольность выбора интервала сглаживания;
- Он является сугубо эмпирическим методом, который позволяет выявить наличие основной тенденции развития, но получить ее обобщенную статистическую оценку в виде определенной количественной модели посредством этого метода невозможно.

Этих недостатков лишен другой метод выявления тенденции – метод аналитического выравнивания временных рядов.

### **Самостоятельная работа № 8** **АНАЛИЗ ОСНОВНОЙ ТЕНДЕНЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.** **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАВНИВАНИЕ**

Сущность аналитического выравнивания состоит в определении такой математической функции, которая наилучшим образом отображала бы основную тенденцию развития уровней временного ряда [6]. При аналитическом выравнивании уровни временного ряда выражаются в виде определенной математической функции от времени  $t$ , то есть  $Y_t = f(t)$ . Эта функция называется уравнением тренда. Она позволяет осуществить замену фактических уровней ( $Y_t$ ) временного ряда так называемыми выровненными, или теоретическими уровнями ( $Y_{t_i}$ ), то есть уровнями, вычисленными на основе данной функции.

Основанием для выбора типа математической функции должен служить теоретический, содержательный анализ сущности развития изучаемого явления. Практически выбор конкретного уравнения осуществляется на основе сопоставления графиков разных математических функций и статистической кривой, построенной по фактическим данным уровней временного ряда. Близость общего вида статистической кривой к кривой, соответствующей математической функции, и определяет выбор того или иного ее типа.

С помощью EXCEL на линейной диаграмме можно построить шесть разных трендовых кривых, которые отображают соответственно пять типов определенных математических функций [6]: линейную – **Линейная**, логарифмическую – **Логарифмическая**, полиномы разных порядков – **Полиномиальная**, степенную функции – **Степенная**, экспоненту – **Экспонентная**, и уже упоминавшуюся скользящую среднюю – **Линейная фильтрация**.

Графическое сопоставление фактической кривой и разных трендовых кривых не всегда позволяет выбрать наиболее адекватную функцию для описа-

ния основной тенденции развития. Для этой цели рекомендуется использовать специальные статистико-математические критерии.

Адекватность уравнения тренда можно оценить с помощью коэффициента детерминации  $R^2$  (по терминологии EXCEL величины достоверности аппроксимации). Коэффициент детерминации изменяется в диапазоне от 0 до 1 (или от 0 до 100%) и показывает вклад тренда в дисперсию, или часть (долю) вариации зависимой переменной, обусловленную вариацией независимой переменной. На практике, если коэффициент детерминации близок к 1, это указывает на то, что модель работает очень хорошо (имеет высокую значимость), а если к 0, то это означает низкую значимость модели, когда зависимость между переменными отсутствует. Если выбор тренда осуществляется с помощью критерия  $R^2$ , то выбирается вид трендового уравнения, у которого величина  $R^2$  наибольшая.

В Докладе [2] для оценки современных тенденций изменений температуры воздуха применен линейный тренд. В уравнении  $Y_t = a + bt$  параметр  $a$  характеризует начальный уровень тренда в момент или за период, принятый за начало отсчета времени  $t$ , параметр  $b$  - среднюю скорость изменения температуры на рассматриваемом отрезке времени. В качестве начала современного потепления условно выбран 1976 год [2].

**Пример 8.1** Построение и определение оценок линейного тренда температуры приземного воздуха.

Для построения линейного тренда в EXCEL используем инструменты **Добавить линию тренда - Линейный** (рисунок 8.1 - 8.3). С помощью инструментов **Показывать уравнение на диаграмме** и **Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ )** добавляем на диаграмму уравнение тренда и коэффициент детерминации  $R^2$ .

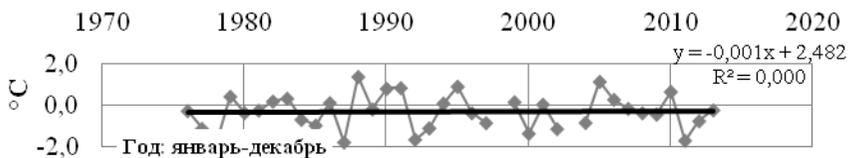


Рисунок 8.1 – Среднегодовые аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), г. Вологда, 1976-2013 гг. и линейный тренд

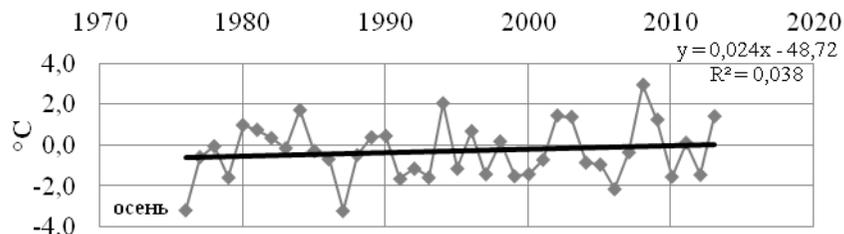
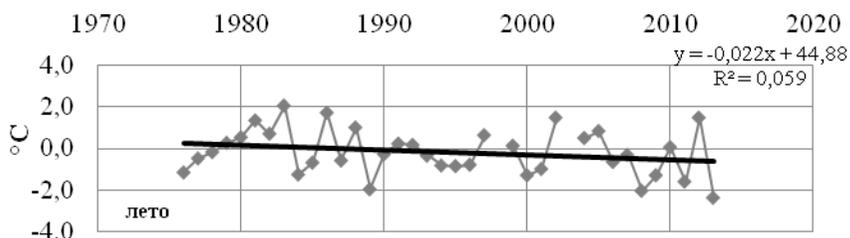
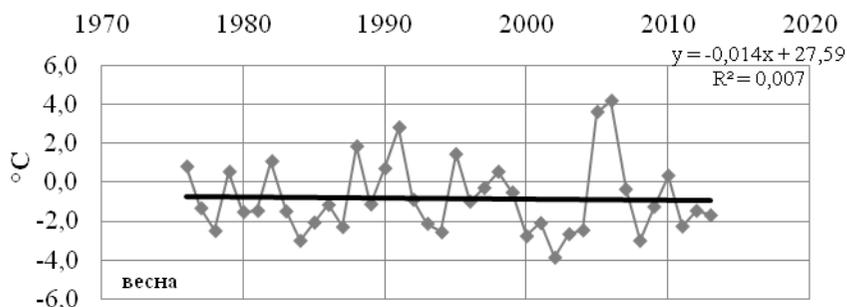
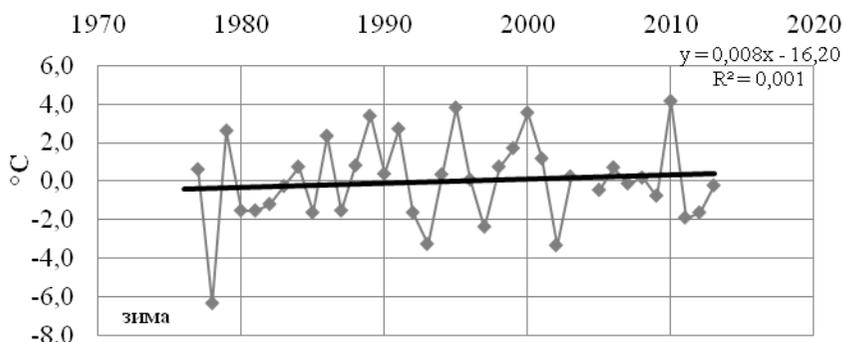


Рисунок 8.2 – Средние сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), г. Вологда, 1976-2013 гг. и линейный тренд

Находим оценки линейных трендов: коэффициент линейного тренда  $b$  выражаем в градусах за десятилетие ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) и вклад тренда в дисперсию  $D$  - в процентах (с точностью до целых значений).

Из уравнения линейного тренда для среднегодовых аномалий приземного воздуха  $y = -0,001x + 2,482$  следует, что среднегодовая температура приземного воздуха ежегодно снижается на  $0,001^{\circ}\text{C}$ , то есть изменение температуры приземного воздуха за 10 лет составит  $b = -0,01^{\circ}\text{C}/10$  лет. По коэффициенту детерминации  $R^2 = 0,000$  оцениваем вклад тренда в дисперсию  $D = 0$  %.

Аналогично находим оценки линейного тренда температуры приземного воздуха для сезонов.

Зима:  $b = 0,08^{\circ}\text{C}/10$  лет,  $D = 0$  %.

Весна:  $b = -0,14^{\circ}\text{C}/10$  лет,  $D = 1$  %.

Лето:  $b = -0,22^{\circ}\text{C}/10$  лет,  $D = 6$  %.

Осень:  $b = 0,24^{\circ}\text{C}/10$  лет,  $D = 4$  %.

**Задание 10.** По временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха построить линейные тренды и определить оценки линейных трендов.

**Пример 8.2** Сопоставление тенденций современных изменений температуры приземного воздуха в г. Вологде с оценками Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды для окружающей территории.

В конце XX века наметилась некоторая тенденция к повышению температуры приземного воздуха в г. Вологде, и для ее выявления построены линейные тренды для периода 1976 – 2012 гг.

Оценки линейных трендов, полученные по временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха в г. Вологде, сопоставлены с оценками Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды для Европейской части России и России в целом [2] (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Оценки линейного тренда аномалий температуры приземного воздуха, осредненных за год и по сезонам для г. Вологды, Европейской части России и России в целом за 1976-2013 гг.:  $b$  – коэффициент линейного тренда ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет),  $D$  - вклад тренда в дисперсию (%)

РФ регион город	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$
РФ	0,43	38	0,12	1	0,53	29	0,44	60	0,55	30
ЕЧР	0,53	39	0,41	5	0,37	14	0,60	37	0,66	31
Вологда	-0,01	0	0,08	0	-0,14	1	-0,22	6	0,24	4

Скорости изменения среднегодовой и средних сезонных температур в городе Вологде не согласуются с пространственным распределением коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на окружающей территории. В целом за год и во все сезоны на территории Вологодской области продолжается потепление (рисунок 1.6 [2]): рост среднегодовой температуры составил  $+0,5...+0,6^{\circ}\text{C}/10$  лет, рост температуры зимой  $+0,4...+0,7^{\circ}\text{C}/10$  лет, весной  $+0,2...+0,3^{\circ}\text{C}/10$  лет, летом и осенью  $+0,5...0,7^{\circ}\text{C}/10$  лет. А в г. Вологде весной, летом и в целом за год наблюдается похолодание: коэффициенты линейного тренда температуры отрицательны (таблица 8.1).

Зимой потепление в г. Вологде происходит со значительно меньшей скоростью, чем в ЕЧР, но со скоростью, близкой к скорости потепления в целом по России. Осенью потепление в г. Вологде происходит с меньшей скоростью, чем в ЕЧР и в целом по России (таблица 8.1). При этом достоверность как положительных, так и отрицательных трендов температуры в г. Вологде очень низка.

В исследовании изменений температуры приземного воздуха на территории Вологодской области за период 1976-2010 гг. [8] установлено, что линейные тренды средней годовой и сезонных температур приземного воздуха за этот период в г. Вологде положительны, причем наиболее значительны положительные тренды среднегодовых и летних температур. Оценки линейного тренда для периода 1976-2010 гг. показывают, что потепление в г. Вологде происходит с меньшей (весна), с такой же (лето, осень) или с большей скоростью (зима) чем в ЕЧР и в среднем по России. В целом за год потепление в г. Вологде происходит с такой же скоростью, как в ЕЧР и в среднем по России.

Таким образом, на фоне общего потепления на отдельных территориях может наблюдаться похолодание или потепление с еще большей скоростью, чем в среднем по региону.

**Задание 10.** Сравнить полученные результаты с общей тенденцией изменения температуры приземного воздуха в соответствующем физико-географическом регионе РФ и России в целом.

### **Самостоятельная работа № 9** **РАНЖИРОВАНИЕ РЯДОВ**

Ранжирование ряда – это процесс распределения отдельных единиц совокупности в порядке возрастания или убывания исследуемого признака. Ранжирование позволяет легко разделить количественные данные по группам, сразу обнаружить наименьшее и наибольшее значения признака, выделить значения, которые чаще всего повторяются.

**Пример 9.1** Определение десяти наиболее теплых и наиболее холодных сезонов и лет в г. Вологде за весь период наблюдения.

Для ранжирования рядов средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха используем инструменты **Сортировка и фильтр - Настраиваемая сортировка** (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Ранжированные ряды средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха. г. Вологда, 1891-2013 гг.

Ранг	сезоны								год	
	зима		весна		лето		осень		°С	год
	°С	год	°С	год	°С	год	°С	год		
1	-7,600	1956	-4,967	1941	-2,333	1928	-4,300	1993	-3,425	1941
2	-7,100	1942	-3,867	1917	-2,000	1923	-3,200	1902	-2,050	1987
3	-6,333	1893	-3,7	1945	-2,000	1950	-3,167	1891	-1,992	1969
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
117	5,100	1952	2,800	1906	2,100	1988	2,367	2008	2,158	1989
118	5,233	2008	2,867	1967	2,400	1936	2,467	2005	2,250	2008
119	5,900	1961	3,067	2007	3,167	2010	2,567	1934		1913
120		1891	3,400	1975	3,533	1972	2,767	1974		1918
121		1919	3,600	1920		1913	2,967	1923		1938
122		1938	4,167	1921		1918		1938		1940
123		1941		1938		1938		2013		2013

Примечания:  - явление существует, но сведений о нем нет.

Данные о десяти наиболее теплых и наиболее холодных сезонах и годах в г. Вологде за весь период наблюдения 1891-2013 гг. представлены в таблицах 9.2 и 9.3.

В десятке наиболее теплых зим за весь период наблюдений с 1891 по 2013 гг. присутствуют два года XXI века: 2008, 2009 гг.; в десятке наиболее теплых весен - два года XXI века: 2007, 2010 гг.; в десятке наиболее теплых летних сезонов - три года XXI века: 2010, 2011, 2013 гг.; в десятке наиболее теплых осенних сезонов - четыре года XXI века: 2005, 2008, 2009, 2012 гг. В десятке наиболее теплых лет за весь 123-летний период наблюдений гг. присутствуют три года XXI века: 2008, 2007, 2011 гг.

Весна 2007 года была аномально теплой: четвертое место в десятке самых теплых весенних сезонов за весь период наблюдений. В результате 2007 год занимает шестое место в десятке самых теплых лет за весь период наблюдения с 1891 по 2013 гг.

Зима и осень 2008 года были аномально теплыми: соответственно второе и пятое места в десятке самых теплых зимних и осенних сезонов за весь период наблюдений. В результате 2008 год занимает первое место в десятке самых теплых лет за весь период наблюдений с 1891 по 2013 гг.

Таблица 9.2 - Десять наиболее теплых сезонов и лет в г. Вологде за период наблюдения с 1891 по 2013 гг. Аномалии температуры приземного воздуха °С, год наблюдения

Ранг	сезоны								год	
	зима		весна		лето		осень			
	°С	год	°С	год	°С	год	°С	год	°С	год
1	5,900	1961	4,167	1921	3,533	1972	2,967	1923	2,250	2008
2	5,233	2008	3,600	1920	3,167	2010	2,767	1974	2,158	1989
3	5,100	1952	3,400	1975	2,400	1936	2,567	1934	1,825	1974
4	4,967	1957	3,067	2007	2,100	1988	2,467	2005	1,617	1995
5	4,767	2009	2,867	1967	2,033	1898	2,367	2008	15,92	1975
6	4,733	1944	2,800	1906	1,967	2011	2,233	1967	1,492	2007
7	4,267	1975	2,633	1995	1,967	1999	2,067	1909	1,367	1934
8	4,200	1995	2,167	1989	1,833	1981	1,933	2009	1,367	1903
9	4,200	1949	1,833	1903	1,800	2013	1,867	1963	1,358	2011
10	4,167	2000	1,767	2010	1,700	1901	1,833	2012	1,317	1981

Таблица 9.3 - Десять наиболее холодных сезонов и лет в г. Вологде за период наблюдения с 1891 по 2013 гг. Аномалии температуры приземного воздуха °С, год наблюдения

Ранг	сезоны								год	
	зима		весна		лето		осень			
	°С	год								
1	-7,600	1956	-4,967	1941	-2,333	1928	-4,300	1993	-3,425	1941
2	-7,100	1942	-3,867	1917	-2,000	1923	-3,200	1902	-2,050	1987
3	-6,333	1893	-3,700	1945	-2,000	1950	-3,167	1891	-1,992	1969
4	-5,833	1985	-3,533	1929	-1,967	1962	-2,833	1956	-1,900	1942
5	-4,900	1979	-3,467	1952	-1,933	1904	-2,833	1959	-1,875	1956
6	-4,567	1969	-3,267	1942	-1,900	1976	-2,600	1941	-1,833	1893
7	-4,500	1940	-3,167	1955	-1,833	1978	-2,500	1987	-1,825	1985
8	-4,500	1987	-3,000	1899	-1,567	1926	-2,433	1976	-1,767	1902
9	-3,600	1968	-3,000	1923	-1,533	1982	-2,333	1973	-1,683	1926
10	-3,333	1917	-2,767	1915	-1,533	1993	-2,167	2002	-1,633	1907

Зима и осень 2009 года были аномально теплыми: соответственно пятое и восьмое места в десятке самых теплых зимних и осенних сезонов за весь период наблюдений.

Весна и лето 2010 года были аномально теплыми: соответственно десятое и второе места в десятке самых теплых весенних и летних сезонов за весь период наблюдений.

Лето 2011 года было аномально теплым: шестое место в десятке самых теплых летних сезонов за весь период наблюдений. В результате 2011

год занимает девятое место в десятке самых теплых лет за весь период наблюдений с 1891 по 2013 гг.

Также к аномально теплым относятся лето 2013 года и осенние сезоны 2005 и 2012 годов: соответственно девятое, четвертое и десятое места в десятке самых теплых летних и осенних сезонов за весь период наблюдений.

Таким образом, в десятку самых теплых сезонов за весь период наблюдений с 1891 по 2013 гг. в г. Вологде входят 11 сезонов XXI века: две зимы, две весны, три летних и четыре осенних сезонов. В результате в десятке самых теплых лет за весь 123-летний период наблюдений в г. Вологде присутствуют три года XXI века: 2008, 2007, 2011 - соответственно первое, шестое и девятое места.

В десятке наиболее холодных осенних сезонов за весь период наблюдений с 1991 по 2013 гг. присутствует 1 год XXI века – 2002 г.: десятое место. В десятке наиболее холодных зимних, весенних и летних сезонов и лет отсутствуют сезоны и годы XXI века.

## **Самостоятельная работа № 10** **ВЫВОДЫ**

Выводы о проделанной работе пишутся на основании того, что было написано ранее. Никакие выводы не появляются внезапно! Всё должно быть подробнейшим образом расписано ранее, и затем подано в обобщенном виде в качестве итогов работы. Выводы - это краткий рассказ о проделанной работе.

**Пример 10.1** Заключение об изменчивости температуры приземного воздуха в исследуемом регионе

Выводы

1. Город Вологда расположен в зоне умеренно континентального климата, со сравнительно теплым летом и продолжительной холодной зимой.

2. В результате анализа изменчивости среднегодовой и средних сезонных температур приземного воздуха в г. Вологде за период с 1891 по 2013 гг. установлена некоторая тенденция повышения средней температуры весеннего сезона с 1960-х годов; тенденция повышения температуры летнего, осеннего сезонов, и среднегодовой температуры с 2000-х.

3. Для выявления тенденции изменения средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха построена линия тренда методом скользящей средней с шагом 11 лет. Сглаженная 11-летняя средняя подтвердила тенденцию повышения температуры приземного воздуха в весенний сезон с 1960-х гг., с 2000-х гг. – тенденцию повышения температуры летнего и осеннего сезонов и среднегодовой температуры.

3. Для анализа тенденций современных изменений температуры приземного воздуха построены линейные тренды для периода 1976-2013 гг. 1976 год выбран условно в качестве начала современного потепления. Установлено, что скорости изменения среднегодовой и средних сезонных температур в городе Вологде не согласуются с оценками Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды для окружающей территории. На фоне общего потепления в ЕЧР в г. Вологда весной, летом и в целом за год наблюдается похолодание, но при этом достоверность трендов температуры в г. Вологде очень низка.

4. В десятку самых теплых сезонов за весь период наблюдений с 1891 по 2013 гг. в г. Вологда входят 11 сезонов XXI века: две зимы, две весны, три летних и четыре осенних сезонов. В результате в десятке самых теплых лет за весь 123-летний период наблюдений в г. Вологда присутствуют три года XXI века: 2008, 2007, 2011 - соответственно первое, шестое и девятое места.

### **Темы для самостоятельной разработки**

Предлагаются следующие темы для самостоятельной разработки и сообщения (доклада) на практическом занятии.

1. Классификация климатов Земли.
2. Гольфстрим и климат.
3. Рамочная конвенция об изменении климата и Киотский протокол. За и против.
4. Климат и криосфера (CliC).
5. Колебания и предсказуемость климата (CLIVAR).
6. Эксперимент по круговороту энергии и воды (GEWEX).
7. Стратосферные процессы и их роль в климате (SPARC).
8. Инициатива по исследованию засухи (DRI).
9. Проекты Международного Полярного Года (МПГ).
10. Изучение климатической системы Арктики (АКСИС).
11. Эксперимент по изучению циркуляции Мирового океана (BOCE).

## Библиографический список

1. Специализированные массивы: официальный сайт ФГБУ «ВНИИГ-МИ-МЦД». [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://meteo.ru/data/> (дата обращения: 06.04.2014).
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2013 год. - М., 2014. - 109 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/press/news/7014/>
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Том 1, Изменения климата. - М.: РОСГИДРОМЕТ, 2008. – 227с.
4. Википедия [Электронный ресурс]: свободная энциклопедия. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>
5. Погода и климат [электронный ресурс]. Климат мира – Россия и страны СНГ – Климат Вологды. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>
6. Чекотовский, Э. В. Графический анализ статистических данных в Microsoft Excel 2000 / Э.В. Чекотовский. - М.: Вильямс, 2002. – 462 с.
7. Гусаров, В. М. Теория статистики: [учеб. пособие для вузов по экон. специальностям] / В.М.Гусаров. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 247 с.
8. Карандашева, Т.К. Изменения температуры приземного воздуха на территории Вологодской области за период 1936-2010 гг. / Т.К. Карандашева// Науки о Земле на современном этапе: материалы VI межд. науч.-практ. конф., 15 ноября 2012 г. - М.: Спутник+, 2012 – С.87-93.

## Содержание

	стр.
Введение.....	3
Цель и задачи .....	4
Материалы и методы .....	4
Самостоятельная работа № 1. Выбор региона исследования .....	6
Самостоятельная работа № 2. Характеристика климата региона.....	9
Самостоятельная работа № 3. Подготовка массива исходных данных....	10
Самостоятельная работа № 4. Расчет средних годовых и сезонных температур приземного воздуха.....	12
Самостоятельная работа № 5. Графический анализ временных рядов ...	14
Самостоятельная работа № 6. Расчет средних годовых и сезонных аномалий температуры приземного воздуха.....	17
Самостоятельная работа № 7. Анализ основной тенденции временных рядов. Метод скользящей средней .....	19
Самостоятельная работа № 8. Анализ основной тенденции временных рядов. Аналитическое выравнивание.....	22
Самостоятельная работа № 9. Ранжирование рядов .....	26
Самостоятельная работа № 10. Выводы .....	29
Темы для самостоятельной разработки .....	30
Библиографический список.....	30

---

Подписано в печать 15.05.2014.	Усл. печ. л. 2,0	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ №	_____.

---

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15

