

**В.И. Мордвинов<sup>\*</sup>, И.В. Латышева<sup>\*\*</sup>, А.А. Караханян<sup>\*</sup>**

## **Долговременные изменения общей циркуляции атмосферы северного полушария в зимний период**

*\* Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск*

*\*\* Иркутский государственный университет*

Поступила в редакцию 14.08.2002 г.

Исследуются долговременные изменения зимних приземных барических полей по данным NCAP/NCER Reanalysis в умеренных и высоких широтах северного полушария, ответственные за вариации среднемесячных температур в Восточной Сибири. Предложена схема типизации барических полей в Арктике, неплохо отражающая влияние циркуляционных процессов на изменение приземной температуры в Сибири. В долговременных вариациях температур, средних барических полей и повторяемости циркуляционных типов достаточно отчетливо выделяются квазидесятилетние изменения, связанные с динамикой Исландской и Алеутской депрессий.

### **Введение**

Одним из основных факторов изменений климата являются вариации общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Исследования ОЦА были начаты как в России, так и за рубежом еще в конце XIX – начале XX вв. В России в 20-х гг. прошлого века исследования ОЦА выполнялись Б.П. Мультановским, а в последующем многими известными метеорологами (Г.Я. Вангенгеймом, А.А. Гирсом, Х.П. Погосьяном, Б.Л. Дзердзеевским, М.И. Будько и др.) [1–4]. Количество работ, посвященных изучению циркуляции атмосферы над Восточной Сибирью и ее связи с климатическими и погодными характеристиками, относительно невелико. Толчком к активизации подобного рода исследований послужила аномально холодная зима 1968/69 г., а в дальнейшем – рост зимних среднемесячных температур, или так называемое «глобальное потепление климата», в Восточной Сибири.

В 1970-е гг. активно изучаются типы зимних погод, их суровость и связь с самочувствием человека [5]. В эти же годы устанавливается связь между характеристиками режима погоды в Сибири с основными формами циркуляции, в частности для Забайкалья выделены типы синоптических процессов, ответственных за потепления [6]. Для Сибири и Дальнего Востока рассмотрены преобладающие формы циркуляции по Кацу и типы атмосферных процессов по Дзердзеевскому и т.д. [7].

К сожалению, ни модельные расчеты, ни анализ данных наблюдений не позволяют вполне надежно установить причины вариаций ОЦА. Неясно, в частности, являются ли эти вариации следствием внутренней неустойчивости циркуляции атмосферы или в большей степени зависят от внешних факторов – от уменьшения стратосферного озона, увеличения парниковых газов, вулканической или солнечной активности, Эль-Ниньо и др.

Трудности анализа обусловлены отсутствием длинных рядов и неполнотой данных наблюдений, большим количеством метеорологических параметров, неустойчивостью атмосферных процессов и т.д. На фоне кратковременных флуктуаций сложно выделить долговременные изменения метеорологических полей. Ни один из существующих методов не является для этого вполне удовлетворительным.

Для исследования особенностей общей циркуляции атмосферы часто используют различные виды типизаций атмосферных процессов. Существует большое число систем типизаций, но в основном они разработаны для ограниченных районов. Наиболее широкое признание и применение получили две системы типизаций синоптических процессов – Вангенгейма–Гирса и Дзердзеевского [1,8]. Общим для них является определение характера межширотного обмена, выраженного в нижней тропосфере в количестве и направлении арктических вторжений и южных выносов в умеренные широты, а в средней тропосфере – в количестве высотных гребней и ложбин, деформирующей господствующий здесь широтный (западный) перенос.

В типизации Вангенгейма–Гирса выделяют три формы атмосферной циркуляции: западную W, восточную E и меридиональную C. Процессы западной формы соответствуют зональной циркуляции атмосферы, а процессы форм E и C – меридиональной циркуляции с различной локализацией высотных ложбин и гребней. Несмотря на то что система Вангенгейма–Гирса распространена на все полушарие, однако осуществляется по профилирующим признакам, отыскиваемым в атлантико-европейском и тихоокеанском секторах.

Типовые схемы циркуляционных механизмов Б.Л. Дзердзеевского основаны на связи циркуляционных процессов в Арктическом бассейне с циркуляцией умеренных широт и выгодно отличаются от ти-

пизации Вангенгейма–Гирса более четкими морфологическими признаками.

Использование климатических рядов и типизаций синоптических процессов позволяет выделить циркуляционные эпохи, однако их характеристики в виде повторяемости форм циркуляции трудно интерпретировать в терминах динамики барических полей. При усреднении данных за длительные интервалы времени, как правило, не учитываются границы циркуляционных эпох, а использование в качестве объекта анализа только характеристик центров действия атмосферы приводит к потере полезной информации. На наш взгляд, правильнее было бы использовать для выявления межгодовых вариаций одновременно как количественные, так и качественные методы анализа.

Одним из регионов, удобных для выделения особенностей общей циркуляции атмосферы, является Восточная Сибирь. Именно здесь многолетние колебания температуры имеют достаточно большую амплитуду. Кроме того, температурные вариации в Сибири тесно связаны с вариациями в Арктике, являющейся своего рода регулятором синоптических процессов на полушарии, особенно в зимний период [9–11].

## Результаты анализа

В качестве исходной информации для выделения циркуляционных эпох использованы среднесуточные температуры воздуха и распределения приземного давления, приведенного к уровню моря, по данным NCAP/NCER Reanalysis за период 1948–2000 гг.

Соответствие исходных данных непосредственным наблюдениям на метеорологических станциях Иркутской области подтверждает их репрезентативность и достоверность. Наиболее четко многолетние климатические вариации отражают температуру самого холодного месяца – января. На рис. 1 приведен график средней температуры января для юга Сибири (кривая 1), усредненный в интервале 50–75° с.ш. и 85–102° в.д., а также график восстановленной температуры в точке полюса (кривая 2).

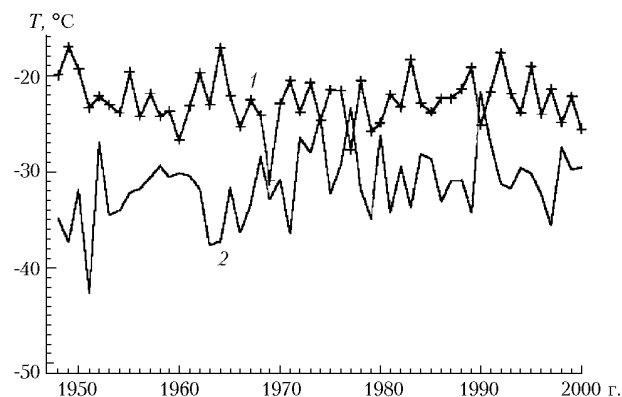


Рис. 1. Изменение среднееянварских температур на юге Сибири и в точке полюса, по данным NCAP/NCER Reanalysis за период 1948–2000 гг.

С 1948 по 1969 г. на юге Сибири происходило снижение зимних температур, сменившееся затем тенденцией роста вплоть до середины 90-х гг., затем зимние температуры вновь понизились. Для полюса, в общем, характерна тенденция роста зимних температур, хотя в отдельные интервалы времени (конец 50-х – начало 60-х; конец 60-х – начало 70-х; конец 70-х – начало 80-х; 1990–1998 гг.) происходило ее снижение. При этом изменения на полюсе чаще всего происходили в противофазе с изменениями в Сибири, коэффициент корреляции графиков составил  $-0,34$ .

Учитывая связь между вариациями температуры, графики удобно использовать совместно для выделения границ циркуляционных эпох. Признаком развития новой эпохи могут быть как переломные точки кривых, так и существенные изменения разности температур между графиками. Конечно, любые выводы на столь ограниченном материале могут иметь лишь предварительный характер и должны быть дополнены анализом синоптических данных.

Температурные кривые (см. рис. 1) позволяют предположить существование квазидесятилетних или двадцатилетних осцилляций в динамике ОЦА. Первый характерный интервал времени – 50-е и 60-е гг. В это время было относительно тепло в Сибири и достаточно холодно в Арктике, в наиболее холодные зимы (1949, 1951, 1963 и 1964 гг.) средняя температура воздуха на полюсе не поднималась выше  $-37$  °C. Второй характерный интервал времени – 70-е гг. В этот период происходит значительное увеличение средних температур в Арктике. Графики температур сближаются. Наконец, в третий интервал времени – 80-е и 90-е гг., повторяется ситуация 50–60-х гг. Температура повышается в Сибири и понижается в Арктике, причем в 1990 г. эти изменения прерываются кратковременным повышением температуры в Арктике и синхронным похолоданием в Сибири.

Несмотря на близкие значения разности температур в Сибири и Арктике в первом и последнем интервалах времени, средние температуры в этих районах в последние десятилетия оказываются несколько выше, чем в 50–60-е гг. Можно предположить, что 50–60-е и 80–90-е гг. были близки по характеру синоптических процессов, но отличались по каким-то количественным характеристикам.

Для анализа особенностей барических полей в выделенные интервалы времени были использованы приведенные к уровню моря карты приземного давления NCAP/NCER Reanalysis, построенные с разрешением  $2,5 \times 2,5^\circ$ . При анализе карт мы исходили из предположения, что межгодовые вариации ОЦА могут быть обусловлены динамикой основных циклонических центров действия – Исландской и Алеутской депрессий, возбуждением вследствие этого в свободной атмосфере длинных термобарических волн и изменением характерных форм циркуляции. Поэтому анализ данных включал, во-первых, непосредственное сравнение динамики центров действия атмосферы по картам средних барических полей в разные циркуляционные эпохи и, во-вторых, анализ форм циркуляции в эти эпохи.

В соответствии со сделанным выше предположением формы циркуляции классифицировались по направлению ложбин основных океанических депрессий в высоких широтах. В отличие от типизаций Вангенгейма-Гирса и Дзердзеевского предложенная классификация имеет более ограниченный характер – детально не рассматриваются распределения барических полей в умеренных широтах. Дополнительным признаком различия типов является температурный режим в Сибири. Предложено выделять следующие формы циркуляции:

1) соединение ложбин Исландской и Алеутской депрессий вдоль побережья Америки, азиатский гребень высокого давления при этом находился над полюсом («Америка»);

2) соединение ложбин указанных депрессий вдоль побережья Азии при высоком давлении на полюсе («Азия»);

3) низкое давление в центральной части Арктического бассейна при соединении ложбин депрессий через полюс («Арктика»);

4) барический гребень над полюсом, соединяющий Азиатский и Канадский антициклоны («гребень над Арктикой»).

Типичные для данных форм распределения давления приведены на рис. 2. Сплошные линии соответствуют изобарам больше 1013 гПа, штриховые – меньше 1013 гПа. Изолинии проведены через 5 гПа.

В соответствии с принятой классификацией каждая шестидневка январей с 1948 по 2000 г. была отнесена к одному из предложенных типов циркуляции.

Как и на графиках температуры, в повторяемости процессов разных типов выделяются десятилетние интервалы с преобладанием атмосферных процессов разных форм (табл. 1).

Для первых двух десятилетий в январе характерно образование барического гребня, соединяющего Азиатский и Канадский антициклоны. В полярной области в это время наблюдались исключительно низкие температуры. В 70-е гг. ситуация существенно изменилась. Вторжения холода из Арктики почти прекратились. Исландская и Алеутская депрессии углубились, соединяясь чаще всего вдоль побережья Северной Америки. В 80-е гг. вновь увеличивается количество полярных вторжений, усиливаются Азиатский и Канадский антициклоны, возрастает повторяемость перемычек высокого давления между ними.

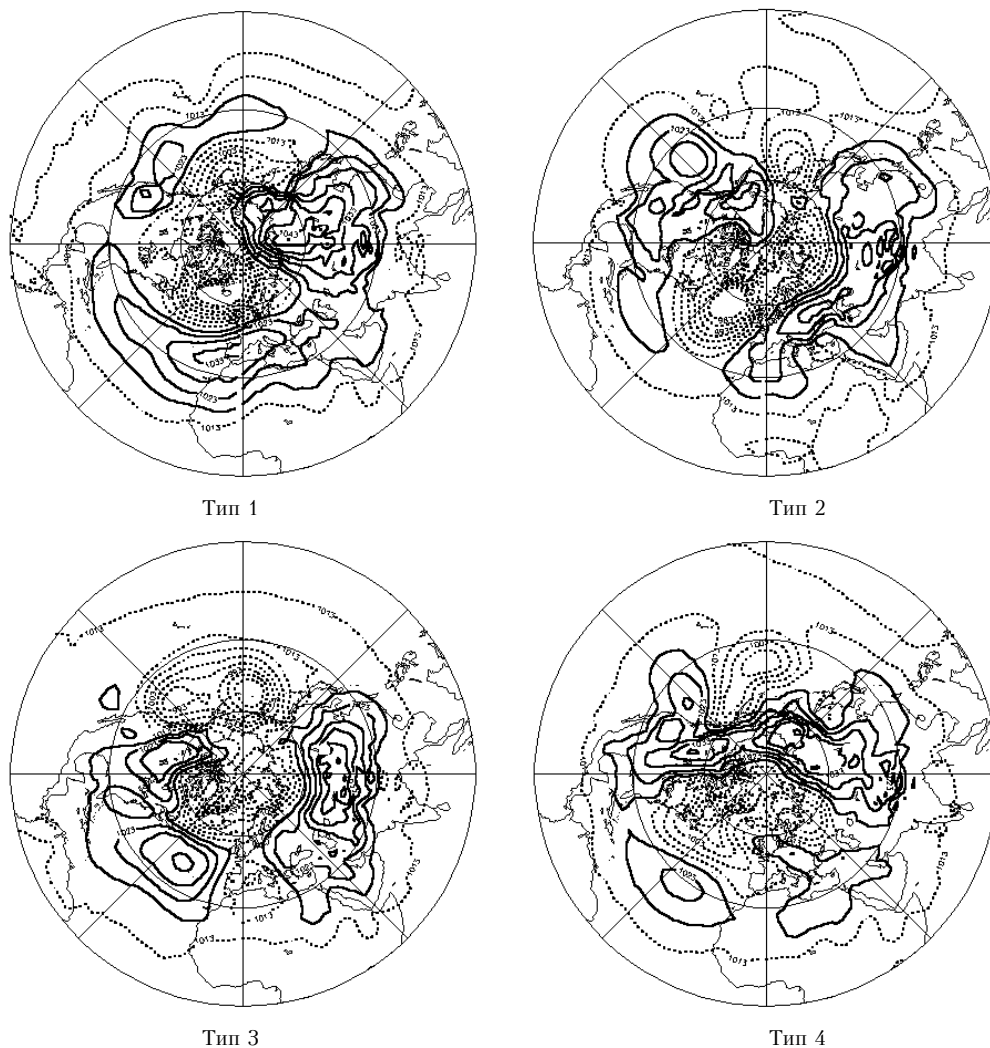


Рис. 2. Характерные распределения приземных барических полей для разных типов циркуляции

Таблица 1

Повторяемость (%) различных типов циркуляции за 10-летние интервалы времени

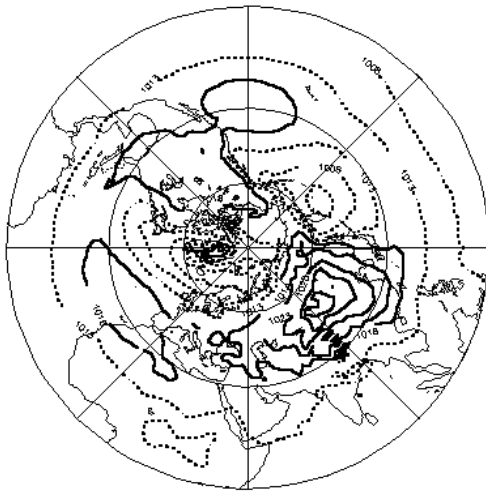
Годы	«Америка»	«Азия»	«Арктика»	«Гребень над Арктикой»
1950–1960	22	22	14	42
1960–1970	20	16	10	54
1970–1980	53	30	13	4
1980–1990	36	14	18	32
1990–2001	26	10	16	48

Наконец, в 90-е гг. восстанавливается ситуация 50–60-х гг., при которой над центральной частью Арктического бассейна доминируют области высокого давления.

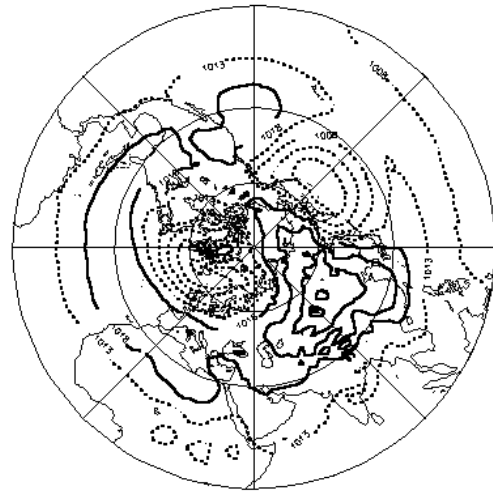
Все перечисленные особенности циркуляции характерны не только для январей, но и для всех зимних месяцев. Достаточно заметные отличия в повторяемости различных типов циркуляции в 10–20-летние ин-

тервалы времени подтверждают предположение о цикличности процессов ОЦА, возможно, связанное с арктической осцилляцией. При этом каждый 10-летний период представляет собой отдельную циркуляционную эпоху, имеющую характерное распределение повторяемости различных синоптических процессов.

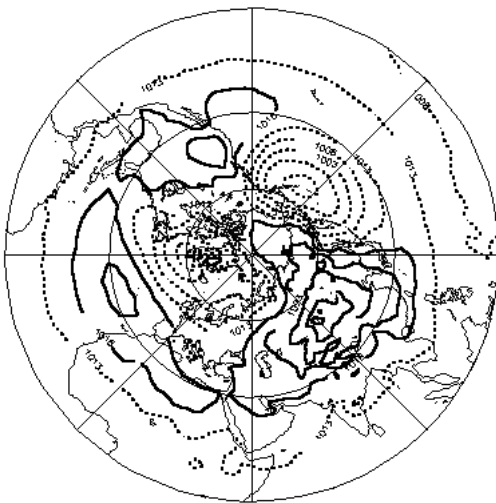
Использование типизации синоптических процессов дает качественную характеристику циркуляционной эпохи. Различия между эпохами, как мы предполагали, могут быть, в свою очередь, обусловлены динамикой центров действия. Чтобы оценить барические особенности каждой из циркуляционных эпох, мы усреднили среднеянварские барические поля для четырех центральных лет в каждом из выделенных 10-летних интервалов. На рис. 3 приведены полученные карты средних полей, характеризующие долговременные изменения ОЦА в зимний период. Обозначения те же, что и на рис. 2.



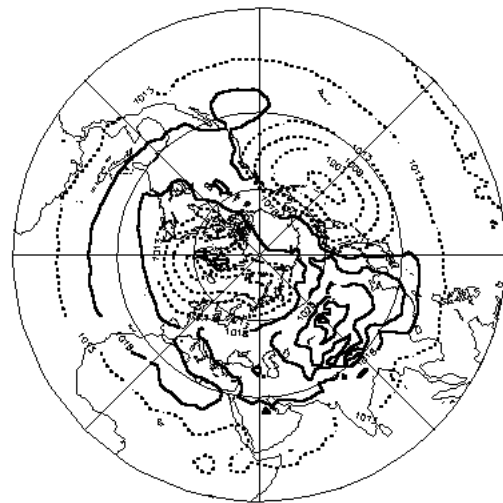
Январь 1954–1957 гг.



Январь 1974–1977 гг.



Январь 1984–1987 гг.



Январь 1994–1997 гг.

Рис. 3. Среднеянварские барические поля в различные периоды времени

Как мы и ожидали, исходя из принятой классификации, 70–80-е гг. действительно отличаются пониженным давлением над побережьем Америки. Гребень Азиатского антициклона в это время распространяется далеко в полярную область. Соединение Канадского и Азиатского антициклонов явно выражено в 90-е гг. В 50-60-е гг. гребень разорван по азиатскому побережью.

К сожалению, более тонкие особенности в распределении барических полей, такие как преимущественные направления ложбин и гребней в Арктическом бассейне за 10-летние интервалы времени, при таком методе анализа выделяются плохо.

Вследствие процедуры усреднения смещение гребня или ложбины, имеющих относительно небольшие поперечные размеры, к востоку или западу в различные интервалы времени приводит к «размыванию» средней картины и некоторому понижению или повышению давления в центральной части Арктического бассейна. Гораздо лучше на средних картах выявляются крупномасштабные особенности барических полей, в частности изменения, обусловленные смещениями центров действия и вариациями их интенсивности. Наиболее отчетливы за рассматриваемый период изменения Алеутской депрессии. Начиная с 50-х и до 90-х гг. депрессия углублялась, смещаясь при этом в восточном направлении. Вариации Исландской депрессии были менее определенны и носили скорее колебательный характер. В целом конфигурации барических полей были весьма изменчивы на всех временных масштабах. Это приводило к существенным изменениям форм циркуляции в умеренных и высоких широтах северного полушария.

Оказалось, что принятое деление синоптических процессов неплохо отражает и вариации температуры, как в Сибири, так и на полюсе. Повторяемость выделенных типов циркуляции отдельно для наиболее теплых и холодных зим в Сибири и Арктике приведена в табл. 2, 3.

Таблица 2

**Повторяемость (%) типов циркуляции для холодных зим**

Район	«Америка»	«Азия»	«Арктика»	«Гребень над Арктикой»
Арктика	13	22	17	48
Сибирь	40	10	6	44

Таблица 3

**Повторяемость (%) типов циркуляции для теплых зим**

Район	«Америка»	«Азия»	«Арктика»	«Гребень над Арктикой»
Арктика	47	15	7	31
Сибирь	10	21	25	44

Несмотря на наибольшую повторяемость антициклонального типа погоды в холодные и теплые зимы, что в целом типично для данного сезона в высоких

и умеренных широтах, табл. 2, 3 демонстрируют вполне четкую зависимость зимних температур от крупномасштабных особенностей барического поля в Арктике. Так, похолодание в Восточной Сибири зимой связано не только с усилением антициклогенеза, но и с наибольшим удалением от континента ложбин циклонических центров действия. За похолодание в Арктике в большей степени ответственны антициклональные центры действия атмосферы. Наиболее теплые зимы как в Сибири, так и в Арктике связаны с усилением циклоничности в Арктическом бассейне.

## Заключение

Восточная Сибирь – регион ярко выраженных температурных контрастов, подтверждением чему служит чередование аномально холодной и теплой зим 2001–2002 гг. Значительная изменчивость температур определяется совокупностью адвективных и динамических факторов, среди которых важная роль принадлежит циркуляционному режиму.

В работе рассмотрены долговременные вариации зимних температур в Сибири, которые оказались тесно связанными с температурным режимом Арктики и зависящими от динамики зимних континентальных и океанических центров действия атмосферы северного полушария.

В долговременных вариациях термического и циркуляционного режима обнаружены 10- и 20-летние циклы, по длительности совпадающие с динамикой океанических центров действия и Арктической осцилляции, что еще раз подтверждает взаимосвязанность температурных и циркуляционных факторов и может быть использовано для типизации барических полей в отдельно взятых регионах.

1. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 488 с.
2. Погосян Х.П. Общая циркуляция атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 393 с.
3. Дзержевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат // Избр. тр. М.: Наука, 1975. 245 с.
4. Будыко М. И. Изменение климата. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 280 с.
5. Яковенко Э.С. Роль циркуляционных и радиационных факторов в формировании режима местных погод в некоторых районах Прибайкалья, Забайкалья и юга Дальневосточного Приморья // Курортные ресурсы Сибири и задачи их освоения. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1970. С. 183–189.
6. Дегтев А.В. О некоторых отклонениях температуры воздуха зимних сезонов 1954–1964 гг. на примере Забайкалья // Вопросы географии и биологии. Чита, 1970. С. 12–14.
7. Боуман И.А. Особенности некоторых характеристик режима погоды в Сибири в холодное полугодие в связи с основными формами атмосферной циркуляции. Л.: Гидрометеиздат, 1971. Вып. 43. С. 71–85.

8. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорол. исслед.: Циркуляция атмосферы. М.: Наука, 1968. 346 с.
9. Сазонов Б.И. Суровые зимы и засухи. Л.: Гидрометеопиздат, 1991. 240 с.
10. Мозалевская М.В., Кузнецов А. В., Макурина Г.А., Шариун Н.Л. Группы однородного развития процессов и их прогностическое значение // Тр. ААНИИ. 1981. Т. 373. С. 14–36.
11. Витвицкий Г.Н. Зональность климата Земли. М.: Мысль, 1980. 253 с.

*V.I. Mordvinov, I.V. Latysheva, A.A. Karakhanyan. Long-term variations of global atmospheric circulation in the Northern Hemisphere in winter.*

Long-term variations of near-surface winter baric fields responsible for variations of monthly mean temperatures in Eastern Siberia are studied based on NCAP/NCER Reanalysis data for middle and high latitudes of the Northern Hemisphere. A scheme is proposed for typification of baric fields in the Arctic. This scheme well reflects the effect of circulation processes on variations of the near-surface temperature in Siberia. Quasi-decade changes connected with the dynamics of Icelandic and Aleutian depressions are rather clearly seen in long-term variations of temperature, mean baric fields, and repetition of circulations types.