

# **ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА И ИХ ОТРАЖЕНИЕ В КЛИМАТЕ**

**Н.К. Кононова**

**Институт географии РАН, Москва**

## **Введение**

В конце XX века произошло новое значительное изменение в характере циркуляции атмосферы Северного полушария. С этого времени погода преподносит нам экстремумы, аналогичные отмечавшимся в конце XIX – начале XX веков либо в 60-е годы XX века. Задача работы – показать закономерность таких проявлений и попытаться на основе анализа 114-летнего периода колебаний циркуляции атмосферы оценить возможные изменения климата в ближайшем будущем.

## **Методы и материалы**

Типизация циркуляции атмосферы Северного полушария разрабатывалась под руководством Б.Л. Дзердзеевского [Дзердзеевский, Курганская, Витвицкая, 1946] специально для анализа многолетних колебаний циркуляции атмосферы, связанных с нею колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков и климатического прогноза. В современный переломный период именно эта типизация, благодаря её структуре и накопленному материалу, даёт возможность оценить предстоящие изменения.

На основе ежедневных синоптических карт Северного полушария в типизации выделено 4 группы циркуляции, 13 типов и 41 подтип, элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), который и служит основной единицей типизации (табл. 1)

Таблица 1

Характеристика групп циркуляции атмосферы Северного полушария  
в типизации Б.Л. Дзердзеевского

| Группа циркуляции       | Типы ЭЦМ, входящие в группу | Атмосферное давление в Арктике | Количество одновременных блокирующих процессов в разных секторах полушария | Количество одновременных выходов южных циклонов в разных секторах полушария |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Зональная               | 1 и 2                       | Высокое                        | 0                                                                          | 2–3                                                                         |
| Нарушения зональности   | 3–7                         | Высокое                        | 1                                                                          | 1–3                                                                         |
| Меридиональная северная | 8–12                        | Высокое                        | 2–4                                                                        | 2–4                                                                         |
| Меридиональная южная    | 13                          | Низкое                         | 0                                                                          | 3–4                                                                         |

На основе сборно-кинематических карт на каждый ЭЦМ составлена динамическая схема географического положения и путей перемещения циклонов и антициклонов [Дзердзеевский, 1968}, в силу чего каждый ЭЦМ, характеризуя положение на Северном полушарии в целом, отражает и синоптическую ситуацию в любом регионе, независимо от его размеров. Именно поэтому с самого начала и до последних лет эта типизация используется разными специалистами для анализа глобальных и региональных изменений климата, водного и ледового режима и природной опасности различных территорий. Примеры динамических схем ЭЦМ, относящихся к разным группам циркуляции, приведены на рис. 1. Полностью все схемы с подробным описанием размещены на сайте ([www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)).

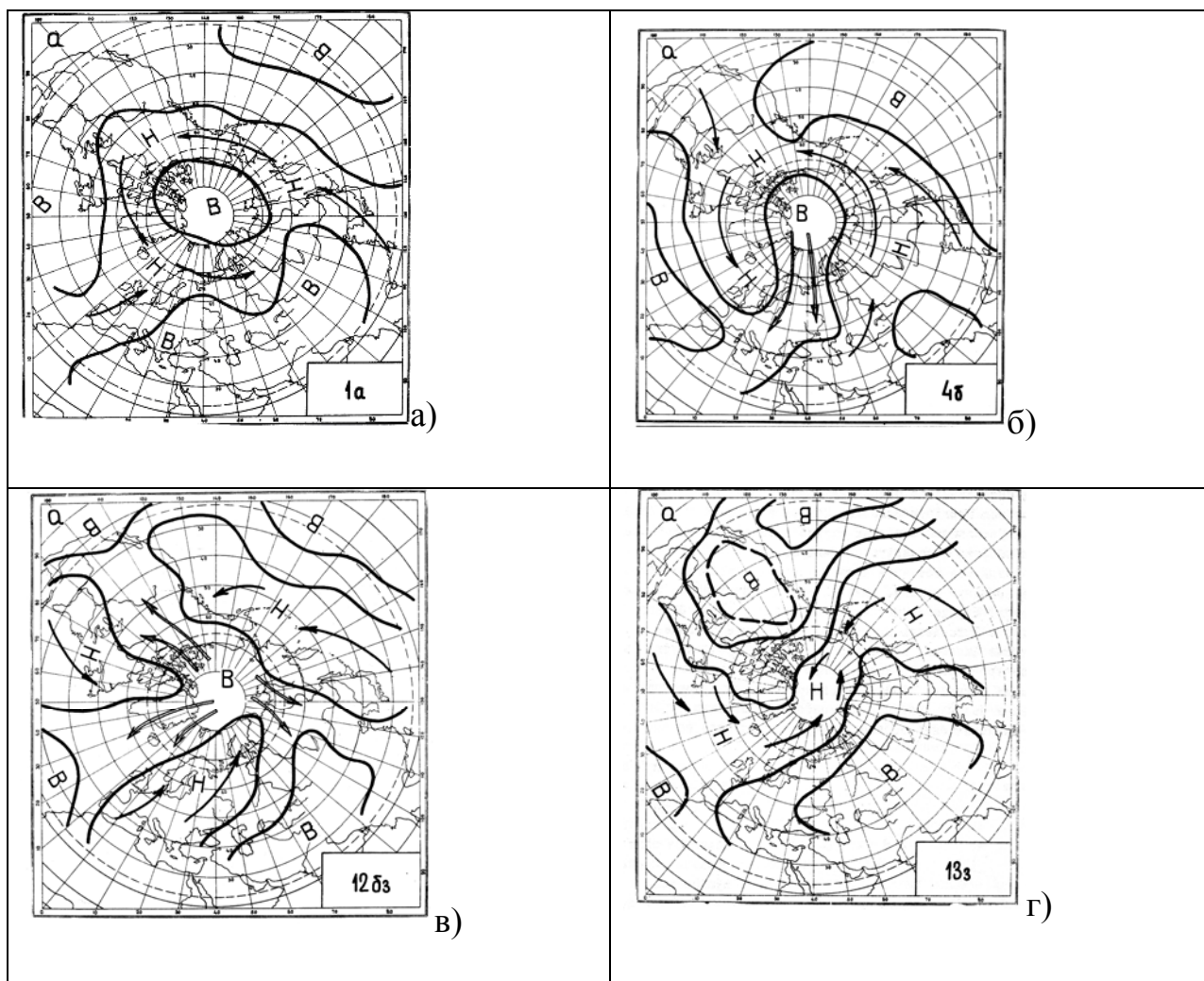


Рис. 1. Динамические схемы ЭЦМ: а) – зональная группа, б) – нарушение зональности, в) – меридиональная северная, г) – меридиональная южная

Для обеспечения однородности анализа изменений циркуляции атмосферы над регионами Б.Л. Дзердзеевский (Дзердзеевский, 1970) выделил на полушарии океанические и континентальные сектора: атлантический ( $60^{\circ}$  з.д. –  $0^{\circ}$ ), европейский ( $0^{\circ}$  –  $60^{\circ}$  в.д.), сибирский ( $60^{\circ}$  –  $120^{\circ}$  в.д.), дальневосточный ( $120^{\circ}$  –  $170^{\circ}$  в.д.), тихоокеанский ( $170^{\circ}$  в.д. –  $120^{\circ}$  з.д.) и американский ( $120^{\circ}$  –  $60^{\circ}$  з.д.). По направлениям перемещения барических образований над секторами сформировалось 10 групп циркуляции ([www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)), однако ни в одном секторе все 10 групп не

встречаются. Наибольшее их количество (9) отмечается в американском секторе, наименьшее (5) – в дальневосточном.

### **Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – XXI вв. и их проявления в России.**

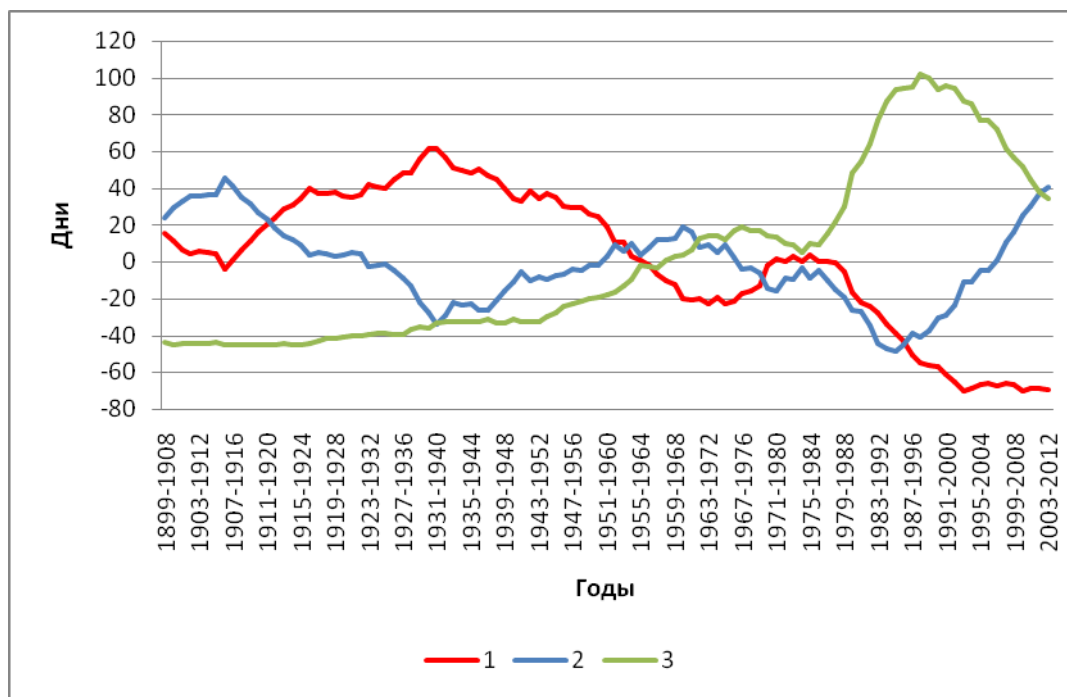


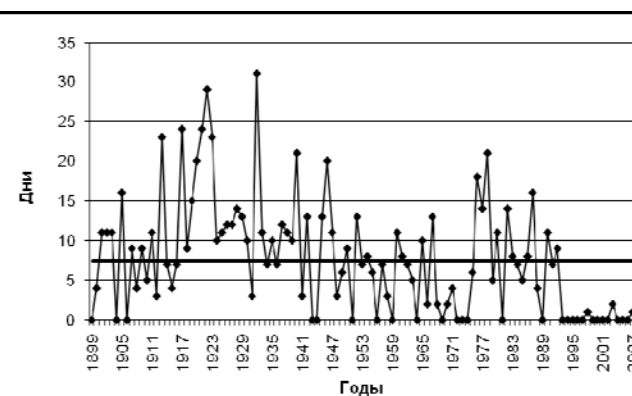
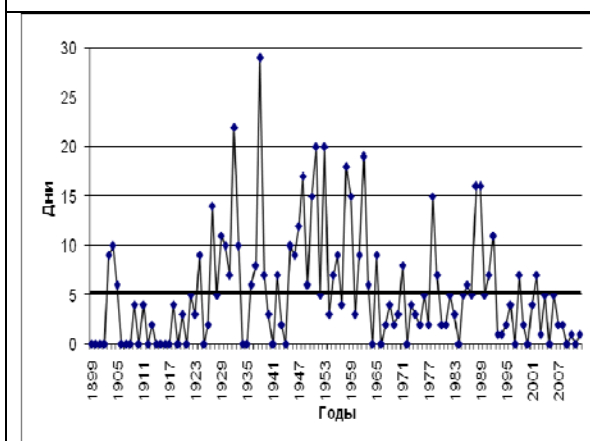
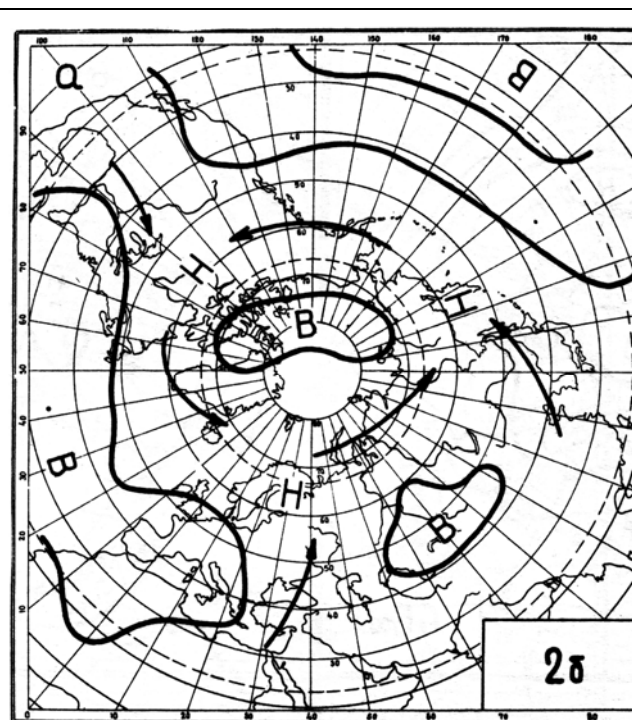
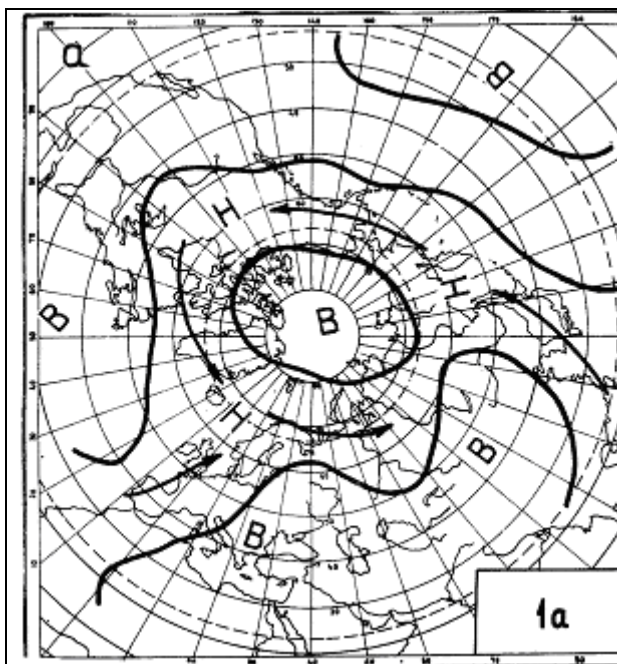
Рис. 2. Отклонения продолжительности групп циркуляции Северного полушария (10-летние скользящие средние) за 1899-2012 гг. от средней за тот же период: 1 – зональная + нарушение зональности; 2 – меридиональная северная (блокирующие процессы); 3 – меридиональная южная.

Анализ суммарной годовой продолжительности групп циркуляции позволил выявить длительные (в несколько десятилетий) периоды положительных аномалий продолжительности какой-либо группы циркуляции. Эти периоды получили название циркуляционных эпох [Дзердзеевский, 1956].

С 1899 г. на Северном полушарии сменились три циркуляционные эпохи (рис. 2): две меридиональные (с 1899 по 1915 гг. и с 1957 г. по настоящее время) и одна зональная (1916-1956 гг.).

В зональную эпоху преобладали ЭЦМ без арктических вторжений или с одним арктическим вторжением, атлантические циклоны проходили вдоль всего побережья Евразии. Этот период вошёл в историю как период потепления Арктики. На материке же господствовали антициклоны, так что отмечались и сильные морозы, и сильные засухи. Об этом периоде Л.С. Бергом в книге «Климат и жизнь» была написана глава о понижении уровня Каспийского моря во время потепления Арктики из-за недостатка осадков в бассейне Волги [Берг, 1947].

В эту эпоху наибольшей суммарной годовой продолжительностью отличались почти все зональные ЭЦМ и нарушения зональности. Их динамические схемы и графики многолетних изменений продолжительности размещены на сайте [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru). Здесь приводим по одному зимнему и летнему ЭЦМ этих групп (рис. 3). Как видно на динамических схемах, зимой вся Россия, исключая крайний север, находилась под воздействием сибирского антициклона, а летом в зоне блокирующего процесса, сформировавшегося в сухом арктическом воздухе, и под влиянием азорского антициклона находилось большинство зернопроизводящих районов России и Украины.





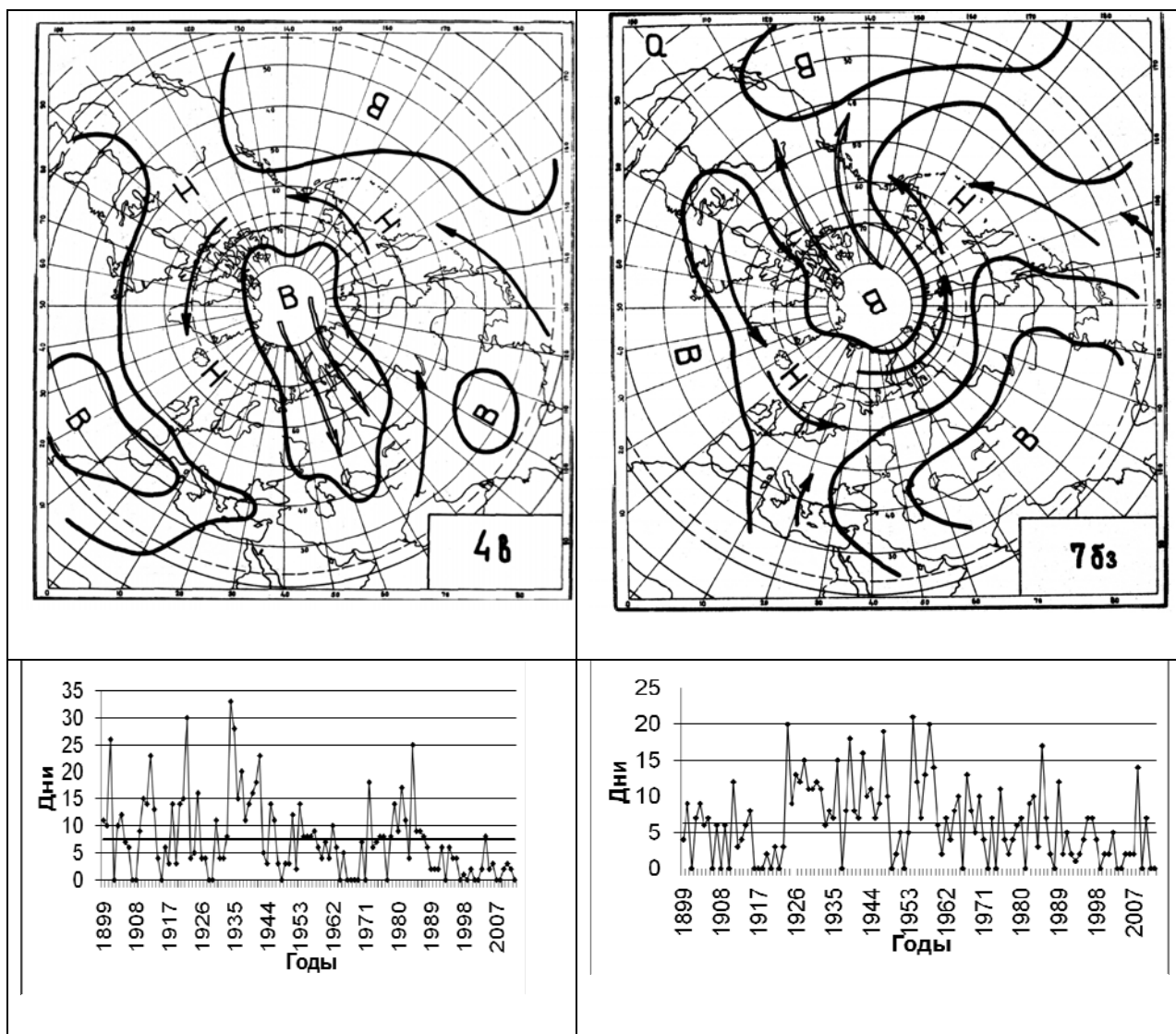
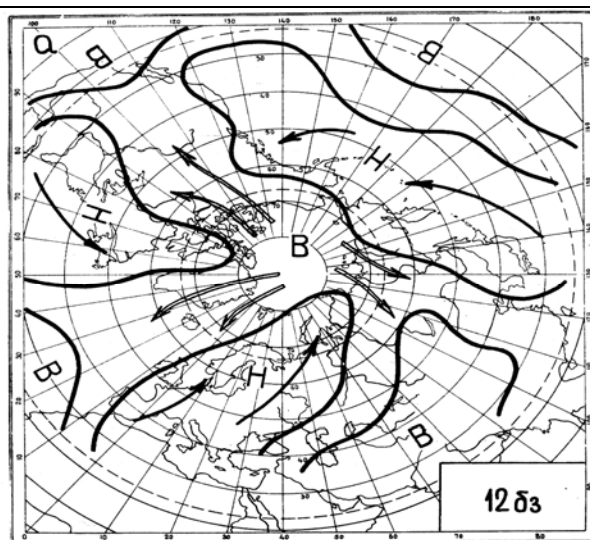
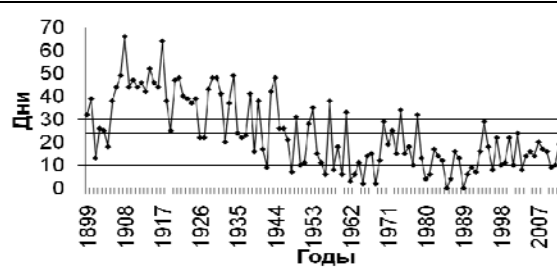
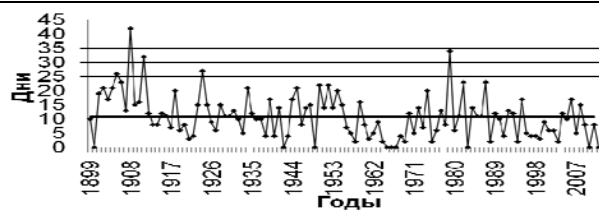
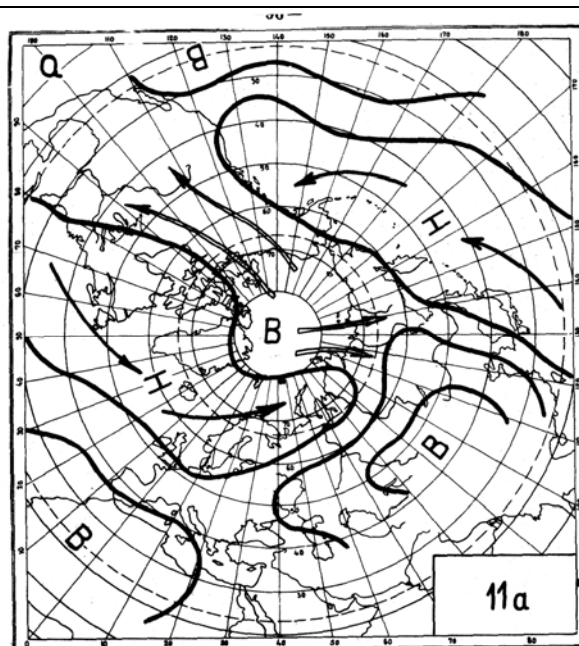
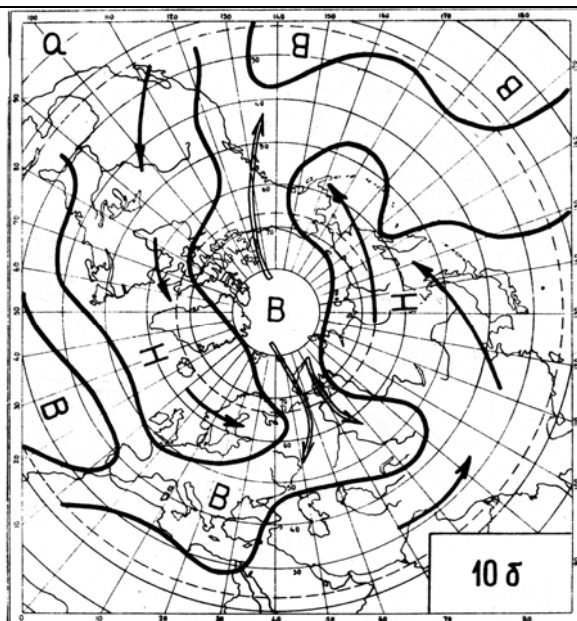


Рис. 3. Динамические схемы и суммарная годовая продолжительность (1899-2012 гг.) ЭЦМ, наиболее часто встречающихся в зональной эпохе.

Меридиональные эпохи различаются между собой преобладанием различных групп циркуляции. В начале XX века отмечалась меридиональная северная эпоха, продолжительнее средней за 1899-2012 гг. были блокирующие процессы, т. е. в средние широты перемещались арктические антициклоны и их гребни. Преобладала зимой морозная, а летом жаркая погода без осадков. В целом на Северном полушарии и в России отмечалось похолодание (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>). Наибольшей суммарной годовой продолжительностью в эту эпоху отличались ЭЦМ 10б (летний), 11а и 12бз (зимние, рис. 4).





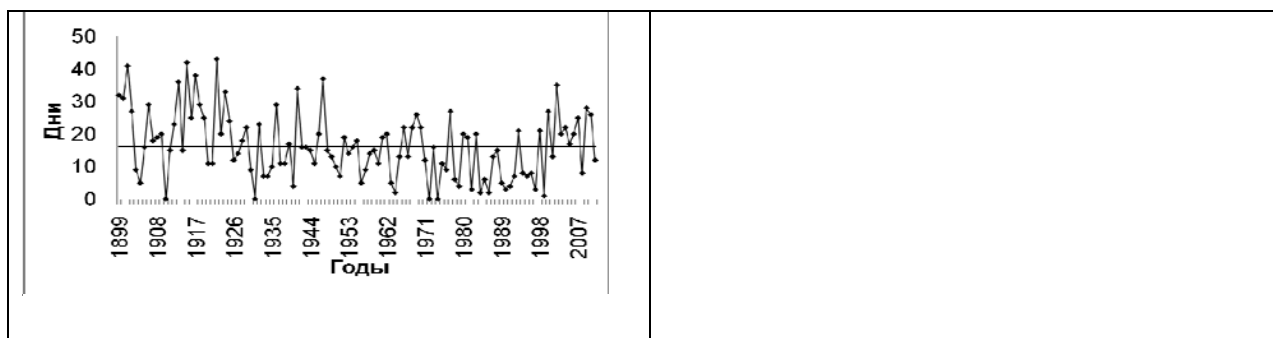


Рис. 4. Динамические схемы и суммарная годовая продолжительность (1899-2012 гг.) ЭЦМ, наиболее часто встречающихся в меридиональной северной эпохе 1899-1915 гг.

При ЭЦМ 10б в тёплое полугодие южные циклоны монгольской ветви полярного фронта выходят на Восточную Сибирь. В них вливаются средиземноморские циклоны, проходящие через Казахстан. В их тылу формируется один из двух блокирующих процессов на полушарии, направленный на территории, прилегающие к Уралу. В сухом быстро прогреваемом арктическом воздухе в общей сложности больше месяца оказывались зернопроизводящие районы Западной Сибири, Европейской России и Украины.

В холодный период при ЭЦМ 11а один из двух блокирующих процессов в тылу дальневосточных циклонов направлен на Восточную Сибирь, и под влиянием сибирского антициклона только при этом ЭЦМ более полутора месяцев оказывалась вся Россия, исключая крайний север Европы и Западной Сибири. Средиземноморские циклоны, проходя через западные регионы России и Украину, вливались в атлантические циклоны, проходящие по северу России. Также в холодное полугодие при ЭЦМ 12бз (35-43 дня в году) в тылу дальневосточных циклонов, доходящих до Камчатки и Чукотки, формируется блокирующий процесс, поддерживающий сибирский антициклон, дотягивающийся западным отрогом до Черноморского побережья Кавказа. Средиземноморские циклоны перемещаются с юго-запада на северо-восток, достигая устья Оби и Енисея.

С 1957 г. началась меридиональная южная эпоха. В ней в 2,5 раза продолжительнее средней оказались выходы южных циклонов, которые несли из низких широт в высокие тёплый и влажный воздух.

Следует заметить, что в первой трети XX века меридиональная южная циркуляция почти отсутствовала, только в 1963 г. её продолжительность впервые превысила среднюю за 1899-2012 гг. (рис. 5). Это определило однородность первых двух эпох: одна из двух групп циркуляции оказывалась преобладающей в течение всей эпохи (см. рис. 2). Третья эпоха подразделяется на периоды с преобладанием какой-либо группы циркуляции (табл. 2).

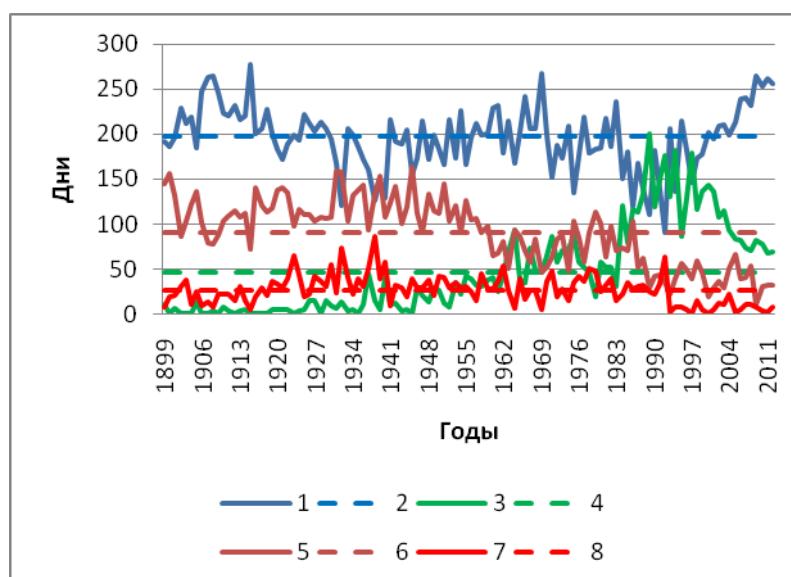


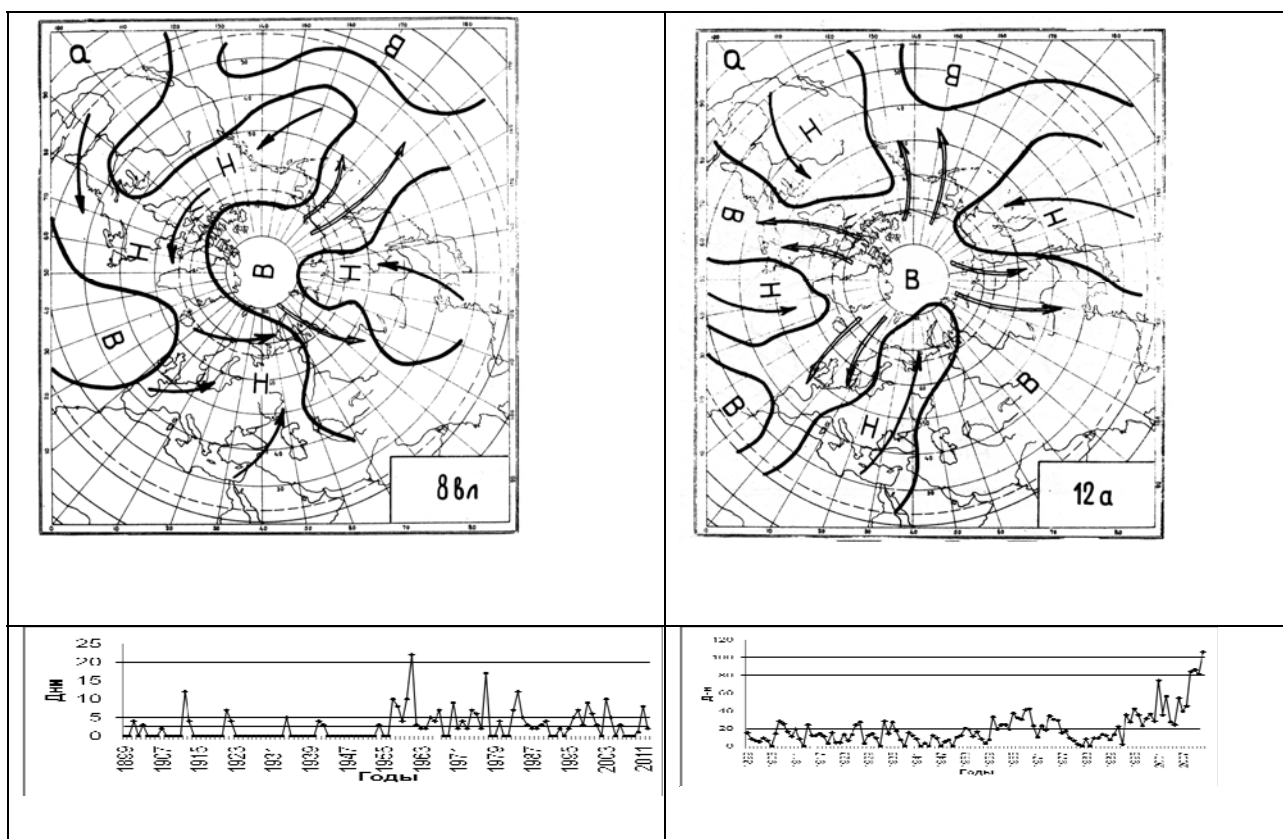
Рис. 5. Суммарная за год продолжительность групп типов циркуляции Северного полушария в типизации Б.Л. Дзердзеевского в 1899-2012 гг.: 1 – меридиональная северная, 2 – меридиональная северная средняя, 3 – меридиональная южная, 4 – меридиональная южная средняя, 5 – нарушение зональности, 6 – нарушение зональности средняя, 7 – зональная, 8 – зональная средняя.

Таблица 2

Циркуляционные периоды внутри меридиональной южной циркуляционной эпохи

| Период                                                                                      | Годы      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Повышенная продолжительность меридиональной северной циркуляции                             | 1957-1969 |
| Рост продолжительности зональной циркуляции                                                 | 1970-1980 |
| Быстрый рост меридиональной южной циркуляции                                                | 1981-1997 |
| Уменьшение продолжительности меридиональной южной циркуляции и рост меридиональной северной | 1998-2012 |

В период увеличения продолжительности меридиональной северной циркуляции в 1957-1969 гг. наибольшей продолжительностью отличались не те ЭЦМ, что в первой эпохе (рис. 6).



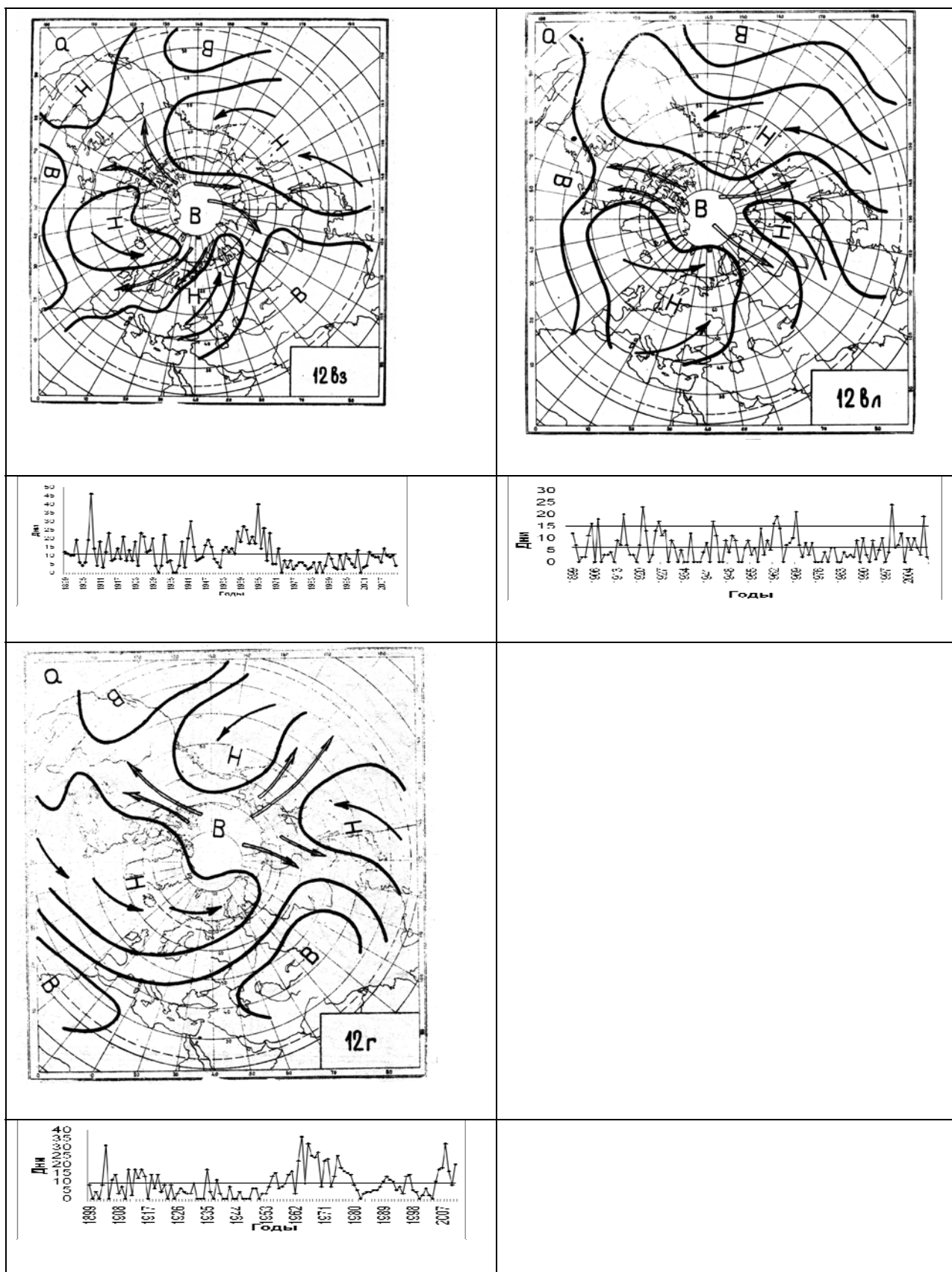


Рис. 6. Динамические схемы и суммарная годовая продолжительность (1899-2012 гг.) ЭЦМ, наиболее часто встречающихся в период 1957-1969 гг.

Если в меридиональную северную циркуляционную эпоху повышенной продолжительностью отличались ЭЦМ с двумя противоположными по направлению блокирующими процессами, один из которых развивался над регионом России, то в 1957-1969 гг. возросла продолжительность ЭЦМ с двумя близкими по направлению и тремя-четырьмя блокирующими процессами, два из которых направлены на Россию. Таким образом, общее количество блокирующих процессов и формирующихся в результате стационарных антициклонов как на полушарии в целом, так и на территории России, увеличилось.

При ЭЦМ 8вл в тёплое полугодие блокирующий процесс над Западной Сибирью формируется в тылу южных циклонов монгольской ветви полярного фронта, выходящих на Восточную Сибирь и Дальний восток. Блокирующий процесс над Камчаткой формируется в тылу южных циклонов, выходящих на Чукотку. Обе ветви южных циклонов, зачастую бывших тайфунов, регенерировавших на полярном фронте, способны вызвать штормовую погоду с обильными осадками и привести к чрезвычайной ситуации.

При ЭЦМ 12а в этот период отмечается первый всплеск суммарной годовой продолжительности (20-40 дней). При нём преимущественно в переходные сезоны развивается мощный блокирующий процесс (один из четырёх) над всей Сибирью и Поволжьем в тылу южных циклонов, выходящих на Дальний восток. На запад Европейской России при этом выходят средиземноморские циклоны. Второй блокирующий процесс над Россией развивается на крайнем северо-востоке. При этом ЭЦМ часто отмечаются чрезвычайные ситуации на Дальнем Востоке, на Северном Кавказе и Черноморском побережье, а также у западных рубежей России.

Продолжительность ЭЦМ 12вз в 1957-1969 гг. в течение всего периода превышает среднюю, чего не отмечается ни в один другой период, и колеблется от 15 до 40 дней. При этом ЭЦМ в холодное полугодие один



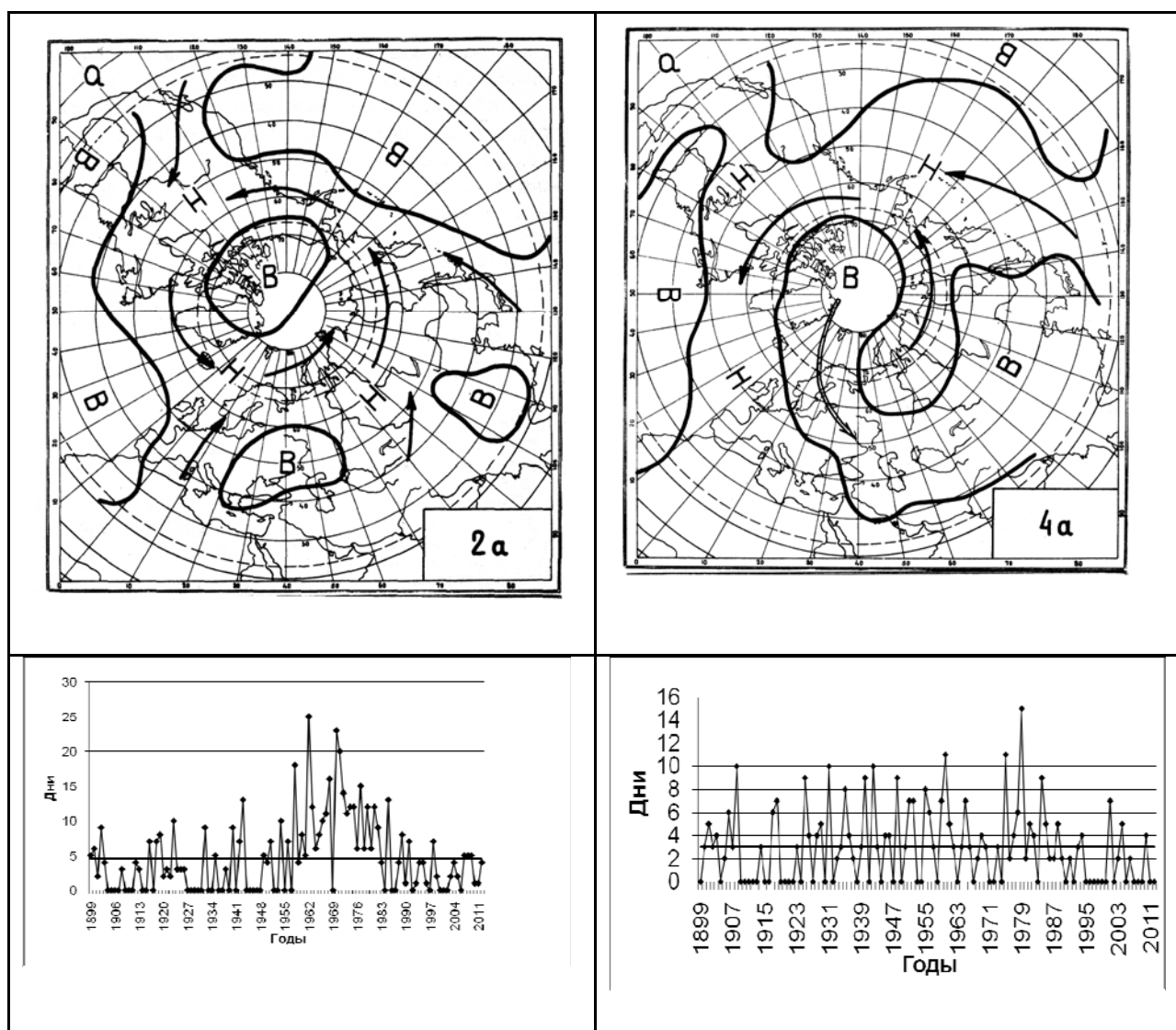
блокирующий процесс из трёх формируется в тылу дальневосточных южных циклонов и направлен на Восточную Сибирь, а второй, развиваясь в тылу средиземноморских циклонов, направлен на Кольский полуостров и западные регионы России. Южные циклоны способны спровоцировать штормовую погоду и сильные осадки на Дальнем Востоке, Северном Кавказе, Черноморском побережье и в центре России. Вместе с тем с ними связано повышение температуры в этих регионах, а также в Западной Сибири вплоть до северных районов. Арктическое вторжение на Восточную Сибирь поддерживает высокое давление в сибирском антициклоне, гарантируя сильные морозы на всей территории Восточной Сибири.

При ЭЦМ 12вл в тёплом полугодии периода 1957-1969 гг. отмечались почти сплошь положительные отклонения от средней, чего не было в предыдущие периоды. Суммарная годовая продолжительность достигала 20 дней. При этом ЭЦМ над территорией России формируются два блокирующих процесса из трёх: над Западной Сибирью в тылу южных циклонов монгольской ветви полярного фронта, выходящих на Восточную Сибирь, и над районом Камчатки в тылу тихоокеанских циклонов. Над Европейской Россией господствуют атлантические и средиземноморские циклоны, формируя прохладную погоду с большим количеством осадков. Показательно, что этот период отличается в России наибольшим количеством осадков за весь период наблюдений (Оценочный доклад, 2008).

Суммарная годовая продолжительность ЭЦМ холодного периода 12 г в 1957-1969 гг. оказывается наибольшей за весь период наблюдений (до 35 дней за сезон). Ежегодные отклонения от средней положительны. При этом ЭЦМ два из трёх блокирующих процессов на полушарии развиваются над Россией: над Восточной Сибирью в тылу дальневосточных циклонов и над Чукоткой в тылу тихоокеанских циклонов. Мощный сибирский антициклон западным отрогом соединяется с азорским антициклоном. Атлантические циклоны обходят эту антициклоническую систему с севера, неся тепло и

осадки на арктическое побережье. На большей части территории России в антициклоне формируется морозная погода без осадков.

В период нового увеличения суммарной годовой продолжительности зональной группы и нарушения зональности (1970-1980 гг.) у большинства ЭЦМ этих групп отмечался второй всплеск продолжительности, а ЭЦМ 2а, 4а и 5в отличались наибольшей суммарной годовой продолжительностью именно в этот период (рис. 7).



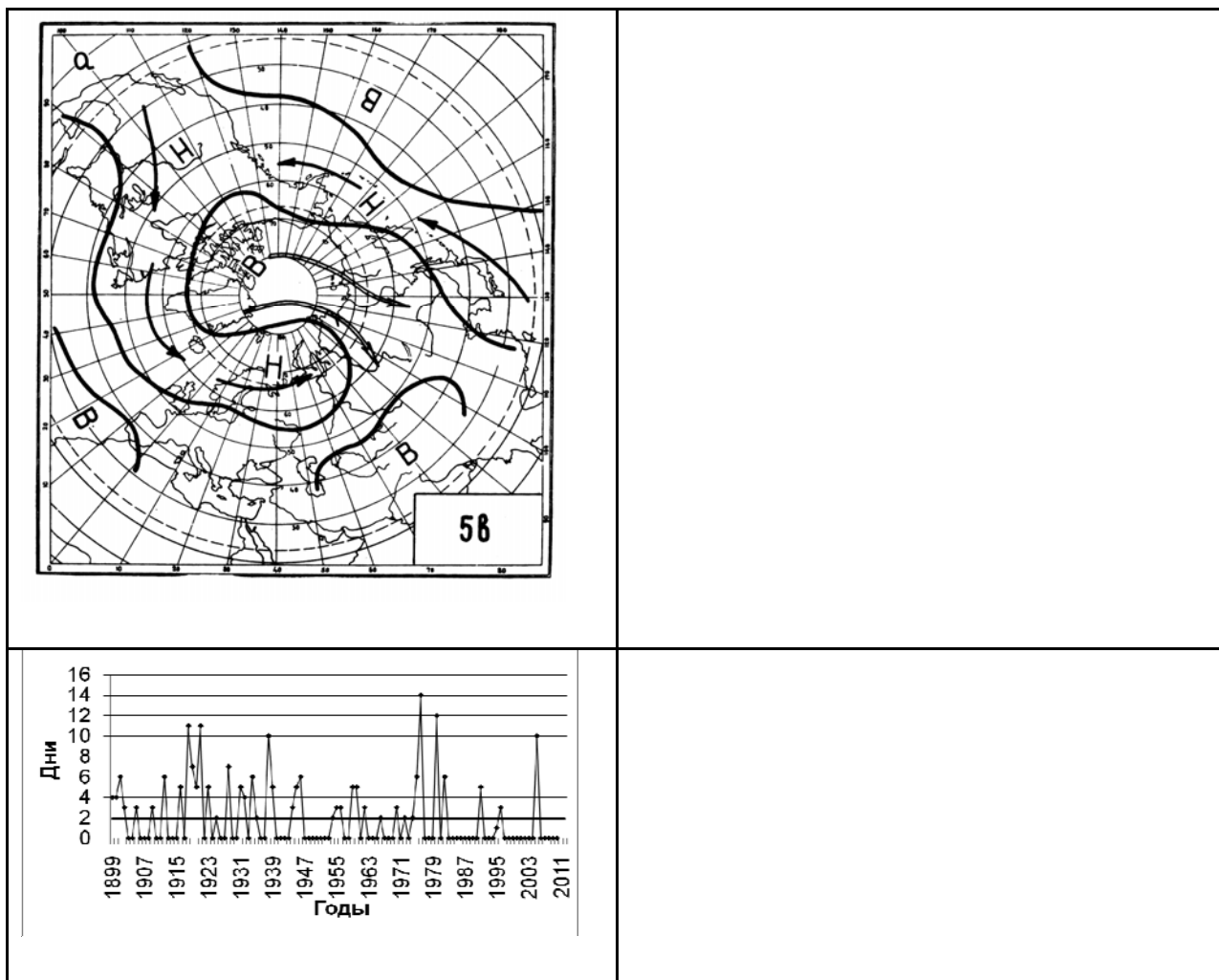


Рис. 7. Динамические схемы и суммарная годовая продолжительность (1899-2012 гг.) ЭЦМ, наиболее часто встречающихся в период 1970-1980 гг.

Как и в зональную эпоху, арктический регион полностью или частично находится во власти атлантических циклонов, подпитываемых южными. На континенте же в зимний период (ЭЦМ 4а и 5в) господствует сибирский антициклон. Блокирующие процессы развиваются либо над Европейской, либо над Азиатской Россией.

В период быстрого роста меридиональной южной циркуляции наибольшей суммарной годовой продолжительности достигли зимний ЭЦМ 13з (до 100 дней) и летний ЭЦМ 13л (до 120 дней, рис. 8). Максимальной в это время была также суммарная годовая продолжительность меридиональных северных ЭЦМ 8бл, 9б и 11г, но она не достигала и 30 дней.

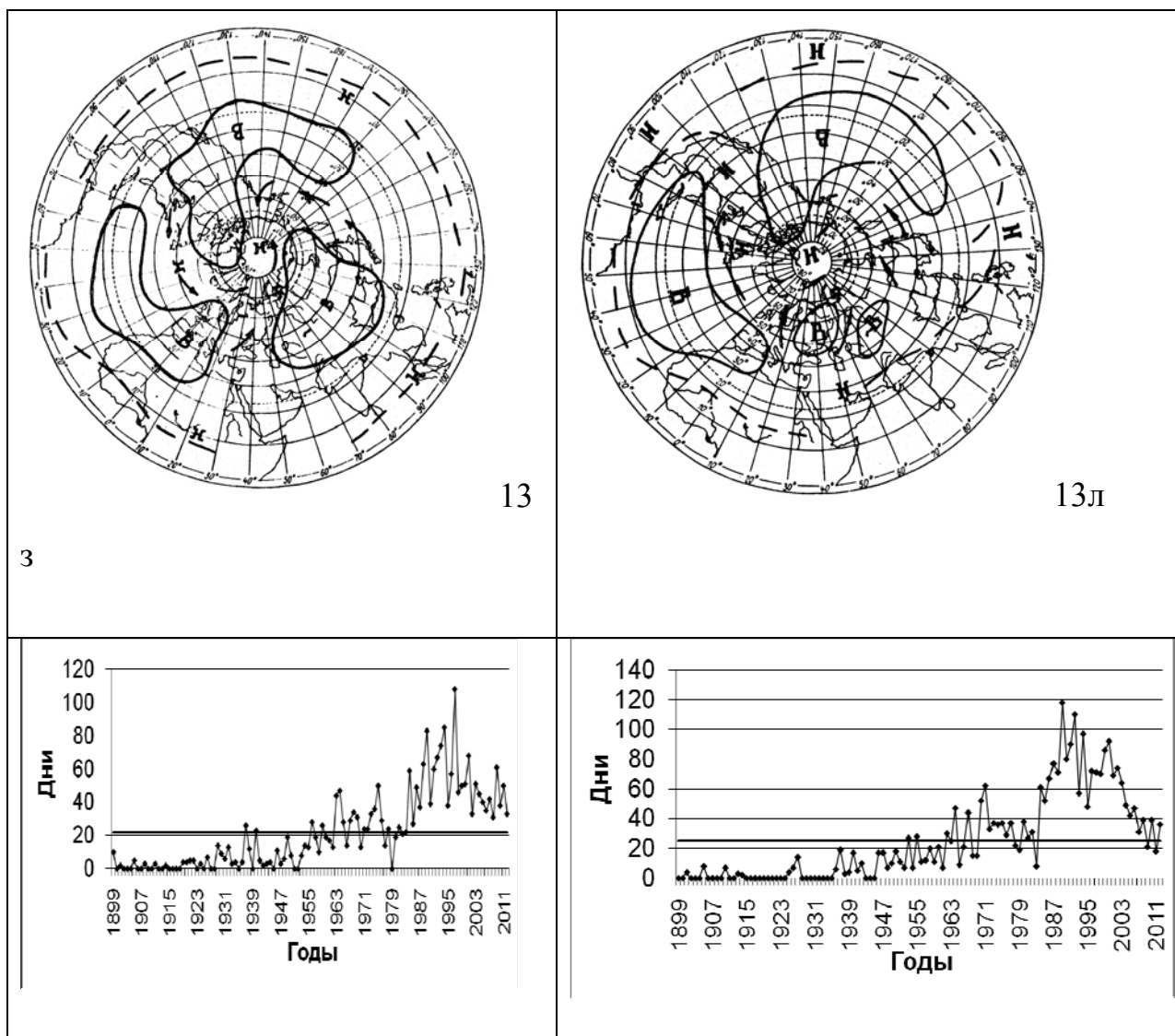


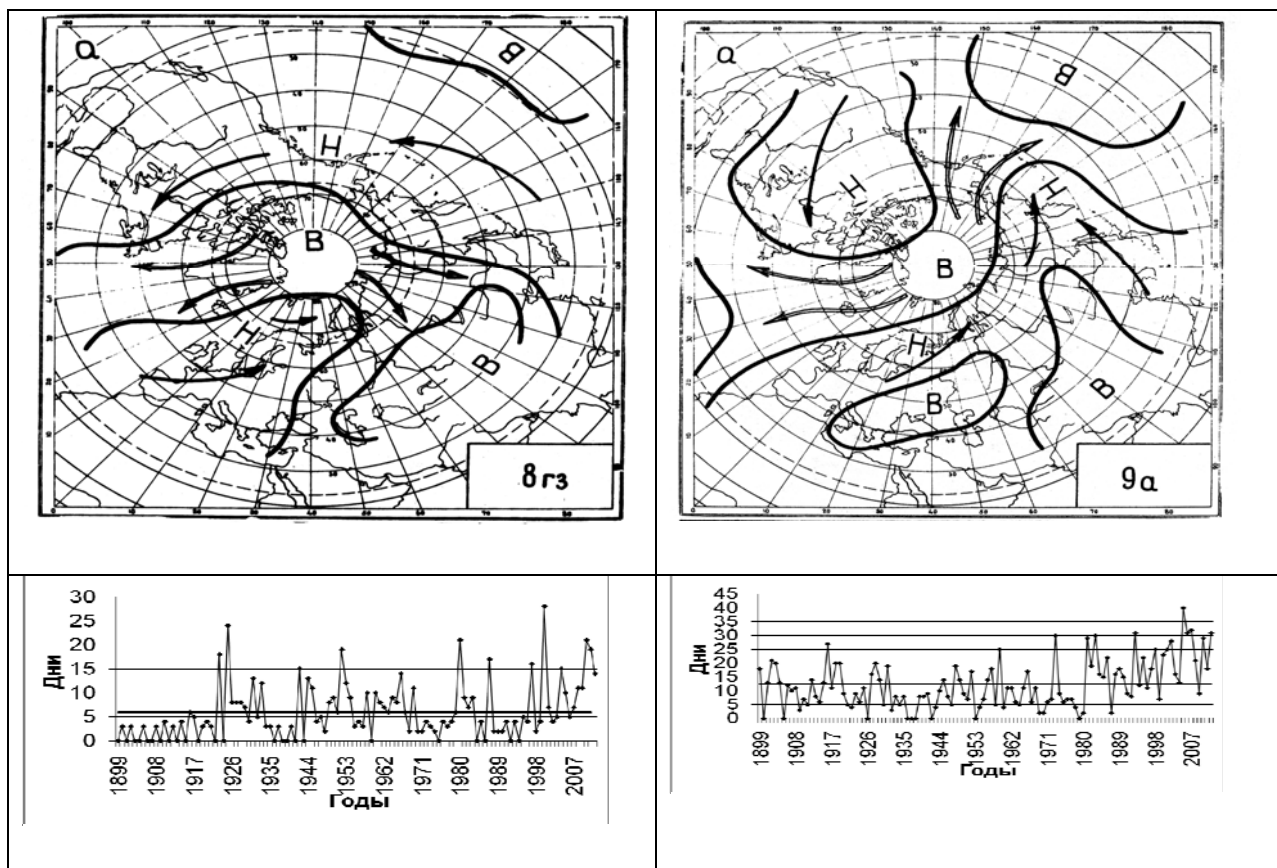
Рис. 8. Динамические схемы (Савина, Хмелевская, 1984) и суммарная годовая продолжительность (1899-2012 гг.) ЭЦМ, наиболее часто встречающихся в период 1981-1997 гг.

При ЭЦМ 13з сибирский антициклон в этот период существенно сократился по площади (ср. с рис. 1), открыв путь средиземноморским циклонам через Европейскую Россию в Арктику. Количество суровых зим в России в этот период существенно уменьшилось. При ЭЦМ 13л ясная антициклоническая погода устанавливается над югом Европы, Европейской Россией и югом Западной Сибири. Циклоны с Восточного Средиземноморья выходят на Северный Кавказ и Черноморское побережье. Встречая преграду в виде антициклона, не позволяющего им пройти на Европейскую Россию,

они выливаются обильными осадками в предгорьях Кавказа, создавая порой чрезвычайную ситуацию.

С 1998 г. началось уменьшение суммарной годовой продолжительности меридиональной южной циркуляции (см. рис. 1, 5), хотя по данным на 2012 г. она всё ещё на 22 дня в году превышает среднюю. После минимума в 1992 г. (91 день за год) начинается новый рост суммарной годовой продолжительности меридиональной северной циркуляции, в 2012 г. она на 60 дней превышает среднюю.

Наибольшей суммарной годовой продолжительностью в 1998-2012 гг. отличаются ЭЦМ 8гз, 9а и 12бл (рис. 9), а также отличавшиеся большой продолжительностью в предыдущем меридиональном периоде, но достигшие максимума в последние годы ЭЦМ 12а и 12вл (рис. 6). Возросла также продолжительность ЭЦМ 12г (рис. 6) и 12бз (рис. 4).



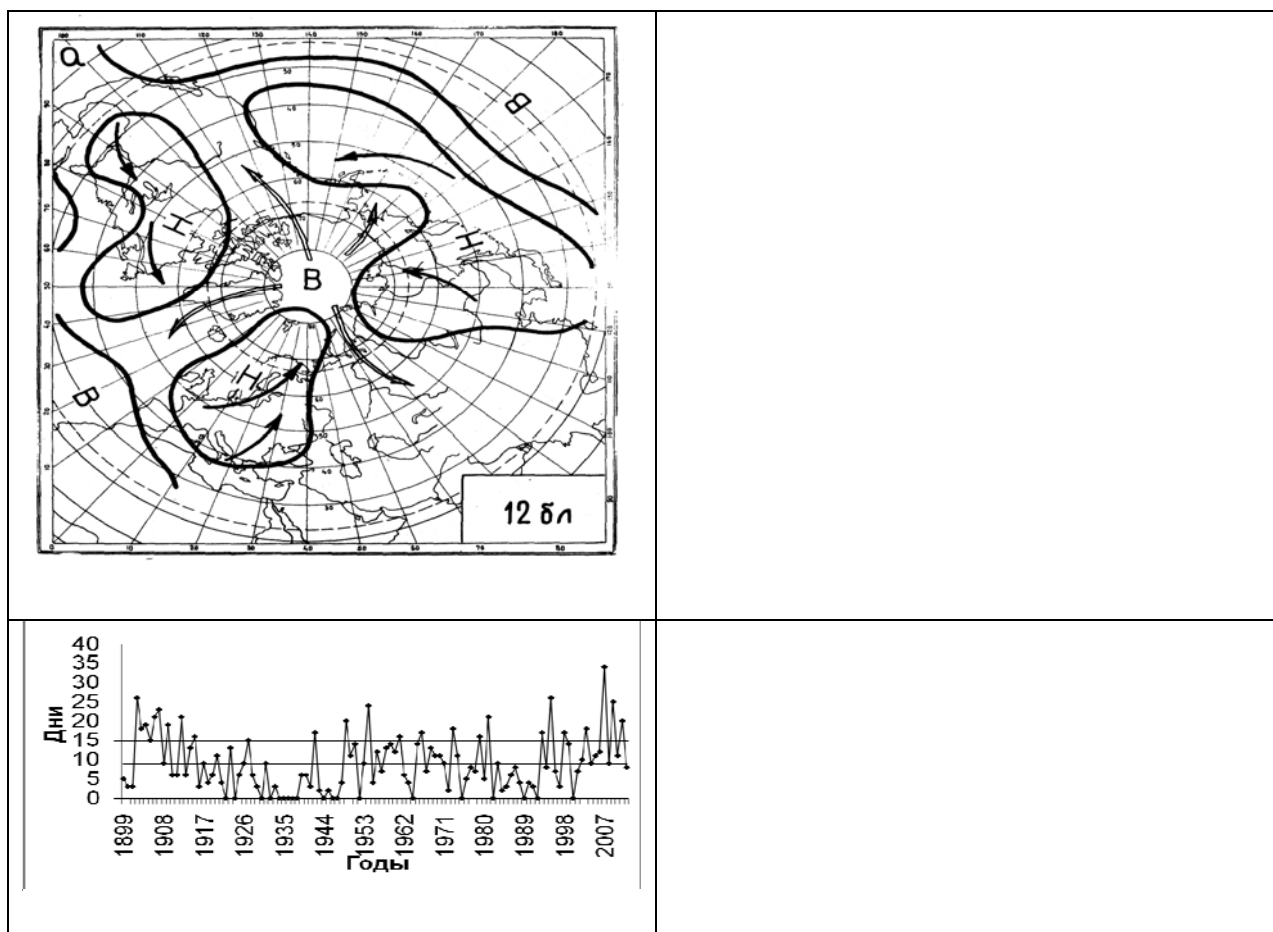


Рис. 9. Динамические схемы и суммарная годовая продолжительность (1899-2012 гг.) ЭЦМ, наиболее часто встречающихся в период 1998-2012 гг.

Как видно из сопоставления всех приведенных выше рисунков, современный период оказывается наиболее разнообразным по характеру циркуляции и наиболее неустойчивым.

При зимнем ЭЦМ 8гз (20-25 дней) с двумя близкими по направлению блокирующими процессами на Дальний Восток выходят южные циклоны, в тылу которых формируется блокирующий процесс над Восточной Сибирью, поддерживающий мощный сибирский антициклон, западный отрог которого захватывает юг Западной Сибири, Поволжье, Северный Кавказ и Черноморское побережье. Средиземноморские циклоны выходят на западные регионы России, достигая Шпицбергена.

При ЭЦМ тёплого полугодия 9а (30-40 дней) с двумя противоположными блокирующими процессами над океанами по северу

России проходят атлантические циклоны. На Дальний Восток выходят южные циклоны, в тылу которых формируется гребень высокого давления над югом Восточной Сибири. Средиземноморские циклоны, выходя на Черноморское побережье Кавказа, встречают мощную преграду в виде обширного антициклона над югом Европейской России и Западной Сибири и либо приносят обильные осадки на Кавказ, либо уходят по южной границе антициклона в Казахстан.

При ЭЦМ тёплого полугодия 12бл (20-35 дней в году) в тылу южных циклонов, захватывающих Дальний Восток и Восточную Сибирь, над Западной Сибирью формируется блокирующий процесс. Отрог арктического антициклона в это время направлен на Чукотку. Средиземноморские циклоны направляются в Арктику через западные регионы России, Украину и Западную Европу.

Не следует забывать, что в этот период максимум суммарной годовой продолжительности (80-100 дней) отмечается у ЭЦМ 12а (рис. 6), второй всплеск продолжительности – у ЭЦМ 12бз (20-35 дней, рис. 4) и 12г (25-30 дней, рис. 6). Продолжительность ЭЦМ 13з и 13л (рис. 8) снижается в течение этого периода со 110 и 80 дней соответственно до 40, т. е. продолжает играть существенную роль. Большое разнообразие процессов с высокой суммарной продолжительностью, влияющих в частности на формирование метеорологически обусловленных опасных природных процессов, оказывается характерной особенностью последнего 15-летия.

На рис. 5 видно, что в течение почти всего рассматриваемого периода наиболее продолжительной оказывается меридиональная северная группа циркуляции. Блокирующие процессы в нижней тропосфере господствовали на полушарии всё время, исключая 30-е годы, когда они перемежались с нарушением зональности (один блокирующий процесс на полушарии, в остальных секторах зональная циркуляция) и 80-90-е, когда они перемежались с меридиональной южной.



Сейчас важно отметить, что за прошедшие 114 лет наблюдалось три всплеска продолжительности блокирующих процессов: в начале XX века (в 1915 г. – 278 дней), в 60-е годы (в 1969 г. - 268 дней) и в последние годы (в 2009 г. – 265 дней). В первые два периода отмечалось понижение среднегодовой температуры воздуха в среднем на полушарии. Преобладание блокирующих процессов и, следовательно, антициклонической циркуляции проявляется в основном зимой и летом. Сухой арктический воздух, поступая на континенты, летом быстро прогревается при ясном небе, удаляясь от состояния насыщения. Устанавливается жаркая сухая погода. Зимой он быстро выхолаживается, преобладает морозная погода. Такой характер циркуляции ведёт к увеличению годовой амплитуды температуры на континентах, что отрицательно сказывается на всех отраслях хозяйства

### **Колебания температуры воздуха Северного полушария в XX – XXI вв.**

Смена характера циркуляции атмосферы сказывалась и на среднегодовой приземной глобальной температуре воздуха и Северного полушария (рис. 10). Прежде всего заметим, что положительные аномалии температуры Северного полушария почти в течение всего времени больше, чем Южного. Заметим также, что в XXI веке эти различия наибольшие за весь период с 1850 г. Похожая ситуация отмечалась в 1850-1875 гг. и в 1945-1969 гг. Второй период, как и современный, характеризуется ростом продолжительности блокирующих процессов.

Остановимся подробнее на колебаниях температуры воздуха Северного полушария. До 1926 г. отклонения температуры от средней за 1961-1990 г. были сплошь отрицательными, исключая 1878 г. Таким образом, первая меридиональная эпоха на полушарии – это эпоха похолодания. Наиболее

холодными за весь период 1899-2012 гг. были 1917 год (отклонение  $-0,542^{\circ}\text{C}$ ) и 1913 г. ( $-0,53^{\circ}$ ).

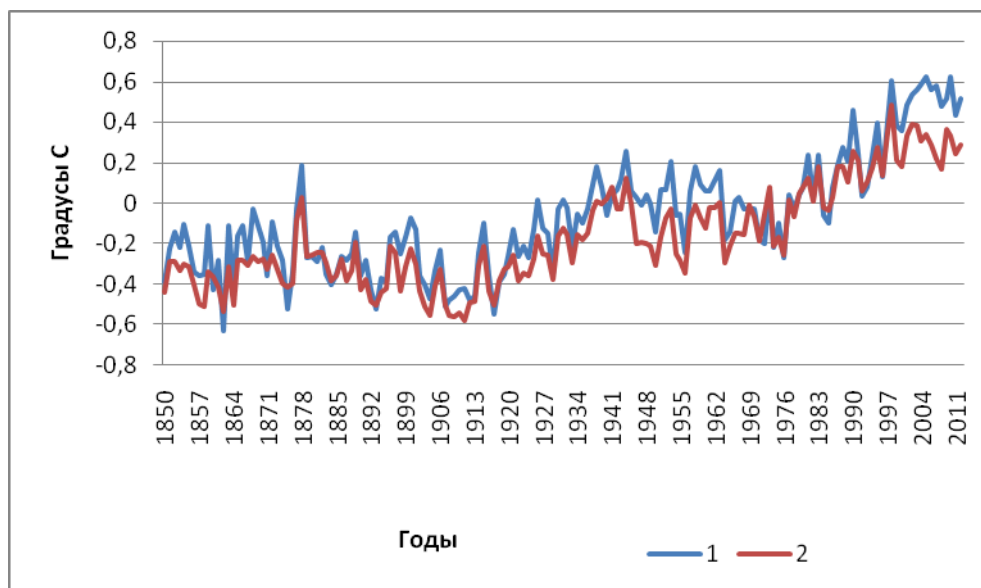


Рис. 10. Аномалии среднегодовой температуры воздуха Северного полушария (1) и глобальной (2) за 1850-2012 гг. (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>)

С 1918 г. начинается постепенное повышение температуры. Это потепление вошло в историю как «потепление Арктики», т. к. наиболее сильно проявилось в высоких широтах Северного полушария. Оно приходится на зональную циркуляционную эпоху. Отклонения средней годовой температуры воздуха Северного полушария в 1931, 1937-1941, 1943, 1944 гг. от средней за 1961-1990 гг. были положительны. Наиболее тёплым в зональную эпоху был 1944 г., отклонение составило  $0,147^{\circ}\text{C}$ . Поскольку данные на упомянутом сайте постоянно корректируются, надо отметить, что приводимые здесь значения относятся к коррекции, произведенной 22.01.2013 г.

С 1945 г. началось понижение температуры, соответствующее уменьшению суммарной годовой продолжительности зональной циркуляции и росту продолжительности блокирующих процессов. Оно продолжалось 31

год. Наиболее холодным на Северном полушарии в этот период был 1976 г., отклонение составило  $-0,286^{\circ}\text{C}$ . Последнее отрицательное отклонение ( $-0,134^{\circ}\text{C}$ ) отмечалось в 1985 г.

С 1977 г. началось новое такое же быстрое потепление, как и в 20-40-е годы. Разница заключалась в том, что «стартовая отметка» этого потепления была на  $0,243^{\circ}\text{C}$  выше, чем предыдущего. Согласовалось оно с таким же быстрым ростом суммарной годовой продолжительности меридиональной южной циркуляции, т. е. стремительных выходов циклонов из низких широт в высокие при циклонической циркуляции на полюсе. Максимум её продолжительности составил 201 день (при средней 47 дней) в 1989 г. Продолжительность держалась на высоком уровне по 1997 г. (179 дней), после чего начала падать.

Первый раз в среднем на Северном полушарии наиболее высокая приземная температура воздуха (аномалия  $0,61^{\circ}\text{C}$ ) была достигнута в 1998 г. Этот год разумно считать окончанием стремительного роста температуры. После него 6 лет подряд температура была ниже этой отметки, чего не наблюдалось перед этим 20 лет, затем, в 2005 г., аномалия составила  $0,626^{\circ}\text{C}$ . После этого ещё 4 года подряд аномалия была меньше  $0,6^{\circ}\text{C}$ , а в 2010 г. снова оказалась  $0,626^{\circ}\text{C}$ . В 2011 г. она составила  $0,437^{\circ}\text{C}$ , в 2012 г. –  $0,518^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, период с 1999 по 2012 гг. можно считать периодом стабилизации среднегодовой температуры воздуха Северного полушария на самом высоком уровне, какой отмечался с 1850 г., но не относить его к продолжению потепления.

**Изменение годовой амплитуды температуры воздуха.** Изменение характера циркуляции атмосферы означает и изменение характера преобладающей погоды. В период господства циклонической циркуляции зимы на континентах были мягкими с частыми оттепелями, а летние сезоны прохладными и дождливыми. При господстве антициклонической циркуляции зимы на континентах оказываются морозными, а летние сезоны

жаркими, с засухой и природными пожарами. [Природные опасности России, 2003]. Такой характер погоды ведёт к увеличению годовой амплитуды температуры воздуха (разности между максимальной летней и минимальной зимней температурой), что отрицательно сказывается как на сельском хозяйстве, так и на состоянии горных пород, трубопроводов, железнодорожных путей, а также зданий и сооружений.

За неимением возможности сравнить максимальную и минимальную годовую температуру на Северном полушарии, привожу разность между аномалиями средней январской и июльской температур воздуха (рис. 11). В последние годы январские положительные аномалии существенно уменьшились, чего нельзя сказать об июльских.

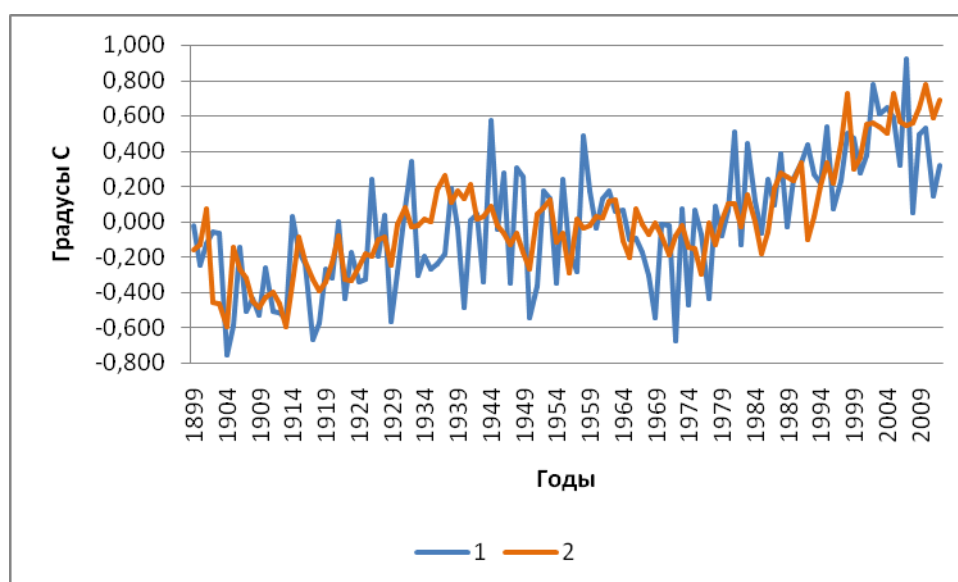


Рис. 11. Аномалии среднемесячной температуры воздуха Северного полушария за 1899-2012 гг. в январе (1) и июле (2).

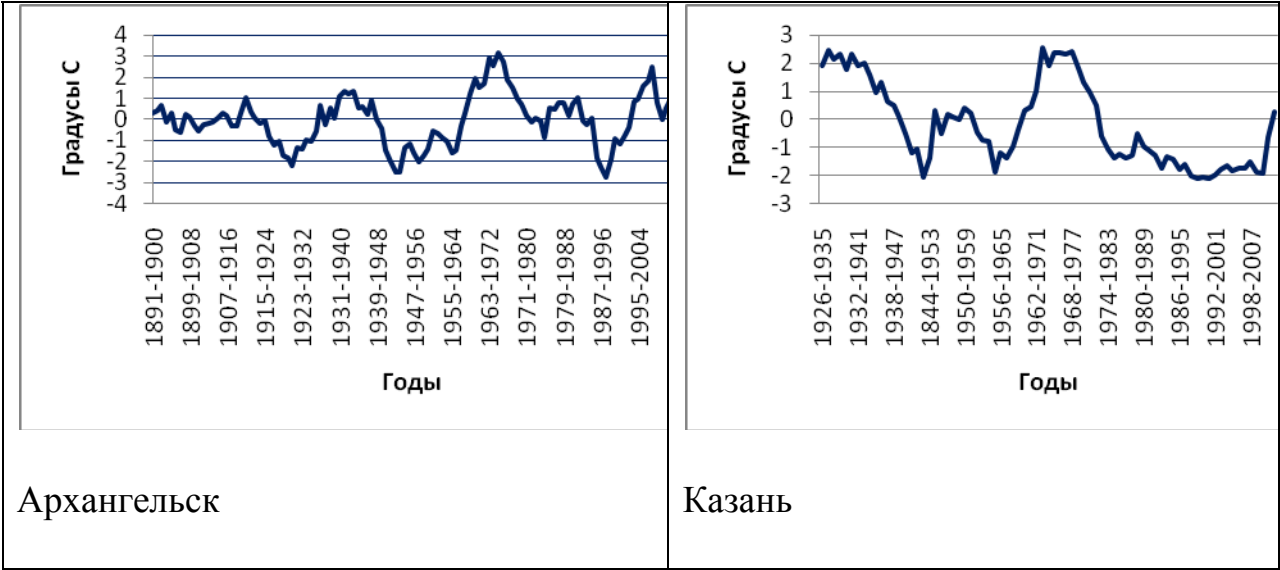
### **Изменения температуры воздуха на территории России.**

В связи с отмеченными выше особенностями циркуляции атмосферы изменилась приземная температура воздуха и на территории России. Эти изменения хорошо показаны в книге [Груза, Ранькова, 2013], но без связи с циркуляционными процессами. Приведём некоторые примеры такой связи.

На Европейской территории России, несмотря на продолжающееся потепление (рис. 12), в современный период возросла годовая амплитуда температуры (рис. 13).



Рис. 12. Отклонения от средней за весь период наблюдений среднегодовой температуры воздуха на метеостанциях Европейской России (10-летние скользящие средние)



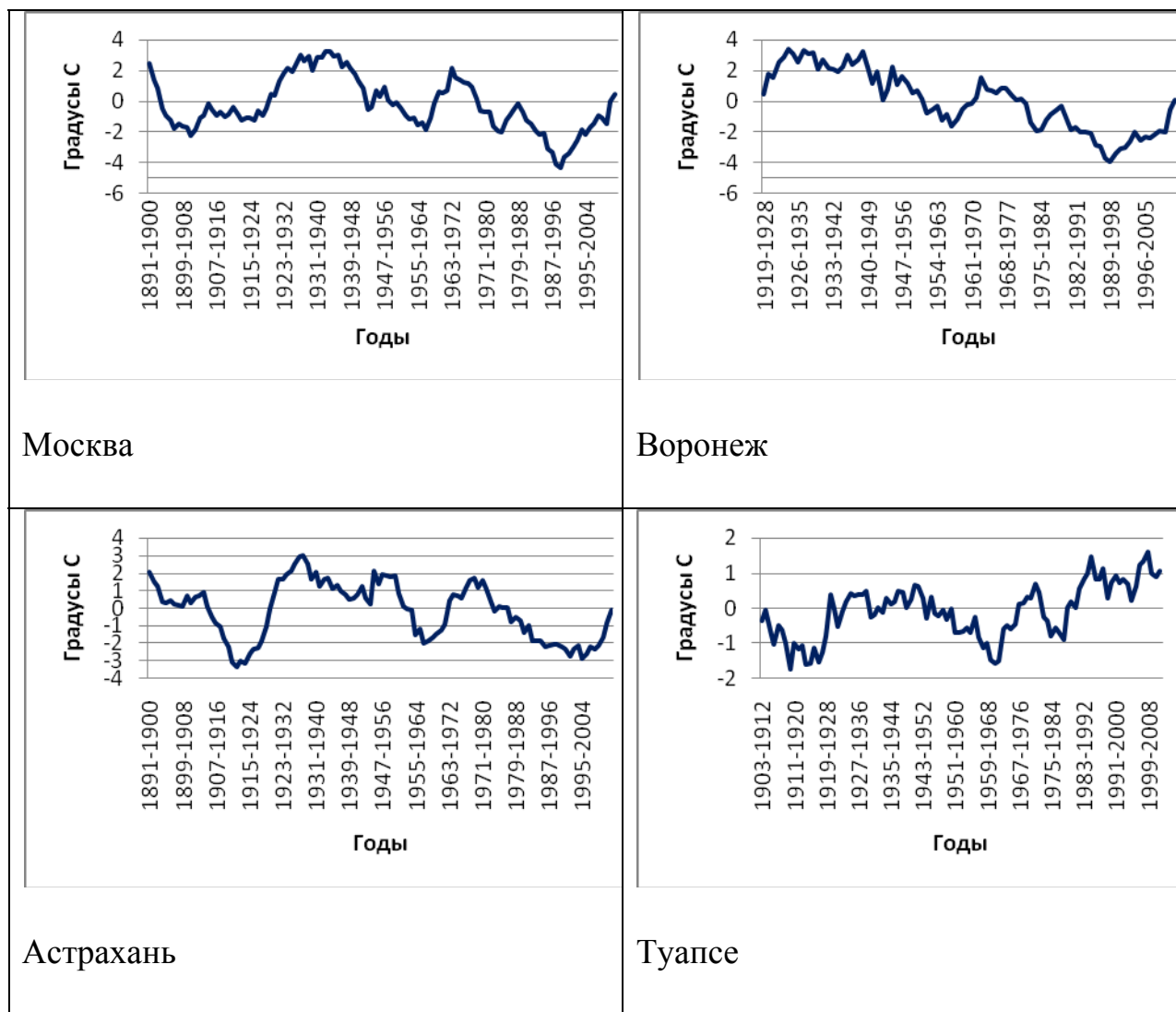


Рис. 13. Отклонения годовой амплитуды температуры воздуха от средней многолетней (10-летние скользящие средние) на Европейской территории России.

Как видно на рис. 13, рост годовой амплитуды температуры воздуха, рассчитанной как разность среднемесячных температур самого холодного и самого тёплого месяца в году по данным (<http://www.climatechange.su>), отмечается на всех приведенных метеостанциях, расположенных в разных природных зонах. Это заметно даже на примере 10-летних скользящих

средних величин. Если же рассмотреть эти изменения по экстремальным годам, картина получится ещё более разительная.

В Архангельске рост амплитуды начался после более чем векового минимума (аномалия  $-9,46^{\circ}$ ), отмечавшегося в 1995 г. Максимум пришёлся на 1998 г. ( $9,14^{\circ}$ ). В 2011 г. аномалия годовой амплитуды температуры воздуха составила ( $8,14^{\circ}$ ). Заметим, что в период потепления, т. е. увеличения повторяемости циклонов, летние сезоны становятся прохладными, а зимы мягкими, так что годовая амплитуда температуры уменьшается, что и произошло в 80-90-е годы XX века. В Казани минимум с начала наблюдений пришёлся на 1983 г. (аномалия  $-7,1^{\circ}$ ), максимум - на наиболее экстремальный 2010 г. ( $8,9^{\circ}$ ). В 2011 г. аномалия составила  $6,2^{\circ}$ . В Москве наибольшая отрицательная аномалия годовой амплитуды температуры воздуха за весь период наблюдений с конца XIX века ( $-6,9^{\circ}$ ) отмечалась в 1993 г., наибольшая положительная ( $11,2^{\circ}$ ) – в 2010 г. В Воронеже минимальная аномалия за весь период наблюдений ( $-9,1^{\circ}$ ) отмечалась в 1989 г., а максимальная за последние годы ( $10,3^{\circ}$ ) - в 2010 г. В Астрахани минимальная аномалия за последние десятилетия ( $-6,6^{\circ}$ ) пришлась на 1992 г., а максимальная ( $5,7^{\circ}$ ) - на 2006 г. В Туапсе минимальная аномалия ( $-3,8^{\circ}$ ) отмечалась в 1984 г., а максимальная ( $4,9^{\circ}$ ) - в 1999 г. Как видим, наибольшая годовая амплитуда температуры воздуха отмечается в настоящее время в центре Европейской России.

Заметим, что предыдущие периоды увеличения годовой амплитуды температуры воздуха пришлись на аналогичные периоды характера циркуляции атмосферы.

В Западной Сибири на смену повышению среднегодовой температуры пришло её некоторое понижение (рис. 14). Особенно это заметно зимой (рис. 15). Годовая амплитуда температуры воздуха возросла вместе с ростом

продолжительности антициклонической циркуляции на этой территории (рис. 16).

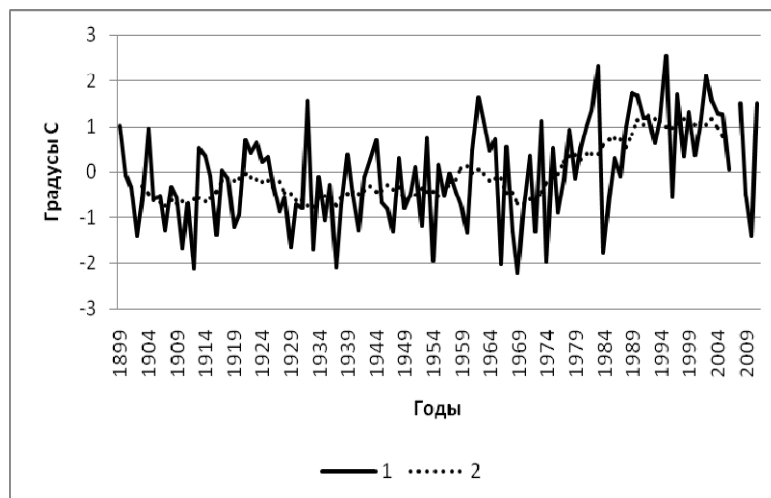


Рис. 14. Отклонения среднегодовой температуры в Томске от средней за 1899-2012 гг.: 1 – ежегодные отклонения, 2 – 10-летние скользящие средние.

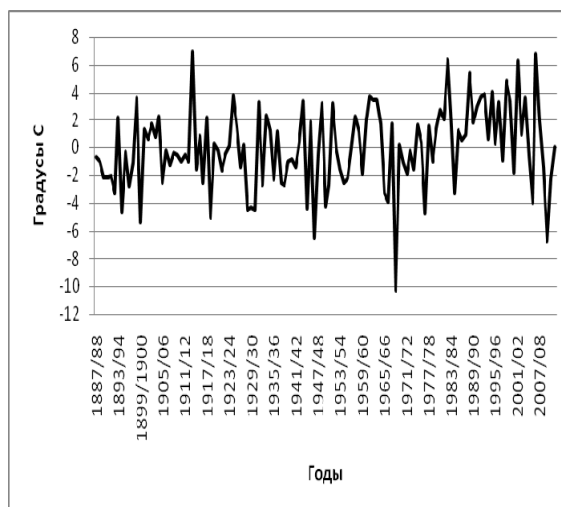


Рис. 14. Отклонения средней зимней (XII-II) температуры воздуха в Томске от средней за 1899-2012 гг.



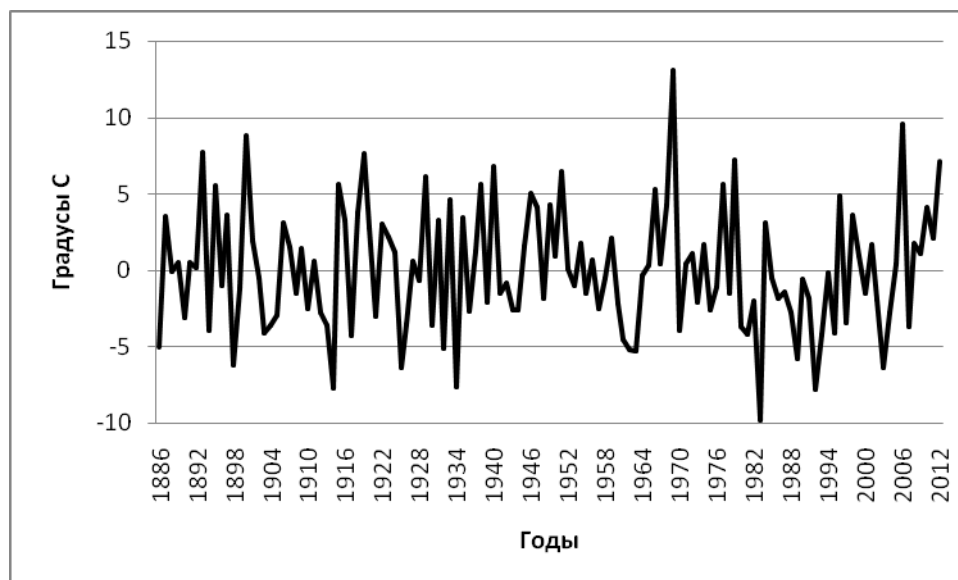


Рис. 16. Отклонения годовой амплитуды температуры в Томске от средней за 1856-2012 гг. (разность среднемесячных температур самого холодного и самого тёплого месяца в году)

Анализ связи температуры воздуха с циркуляцией атмосферы на крайнем севере показал, что на метеостанциях, расположенных севернее  $70^{\circ}$  с. ш., повышение температуры в 30-40 годы больше, чем в современный период, поскольку блокирующих процессов в те годы было мало, а циклоны проходили вдоль всего побережья Евразии [Кононова, 2006; Shilovtseva et al., 2011].

Анализ колебаний годовой амплитуды температуры на станции Хатанга (рис. 17) показывает, что наименьшей амплитуда была в 30-40 е годы, когда на севере Восточной Сибири отмечался максимум циклонической циркуляции. Максимальных значений она достигала в 50-70 годы при максимальном развитии антициклонической циркуляции. в 80-90-е годы при росте циклонической циркуляции годовая амплитуда температуры снова уменьшилась, а в XXI веке снова выросла.

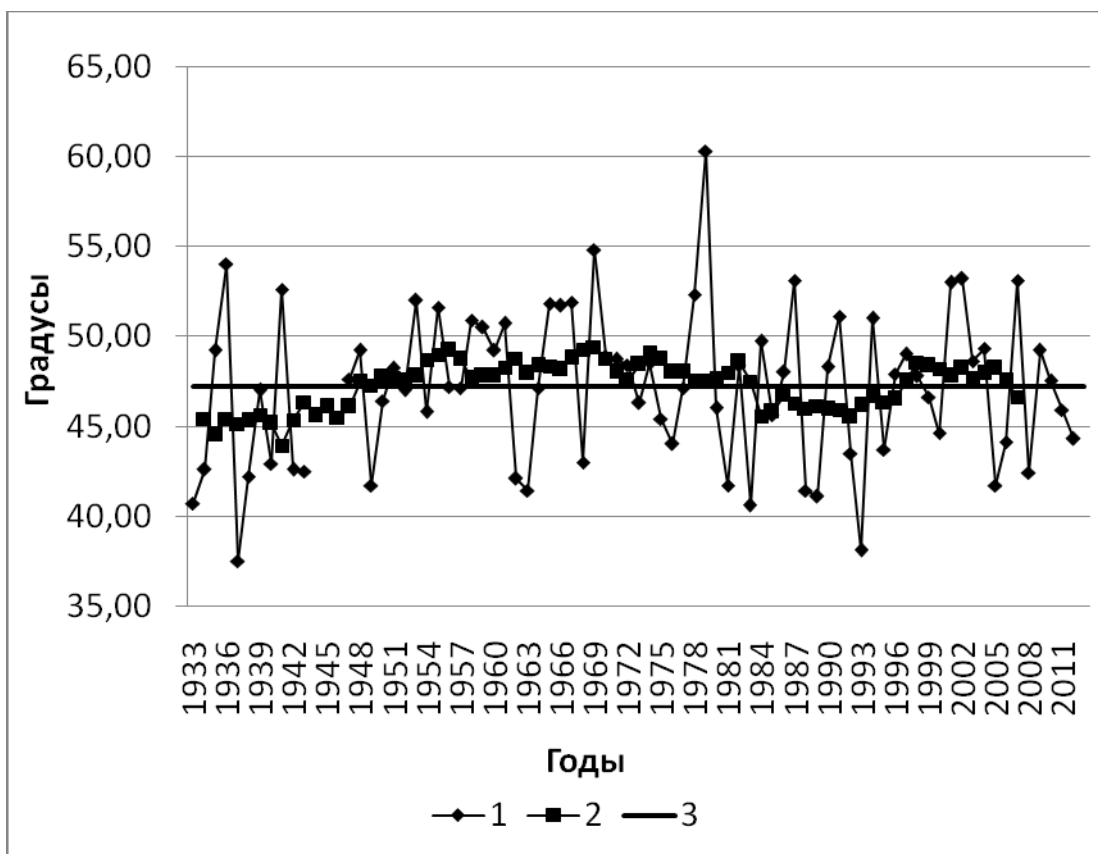


Рис. 17. Колебания годовой амплитуды температуры воздуха на станции Хатанга

### Заключение.

1. Особенность современного периода (1998-2013 гг.) на полушарии заключается в новом (третьем с 1899 г.) всплеске продолжительности блокирующих процессов. Кроме того, количество одновременных блокирующих процессов на полушарии в современный период больше, чем в предыдущие. Если в начале XX века одновременно формировалось два блокирующих процесса, в 60-е годы 2-3 процесса, то сейчас 3-4 одновременных блокирующих процесса на полушарии. На Россию при этом приходится два одновременных блокирующих процесса.

2. Рост суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов привёл к стабилизации среднегодовой температуры воздуха Северного полушария. Наибольшая аномалия с 1998 г. не превышает  $0,626^{\circ}$  С. Глобальная температура понижается.

3. Происходящие колебания температуры воздуха в разных регионах

связаны с колебаниями общей циркуляции атмосферы и изменением продолжительности процессов, вызывающих повышение или понижение температуры воздуха в конкретном районе в определённом сезоне.

4. С 1998 г. зачастую самым холодным месяцем оказывается февраль, что связано со временем интенсивного развития сибирского антициклона и его отрогов.

5. Современное увеличение суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов, развивающихся преимущественно над континентами зимой и летом, привело к повышению летних и понижению зимних температур, т. е. к росту годовой амплитуды температуры воздуха как в среднем на Северном полушарии, так и особенно в России, что чревато негативными последствиями.

6. Характерной чертой современного периода является одновременное формирование засух на юге Европейской России, вызванных стационарированием антициклона, и стихийных бедствий, связанных с обильными осадками, на Черноморском побережье и на Северном Кавказе в результате выхода циклона с восточного Средиземноморья.

7. Увеличилась повторяемость ЭЦМ, при которых отмечаются одновременные выходы южных циклонов и вызванные ими обильные осадки на Северном Кавказе и Дальнем Востоке. Такая ситуация отмечалась в 1999, 2002, 2009, 2012 и сентябре 2013 г.

8. Происходящие изменения требуют внимательного отношения к их возможным хозяйственным последствиям. Увеличение продолжительности антициклонической циркуляции летом чревато установлением жаркой сухой погоды, лесными и торфяными пожарами. увеличением глубины протаивания многолетнемёрзлых пород в летний период. Зимние морозы требуют достаточного запаса топлива. Увеличение годовой амплитуды температуры приводит к авариям на трубопроводах, особенно зимой, а также

к повреждению зданий и дорожного покрытия. Летняя жара и зимние морозы отрицательно сказываются на здоровье людей.

9. Рост интенсивности циклонической циркуляции в переходные сезоны увеличивает вероятность возникновения сильного ветра, ливней, гроз, паводков и наводнений, волнений на морях и крупных озёрах, а в предзимье и предвесенье – гололёдных явлений, что и отмечается в последние годы.

10. Адаптация к происходящим изменениям предполагает их тщательное изучение в конкретном регионе.

## **Литература**

1. Берг Л.С. Уровень Каспийского моря и условия плавания в Арктике // Климат и жизнь, - ОГИЗ, М.: 1947, с. 90-95.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск, ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012, 194 с.
3. Дзердзеевский Б.Л.. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований, изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР. М., 1968, 240 с.
4. Дзердзеевский Б.Л. Сопоставление характеристик атмосферной циркуляции над северным полушарием и его секторами // Материалы метеорологических исследований, М., 1970, с. 7-14.
5. Дзердзеевский Б.Л. Проблема колебаний общей циркуляции атмосферы и климата. // А.И Воейков и современные проблемы климатологии. Л.: Гидрометеиздат, с. 109-122.
6. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика

- синоптических сезонов. // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л., Гидрометиздат, 1946, 80 с.
7. Кононова Н.К. (2006). Изменение характера циркуляции атмосферы в последние десятилетия как фактор изменения климатических и ледовых условий Арктики // Материалы гляциологических исследований, вып. 100, 2006, с. 191-199.
8. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 228 с.
9. Савина С.С., Хмелевская Л.В. (1984). Динамика атмосферных процессов северного полушария в XX столетии. - Междувед. Геофиз. комитет при Президиуме АН СССР. Материалы метеорологических исследований № 9. Москва, 146 с.
10. Shilovtseva O.A., Kononova N.K. and Romanenko F.A. Climate Change in the Arctic Regions of Russia. // In: Climate Change Adaptation: Ecology, Mitigation and Management ISBN 978-1-61122-764-2. Editor: Adam L. Jenkins, 2011, Nova Science Publishers, Inc. pp. 30-58.

Использованные электронные ресурсы:

1. База климатических данных Ин-та глобального климата и экологии. Режим доступа: <http://www.climatechange.su>
2. Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века. Режим доступа: [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)
3. Climatic Research Unit: Data Режим доступа (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>)