



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Эталонные барическое поля для прогноза майских заморозков
в Оренбургской области»

Исполнитель Кужамкулов Алимжан Ерболович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук
(ученая степень, ученое звание)
Топтунова Ольга Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

« 11 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург

2023 год

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Заморозки как явление природы.....	5
1.1 Общая характеристика	5
1.2 Образование Заморозков.....	9
1.3 Прогноз заморозков.....	11
1.4 Заморозки на территории России.....	14
2. Исследуемая территория - Оренбургская область.....	18
2.1 Физико-Географическая характеристика Оренбургской области	18
2.1.1 Рельеф Оренбургской области.....	19
2.1.2 Основные типы почв Оренбургской области.....	20
2.1.3 Растительность.....	22
2.2 Сельское хозяйство в Оренбургской области.....	23
2.3 Синоптико-Климатическая характеристика.....	25
2.3.1 Барические образования Оренбургской области.....	30
3. Метод эталонных полей.....	36
3.1 Теоретические сведения.....	36
3.2 Сбор данных.....	38
3.3 Эталонное барическое поле для прогноза заморозков в Оренбургской области.....	41
Заключение.....	52
Список использованных источников:.....	54

Введение.

На протяжении многих лет в сельскохозяйственных районах России возникают различные интенсивности заморозков, которые часто ограничивают использование климатических возможностей вегетационного периода в сельском хозяйстве.

При заморозках сельскохозяйственные культуры могут получить частичные или полные повреждения, что приведет к уменьшению или потере урожая. Наибольшей опасностью являются весенние и осенние заморозки, когда они приходится на период роста культур. Информация об интенсивности и времени заморозков широко используется для оценки возможности посадки теплолюбивых культур и выбора методов защиты от данного явления.

Заморозки - это явление природы, которое характеризуется понижением температуры ниже 0°C в ночное или вечернее время, при вегетативном периоде, а именно начиная от $+5^{\circ}\text{C}$. Также стоит отметить, что данное явление является труднопрогнозируемым, несмотря на существование ряда методов прогноза заморозков. В связи с этим, развитие новых методов и технологий прогнозирования является насущной задачей в наше время, чтобы удовлетворить потребности различных потребителей метеорологической информации.

В данной работе рассматривается применение метода эталонных полей для прогноза заморозков в Оренбургской области.

Многие регионы Российской Федерации сталкиваются с заморозками, которые оказывают негативное воздействие на экономику и сельское хозяйство. Таким образом, необходимо уделить должное внимание точному прогнозированию заморозков. Однако данная проблема вызывает ряд трудностей в связи с сильным варьированием погодных условий в различных регионах. Поэтому, для более точного прогнозирования заморозков, необходимо проводить комплексные анализы метеорологических данных в сочетании с применением современных инструментов и методов. Всем вышесказанным определяется *актуальность* работы.

Целью данной работы является выявление эталонного барического поля для прогноза заморозков в Оренбургской области.

Данные, используемые в работе:

1. Архив метеорологических данных, представленный на сайте gp5.ru;
2. Поля реанализа приземного атмосферного давления ERA 5 с разрешением $2,5^\circ \times 2,5^\circ$.

Основные задачи:

- Проанализировать заморозки как метеорологическое явление;
- Ознакомиться с физическими, климатическими и синоптическими особенностями Оренбургской области;
- Изучить метод эталонных полей;
- Изучить программное обеспечение для данного исследования.
- Найти случаи заморозков на территории исследуемого региона из архивов погоды;
- Применить метод эталонных полей для нахождения эталонного барического поля для заморозков в Оренбургской области;
- Проанализировать полученные результаты.

Объектом исследования являются заморозки. Предметом – типовые барические поля для них

Работа носит прикладной характер, а ее результаты могут применяться специалистами гидрометцентра для прогноза заморозков.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении обосновывается актуальность работы, формулируются ее цели и задачи, в первой главе представлена основная информация и характеристика заморозков, во второй рассматривается физико-географическое положение Оренбургской области, в третьей излагается принцип метода эталонных полей, а также сформулированы основные результаты. В заключении сформулированы выводы.

Глава 1. Заморозки как явление природы.

1.1 Общая характеристика

Заморозки - это метеорологическое явление, при котором в период вегетации температура воздуха опускается ниже 0°C , что приводит к замерзанию поверхностей и влажности на земле, включая растения и воду. Заморозки могут причинить ущерб сельскому хозяйству и земледелию, особенно если они происходят на начальных этапах роста растений. Рассмотрим виды заморозков по характеру погодных условий:

Адвективные заморозки. Возникают вследствие вторжения холодного воздуха арктического происхождения обычно в первой половине весны. Они длительны и затрагивают большие территории, не сильно завися от условий местности. Температура на поверхности почвы опускается ниже нуля, что наносит серьезный ущерб садам, ягодникам, овощным и полевым культурам. Стоит отметить, что адвективные заморозки обычно происходят в начале весны и поздней осенью, когда большинство сельскохозяйственных культур не находятся в активном росте.

Радиационные заморозки. Возникают при ясной погоде и слабом ветре, когда почва начинает излучать тепло, охлаждая поверхность и приземный слой воздуха. Такие заморозки охватывают небольшие участки с отрицательными температурами до 1,5-2 м высоты и зависят от рельефа местности, влажности воздуха, облачности, растительного покрова и почвы. Они чаще возникают в низинах, где тяжелый холодный воздух стекает в пониженные места вплоть до котловин и впадин. Температура воздуха на склонах и небольших возвышенностях может быть на $3-5^{\circ}\text{C}$ выше, чем в низинах. Главная черта этого вида заключается в том, что они возникают при наличии слабых ветров и являются следствием малоградиентных барических полей, наблюдающихся в период малооблачной погоды.

Адвективно-радиационные заморозки возникают в результате вмешательства холодного воздуха и ночного охлаждения поверхности при ясной погоде. Такие заморозки обусловлены процессами адвекции и радиационного охлаждения, которые проявляются одновременно. Если холодный воздух продолжает удерживаться и заморозки повторяются, то такие заморозки уже считаются радиационными. Поздние майские заморозки чаще всего бывают адвективно-радиационного характера и наблюдаются при относительно высоких среднесуточных температурах. Продолжительность этих заморозков обычно 3–4 часа во второй половине ночи.

Существует несколько классификаций заморозков по продолжительности. Одной из таких классификаций является деление на продолжительные, средней продолжительности и кратковременные заморозки. Эта классификация основывается на временной продолжительности заморозков:

- Продолжительные заморозки могут длиться более суток.
- Средней продолжительности заморозки обычно длится от 5 до 12 часов.
- Кратковременные заморозки длительностью до 5 часов.

Беззаморозковый период - это промежуток времени между средними годовыми датами наиболее поздних весенних заморозков и наиболее ранних осенних заморозков.

Заморозки - это серьезная угроза для сельскохозяйственных культур, поскольку они могут нанести значительный ущерб и даже полностью уничтожить урожай. Особенно опасны заморозки, которые происходят в период вегетации растений, поэтому необходимо тщательно отслеживать информацию об интенсивности и сроках наступления заморозков весной и осенью. Это позволит правильно выбирать места для размещения теплолюбивых культур и принимать меры по защите.

В зависимости от интенсивности выделяют:

- слабые, температура не опускается ниже -2°C ;
- средние, температура опускается до $-3...-4^{\circ}\text{C}$;

- сильные, температура опускается до -5°C и ниже;

Слабые по интенсивности заморозки выражаются в незначительном понижении температуры воздуха, не достаточном для причинения серьезного ущерба растительности. В то же время, хотя слабые заморозки не вносят серьезного вреда растительности, они могут привести к заметным изменениям на урожае. Например, плоды фруктовых деревьев могут длительное время оставаться незрелыми, что приведет к снижению качества и потерям урожая в будущем.

Средние по интенсивности заморозки характеризуются более заметным снижением температуры воздуха, что может нанести значительный ущерб растительности и сельскохозяйственным угодьям.

Для сильных по интенсивности заморозков характерна очень низкая температура воздуха на протяжении продолжительного времени, что может вызвать массовую гибель растительности и огромные убытки в сельском хозяйстве. Необходимо отметить, что сильные заморозки могут быть редким явлением, но они могут привести к серьезным проблемам в сельском хозяйстве и экономике в целом.

На интенсивность заморозков большое влияние оказывают:

1)Рельеф местности. Оказывает значительное влияние на интенсивность, так как высокие формы рельефа способствуют оттоку стоячего воздуха и увеличивают продолжительность беззаморозкового периода, а в пониженных местах, наоборот, уменьшают его и повышают вероятность заморозков. На ровных участках создается средняя интенсивность, поскольку нет ни притока, ни оттока воздуха.

2)Тип почвы. На участках с рыхлой почвой интенсивность заморозков повышается, это связано с тем, что такая почва обладает плохой теплопроводностью и низкой теплоемкостью.

3)Ориентация склонов. На восточных и юго-восточных склонах растения сильнее повреждаются заморозками.

Таблица - 1.1 Заморозкоопасность различных форм рельефа (по И.А. Гольцберг).

Форма рельефа	Степень заморозко - опасности (баллы)	Приток холодного воздуха	Сток холодного воздуха	Изменение по сравнению с равниной Минимальной температуры	Изменение по сравнению с равниной Длительность беззаморозкового периода
Вершины, верхние и средние части крутых (больше 10°) склонов (h>50м)	1	Нет	Хороший	3...5	15...25
Вершины и верхние части пологих (меньше 10°) склонов, $Ah < 50$ м	2	>	Есть	1...3	5...15
Долины больших рек, берега водоемов	2	Есть	>	2...4	10...20
Равнины, плоские вершины, дно широких открытых долин	3	Нет	Нет	0	0
Нижние части склонов и дно широких долин	4	Есть	Слабый	-3...-5	-15...-25
Дно и нижние части склонов нешироких, замкнутых долин	5	>	Почти нет	-3...-5	-15...-25
Котловины и замкнутые широкие плоские долины	5	>	Нет	-4 и более	-20 и более

Проанализировав таблицу 1.1 можно сделать вывод, что рельеф местности играет очень важную роль для интенсивности и возникновения заморозков. Суточные температурные режимы, характеризующиеся частотой и интенсивностью заморозков, напрямую зависят от состояния почвы. Особенно заметно воздействие на почвенный микроклимат оказывают земли, богатые торфом. Повышенная в данном случае частота и интенсивность заморозков объясняется некоторыми свойствами торфяных почв, а именно низкой теплопроводностью и значительными излучающими свойствами данного материала. Размеренность заморозков во многом зависит от плотности и влажности почвы: например, влажные почвы благоприятствуют интенсивному притоку тепла из глубинных слоев, что позволяет уменьшить вероятность и интенсивность заморозков. Однако ученые обращают внимание на то, что наличие густой растительности, а также расположение вблизи лесных массивов снижает охлаждение почвы, обусловленное отсутствием ветра и недостаточной перемешиванием слоев воздуха. Радиационные заморозки возникают в безветренную погоду, когда слои воздуха плохо перемешиваются. Надежды на развитие заморозков возникают при ясной, безоблачной погоде. Облака снижают интенсивность выхолаживания почвы и воздуха. Любой экран над поверхностью почвы также уменьшает выхолаживание.

1.2 Образование Заморозков.

Заморозки обычно возникают при вторжении в район холодной воздушной массы, например, арктического происхождения, когда температура воздуха в нижних слоях все еще находится выше нуля, но ночью снижается ниже этой отметки, что приводит к заморозкам.

Воздушная масса - это большой объем воздуха, который имеет одинаковые свойства температуры, влажности и давления. В метеорологии воздушные массы играют важную роль в формировании погоды.

В зависимости от широтных зон, в которых располагаются очаги воздушных масс, их можно подразделить на основные географические типы:

- Арктический или Антарктический воздух (АВ);
- Тропический воздух (ТВ);
- Полярный или умеренный воздух (ПВ или УВ);

Данные воздушные массы также подразделяют на морские (М) и континентальные (К) воздушные массы: МАВ и КАВ, МУВ и КУВ или МПВ и КПВ, МТВ и КТВ.

- Экваториальные воздушные массы.

В экваториальных широтах происходит конвергенция потоков и подъём воздуха, поэтому располагающиеся над экватором воздушные массы обычно приносятся из субтропической зоны. Однако иногда выделяются самостоятельные экваториальные воздушные массы, что делает их еще более уникальными.

Из всех приведенных типов воздушных масс стоит отметить Арктическую воздушную массу, ведь вторгаясь в низкие широты этот воздух создает похолодания и является главной составляющей заморозков на некоторых территории Российской Федерации (Рисунок 1.2).

Арктический воздух формируется главным образом в северном полушарии, и конкретно в Северном полярном бассейне, а зимой также - над северными территориями материков - Таймыром, Колымой, Чукоткой, арктической Америкой. Он отличается низкими температурами, низкой влажностью и повышенной прозрачностью воздуха.

Важно подчеркнуть, что чаще всего антициклоны являются менее подвижными, чем циклоны, что способствует процессу создания воздушных масс в больших и малоподвижных (квазистационарных) антициклонах.

Для заморозков необходима ясная и тихая ночь, когда эффективное излучение с поверхности почвы больше, а турбулентность меньше, что позволяет воздуху продолжительное время охлаждаться. Такая погода чаще всего наблюдается в областях высокого атмосферного давления,

антициклонах. Обычно заморозки происходят в низинных районах. Последние весенние заморозки обычно наблюдаются в конце мая - начале июня, а первые заморозки осени - в начале сентября. Арктические воздушные массы над Северным Ледовитым океаном могут достигать территории России, проникая далеко на юг, например, до гор Кавказа, где они затрудняют свое продвижение и превращаются в местные заморозки.



Рисунок - 1.2 перемещение воздушных масс над территорией России

1.3 Прогноз заморозков.

Прогнозирование вторжения холодных волн воздуха, связанного с возникновением адвективных и адвективно-радиационных заморозков на широкой территории, является в настоящее время достаточно точным и может быть выполнено синоптиками за период от 1 до 3 суток. Тем не менее, вариабельность интенсивности заморозков на разных участках территории может ощутимо отличаться, с допустимым отличием в 3 - 5 °С или выше, зависимо от местных особенностей. Поэтому синоптический прогноз можно уточнить по данным наблюдений в конкретном районе. Для этого разработан ряд методов, например метод Н.И. Михалевского.

Для определения ожидаемой минимальной температуры воздуха и почвы Н.И. Михалевский предложил следующие формулы:

$$t_{\min} = t' - (t - t')C \pm A$$

$$t_{\min} = t' - (t - t')2C \pm A$$

где t' — температура по смоченному термометру в 13 ч, °С; t — температура по сухому термометру в 13 ч, °С; C — коэффициент, зависящий от относительной влажности воздуха f .

$f, \%$	100	90	80	70	60	50	40	30	20
C	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,2	0,9	0,7	0,4

A — поправка на облачность, которую вводят после наблюдений в 19 ч: если небо ясное (0...3 балла), то $A = -2$ °С, при средней облачности (4...7 баллов) $A = 0$, при облачности 8... 10 баллов $A = +2$ °С.

Если рассчитанная t_{\min} окажется ниже -2 °С, то заморозок будет; при t_{\min} от -2 до $+2$ °С заморозок вероятен; при t_{\min} выше 2 °С заморозок маловероятен.

Рассмотрим метод П.И Броунова

Для прогнозирования ночной температуры воздуха на высоте 2 м применяется график П.И. Броунова, основанный на наблюдениях за температурой воздуха. Для расчетов используются показатели, полученные в 13 и 21 час. На горизонтальной оси отображается разность температур днем и вечером, а на вертикальной — вечерняя температура. Пересечение соответствующих линий на графике определяет ожидаемую ночную температуру воздуха и возможность наступления заморозков.

Пример расчета прогноза в г. Воронеж за 02.05.2007 г по методу П.И. Броунова

Температура в 13 ч = 5,4 С

Температура в 21ч = 4,8 С

Разность между дневной и ночной температурами = 0,6 С

Для прогнозирования заморозков применяется специальный график, по которому осуществляется расчет. График включает на вертикальной оси температуру воздуха в 21 час, а на горизонтальной оси - разность между дневной и вечерней температурой. (Рисунок 1.3.1) Точки, соответствующие значениям 4,8 °С и 0,6 °С, находятся на пересечении соответствующих осей, после чего проводятся прямые линии. Точка А, полученная в результате пересечения линий, указывает на возможность наступления заморозков.

Дата	Температура воздуха, °С				Осадки, мм
	Минимум	Средняя	Максимум	Отклонение от нормы	
1	2.0	6.8	10.6	-5.3	1.7
2	0.0	3.1	6.2	-9.2	6.7

Рисунок - 1.3 – данные архива погоды г. Воронеж за 02.05.2007 г.

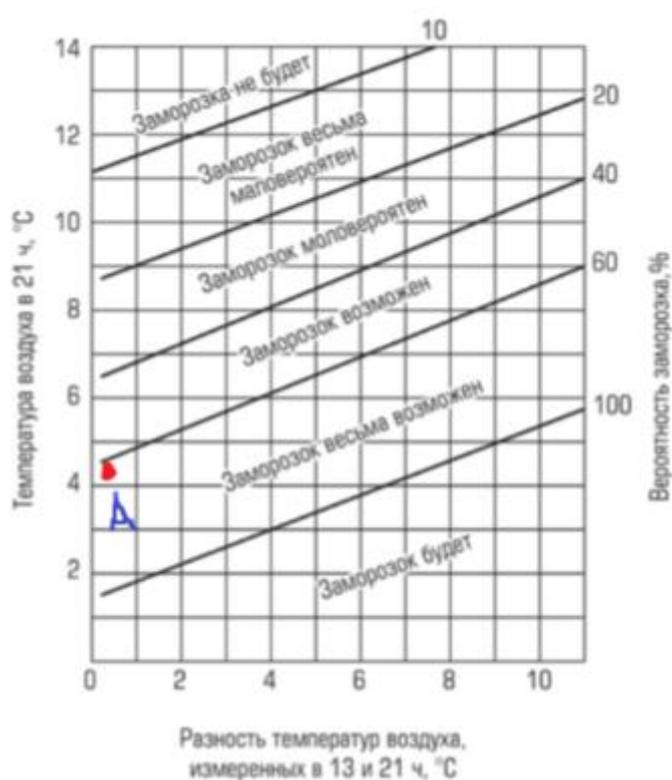


Рисунок – 1.4 График прогноза вероятности заморозков методом П.И. Броунова

Существуют иные способы прогнозирования заморозков, такие как методы разработанные М.Е. Бердяндом и А.Ф. Чудновским, которые обосновываются наличием подробного изучения физических причин

возникновения заморозков. Эти методы дают более точные результаты, но требуют значительно большего объема расчетов и предусматривают учет большего числа входных данных.

Так как нет возможности полностью гарантировать точность прогнозирования современными методами заморозков на 100%, на практике их приходится дополнять системой непрерывного наблюдения за изменением погодных условий. Непосредственно перед возможным наступлением заморозков регулярно производятся ежечасные наблюдения за погодными условиями и состоянием атмосферы, с особым вниманием к облачности, параметрам ветра, температуре и влажности воздуха.

Наибольшую сложность представляет прогноз радиационных заморозков на почве, поскольку температура почвы может существенно отличаться от температуры воздуха на уровне 2 м. Эти отличия определяются условиями теплообмена поверхностного слоя почвы с более глубокими ее слоями и прилегающим к земной поверхности атмосферным воздухом. Учет этих различий при прогнозе производится путем установления для каждой станции статистических связей между температурой воздуха на уровне 2 м и температурой на поверхности почвы в момент наступления заморозка. Такие связи должны устанавливаться не только в зависимости от консервативных характеристик района, таких как рельеф и тип почвы, но и от переменных во времени факторов: скорости ветра, облачности, влажности почвы, наличия или отсутствия продуктов наземной конденсации, стратификации температуры в приземном слое атмосферы, влажности воздуха.

1.4 Заморозки на территории России.

Заморозки на территории России могут происходить в различных регионах и в разное время года в зависимости от климатических условий. Но общая тенденция заключается в том, что заморозки распространены практически по

всей территории России. В отдельные периоды времени заморозки наносят значительный ущерб народному хозяйству.

Информация о длительности безморозного периода необходима для принятия решения о том, сможет ли определенная культура завершить вегетационный период на данной территории или будет постоянно подвергаться заморозкам. Исходя из этого, каждый регион Российской Федерации имеет представление в какие периоды времени их территория подвержена заморозкам.

Для определения времени наступления заморозков на территории России используется три зоны: холодная, умеренная и с теплой зимой. Каждая из них характеризуется собственным климатическим режимом и различным временем наступления заморозков. Холодная зона не имеет четкого выраженного безморозкового периода. В умеренной зоне, где находятся основные сельскохозяйственные угодья, средняя длительность безморозкового периода составляет от 85 суток на севере до 280 суток на юге. В зоне с теплой зимой (Краснодарский край) длительность безморозкового периода в среднем 300 суток.

Наиболее подверженные заморозкам районы на территории России находятся в Восточной Сибири, где заморозки могут наблюдаться в период активного роста растений, и где рельеф сильно изрезан. Имеющиеся данные показывают, что вероятность заморозков с температурой -3°C и ниже на поверхности почвы в мае наименее возможна в Северокавказском регионе (менее 10%). Однако в регионах Центральной Черноземной полосы и Поволжья вероятность таких заморозков довольно мала (менее 20%). В то же время, на просторах Северного, Северо-Западного регионов, Сибири и Дальнего Востока (на территории 43 субъектов Российской Федерации) вероятность заморозков интенсивностью -3°C на поверхности почвы в мае достигает от 51% до 100%.

Первые заморозки с температурой -2°C на поверхности почвы в среднем наблюдаются в разное время на территории различных регионов России. В

Северокавказском регионе первые осенние заморозки приходят в октябре. В Поволжском регионе – во второй и третьей декадах сентября и первой декаде октября. На Центральных и Центрально-Черноземных районах заморозки начинаются в конце сентября и начале октября. В Северных, Северо-Западных, Уральских, Западно-сибирских и Восточно-сибирских регионах заморозки обычно начинаются в сентябре. В отдельных районах Дальнего Востока заморозки интенсивностью -2°C на поверхности почвы могут наблюдаться в разное время в сентябре и начале октября (Рисунок 1.5).

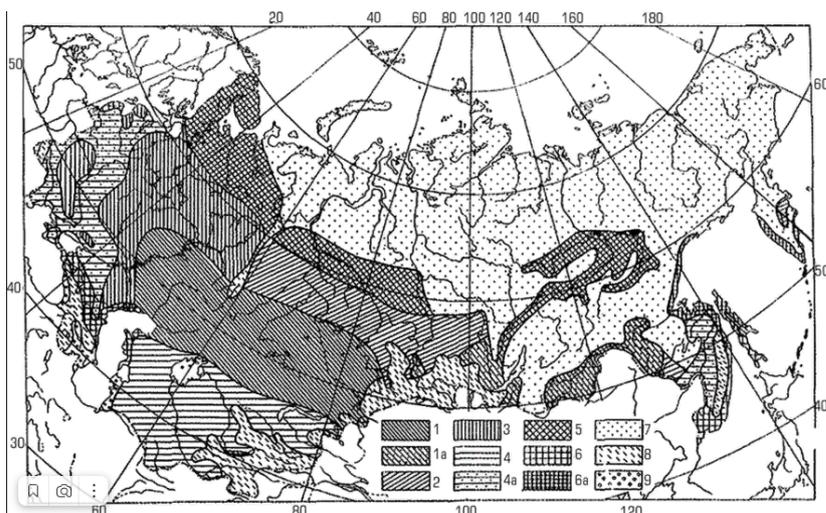


Рисунок - 1.5 Вероятность опасных весенних заморозков (по И.А. Гольцберг).



Рисунок - 1.6. Сельскохозяйственные районы России.

Исходя из анализа рисунков 1.5 и 1.6 можно сделать вывод, что наиболее сельскохозяйственные регионы России подвержены опасным весенним заморозкам, поэтому прогнозирование заморозков для таких регионов является особенно важным.

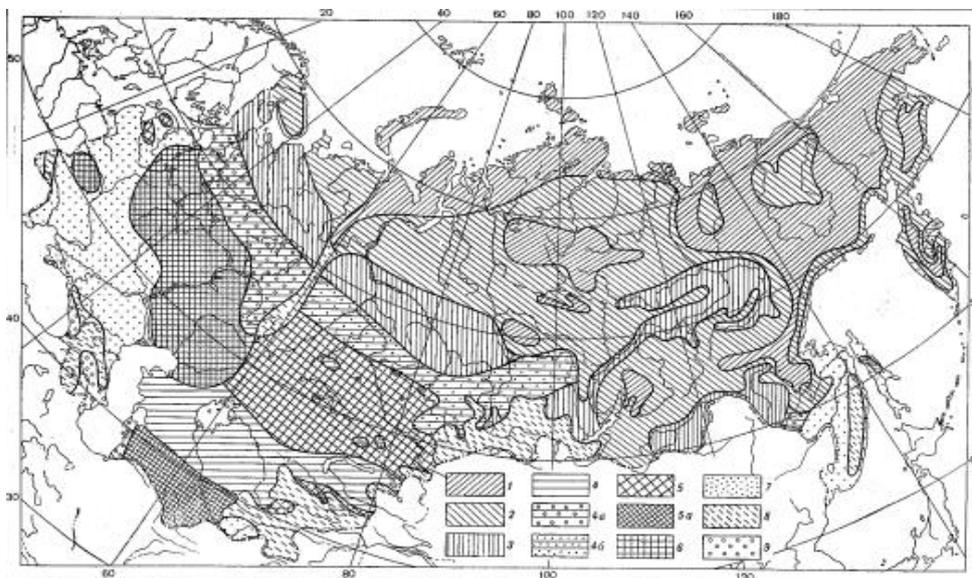


Рисунок - 1.7 Вероятность опасных осенних заморозков (по И.А. Гольцберг).

Дополнение к рисунку 1.4.2: 1 — ежегодно (нет посевов); 2 — более 5 (опасны летом); 3 — от 3 до 4; 4, 4а и 4б — от 2 до 3; 5 и 5а — от 1 до 2; 6 и 6а — от 0 до 1; 7 — не опасны (позднее наступление заморозков); 8 — горные районы с очень сложным распределением заморозков (опасность не характеризуется); 9 — опасны зимой для субтропических культур

Исходя из рисунка 1.4.2 выясняется, что почти все регионы России подвержены осенним заморозкам, но стоит отметить, что по интенсивности такие заморозки будут очень слабыми на многих территориях страны. В разных регионах России начало осенних заморозков может отличаться. На юге страны заморозки обычно начинаются в середине октября или в начале ноября. В Восточной Сибири и в северных районах земледельческой зоны европейской части России, заморозки начинаются значительно раньше - в конце августа.

2. Исследуемая территория - Оренбургская область

2.1 Физико-Географическая характеристика Оренбургской области

Оренбургская область, расположенная на юго-востоке европейской части России, занимает обширную территорию в размере 124 тыс. км². Область соединяет в себе две разных части материка: Европу и Азию, историческая граница между которыми, проходит в пределах области и проводится по р. Урал (Яик), а физико-географическая граница — по линии контакта материковых платформ Европы и Азии: восточному подножью Уральского хребта, Муголжар и р. Эмбе .

Оренбургская область имеет общую протяженность границ около 3700 км. Ее территория вытянута с запада на восток на 755 км, при этом расстояние с севера на юг составляет 320 км на западе и 215 км на востоке. В узком районе г. Кувандык ширина области не превышает 51 км. Также на территории Оренбуржья расположены три самые южные точки, достигающие 50°30' С.Ш. - южнее с. Троицкого (Соль-Илецкий р-н), у с. Новомарьевки (Акбулакский р-н) и близ истока р. Кугутык (Домбаровский р-н), а самая северная точка располагается у с. Ремчугово (Северный р-н), немного ниже 54°54' С.Ш. Расстояние между крайними южной и северной точками - 425 км. Самая западная точка области (50°45' В.Д.) находится на стыке четырех областей: Оренбургской, Самарской, Саратовской и Западно-казахстанской, в Таловской степи. А самая восточная точка (61°40' В.Д.) расположена в Светлинском районе. Западная граница Оренбургской области примыкает к Самарской области, а на крайнем северо-западе - к Татарстану, а на юго-западе - к Саратовской области. На севере область огибает Башкортостан, простираясь от реки Ик до реки Урал. На северо-востоке область прилегает к Челябинской области через Кваркенский район, а всю оставшуюся границу, протяженностью 1670 км, занимают три области Казахстана: Кустанайская, Актюбинская и Западно-казахстанская (Рисунок - 2.1).

2.1.1 Рельеф Оренбургской области.

Он формировался в течение длительного времени. Он возник в результате размыва уральских складок и сыртовых равнин, а также новейших тектонических движений. Территория области разнообразна. Западная часть расположена на юго-восточной окраине Восточно-Европейской равнины, где находятся возвышенности Бугульминско-Белебеевская и Общий Сырт, а с юга — Прикаспийская низменность. Восточная же часть занимает южные отроги Уральских гор, а также Зауральское и Тургайское плато. Абсолютные высоты поверхности варьируются от 39 м в долине реки Урал (в точке пересечения её с южной границей области) до 667 м на хребте Накас. Оренбургская область также расположена на южной границе Уральских гор, которые, несмотря на небольшую высоту, оказывают сильное влияние на термодинамические свойства воздушных масс. Это влияние влияет на скорость и эволюцию атмосферных фронтов барических систем, что в конечном итоге влияет на интенсивность вертикальных движений воздуха и может привести к усилению или ослаблению фронтов.



Рисунок - 2.1. карта Оренбургской области.

Водные ресурсы Оренбургской области.

На территории находится около 50 промысловых водоемов. Важнейшие среди них - Ириклинское водохранилище, площадь зеркала которого составляет 26 тыс. га, и река Урал, протяженность которой в пределах Оренбургской области равняется 1164 км. Кроме того, общее количество рек на территории региона составляет 3492 с общей протяженностью 31584 км и 47 естественных озер общей площадью зеркала в 30 тыс. га. Большинство рек относятся к бассейну Каспийского моря, который распределяется между бассейном Урала (63% территории) и Волги (31% территории). На бассейн Тобола, относящийся к бассейну Оби и Карского моря, приходится 2% территории. Бессточные бассейны озер Жетыколь (50 км²), Шалкар-Ега-Кара (96 км²) и в той же мере Айке, большая часть которого находится в Кустанайской области Республики Казахстан, занимают 4% территории региона.

2.1.2 Основные типы почв Оренбургской области.

Границы почвенных зон Оренбургской области, по словам экспертов, не могут быть описаны однозначно, и это связано с их высокой степенью неоднородности. Кроме того, в результате воздействия разнообразных природных факторов, как, например, различные характеристики почвообразующих пород или сложное рельефное устройство местности, общая продуктивность территории может существенно варьировать. В связи с этим, на территории области встречаются различные карбонатные разновидности всех типов черноземов и темно-каштановых почв.

Черноземы являются основным типом почв практически на всей территории, однако на юге их сменяют темно-каштановые почвы, а на севере можно встретить серые лесные почвы. Черноземы подразделяются на несколько подтипов, которые меняются от севера к югу. В лесостепной зоне черноземный процесс достиг максимального развития, что привело к

формированию типичных тучных черноземов. Под различными типами растительности формируются другие подтипы черноземов, такие как оподзоленные и выщелоченные. Однако они не так широко распространены, как типичные черноземы и серые лесные почвы. В степной зоне сформировались обыкновенные черноземы, которые имеют менее мощный гумусовый горизонт, чем типичные черноземы. Южнее рек Самара и Урал распространены южные черноземы, которые содержат меньше гумуса. Темно-каштановые почвы занимают основную площадь на юге Илека и Кумака. Лугово-черноземные и лугово-каштановые почвы формируются в долинах и на надпойменных террасах. Солонцовые почвы занимают крупные массивы на засоленных породах в условиях пересеченного рельефа. В регионе также можно встретить неполноразвитые и эродированные почвы. Большая часть пахотных угодий области занята черноземами, а темно-каштановые почвы и серые лесные почвы занимают меньшую площадь. Наиболее распространенным подтипом черноземов являются южные черноземы. Также в регионе можно встретить солонцы (Рисунок - 2.2)



Рисунок - 2.2 Почвы Оренбургской области.

2.1.3 Растительность.

Географическое расположение Оренбургской области в значительной степени определило ее растительный покров. В основном, территория региона занята травянистой, степной растительностью, при этом доля лесов на территории области составляет всего около 4%. Среди хвойных пород наиболее распространены сосна и лиственница, а среди широколиственных пород – дуб черешчатый, липы, клены и вязы. Кроме того, на территории области распространены различные мелколиственные деревья, такие как березы, тополя, осины, ивы и ольха. В южной части Оренбургской области можно встретить такие виды, как лиственница сибирская, лещина и бересклет, а на севере – ива каспийская, лох серебристый, джужгун и тамарикс. Наличие на территории области разнообразных видов растений обусловлено ее климатическими особенностями, в особенности степными широтами, и типичными растениями степей считаются ковыли, полынь, типчак, чабрец, гвоздика и овсец пустынный. (Рисунок - 2.3) Регион не обделен растительными видами, в ее территории насчитывается более 1610 видов сосудистых растений. Основная часть флоры относится к покрытосеменным растениям, которые представлены широким разнообразием, а также около 2% флоры составляют голосеменные и папоротниковые растения. В составе флоры можно выделить около 125 видов ценных лекарственных растений, которые используются в медицине.



Рисунок - 2.3 Растительность Оренбургской области.

2.2 Сельское хозяйство в Оренбургской области.

На протяжении всего времени в сельскохозяйственных регионах России заморозки наносили огромный ущерб и оренбургская область не является исключением.

Оренбургская область - регион России, известный своим высоким уровнем развития агропромышленного сектора. Здесь производятся многие виды продукции растениеводства и животноводства, которые занимают лидирующие позиции в Приволжском федеральном округе. Благодаря инновационным технологиям и высокому профессионализму местных фермеров, Оренбуржье успешно конкурирует на рынке сельскохозяйственной продукции и поставляет свою продукцию не только в другие регионы России, но и за ее пределы.

Регион, где процветают плодородные почвы, имеет своим главным направлением земледелие, что является несомненным фактом. Однако,

достойно отметить, что более 70% всех посевных площадей зарезервировано за зерновыми культурами, а именно, пшеницей - озимой и яровой.

Просо занимает важное место среди зерновых посевов, занимающее одну из ведущих позиций в России как по размерам посевной площади, так и по валовому сбору. В последние годы, наблюдается подъем площадей, отведенных для гречихи. Технические культуры занимают лишь 5% всей территории посева региона и представлены главным образом подсолнечником. Среди других масличных культур, лен-кудряш и горчица возделываются регионально в незначительных количествах. Сахарная свекла также является объектом внимания, однако на нее приходится менее 1% посевных площадей. Вместе с тем, культуры, такие как ячмень, озимая рожь, овес, горох и многие другие, также находят свое выражение на земле этого региона.

Значительным вкладом в сферу агропромышленного комплекса данного региона обладает скотоводство, которое основывается на производстве молочно-мясных продуктов и составляет порядка 70% общей стоимости товарной продукции сельского хозяйства. Скотоводство широко распространено на всей территории Оренбургской области, однако, наиболее засушливые восточные районы характеризуются небольшим поголовьем крупного рогатого скота, в связи с чем основная специализация здесь связана с производством мясных продуктов.

Кроме традиционных направлений в сельском хозяйстве, в данной области представлены благоприятные природные и климатические условия для развития высокооплачиваемых отраслей пушного звероводства и пчеловодства.

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что Оренбургская область является сельскохозяйственным регионом России, где экономика региона зависит от народного хозяйства, и поэтому прогнозирование заморозков играет большую роль.

2.3 Синоптико-Климатическая характеристика

Российская Федерация простирается на огромных просторах, охватывая четыре различных климатических пояса - арктический, субарктический, умеренный и субтропический. В каждой из указанных зон можно выделить свои характерные климатические зоны, обладающие своими уникальными особенностями. Климат Оренбуржья характеризуется умеренно континентальным характером и проявляется в большой амплитуде колебаний температуры между зимой и летом, а также в недостаточном количестве осадков.

Оренбургская область, расположенная в глубине материка на юго-восточной окраине европейской территории России (ЕТР), отличается особыми чертами климата. Она удалена от морей, океанов и крупных рек, а также близка к полупустыням Казахстана, что обуславливает значительные колебания температуры и атмосферных осадков. Холодный Сибирский антициклон оказывает влияние на климат региона в зимний период, тогда как в лето приходит сильно нагретый воздух из Казахстана и Средней Азии. Характеризуя климат Оренбургской области, следует отметить холодную и суровую зиму, жаркое и сухое лето, быстрый переход от зимы к лету, короткий весенний период, недостаток атмосферных осадков, а также сухой воздух и интенсивность процессов испарения.

Наблюдается минимальная влажность воздуха в мае и максимальная в ноябре-декабре и марте. Относительная влажность увеличивается с юга на север области. Метели в Оренбургской области связаны с западными и южными циклонами. Число дней с метелями колеблется до 50 дней в году, большинство из которых наблюдается в январе.

Снежный покров устанавливается на территории в конце ноября, в Кувандыке и Тюльганском районе - в середине ноября. Снежный покров достигает максимальной высоты в первой-второй декаде марта, и может превышать 110 см. В среднем, по области высота снежного покрова в это

время составляет 22-50 см. Сход снежного покрова наиболее вероятен в первой половине апреля. Почти на протяжении полугода оренбургские степи покрыты снегом, также стоит отметить, что глубина покрова сильно меняется в зависимости от поверхности территории. В южных равнинных районах данной области толщина снежного покрова составляет около 20 см, в то время как на холмистых равнинах запада области она увеличивается до 30-40 см. Однако на хребтах Малый Накас и Шайтан-Тау, расположенных соответственно в Тюльганском и Кувандыкском районах, высота снежного покрова достигает в среднем 0,5 м и может превышать 1 м в особенно снежные годы.

Летний период в Оренбургской области, включающий июль, считается самым теплым. В период жарких лет, температура воздуха в летние месяцы может достигать 40-43°C, средняя температура +19-22°C (Рисунок - 2.4)



Рисунок - 2.4. Средние температуры и осадки июля.

Зимы в оренбургской области холодные, средние температуры -14-17°C (Рисунок - 2.5.) самый холодный месяц - январь. Одним из самых холодных зимних дней был 1942 год, когда температура упала до отметки в 49°C. Годовой ход температуры почвы соответствует годовому ходу температуры

воздуха, и в период зимы поверхность земли имеет отрицательную температуру.



Рисунок - 2.5. Средние температуры и осадки января.

Осадки в Оренбургской области распределяются неравномерно, сокращаясь с запада на восток и с севера на юг. В южных, юго-западных и восточных районах области количество осадков ниже, чем на других территориях. (Рисунок - 2.6)

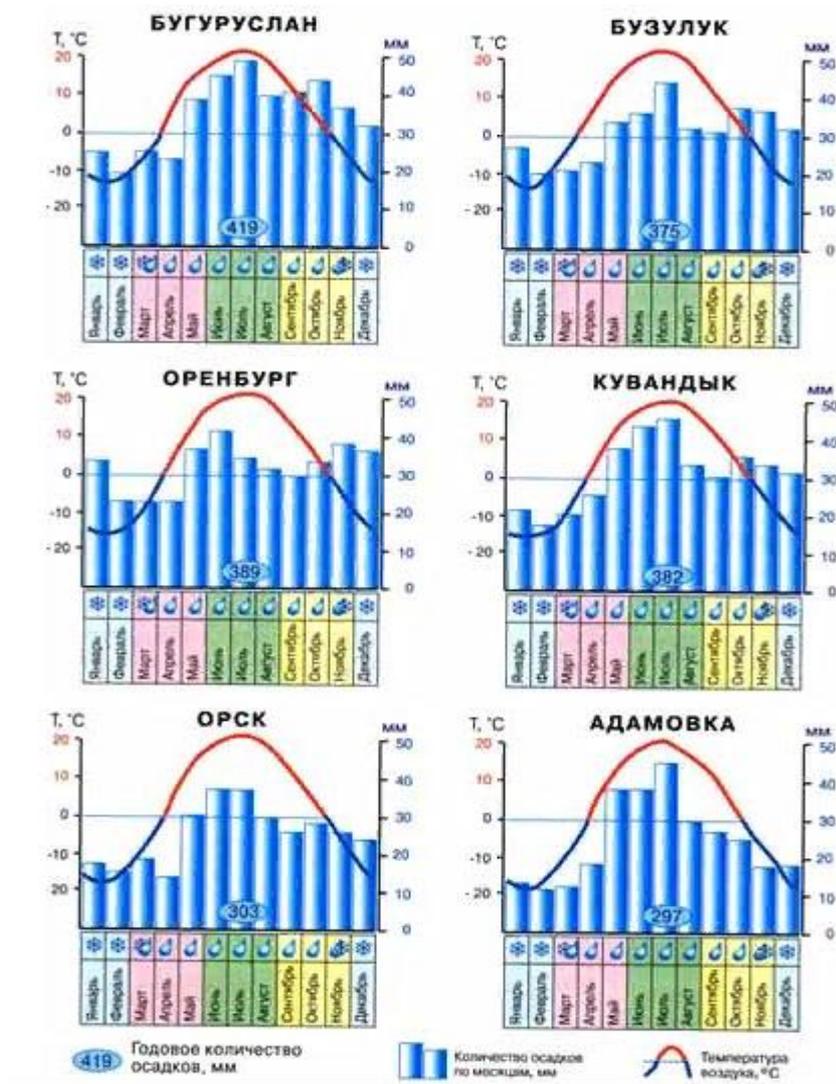


Рисунок - 2.6. Температура и осадки в июле в разных районах Оренбургской области.

Максимальное количество осадков в области наблюдается в период летних месяцев. В такой период выпадает до 2/3 общей годовой дождливости. Летние осадки помогают освежить засушливый климат данного региона. Однако, июль считается наиболее дождливым месяцем в году, тогда как наименьшее количество осадков происходит в феврале. Качество летних осадков проявляется в том, что они протекают в виде ливней. Всего за один день может выпасть едва ли не четверть общего объема месячной нормы осадков. Из-за весьма разрозненного рельефа, дождевая вода не успевает впитываться в почву. Кроме того, высокие температуры воздуха приводят к сильному испарению, что препятствует задержке влаги в почве.

Оренбургская область прославляется своими безграничными равнинами, благодаря которым воздушные массы различного происхождения - как холодные северные, так и жаркие сухие южные - свободно проникают на ее территорию. Поэтому на территории Оренбургской области постоянно дуют ветра, которые меняют свое направление и скорость довольно часто. (Рисунок - 2.7)



Рисунок - 2.7 Розы ветров, повторяемость (%) направление ветра.

Количество безветренных дней здесь крайне низкое и составляет всего 45 в году. В зимнее время преобладают восточные и юго-западные ветры, способные достигать скорости до 30 м/с, что приводит к образованию сильных снежных бурь - буранов, характерных для степей Оренбуржья. Летом же дуют восточные и западные ветры со средней скоростью не превышающей 4 м/с.

Сильные морозы, сопровождаемые сильными ветрами, являются характерным явлением зимнего климата. Особенно опасен буран, который способен поднять огромные массы снега и дуть с огромной силой на протяжении нескольких суток. Январские изотермы на карте показывают меридиональное направление, что объясняется столкновением холодного и сухого воздуха сибирских антициклонов с теплым и влажным воздухом атлантических циклонов. Это приводит к тому, что на северо-западе области зима теплее, чем в южных и восточных районах. Сибирские антициклоны образуются в области высокого давления, центральная часть которой находится над Алтаем и Монголией. Зимой полоса высокого атмосферного давления протягивается из Монголии через северный Казахстан до Украины

и полностью охватывает территорию области. Осевая линия этой полосы высокого давления с солнечным и морозным зимним климатом называется осью Воейкова, в честь русского климатолога А.И. Воейкова, который исследовал ее свойства. Ось Воейкова является важнейшим ветроразделом, к северу от нее дуют юго-западные ветры, а к югу - свирепые северо-восточные ветры. (Рисунок - 2.8) Антициклоны,двигающиеся с востока вдоль оси Воейкова, приносят на территорию области солнечную погоду с сибирскими морозами.

Оренбургская область, расположенная вдоль оси Воейкова, имеет свои особенности в плане климата. Западный перенос воздушных масс, привычный для северного полушария, здесь ослаблен. Затрагивает только северо-западные районы области. Обычно над территорией Оренбургской области часто наблюдаются антициклоны с сибирским происхождением.

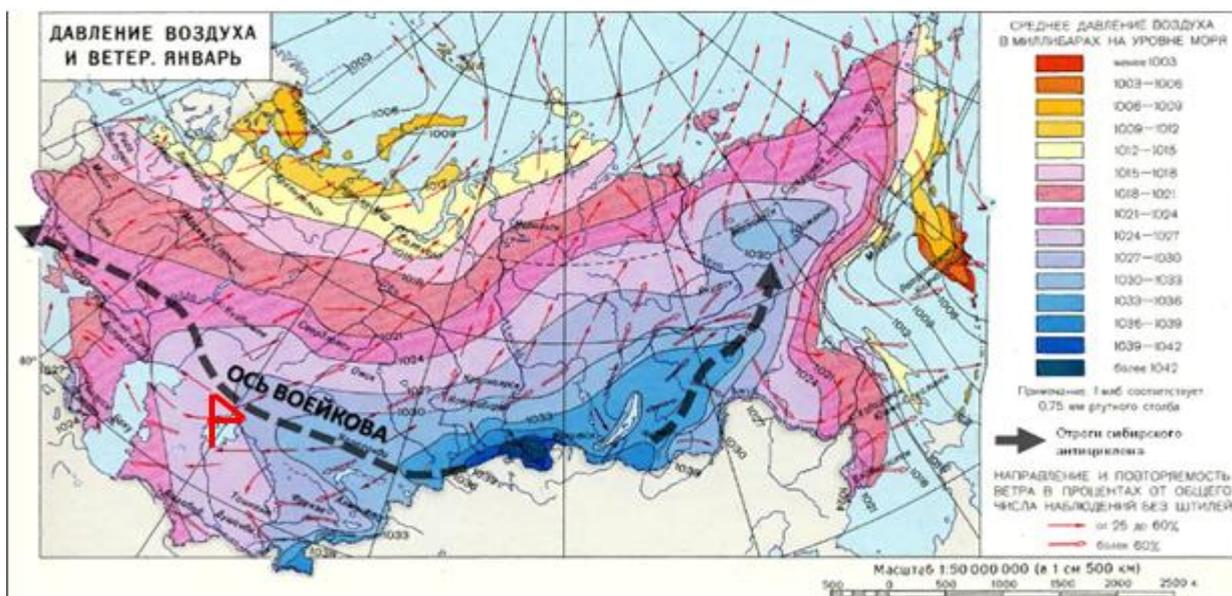


Рисунок - 2.8 Ось Воейкова.

2.3.1 Барические образования Оренбургской области

Как и в любом другом регионе, над Оренбургской областью проходят различные типы антициклонов и циклонов. В большей части нас интересуют

антициклоны их и разберем более детально. В Оренбургской области могут проходить следующие типы антициклонов:

1. Субтропический антициклон - образуется в результате перемещения теплого воздуха из тропических широт. Приводит к жаркой и сухой погоде. Антициклон, ориентированный с запада на восток, не является типичным явлением для зимнего периода времени в нашем районе. Его присутствие может быть замечено только кратковременно, когда он проходит через нашу территорию, словно транзитом. (Рисунок - 2.9.).

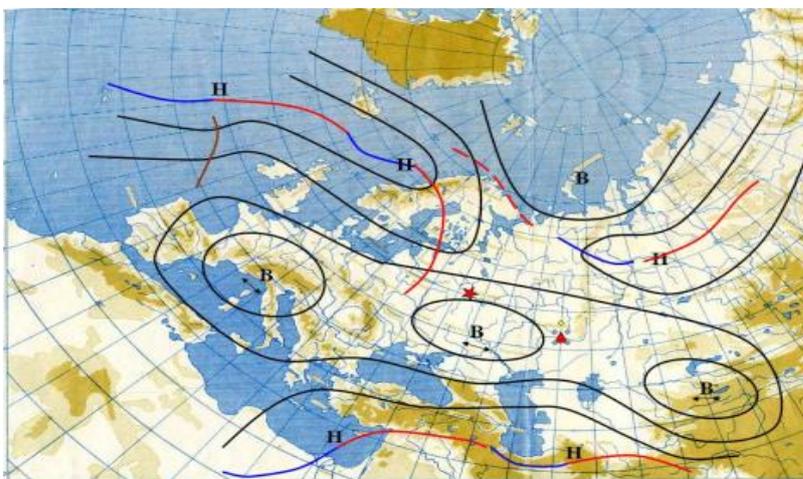


Рисунок - 2.9 Субтропический Антициклон.

2. Арктический антициклон - образуется в результате перемещения холодного воздуха из Арктики. Приводит к холодной и сухой погоде. (Рисунок - 2.10)

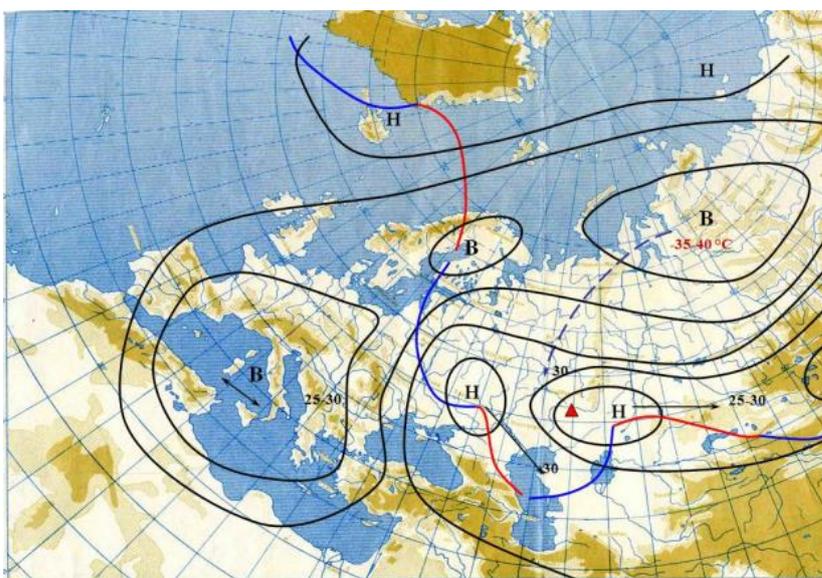


Рисунок - 2.10 Арктический антициклон.

В зимний период, когда антициклон проникает на территорию области, он приносит с собой устойчивую, арктическую воздушную массу, что приводит к безоблачному небу и резкому понижению температуры до -40 -42°C . В передней части антициклона также наблюдается сильный ветер до $15-20$ м / сек. и низовая метель при видимости $500-1000$ метров. Однако, ближе к центру антициклона ветер резко стихает до переменного слабого, а видимость увеличивается до 10 км и более. Летом, при ультраполярном вторжении антициклона за холодными фронтами, также отмечается резкое понижение температуры, особенно ночью. В периоды межсезонья ультраполярные вторжения могут приводить к заморозкам и дням возврата зимы весной, а также к установлению зимы в осенний период.

3. Сибирский антициклон, также известный как Сибирский максимум, является важным климатическим явлением, характерным для холодного времени года в нашем районе. Его формирование происходит в результате интенсивного зимнего охлаждения Евразийского материка, и его центр находится в центре Евразии. Оренбургская область подвержена влиянию западной периферии этого антициклона, а также его гребня, что может иметь значительное влияние на погоду на данной территории. (Рисунок - 2.11)

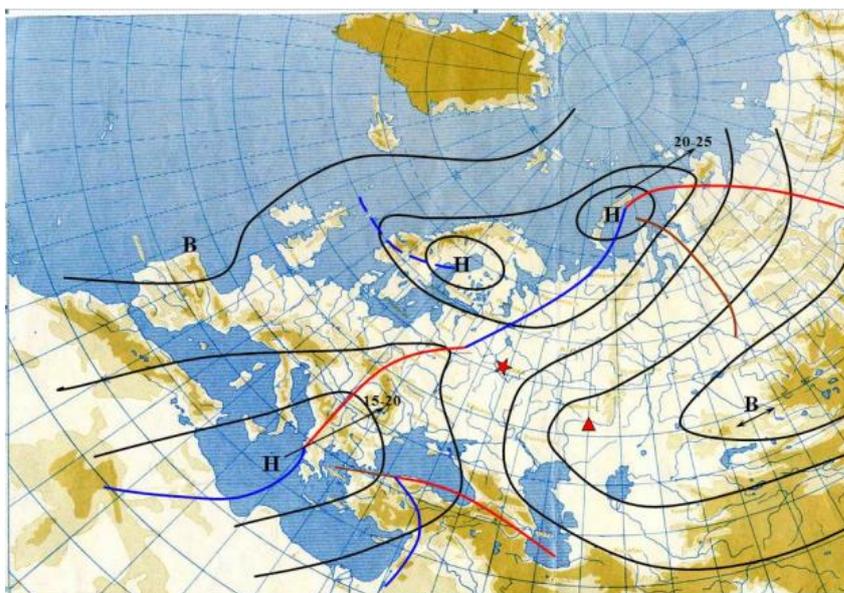


Рисунок - 2.11 Сибирский Антициклон.

Циклоны - это области пониженного атмосферного давления, которые приводят к облачной погоде, дождям или снегопадам. Над Оренбургской области могут проходить следующие типы циклонов:

1. Западные циклоны.

Образуется, как правило, в центральной части западной Европы перемещается с запада на восток. Проходит Оренбургскую область быстро, проявляя себя зимой метелями и снегопадами в тыловой части. Летом этот тип циклона характеризуется частыми грозами и ливневыми дождями.(Рисунок - 2.12)

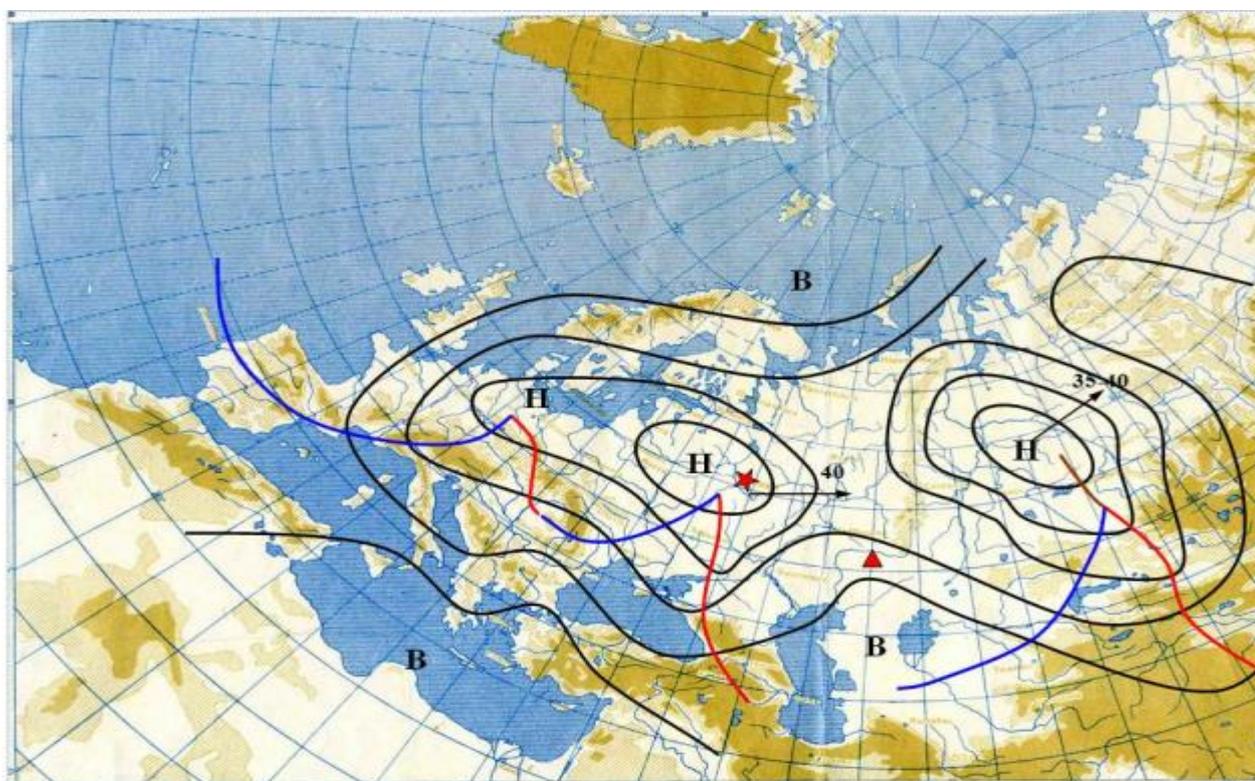


Рисунок - 2.12 Западный циклон.

2. Северо-западные циклоны.

Этот тип циклона регулярно представлен целой серией из 4-5 циклонов, которые чередуются с промежуточными барическими гребнями (Рисунок 2.13). Двигаясь от северо-запада к юго-востоку, каждый последующий циклон серии углубляется южнее, чем предшествующий, завершаясь в для этой зоны характерной антициклонической блокировкой. В зимнее время данное чередование преимущественно обуславливает установку

неблагоприятных погодных условий в виде пасмурной погоды с частыми метелями и снегопадами. Летом сопровождается кратковременными ливнями.

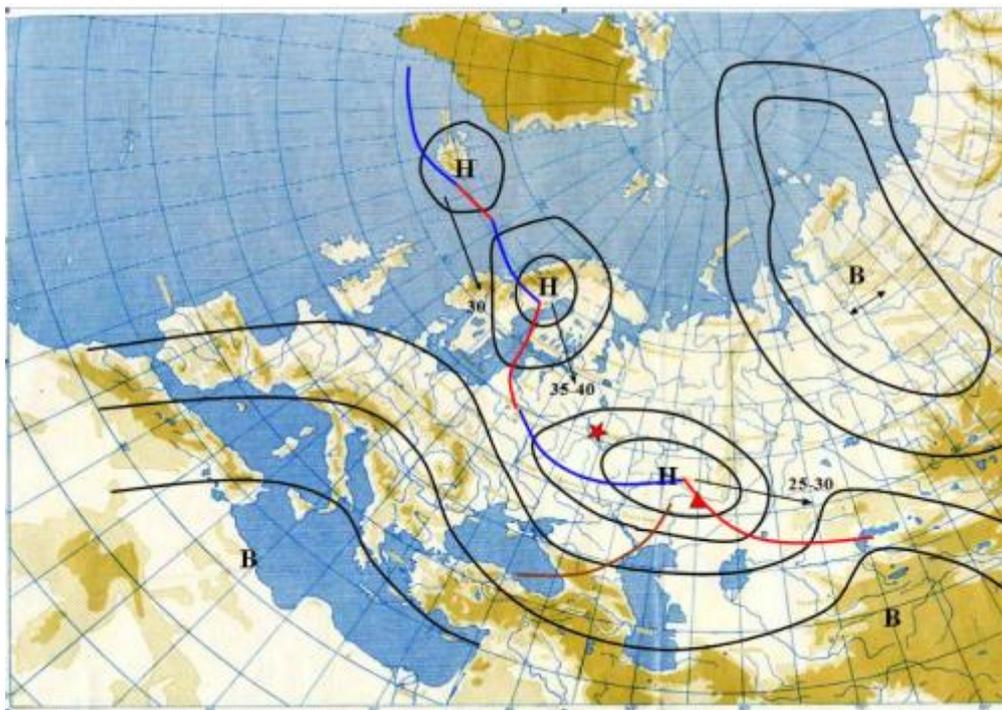


Рисунок - 2.13 Северо-западный циклон.

3. Южные циклоны.

Южные циклоны представлены Черноморским и Каспийским циклонами, активно влияющими на погоду территории Оренбургской области. Черноморский циклон, порой представленный серией циклонов, приводит к интенсивным зимним осадкам, метелям и грозам на холодных фронтах, а в летнее время – к обильным ливневым осадкам.(Рисунок 2.14.) Каспийский циклон зарождается при ослаблении Сибирского максимума и выходит на территорию Оренбургской области под воздействием южных потоков. В зимнее время этот циклон способствует вынесению влажных тропических воздушных масс на нашу территорию, что приводит к долгим и обильным осадкам, а летом, обычно неподвижный и имеющий теплый верхний фронт, вызывает ночные грозы на широтном направлении.(Рисунок2.3.12)

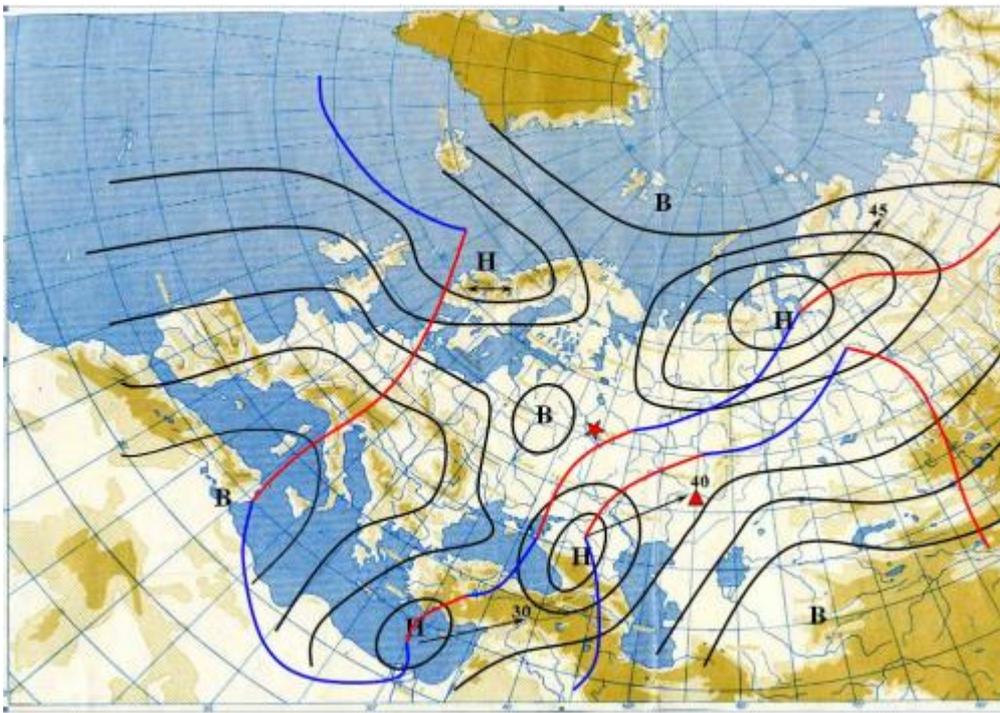


Рисунок - 2.14 Черноморский циклон.

Подводя итоги прохождения антициклонов и циклонов над территорией Оренбургской области, можно сделать заключение, что подавляющая часть циклонов зимой и летом несет пасмурную погоду и они никак не связаны с образованием заморозков. Что касается антициклонов, то особое внимание нужно уделить антициклонам, выходящим с севера, происходящим в арктической зоне и приносящим с собой безоблачную и холодную погоду, а также заморозки. Антициклоны, возникающие в зонах умеренных широт, в частности на западе, несут с собой более мягкую погоду. Также антициклоны, формирующиеся на юго-западе или юге, которые характеризуются теплыми воздушными массами, состоящими из умеренного или реже тропического воздуха. Особенно сложную погоду в зимний период мы наблюдаем в антициклонах, формирующихся на юго-западе или юге. Кроме того, летом антициклоны на западе нашего региона не так активны и представляются как малоградиентное поле повышенного давления.

3. Метод эталонных полей.

3.1 Теоретические сведения.

Посредством исследования общей циркуляции атмосферы, значимых перемещений воздушных течений, профессором, доктором физико-математических наук В.Ф. Мартазиновой была разработана методика прогнозирования долгосрочных метеорологических явлений, основанная на принципах синоптико-статистической моделирования. Данное научное достижение характеризуется не только простотой и доступностью, но и учетом множества деталей, которые крайне важны для достижения высокой точности прогноза. Одним из ключевых элементов данной технологии является метод "эталонных", который позволяет оценить вероятность возникновения наиболее вероятного метеорологического явления.

Такой метод позволяет выявлять типичные поля для любого локального явления, будь то заморозки или туманы. Для данной работы нужно найти эталонное поле давления, в котором наблюдался заморозок в Оренбургской области и это поле и будет эталонным барическим полем заморозков на данной территории.

Эталонным полем называют, то поле, которое наиболее точно и информативно отображает все остальные поля в выборке.

Архив полей давления представляется в виде:

$$X = X(z) = (X_1, X_2, \dots, X_k), 1 < z < k \quad (3.1)$$

k – число выбранных полей;

$X(k)$ – конкретное поле из архива, представленное в виде матрицы

$$X(k) = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.2.)$$

- x_{ij} – значение давления в узле регулярной сетки;
- i – число параллелей, i изменяется от 1 до m ;
- j – число меридианов, $j = 1, n$

По формуле (3.1.2) рассчитывается эталонное поле:

$$C_{i,p} = \frac{1}{q} \sqrt{\sum_{j=1}^q (x_{ij} - x_{pj})^2} \quad (3.3)$$

- $C_{i,p}$ – параметр близости (удалённости) между i -м и p -м барическими полями;
- $x_{i,j}, x_{p,j}$ – давление в узлах регулярной сетки сравниваемых полей;
- k – число выбранных полей;
- q – число узлов регулярной сетки

Подобие i -го поля со всеми остальными находится по формуле:

$$S_i = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k C_{i,p} \quad (3.4.)$$

Анализируя значения S_i , можно определить, какое из полей оптимально подходит для наиболее точного описания всех -полей. Поле с наименьшим значением S_i можно назвать эталонным для других. Этот показатель позволяет выделить поля с метеорологическим параметром, которые можно использовать в качестве эталона для любого метеорологического явления, будь то заморозки, грозы или туман. Полученные значения $C_{i,p}$ и S_i гарантируют высокую точность и уникальность эталонных полей, делая их незаменимыми инструментами в прогнозировании погоды.

3.2 Сбор данных.

Для выявления эталонного барического поля заморозков были проведены такие процедуры, как поиск случаев заморозок с архивов погоды сайта gr5.ru. На территории оренбургской области есть только 2 станции, которые обладали архивами погоды на сайте: г.Оренбург(метеостанция) и г.Орск(аэропорт). Метеостанция находится в центральной части области, а аэропорт в восточной части области (Рисунок 2.1 станции отмечены красным). После поиска заморозков в период с 2005 года по 2022 год были найдены 22 дня с заморозками (таблица 3.5.) и 22 беззаморозковых дней (таблица 3.6), эти дни нужны для проверки работы метода эталонных полей, а именно для обучающей контрольной выборки.

Таблица 3.5 Случаи заморозков на территории Оренбургской области.

Дата.	Самая низкая температура, °С	Среднесуточная температура, °С	Среднесуточные температуры, °С за предыдущие дни
03.10.2022	-2,0	+6,0	02.10.2022: +7,0 01.10.2022: +6,5 30.09.2022: + 5,0.
24.04.2022	-2,0	+6,3	06.05.2022: +7,6 05.05.2022: +12,6 04.05.2022: +9,6.
15.10.2021	-3,0	+6,0	14.10.2021: +5,3 13.10.2021: +8,3 12.10.2021: +9,4.
21.09.2021	-2,0	+6,0	20.09.2021: +6,2 19.09.2021: +6,5 18.09.2021: +7,1.

Продолжение таблицы 3.2

13.10.2020	-1,0	+10,1	12.10.2020: +9,4 11.10.2020: +8,0 10.10.2020: +6,8.
25.09.2020	-1,0	+8,2	24.09.2020: +10,1 23.09.2020: +12,8 22.09.2020: +8,2.
27.04.2019	-1,0	+10,3	26.04.2019: +8,2 25.04.2019: +12,3 24.04.2019: +12,5.
03.10.2018	-3,0	+8,9	+7,2; +8,5; 14,3.
06.05.2018	-2,0	+8,3	7,9; 19,3; 19,1.
23.09.2017	-1,0	+6,3	9,9; 19,8; 22,5.
14.04.2017	-2,0	+9,3	7,8; 5,3.
06.05.2017	-0,6	+9,4	10,6; 18,3; 17,7.
17.04.2015	-1,0	+7,7	9,0; 5,2.
05.10.2015	-2,0	+6,8	8,0; 11,1; 7,3.
19.09.2014	-2,7	+6,3	5,6; 6,2; 14,5.
16.04.2014	-1,0	+7,1	5,5; 5,0.

Продолжение таблицы 3.2

14.10.2013	-1,0	+6,6	9,9; 10,2; 10,0; 8,1.
17.10.2012	-0,7	+5,0	5,9; 7,4; 6,5.
05.10.2009	-1,0	+6,6	7,5; 9,7; 8,4.
28.09.2006	-2,0	+6,5	8,0; 11,2; 11,8.

Период выборки, а именно середина апреля - середина октября обуславливался тем, что вегетационный период в области продолжается в среднем 180 дней.

Таблица - 3.3 Дни, в которых не наблюдались заморозки.

Дата.	Самая низкая температура, °С	Среднесуточная температура, °С	Среднесуточные температуры, °С за предыдущие дни
24.09.2021	+2,0	+10,0	23.09.2021: +11,5 22.09.2021: +10,5 21.09.2021: + 9,5
15.10.2020	+7,0	+15,8	14.10.2020: +15,8 13.10.2020: +15,6 12.10.2020: +14,6.
05.10.2019	+5,0	+13,5	04.10.2019: +13,2 03.10.2019: +12,7 02.10.2019: +12,4
29.05.2018	+6,3	+8,2	28.05.2018: +8,0

Продолжение таблицы 3.3

19.09.2017	+7,0	+14,6	18.10.2017: +15,2 17.10.2017: +15,6 16.10.2017: +16,2
28.05.2016	+12,0	+21,6	27.05.2016: +21,0 26.05.2016: +20,5 25.05.2016: +20,0
15.09.2015	+8,0	+16,0	14.09.2015: +16,5 13.09.2015: +16,8 12.09.2015: +17,5.

3.3 Эталонное барическое поле для прогноза заморозков в Оренбургской области.

Изначально весь архив дат с заморозками был разделен на две части: две трет всех случаев пошли на обучающую выборку, а одна треть в контрольную. В контрольную выборку было добавлено столько же случаев без заморозков, чтобы проверить, на сколько правильно метод отбирает эталонное поле.

Сформировав свой архив, были скачаны данные реанализа ERA 5 с разрешением $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ в формате nc для выбранных дней. Предварительная подготовка данных проводилась в Climate Data Operators (CDO). Это программное обеспечение представляет собой набор команд (в командной строке) для анализа климатических данных и манипуляций с форматами данных. CDO предоставляет более 600 операторов для анализа и обработки климатических данных. Данные могут быть представлены в форматах netCDF3/4, GRIB1/2 EXTRA MPO. Кроме того, CDO легко компилируется на операционных системах, совместимых с Posix, таких как IBM AIX, HP-UX, Sun Solaris, а также на большинстве дистрибутивов Linux,

BSD и cygwin. Это позволяет использовать CDO как на ПК общего назначения, так и на высокопроизводительных кластерах на базе Unix.

```
rm -rf /data0/home/1122/alim/control/mergetime.nc /data0/home/1122/alim/control/fields.txt &> log
cdo -b 64 mergetime /data0/home/1122/alim/control/*.nc /data0/home/1122/alim/control/mergetime.nc
cdo output /data0/home/1122/alim/control/mergetime.nc > /data0/home/1122/alim/control/fields.txt
cdo showtimestamp /data0/home/1122/alim/control/mergetime.nc > /data0/home/1122/alim/control/dates.txt
cdo ntime /data0/home/1122/alim/control/mergetime.nc > /data0/home/1122/alim/control/ntime.txt

echo ""
echo " ***** ATTENTION *****"
echo " number of timesteps saved in output/ntime.txt"
echo " *****"
echo ""

rm log

exit
```

Рисунок - 3.4 Код для преобразования файлов и подготовки чтения Fortran
Рассмотрим пример работы CDO (рисунок 3.3) в данном коде при помощи команд были выбраны часы, в которых наблюдались заморозки.

```
path='/data0/home/1122/alim/output/'
name='era5_msl_2015m005-05.nc'

cdo selhour,00,01,02,03,04,05,06 $path$name $path'select_no_'$name
#cdo seltimestep,4,5 era5_msl_2005m10-10.nc 04.nc

exit
```

Рисунок - 3.5 Код для выбора времени

После преобразования NetCDF файлов, следовало применение метода эталонных полей на языке программирования Fortran:

```
integer,parameter :: Q=240,k=192
```

```
real,dimension (k,Q) :: f
```

```
real,dimension (k,k) :: c
```

```
real,dimension (k) :: S
```

```
character*14,dimension (k) :: day
```

```
character*14 tt
```

```
print*,"read dates "
```

```
open(1,file='dates.txt') ;
```

```
read(1,*)day
do i=1,k ; print*," daynum:", i, " date: ",day(i) ;enddo
close(1)
```

```
print*,"read fields "
open(1,file='fields.txt') ;
do i=1,k ;read(1,*) f(i,:) ; enddo
close(1)
print*,"read fields ok";print*,""
print*,"calculate"
do i=1,k
do p=1,k
c(i,p)=0
do j=1,Q
c(i,p)=c(i,k)+(f(i,j)-f(p,j))**2
enddo
c(i,p)=sqrt(c(i,p))/Q
enddo

S(i)=sum(c(i,:))/k
```

```
enddo
print*,"calculate ok";print*,""
```

```
print*,"write cip.txt"
```

```
open(2,file='cip.dat')
write(2,'(<k>f10.2)') ((c(i,p),i=1,k),p=1,k)
```

```
close(2)
```

```
do i=k-1,1,-1
```

```
do j=1,i
```

```
if(S(j)>S(j+1)) then
```

```
t=S(j) ; tt=day(j)
```

```
S(j)=S(j+1) ; day(j)=day(j+1)
```

```
S(j+1)=t ; day(j+1)=tt
```

```
endif
```

```
enddo
```

```
enddo
```

```
print*,"write etalon.txt."
```

```
open(3,file='etalon.dat')
```

```
write(3,'(a10,f10.3)') (day(i),s(i),i=1,k)
```

```
print*,"etalon.txt writed ok";print*,""
```

```
stop
```

```
end
```

Где, K - число полей, а Q количество узлов сетки, а также $c(i,p)=\text{sqrt}(c(i,p))/Q$

- параметр близости

Для эталонного барического поля прогноза заморозков в Оренбургской области после всех расчетов и операциями с обучающей и контрольной выборки коэффициент S_i оказался равен 4.118. Этот случай наблюдался 16 апреля 2014 года и считается эталонным барическом полем для прогноза заморозков в Оренбургской области. Визуализация полученных данных осуществлена при помощи системы анализа и отображения сетки

OpenGrADS. Код для отображения 16 апреля 2014 года и нанесенные станции (Рисунок 3.6):

```
'reinit'  
'set display color white'  
'c'  
'sdfopen /data0/home/1122/alim/control/select_era5_msl_2014m04-16.nc'  
'set mpdraw on'  
'set mpdset hires'  
'set grads off'  
  
'set string 1 tc 4 0'  
'set strsiz 0.16'  
'set font 1'  
'run color.gs 1010 1030 5 -gxout shaded -var msl/100 -kind snow->powderblue->skyblue->turquoise->lighseagreen->deepskyblue'  
'd msl/100'  
'set gxout contour'  
'set cint 5.0'  
'd msl/100'  
  
'draw title 16/04/2014 '  
'run cbarn'  
  
plat.1=51.77  
plon.1=55.1  
'query w2xy 'plon.1' 'plat.1  
xpos=subwrд(result,3)
```

```
ypos=subwrd(result,6)
'set line 2'
'draw mark 9 'xpos' 'ypos' 0.15'
'set string 1 tc 2 0'
'set strsiz 0.1'
'set font 2'
'draw string 'xpos' 'ypos+0.3' Orenburg'
```

```
plat.1=51.2
plon.1=58.5
'query w2xy 'plon.1' 'plat.1
xpos=subwrd(result,3)
ypos=subwrd(result,6)
'set line 2'
'draw mark 9 'xpos' 'ypos' 0.15'
'set string 1 tc 2 0'
'set strsiz 0.1'
'set font 2'
'draw string 'xpos+0.3' 'ypos' Orsk'
```

```
'q time'
time=subwrd(result,3)
```

```
'printim msl_no_1604.png x1280 y960 white'
```

Метод эталонов подразумевает отбор поля, который наиболее точно отражает барические поля остальной группы. Пример такого поля приведен ниже.

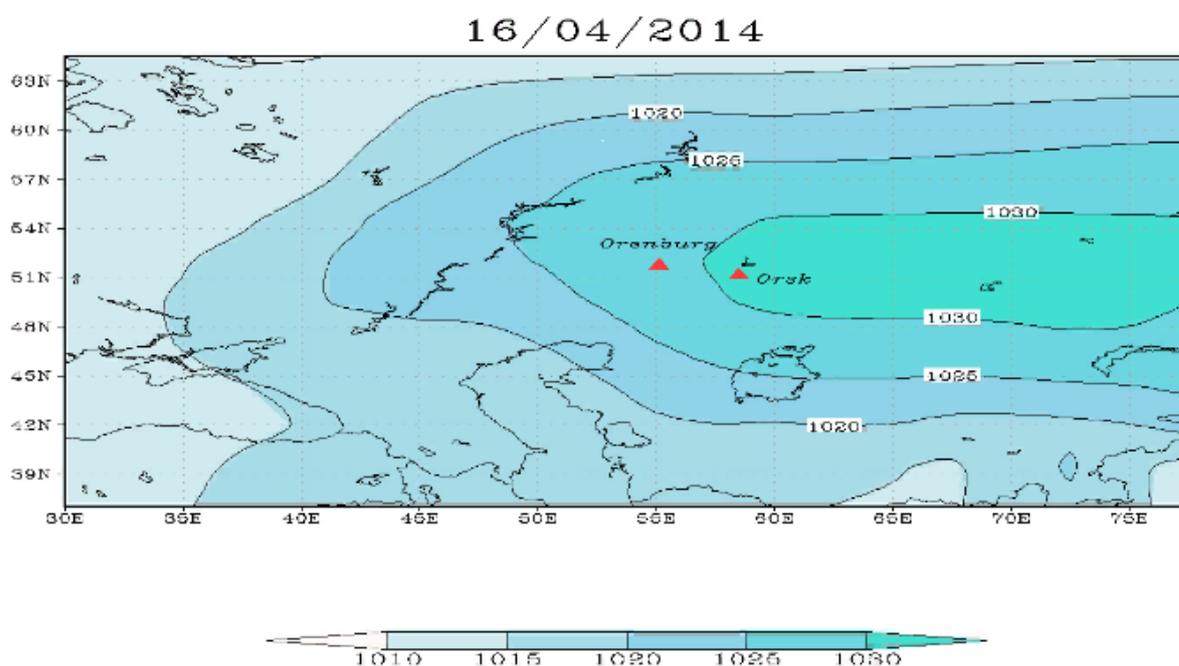


Рисунок - 3.6 Эталонное барическое поле для прогноза заморозков в Оренбургской области 16 октября 2014 года

Как видно, погода здесь определяется осью антициклона. Для анализа сложившейся метеобстановки ниже представлены синоптические карты отобранного дня.

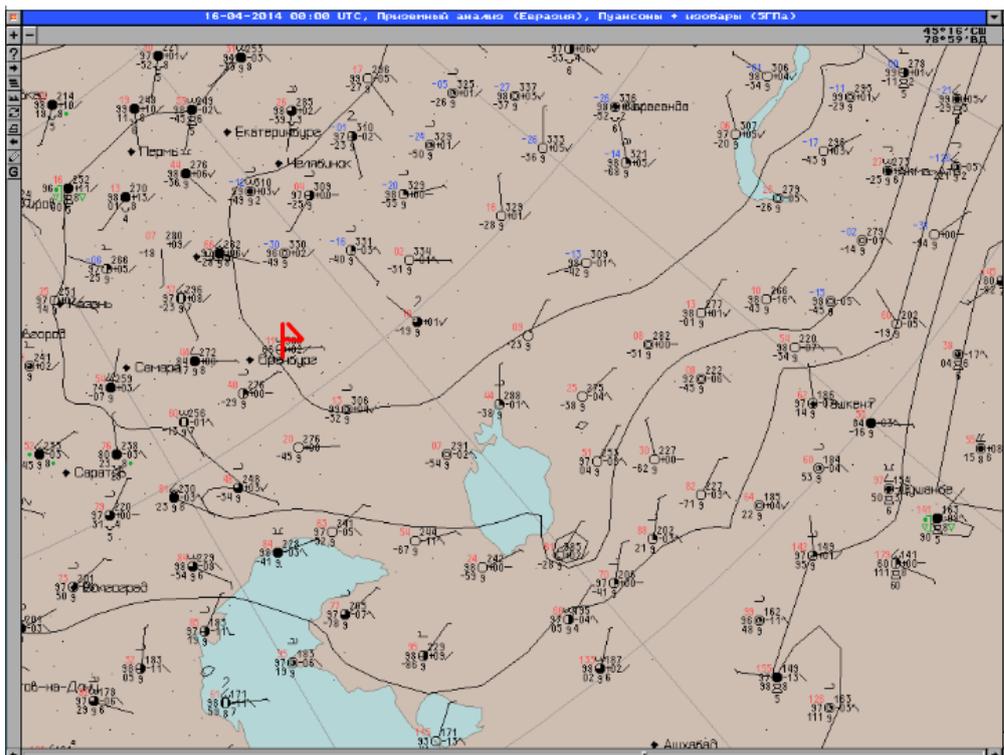


Рисунок - 3.7. Приземный анализ 16.04.2014.

Init : Wed,16APR2014 00Z Valid: Wed,16APR2014 00Z
 500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)

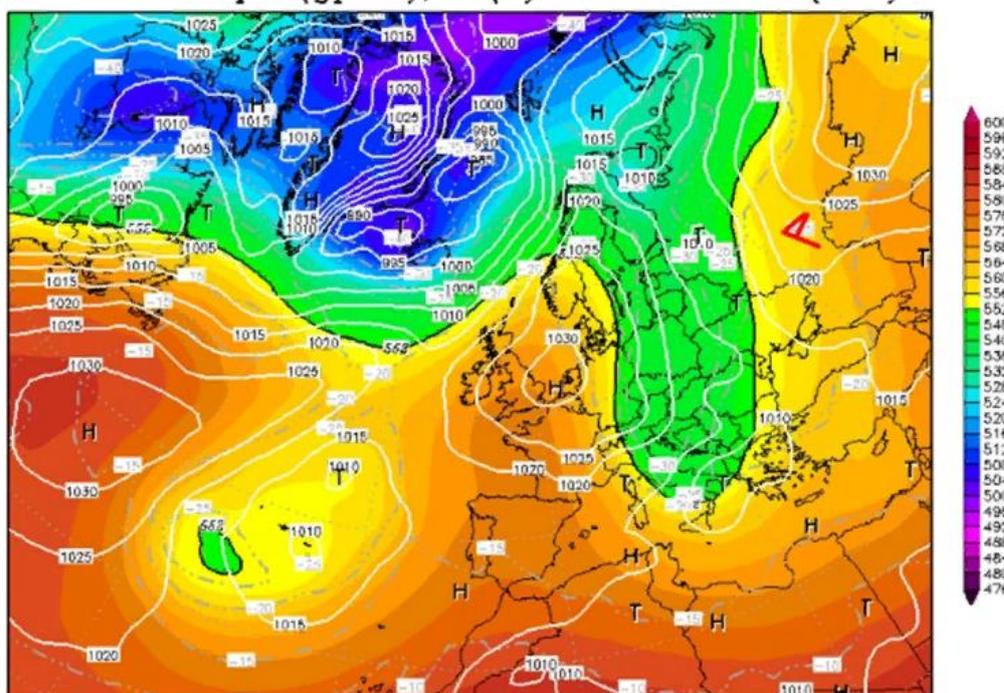


Рисунок - 3.8 Совмещенная карта АТ-500 гПа и приземного поля давления 16.04.2014.

Следующее поле, которое идет после случая заморозков за 16.04.2014, является поле, которое наблюдалось 3 октября 2018 года с коэффициентом S_i равным 4,166 (Рисунок 3.9)

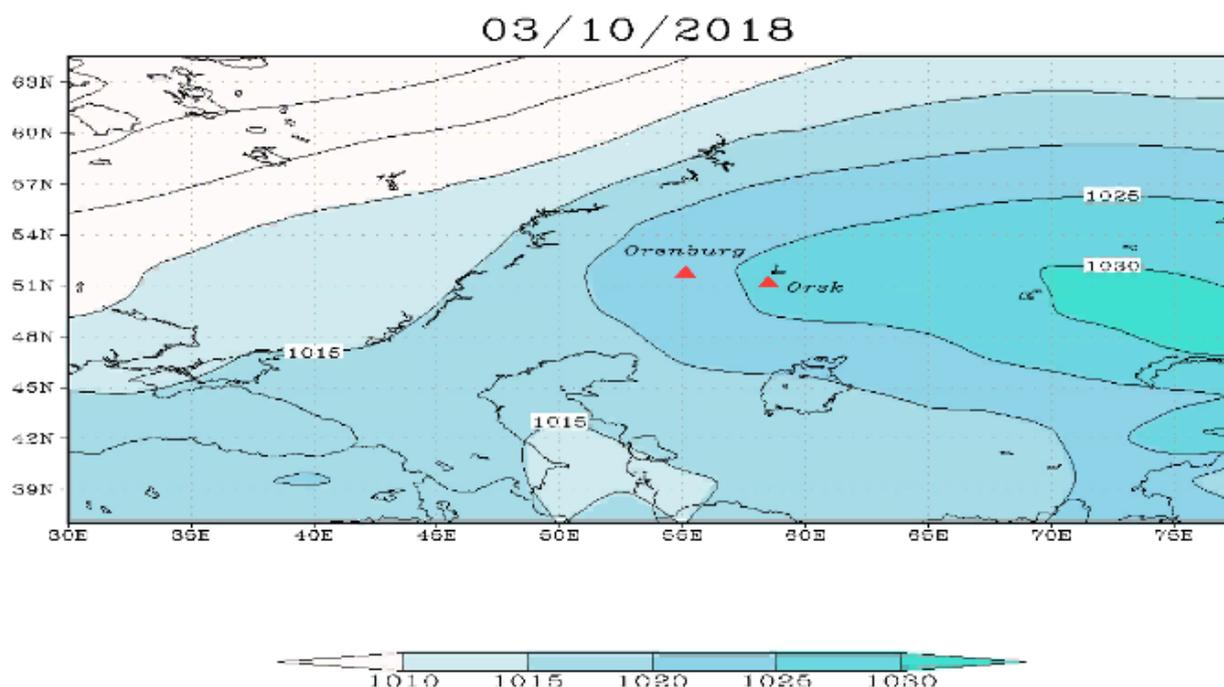


Рисунок - 3.9. Барическое поле при заморозках 03 октября 2018 года в обучающей выборке.

Как видно из рисунка выше синоптическая ситуация здесь достаточно сходная (не смотря на то, что это октябрь). Таким образом, такую типовую ситуацию можно назвать типичной для заморозков в данном регионе.

После определения эталонных полей эталонное поле помещалось в контрольную выборку, где половина случаев было с заморозками, а половина без. К примеру, барические поля в которых не наблюдались заморозки рассчитывались с коэффициентом S_i равным 6.147 (Рисунок 3.10.) и 6.213 (Рисунок 3.11.).

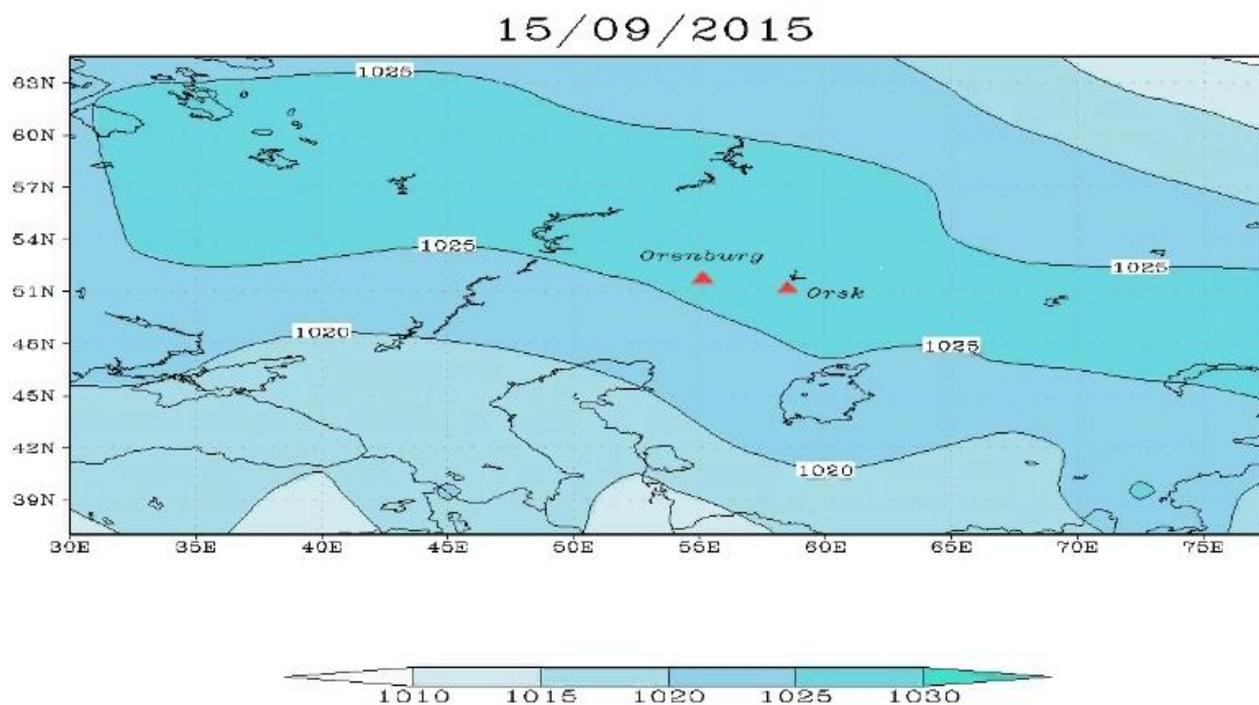


Рисунок - 3.10. Барическое поле в беззаморозковый день.

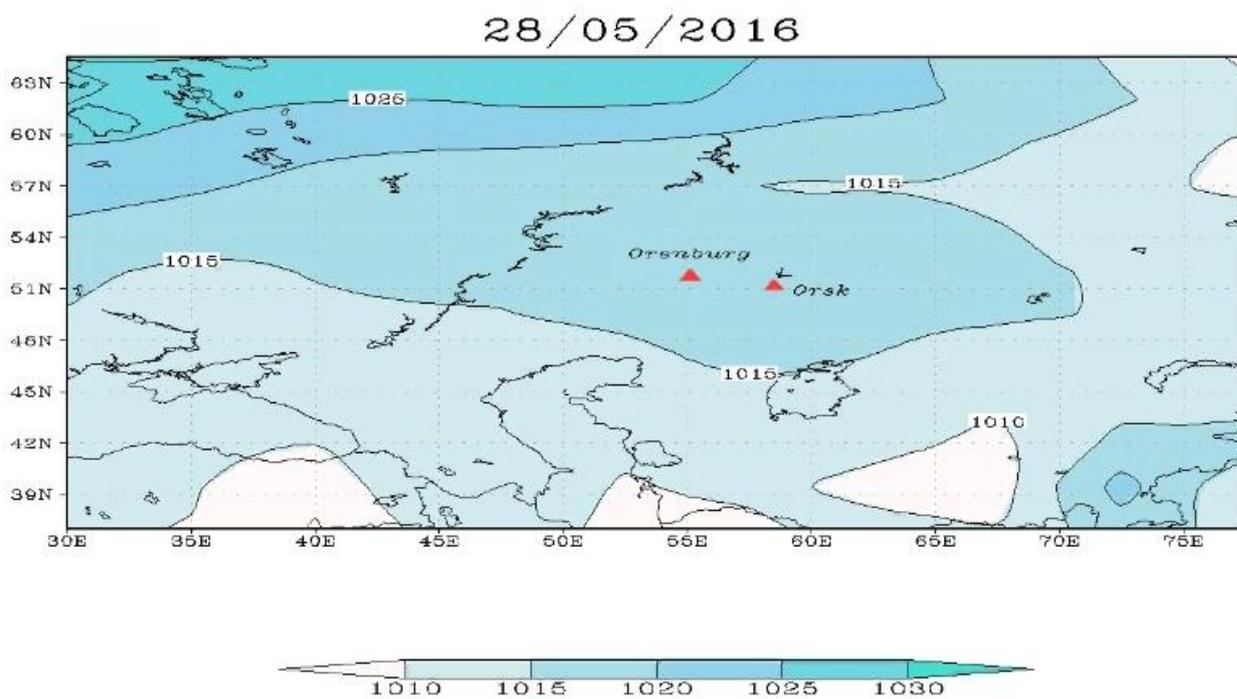


Рисунок - 3.11. Барическое поле в беззаморозковый день.

Таблица - 3.12 Коэффициенты S_i для контрольной выборки

2014-04-16	4.118
2014-04-16	4.119
2014-04-16	4.124
2014-04-16	4.137
2014-04-16	4.145
2014-04-16	4.149
2014-04-16	4.153
2011-10-21	4.177
2011-10-21	4.181
-----	-----

В контрольной выборке первым полем с заморозками было 21 октября 2011 года

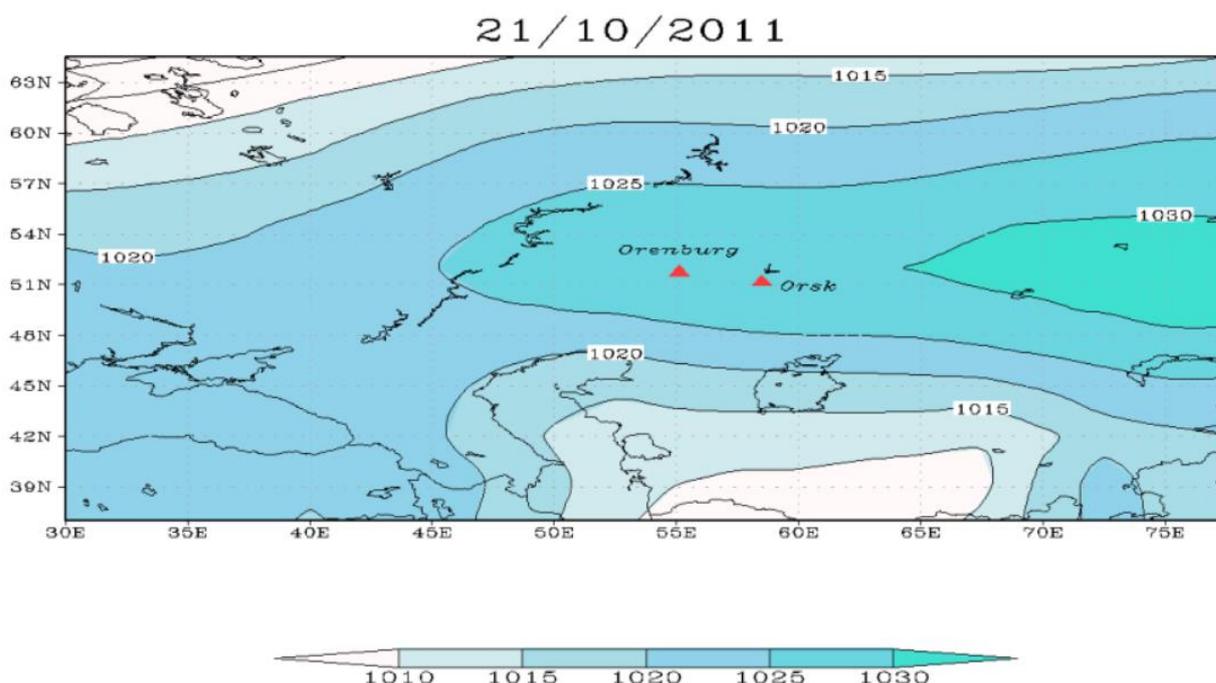


Рисунок - 3.13. - Барическое поле при заморозках 21 октября 2011 года в контрольной выборке.

Как видно из рисунка выше, такая синоптическая ситуация снова схожа с той, что отобразалась методом эталонов. Таким образом, с помощью этого метода удалось найти эталонное барическое поле для прогноза заморозков в Оренбургской области. Исходя из 1 главы следует, что заморозки над данной территорией образуются на оси антициклонов при юго-западных ведущих потоках.

Заключение.

В данной работе была поставлена цель - выявить эталонное барическое поле для прогнозирования заморозков в Оренбургской области. Полученные результаты свидетельствуют о полном достижении данной цели. Выполненное исследование имеет значительное практическое значение, поскольку оно позволяет повысить эффективность прогнозирования заморозков в Оренбургской области, что вносит свой вклад в повышение эффективности прогнозирования заморозков в данном регионе.

Были решены такие задачи как:

1. Анализ и характеристика заморозков как явления.
2. Физически-географические, климатическое и синоптическое изучение Оренбургской области, а также её особенности.
3. Изучение и применение метода эталонных полей.
4. Поиск случаев заморозков в архивах погоды.
5. Получение эталонного барического поля для прогноза заморозков в Оренбургской области.
6. Визуализация результатов.
7. Анализ полученных результатов

Заморозки в Оренбургской области не являются редким явлением, особенно весной и осенью. Обычно они происходят в период с конца сентября до начала апреля. При этом температура может опускаться до -5°C и ниже. Для прогнозирования заморозков используются данные метеорологических станций. Они позволяют выявить температурное падение в определенных районах и оповестить население об опасности. Важно учитывать, что заморозки могут нанести большой ущерб сельскому хозяйству, поэтому в период их возможного появления необходимо принимать меры по защите посевов и растений. Заморозки относятся к опасным явлениям. По результатам проделанной работы можно заключить, что метод эталонов

может быть использован для данного региона в прогнозах различной заблаговременности. В результате выполненного исследования было получено, что для территории Оренбургской области типичной барической ситуацией для заморозков является ось антициклона. Описанный тип барической ситуации является характерным для данной территории и может быть использован для прогнозирования потенциальных рисков в сельском хозяйстве и других сферах, для которых заморозки могут представлять угрозу.

Список использованных источников:

1. Архив данных погоды: официальный сайт. – URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 20.03.2023).
2. В.Ф. Мартазинова, В.С. Мадерич, В.Е. Тимофеев, Е.К. Иванова. Возможности долгосрочного прогнозирования погодных условий над антарктическим полуостровом / В.Ф. Мартазинова, В.С. Мадерич, В.Е. Тимофеев, Е.К. Иванова // 2010.
3. Смирнов П. В. Эталонные поля давления для майских заморозков на территории Пермской области // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы: межвузовский сб. науч. тр. – Пермь: Пермский государственный ун-т, 2003. – С. 29–36.
4. Воробьев В. И. Синоптическая метеорология. – Л., Гидрометеиздат, 1991 г.
5. Зверев А. С. Синоптическая метеорология. – Л., Гидрометеиздат, 1999 г.
6. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М., Наумов Э.П., Соколов В.В., Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. – Казань; Казан. Университет, 2013. – 300 с.
7. Ермакова Л.Н., Толмачева Н.И. Эталонные поля давления для интенсивных волн тепла в Пермском крае // Географический вестник. 2007. № 1-2 (5-6). С. 148-155.
8. Исаченко А.Г., Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. Учебное пособие. – М.; Высшая школа, 1991 – 366 с
9. Кобышева Н.В. Климат России. – СПб.; Гидрометеиздат, 2001. – 654 с
10. Г. А. Рускин Физическая география Оренбургской области. — Переиздание — Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1999. — 64 с.
11. Архив данных реанализа: официальный сайт. - URL <https://www.wetterzentrale.de/> (дата обращения 10.05.2023)

12. Чибелёв А. А. Природа Оренбургской области. (Часть I. Физико-географический и историко-географический очерк). Оренбургский филиал Русского географического общества. Оренбург, 1995.

13. Информация о расположении Оренбургской области по отношению к другим регионам: официальный сайт. -URL: <https://ynavigator.ru/karta-orenburgskoj-oblasti.html>(дата обращения 25.05.2023)