

УДК 551.557

Оценка и прогноз теплообеспеченности вегетационных периодов

Пермского края и Свердловской области

Л.Н. Ермакова, Н.И. Толмачева, Е.В. Попова

Пермский государственный университет

Тепловые ресурсы территории определяются ее географическим положением. Их оценка и прогноз представляются необходимым элементом агрометеорологической информации. Во ВНИИСХМ разработан синоптико-статистический метод прогноза урожайности сельскохозяйственных культур до сева культур с учетом крупномасштабных процессов, обуславливающих перестройку термобарических полей всего полушария и рассматриваемого региона в частности. Целью исследования является адаптация данного метода для территории Пермского края и Свердловской области.

Для разработки схемы прогноза использовались данные «Агроклиматических ежегодников» (1971–2003 гг.) для Пермского края и Свердловской области, средние поля геопотенциала уровня 500 гПа по естественно-синоптическим периодам (1971–2003 гг.), предоставленные Уральским УГМС, индексы южного и североатлантического колебаний (data.oceaninfo.ru).

В схему предлагаемого синоптико-статистического метода прогноза показателей теплообеспеченности вегетационного периода включены:

- Расчет матриц парной корреляции и отбор предикторов, значимых при 5- и 1%-ном уровне.
- Оценка степени взаимной корреляции предикторов и просеивание их через фильтры.
- Построение уравнений, расчет прогностических значений показателей теплообеспеченности, их оценка на зависимом и независимом материалах.

В качестве предикторов для расчета прогнозируемых характеристик использовались:

- значения геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа в узлах регулярной сетки в пределах первого синоптического района за период 28 апреля–13 мая;
- индексы южного колебания;
- индексы североатлантического колебания.

Весенние значения геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа были сняты с осредненных по естественно-синоптическим периодам карт (1971–2000 гг.) в пределах первого синоптического района (40° – 80° с.ш., 10° з.д. – 90° в.д.) в узлах регулярной сетки с шагом 10° по долготе и 20° по широте. Каждой точке данной сетки присвоено условное обозначение.

Например, для широты 80° – А, 70° – Б, 60° – В, 50° – Г, 40° – Д, при пересечении с долготами с запада на восток добавляются индексы 1–30. Для учета влияния процессов в тропической зоне Тихого и Атлантического океанов в качестве потенциальных предикторов учитывались асинхронные связи среднемесячных значений индексов южного и североатлантического колебаний с характеристиками теплообеспеченности за год, предшествующий году прогноза.

Проведен расчет матриц парной корреляции и отбор предикторов, значимых при 1%-ном уровне, на основании которых построены уравнения регрессии и рассчитаны прогностические значения показателей теплообеспеченности. Оценка полученных уравнений регрессии производилась на зависимом (1971–2000 гг.) и независимом (2001–2003 гг.) материалах.

В качестве показателей для оценки тепловых ресурсов вегетационного периода использовались даты перехода температуры воздуха через 10°C весной и осенью (1971–2000 гг.), продолжительности десятиградусного периода (что соответствует периоду активной вегетации) и суммы температур воздуха выше 10°C .

Даты перехода температуры воздуха через 10°C . Для территории Пермского края средние многолетние даты перехода через 10°C приходятся на 12–16 мая весной и 2–11 сентября осенью, а для территории Свердловской области – 18–23 мая, 6–15 сентября соответственно.

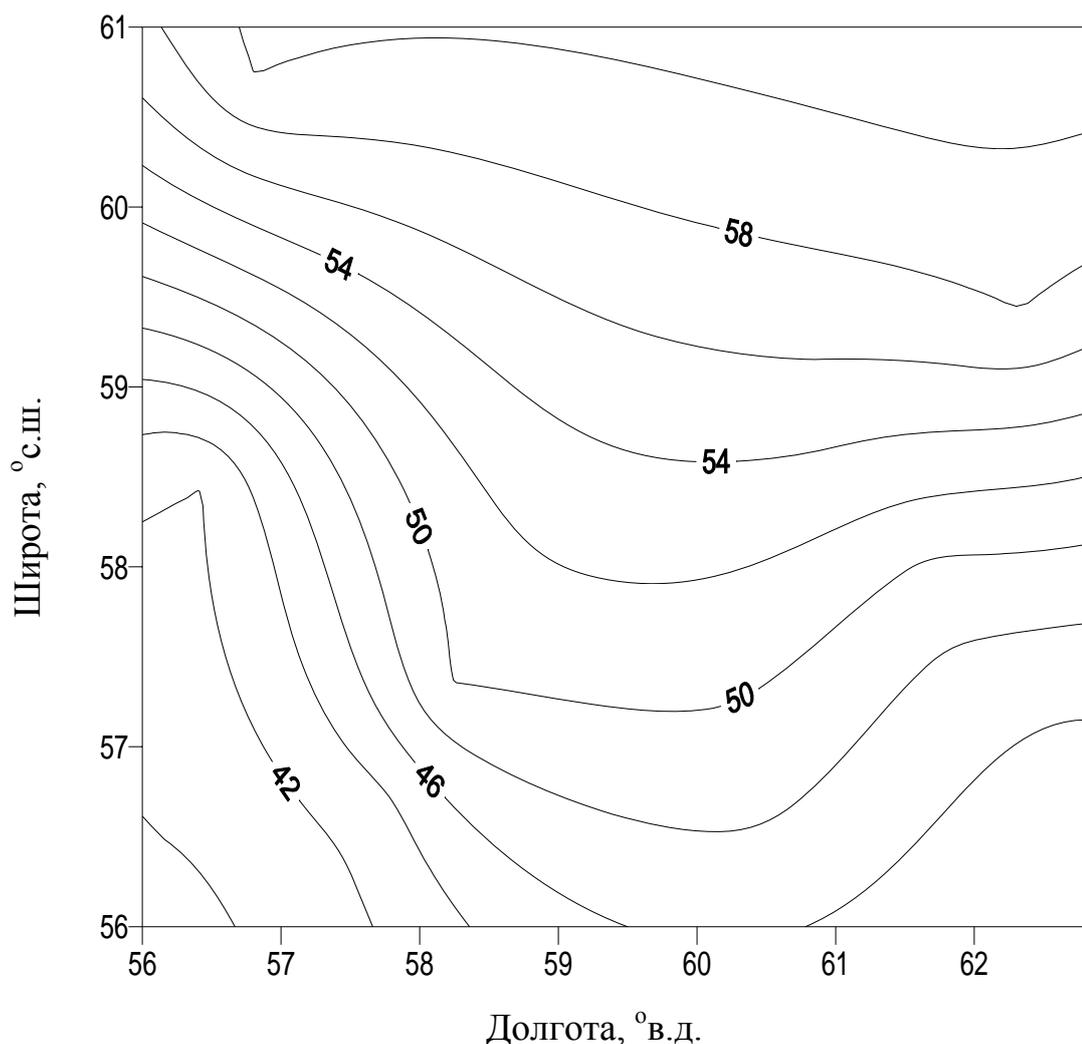
По полученным средним многолетним датам перехода температуры воздуха через 10°C проведены изохроны для территории Пермского края и Свердловской области с помощью интерактивного пакета программы Surfer.

Весной (рисунок) изохроны по территории Пермского края ориентированы с юго-запада на северо-восток. В центральной части территории края приобретают меридиональную составляющую, что объясняется наличием здесь Камского водохранилища, которое оказывает охлаждающее воздействие и сглаживает широтные различия между береговыми и более северными станциями.

Для территории Свердловской области отмечается широтное распределение изохрон с запаздыванием дат перехода температуры воздуха через 10°C к северу. Зональность нарушается на юго-западе области (ГМС Красноуфимск, ГМС Шамары, ГМС Свердловск) в связи с повышением высоты над уровнем моря.

Характер осеннего распределения изохрон однотипен весеннему. Таким образом, расположение изохрон отражает влияние на них физико-географических особенностей: географических широты и долготы, высоты станции над уровнем моря, близость к водным объектам.

В годы с холодной и затяжной или аномально ранней весной или осенью наблюдаются значительные отклонения дат перехода температуры воздуха от средних многолетних значений. Так, наиболее ранние даты перехода температуры воздуха через 10°C весной отмечались в 1984 г. – 7–17 мая. Отклонения от средних многолетних дат составляют 5–6 дней.



Изохроны дат перехода температуры воздуха через 10°C
в числе дней от 1 апреля в сторону повышения (1971–2000 гг.)

В свою очередь, ранний переход осенью осуществился в 1983 г. 26 августа отмечен переход даже в южных районах рассматриваемых территорий. Отклонения от средних многолетних значений составляют 12 и 16 дней для Пермского края и Свердловской области соответственно.

Наиболее поздние даты перехода температуры воздуха через 10°C весной, как правило, обусловлены возвратами холодов. Отклонения от средних многолетних значений дат перехода температуры воздуха через 10°C осенью в 1979 г. составляют 18 и 16 дней для Пермского края и Свердловской области соответственно. Наиболее поздний переход осенью отмечен в 1974 г. и пришелся на 22 сентября – 3 октября, отклонение составило 15 и 17 дней для Пермского края и Свердловской области соответственно.

В целом, переход температуры воздуха через 10°C как весной, так и осенью в Пермском крае происходит примерно на неделю раньше, чем в Свердловской области. В отдельные годы возможны существенные

отклонения от средних многолетних дат, что обусловлено циркуляционными условиями конкретного года.

Колебания дат перехода температуры воздуха через 10-градусный предел приводят к отклонениям сумм температур от средних многолетних значений. На территории Пермского края суммы температур за время активной вегетации изменяются от 1500°C в северно-восточных горных районах до 2000°C на крайнем юго-западе, а в Свердловской области – от 1600°C в западных горных районах до 1900°C на крайнем юго-востоке. В Свердловской области в отличие от Пермского края наблюдается меньшая вариация сумм температур воздуха выше 10°C как по территории, так и во времени, но, в общем, прослеживается тенденция к увеличению сумм температур воздуха выше 10°C, следовательно, к потеплению вегетационного периода рассматриваемых территорий в целом.

Средние многолетние продолжительности вегетационного периода на рассматриваемой территории колеблются от 100 до 165 дней. Наблюдается закономерное увеличение продолжительности вегетации с уменьшением широты места. Разности между минимальной и максимальной продолжительностями составляют 28-35 дней. Однако четкой закономерности в изменении продолжительности вегетации в зависимости от широты и долготы места не прослеживается, так как большой вклад вносят физико-географические особенности ГМС (крупнохолмистая местность, перепад высот более 300 м, наличие крупных водоемов). Например, на станциях Чёрмоз и Добрянка, расположенных значительно южнее ГМС Ныроб, продолжительности вегетации близки по значению друг к другу. Сказывается охлаждающее влияние Камского водохранилища. Для ГМС Кын, расположенной на юго-востоке Пермского края, продолжительность вегетации приблизительно одинакова с вегетацией таких северных станций, как Коса и Кочёво. Объясняется это особенностями рельефа: находится Кын в крупнохолмистой, сильно изрезанной местности, что способствует снижению температуры в целом, следовательно, и сокращению периода вегетации. Для территории Свердловской области, в силу сложных физико-географических условий местности, также можно отметить станции с нарушением четких закономерностей. Например, ГМС Висим и ГМС Нижний Тагил имеют продолжительности периода вегетации, близкие к продолжительности на более северных станциях, хотя они расположены значительно южнее. В данном случае сказывается большая высота расположения станций (314 и 220 м). ГМС Красноуфимск, находящийся на высоте 235 м над уровнем моря, имеет максимальную продолжительность вегетационного периода. Сказывается широтное (южное) расположение станции.

Разделив условно территории Пермского края и Свердловской области по меридиану и параллели, проследим закономерность изменения продолжительностей периодов вегетации от высоты станции над уровнем моря (табл. 1).

Продолжительность вегетационных периодов несколько уменьшается с повышением местности, но четкой зависимости не наблюдается, а именно: ГМС Октябрьский, имея значительную высоту, обладает продолжительным вегетационным периодом. Определяющим фактором является в данном случае широтное расположение станции. Без учета ГМС Октябрьский продолжительности вегетационных периодов уменьшаются с высотой над уровнем моря для станций восточнее 56° в.д. на 20 дней. Для станций западнее 56° в.д. сокращение периодов вегетации с высотой станции над уровнем моря составляет 6 дней.

Таблица 1

Продолжительность вегетации в зависимости от высоты станции над уровнем моря и долготы на территории Пермского края

№ п/п	Высота, м	Станции западнее 56° в.д.		Станции восточнее 56° в.д.	
		Название	Продолжительность, дни	Название	Продолжительность, дни
1	100 – 150	Кудымкар, Оханск, Оса, Барда	156	Чернушка, Чайковский, Добрянка, Чёрмоз	160
2	151 – 200	Гайны, Коса, Сива, Кочево, Кунгур, Б.Соснова	153	Ныроб, Пермь	143
3	201 – 250	Верещагино	150	Чердынь, Кын	140
4	251 – 300	–	–	–	–
5	301 – 350	–	–	Октябрьский	158

Можно отметить, что для станций западнее 56° в.д. отмечаются более продолжительные периоды вегетации по сравнению со станциями, расположенными восточнее, на 10 дней. Лишь для первой группы станций, высота которых до 150 м над уровнем моря, длина вегетационных периодов для западных станций в среднем короче на 4 дня. Это объясняется наличием в первой группе станций восточнее 56° в.д. ГМС Чернушка и ГМС Чайковский, которые имеют самые продолжительные периоды вегетации.

Для территории Свердловской области также отмечается закономерное уменьшение продолжительности вегетации с высотой места над уровнем моря. Особенно четко эта зависимость прослеживается с высоты 150 м. Так как в пределах высот 100–200 м находятся в основном южные станции, то четкость в зависимости продолжительности вегетации от высоты места над уровнем моря нарушается. Для группы станций с высотой над уровнем моря 101–150 м продолжительность периода вегетации больше, чем для станций с высотой до 100 м. В среднем продолжительность периодов вегетации для станций, расположенных западнее 63° в.д., меньше на 7 дней. Это объясняется повышенной формой рельефа в юго-западной и западной частях Свердловской области.

Таким образом, сочетание множества факторов: рельеф, высота, долгота и широта станции определяет нарушения четких закономерностей в распределении продолжительностей вегетационных периодов по территории Пермского края и Свердловской области.

Прогноз теплообеспеченности вегетационных периодов. По рассмотренному выше синоптико-статистическому методу разработана схема прогноза показателей теплообеспеченности вегетационного периода для некоторых станций Пермского края и Свердловской области. Станции были выбраны с учетом их физико-географических особенностей, а также имеющие наиболее полный ряд агрометеорологических наблюдений. Выбор предикторов для составления уравнений регрессии обуславливался значимостью коэффициентов парной корреляции при 1%-ом уровне. Парные коэффициенты корреляции определялись между показателями теплообеспеченности и значениями геопотенциалов H_{500} в узлах регулярной сетки за 8 естественно-синоптических периодов, индексами североатлантического и южного колебаний. Таким образом, стало возможно определить наиболее информативные для прогноза территории и естественно-синоптические периоды.

Для дат перехода температуры воздуха через 10°C значимые коэффициенты корреляции отмечались в 8 ЕСП, т. е. 8–13 мая. Для сумм температур воздуха выше 10°C значимые коэффициенты корреляции приходятся на 1 ЕСП (28.03–3.04). Для продолжительностей вегетационного периода значимые коэффициенты парной корреляции отмечались в 7 ЕСП, т. е. 2–7 мая.

Для каждого из показателей теплообеспеченности можно определить территорию, циркуляционные условия которой в большей степени определяют будущие их значения. Так, для дат перехода температуры воздуха через 10°C информативным районом является территория от Прибалтики по 30-му меридиану на юг до Турции. Для 5 станций (ГМС Нырб, ГМС Чёрмоз, ГМС Гари, ГМС Верхотурье, ГМС Шамары) определяющим районом является юг Украины. Для южных станций (ГМС Чернушка и ГМС Алапаевск) информативным районом является Гренландское море.

Информативной для продолжительности вегетационного периода является территория от Гренландского моря до острова Шпицберген. Условия циркуляции в этой области определяют длину вегетационного периода на ГМС Гари, ГМС Верхотурье и ГМС Добрянка. Для более южных станций (ГМС Чернушка и ГМС Шамары) можно отметить еще одну область: побережье Атлантического океана в районе от Ирландии до Португалии.

Для сумм температур воздуха выше 10°C можно отметить несколько информативных районов: для большинства станций – север Турции, для ГМС Чернушка и ГМС Алапаевск – Атлантическое побережье Великобритании и самая северная часть Норвегии.

Значимая связь между индексами южного и североатлантического колебаний и показателями теплообеспеченности проявляется в осенние месяцы за год до дат составления прогноза: сентябрь, октябрь, ноябрь. Индексы североатлантического и южного колебаний в большей степени определяют будущие значения показателей на территории Свердловской области, а для территории Пермского края имеются единичные случаи значимой связи с суммами температур воздуха выше 10°C (ГМС Ныроб и ГМС Чёрмоз). На основании выявленных предикторов получен ряд уравнений регрессии для прогноза показателей теплообеспеченности вегетационных периодов.

Для Пермского края в уравнениях регрессии для прогноза продолжительностей вегетации и дат перехода температуры воздуха через 10°C основными предикторами являются значения геопотенциалов изобарической поверхности 500 гПа. В уравнениях регрессии для прогноза сумм температур выше 10°C в качестве предикторов выступают также индексы североатлантического и южного колебаний. Для ГМС Ныроб в уравнение входит индекс североатлантического колебания за февраль предшествующего года, для ГМС Чёрмоз – индекс южного колебания за октябрь предшествующего года. Таким образом, влияние процессов в тропической зоне Тихого и Атлантического океанов в осенне-зимний период определяет будущее накопление сумм температур выше 10°C.

Для Свердловской области отмечается более сложная взаимосвязь между показателями теплообеспеченности вегетационного периода и циркуляционными условиями. При прогнозе дат перехода температуры воздуха через 10°C основными предикторами для большинства станций области являются значения геопотенциала H_{500} , лишь для ГМС Туринск в уравнение входит индекс североатлантического колебания за сентябрь предшествующего года. Будущие значения сумм температур выше 10°C для ГМС Алапаевск, ГМС Шамары, ГМС Свердловск определяют не только значения геопотенциалов H_{500} , а также значения индекса южного колебания за октябрь, ноябрь и февраль предшествующего года. Для прогноза продолжительностей вегетации в уравнения регрессии для ГМС Туринск, ГМС Алапаевск и ГМС Красноуфимск входят индекс южного колебания за февраль предшествующего года, для ГМС Свердловск в уравнение входит индекс североатлантического колебания за июнь предшествующего года. Таким образом, процессы в тропической зоне Тихого и Атлантического океанов оказывают влияние исключительно на южные станции области.

Результаты испытаний прогностических уравнений на зависимом (1971–2000 гг.) и независимом (2001–2003 гг.) материалах представлены в табл.2.

Таблица 2

Результаты испытаний прогнозов показателей теплообеспеченности на зависимом (1) и независимом (2) материалах (%)

Станция	Суммы температур выше 10°C		Даты перехода температуры через 10°C весной		Продолжительность вегетации	
	1	2	1	2	1	2
Ныроб	73	100	80	100	83	100
Чермоз	70	67	83	100	80	67
Добрянка	73	100	83	100	83	100
Чернушка	77	100	87	100	83	100
Гари	70	100	77	67	83	100
Верхотурье	70	100	77	100	80	100
Туринск	80	100	83	100	83	100
Алапаевск	67	67	77	67	77	100
Шамары	70	100	80	100	80	100
Камышлов	70	100	80	100	80	100
Свердловск	77	100	80	100	80	100
Красноуфимск	67	67	77	67	77	100

Оправдываемость прогнозов для Пермского края выше по всем показателям. Успешность прогнозов дат перехода температуры воздуха через 10°C в определенной степени зависит от того, какой (простой или сложный) переход температуры воздуха через 10°C фактически наблюдался в области в конкретный год. Менее успешный прогноз отмечается для станций, расположенных в III (ГМС Гари и ГМС Верхотурье) и IV (ГМС Красноуфимск и ГМС Алапаевск) агроклиматических районах.

Проверка прогностических уравнений регрессии на независимом материале. Для большинства рассматриваемых станций оправдываемость прогнозов показателей теплообеспеченности составляет 100 %. В частности, оправдываемость прогнозов продолжительности вегетационного периода наиболее высокая, лишь для ГМС Чёрмоз оправдываемость составила 67 %. Для сумм температур воздуха выше 10°C прогноз с оправдываемостью 67% отмечен для станций Чёрмоз, Алапаевск и Красноуфимск. Отклонение от фактических значений составило более 200°C при величине ошибок прогностических уравнений 180–195°C. Для станций Гари, Алапаевск и Красноуфимск при прогнозе дат перехода температуры воздуха через 10°C оправдываемость также составила 67 %, т. е. прогноз теплообеспеченности в 2003 г. считается неоправдавшимся. Таким образом, можно отметить, что в 2003 г. по территории Свердловской области наблюдался сложный весенний переход температуры воздуха через десятиградусный предел.

В целом менее успешный прогноз отмечается для станций, расположенных в III и IV агроклиматических районах Свердловской области. ГМС Чёрмоз, расположенная в IV агроклиматическом районе Пермского края, имеет наименьшую оправдываемость (67 %) при прогнозе сумм температур воздуха выше 10°C и продолжительности вегетационного периода. Отметим, что для ГМС Чёрмоз требуется обновление агроклиматической нормативной базы по показателю теплообеспеченности – суммы температур воздуха выше 10°C.

Для территории Свердловской области ошибки прогноза сумм активных температур в большинстве случаев положительные, т. е. фактические значения больше прогностических, а для Пермского края – отрицательные ошибки. Можно выделить года, в которые ошибки экстремальны. В годы с суммами активных температур больше средних многолетних значений (1977, 1987, 1989, 1995 гг.) прогностические значения существенно меньше фактических на 171–514°C. В годы с суммами температур выше 10°C меньше среднемноголетней нормы (1978, 1979, 1986 гг.) прогностические значения существенно больше фактических на 201–349°C. В указанные годы прогноз сумм температур выше 10°C не оправдался на всех станциях.

Повсеместно не оправдался прогноз продолжительностей вегетационных периодов в 1975 г. Прогностические значения оказались меньше фактических на 16–19 дней, в 1993 г., спрогнозированная продолжительность периодов вегетации значительно превосходила фактические значения. Ошибки прогнозов составляют 15–33 дня.

Таким образом, будущие значения показателей теплообеспеченности в Пермском крае и Свердловской области определяются не только атмосферными процессами, происходящими в пределах одного синоптического района, но процессами в тропической зоне Тихого и Атлантического океанов, при этом последние оказывают наибольшее влияние на южные станции рассматриваемых территорий. Синоптико-статистический подход, получивший удовлетворительные результаты, показал принципиальные возможности использования его в дальнейшем для прогноза показателей теплообеспеченности на территории Пермского края и Свердловской области.