

В.В. Еремин, В.М. Мясников, М.М. Еремина

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА
ОСАДКОВ С ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ 24–36 ч
В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА ДЛЯ ПУНКТОВ
ТЕРРИТОРИИ ОТВЕТСТВЕННОСТИ
СРЕДНЕСИБИРСКОГО УГМС
НА БАЗЕ АРМ СИНОПТИКА, ИНТЕГРИРОВАННОГО
В СИСТЕМУ ГИС МЕТЕО**

Разработка усовершенствованного метода прогноза осадков с заблаговременностью 24–36 ч в холодный период года для пунктов территории ответственности Среднесибирского УГМС и оперативной технологии для его реализации осуществлялась в отделе разработки и внедрения гидрометеорологических прогнозов (ОРиВГМП) Красноярского ЦГМС-Р.

Основы метода прогноза

В основе метода прогноза осадков – линейная альтернативная модель. Прогноз возможности выпадения осадков делается на основе отнесения текущей синоптической ситуации к одному из классов: «наличие осадков» или «отсутствие осадков». В данной модели решение поставленной задачи, относящейся к задачам распознавания образов, осуществляется с помощью алгоритма построения гиперплоскости, разделяющей классы ситуаций [3, 5]. Для расчета коэффициентов гиперплоскости используется метод псевдообращения матриц [2]. Каждая синоптическая ситуация описывается определенным набором параметров – предикторов. Выбор оптимальной совокупности параметров, по которой вычисляются коэффициенты гиперплоскости,

осуществляется методом включения [1]. Упорядочение предикторов и определение их оптимального числа проводится на основе принципа минимизации среднего риска. В рассматриваемой модели количество предикторов, обеспечивающих минимальное число ошибок разделения ситуаций, при определении различных предиктантов варьируется от 5 до 11. Предиктантом в данном случае является факт наличия или отсутствия осадков в одном из пунктов в полусуточном разрешении.

При разработке модели в качестве обучающей выборки использовался архив с данными наблюдений метеорологических и аэрологических станций, расположенных на территории Западной и Центральной Сибири, в 00 ч ВСВ в холодные периоды (октябрь—март) с 1982 по 1990 г. В этот архив вошли также сведения о полусуточных осадках с 16 метеорологических станций, расположенных на территории ответственности Среднесибирского УГМС. В целом в обучающей выборке представлено 1456 синоптических ситуаций, каждая из которых описывается более чем 500 параметрами. Однако оперативные данные, входящие в архив, не всегда бывают представлены в полном объеме. Поэтому реальная обучающая выборка становится короче: ее составляют только те дни, в которые известны все параметры информационной совокупности. Предикторы, описывающие текущую ситуацию за срок 00 ВСВ, соотносятся с фактом наличия или отсутствия осадков, зарегистрированным в 00 (заблаговременность прогноза 24 ч) и 12 ч ВСВ (заблаговременность прогноза 36 ч) следующих суток.

Оценка прогностических возможностей модели по результатам авторских испытаний

Проверка прогностических возможностей модели проводилась на независимой выборке данных за холодные периоды (октябрь—март) 2004—2006 гг. Данные для авторских испытаний, как в последующем для составления прогноза и его оценки, формируются специальным программным комплексом из оперативного информационного потока в соответствии с макетом архивной выборки.

Для оценки качества прогнозов рассчитывались следующие показатели:

- общая оправдываемость прогнозов;
- оправдываемость прогнозов наличия осадков;

- оправдываемость прогнозов отсутствия осадков;
- критерий качества прогноза Пирси–Обухова;
- предупрежденность факта наличия осадков;
- предупрежденность факта отсутствия осадков.

Оправдываемость прогнозов определялась в соответствии с Наставлением [4], как оправдываемость альтернативного прогноза.

В табл. 1–4 приведены средние оценки качества прогнозов для каждого пункта по результатам авторских испытаний. Дополнительно даны средние оценки по группам пунктов, расположенных в северной части территории (СЧТ), центральной (ЦЧТ) и южной (ЮЧТ).

В северную часть территории входят следующие пункты: Норильск, Дудинка, Игарка, Туруханск, Тура, Подкаменная Тунгуска (Бор); в центральную часть – Енисейск, Ачинск, Красноярск, Канск, Ужур, Назарово, Шарыпово; в южную часть – Минусинск, Абакан, Кызыл.

Такое разделение пунктов продиктовано объективно существующим разграничением большой территории на районы с различными климатическими условиями и, соответственно, распределением осадков. В северной части рассматриваемой территории наблюдается наибольшее количество дней с осадками, в южной части – наименьшее. Подобная детализация имеет место при выпуске прогнозов синоптиками по территории ответственности Среднесибирского УГМС.

Средние за рассмотренный период значения оправдываемости прогнозов осадков на ночь (табл. 1) составили 73 и 77 % для прогнозов осадков на день. При этом наиболее высокие значения оправдываемости прогнозов отмечены для пунктов СЧТ, за исключением прогнозов по Туре. Наилучшие показатели оправдываемости прогнозов имели место в Туруханске и Игарке. Наиболее низкой была оправдываемость прогнозов в пунктах ЮЧТ. Анализ оправдываемости прогнозов по месяцам показал, что наилучшей оказалась оправдываемость прогнозов в пунктах СЧТ и ЦЧТ в ноябре, а в пунктах ЮЧТ – в марте.

Оправдываемость прогнозов наличия осадков более высокая в пунктах СЧТ (88 % – у прогнозов на ночь, 85 % – у прогнозов на день). Самые высокие оценки оказались в Туруханске (95 % – у прогнозов на ночь, 93 % – у прогнозов на день). В пунктах ЦЧТ и ЮЧТ оправдываемость

Таблица 1

Общая оправдываемость (%) прогнозов осадков в холодные периоды 2004–2006 гг.

Пункт	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Период	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
Норильск	80,7	85,5	85,0	81,7	79,0	83,9	74,2	73,3	71,5	66,1	67,8	67,8	76,7	77,5
Дудинка	79,1	77,4	86,7	81,7	80,6	77,5	74,2	72,6	84,0	72,6	67,7	77,8	76,7	
Игарка	95,2	90,3	78,0	91,7	72,6	67,3	71,0	72,6	76,8	80,6	75,8	79,1	79,1	
Туруханск	80,6	87,1	93,4	90,0	72,6	79,0	62,9	66,1	83,9	83,9	77,4	72,6	78,3	79,7
Тура	71,0	69,4	66,7	65,0	67,8	64,6	61,3	58,1	66,1	55,4	72,6	72,6	67,6	64,3
Бор	67,8	74,2	81,5	76,7	75,8	74,2	74,2	75,8	83,9	73,3	61,3	64,5	73,8	73,1
Средняя, СЧТ	79,0	80,6	81,9	81,1	74,7	74,4	69,9	69,9	76,2	74,1	71,8	70,2	75,5	75,1
Енисейск	66,2	74,2	83,3	75,0	67,8	59,7	75,8	59,7	83,9	71,5	67,7	66,2	73,9	67,6
Ачинск	62,9	61,3	83,4	83,3	67,7	72,6	66,1	69,4	66,1	66,1	71,0	75,8	69,5	71,5
Красноярск	69,4	79,1	80,0	81,7	80,7	67,7	77,4	64,5	69,7	62,5	71,0	72,6	74,8	71,4
Канек	69,4	59,7	70,0	75,0	82,3	74,2	62,9	61,3	66,1	71,4	67,8	62,9	69,8	67,3
Ужур	75,8	64,5	66,7	68,3	72,6	67,8	74,2	75,8	76,8	69,7	69,4	67,7	72,6	69,0
Назарово	59,7	56,5	85,0	71,7	75,8	74,2	61,3	64,5	71,5	67,9	72,6	67,8	70,9	67,0
Шарыпово	62,9	64,5	81,7	81,7	74,2	69,4	69,4	64,5	82,2	66,1	74,2	66,2	73,9	68,7
Средняя, ЦЧТ	66,6	65,7	78,6	76,7	74,4	69,3	69,4	65,6	73,7	67,9	70,5	68,4	72,2	68,9
Минусинск	75,8	64,6	70,0	65,0	69,4	69,3	61,3	54,9	67,9	69,7	77,5	82,3	70,4	67,6
Абакан	72,6	62,9	76,7	73,3	62,9	66,2	51,6	64,5	64,3	67,9	80,6	83,9	68,2	69,8
Кызыл	85,5	85,5	75,0	70,0	67,8	56,5	67,7	59,7	78,6	60,7	83,9	79,0	76,4	68,7
Средняя, ЮЧТ	78,0	71,0	73,9	69,4	66,7	64,8	60,2	59,7	70,2	66,1	80,6	81,7	71,6	68,7
Средняя по территории	73,4	72,3	78,9	77,0	73,1	70,2	67,9	66,1	74,0	69,9	72,9	71,6	73,3	77,2

прогнозов ниже: в центральных районах – 63 % (ночь) и 68 % (день), в южных районах – 56 % (ночь) и 60 % (день). Самые низкие оценки имели прогнозы по пунктам Канск и Кызыл (ниже 50 %).

Для прогнозов отсутствия осадков, наоборот, наиболее высокие оценки получены для пунктов ЮЧТ – 73 % (ночь) и 70 % (день); для прогнозов по пунктам ЦЧТ эта оценка в среднем не превышает 67 %, а по пунктам СЧТ – 62 %.

Как показатель качества разделения моделью ситуаций по ряду прогнозов за холодные периоды 2004–2005 и 2005–2006 гг. был рассчитан критерий качества Пирси–Обухова. В табл. 2 представлены его значения для каждого из пунктов и средние по группам станций и для всей территории. Из таблицы видно, что в основном модель показывает вполне удовлетворительное качество разделения для групп пунктов северной и центральной частей территории, средние значения критерия превышают 0,30. Это дает возможность говорить о целесообразности использования данной модели для прогноза осадков на этой территории. Для пунктов ЮЧТ показано невысокое качество разделения, в среднем значение критерия Пирси–Обухова не превышает пороговое значение (0,25). Рассмотрение значений указанного критерия по месяцам показало, что наиболее высокое значение критерия имели прогнозы для пунктов СЧТ в декабре и феврале, для пунктов ЦЧТ – в ноябре. В целом самое низкое качество разделения ситуаций отмечено у прогнозов в октябре для большинства пунктов.

Для более полной характеристики прогностических возможностей рассматриваемой модели рассчитывались также предупрежденности факта наличия осадков и факта отсутствия осадков (табл. 3 и 4). Из анализа табл. 3 следует, что в среднем за период относительно высокая предупрежденность случаев с осадками отмечается для пунктов СЧТ (80 %). Далее к югу этот показатель снижается до 49 % для прогноза на ночь и до 42 % – для прогноза на день. В отдельных пунктах северной и центральной частей территории (Игарка, Ачинск, Красноярск) предупрежденность случаев с осадками в один–два месяца составила 100 %. В среднем по месяцам наиболее низкой предупрежденность осадков оказалась у январских прогнозов для пунктов СЧТ. В пунктах ЦЧТ предупрежденность случаев с осадками несколько ниже во все

Таблица 2
Значения критерия качества Пирси—Обухова для прогнозов осадков в холодные периоды 2004—2006 гг.

Пункт	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Период	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
Дудинка	0,17	0,23	0,59	0,37	0,59	0,53	0,40	0,33	0,37	0,66	0,46	0,27	0,43	0,40
Игарка	0,49	0,15	0,40	0,23	0,42	0,31	0,58	0,27	0,49	0,26	0,61	0,31	0,50	0,26
Туруханск	0,17	0,17	0,70	0,28	0,49	0,55	0,32	0,42	0,72	0,51	0,33	0,27	0,46	0,37
Тура	0,39	0,15	0,23	0,27	0,41	0,31	0,23	0,17	0,32	0,18	0,49	0,44	0,35	0,25
Бор	0,17	0,21	0,27	0,25	0,51	0,48	0,52	0,56	0,66	0,47	0,23	0,31	0,39	0,38
Средняя, СЧТ	0,27	0,18	0,47	3,31	0,58	0,47	0,43	0,35	0,50	0,44	0,11	0,34	0,43	0,35
Енисейск	0,12	0,11	0,44	0,48	0,26	0,24	0,54	0,30	0,66	0,39	0,39	0,30	0,40	0,30
Ачинск	0,12	0,07	0,67	0,4	0,29	0,33	0,27	0,32	0,32	0,30	0,35	0,48	0,33	0,34
Красноярск	0,25	0,27	0,50	0,54	0,58	0,42	0,41	0,32	0,47	0,29	0,34	0,39	0,43	0,37
Канск	0,27	0,22	0,40	0,53	0,55	0,37	0,27	0,19	0,26	0,03	0,17	0,23	0,32	0,26
Ужур	0,36	0,25	0,30	0,34	0,17	0,08	0,04	0,43	0,20	0,00	0,10	0,20	0,20	0,22
Назарово	0,13	0,06	0,70	0,33	0,42	0,42	0,24	0,30	0,43	0,36	0,46	0,38	0,40	0,31
Шарыпово	0,33	0,33	0,64	0,62	0,42	0,26	0,38	0,30	0,68	0,28	0,46	0,30	0,49	0,35
Средняя, ЦЧТ	0,23	0,19	0,52	0,48	0,38	0,30	0,31	0,31	0,43	0,24	0,32	0,33	0,37	0,31
Минусинск	0,25	0,11	0,14	0,07	0,33	0,24	0,20	0,06	0,27	0,10	0,36	0,04	0,26	0,10
Абакан	0,18	0,02	0,31	0,22	0,30	0,20	0,05	0,12	0,42	0,23	0,12	0,09	0,23	0,15
Кызыл	0,25	0,27	0,62	0,33	0,11	0,33	0,13	0,27	0,06	0,22	0,23	0,08	0,23	0,25
Средняя, ЮЧТ	0,22	0,13	8,39	0,28	0,24	0,26	0,12	0,88	0,25	0,24	0,23	0,05	0,24	0,17
Средняя	0,24	0,17	0,47	0,37	0,40	0,36	0,32	0,30	0,42	8,30	0,34	0,28	0,37	0,30

Предупрежденность факта наличия осадков (%) в холодные периоды 2004–2006 гг.

Пункт	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Период	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
Норильск	95,9	98,0	85,6	91,1	85,1	84,4	57,2	54,2	75,7	70,1	75,5	79,6	79,2	79,6
Дудинка	96,0	91,3	93,8	89,7	90,6	85,0	67,7	52,3	80,0	86,2	73,4	81,6	83,6	81,0
Игарка	98,3	100,0	84,8	100,0	75,5	87,8	67,7	64,1	78,3	88,8	84,4	97,6	81,5	89,7
Туруханск	85,7	91,4	94,7	98,2	67,0	80,3	59,3	64,4	81,8	97,5	97,9	93,5	81,1	87,6
Тура	84,4	95,7	93,5	86,2	80,1	57,2	54,5	32,9	65,0	57,2	82,6	64,1	76,7	65,6
Бор	89,1	91,3	95,8	87,2	71,2	64,9	70,5	64,6	85,0	71,5	64,3	96,5	79,3	79,3
Средняя, СЧТ	91,6	94,6	91,4	92,1	78,3	76,6	62,8	55,4	77,6	78,6	79,7	85,5	80,2	80,5
Енисейск	92,4	89,7	91,9	77,7	51,6	34,4	73,0	52,0	78,7	42,3	92,8	75,9	80,1	62,0
Ачинск	86,7	89,7	95,0	100,0	61,7	68,2	71,5	79,6	59,3	66,1	90,9	93,1	77,5	82,8
Красноярск	89,7	95,7	94,7	86,5	85,4	50,0	90,5	61,8	100,0	42,6	88,5	84,0	91,5	70,1
Канск	44,2	75,0	68,7	94,5	65,9	59,4	78,6	42,9	57,3	31,3	39,3	67,9	59,0	61,8
Ужур	47,8	54,9	36,7	55,9	22,2	21,5	18,8	61,6	25,0	14,3	27,8	50,0	29,7	43,0
Назарово	75,0	82,5	91,7	90,3	72,2	78,1	62,0	74,7	73,6	68,5	69,7	92,9	74,0	81,2
Шарьпово	92,6	86,1	86,4	82,5	61,1	39,5	89,5	74,6	82,2	52,2	66,2	68,8	79,7	67,3
Средняя, ПЧТ	75,5	81,9	80,7	83,9	60,0	50,2	69,1	63,9	68,0	45,3	67,9	76,1	70,2	66,9
Минусинск	25,0	18,3	23,8	0,0	55,5	43,6	62,5	10,6	52,8	16,7	50,0	7,2	44,9	16,1
Абакан	29,3	7,2	30,8	28,6	71,8	36,0	52,6	35,3	83,4	43,1	25,0	16,7	48,8	27,8
Кызыл	33,3	31,0	65,8	67,4	23,3	79,4	18,2	77,5	10,0	61,9	33,3	25,0	30,7	57,0
Средняя, ЮЧТ	40,8	34,6	50,3	45,0	52,7	52,3	50,6	46,8	53,6	41,8	44,0	31,2	48,7	42,0
Средняя	72,3	74,2	76,6	76,7	64,8	60,5	61,9	56,3	67,8	56,6	66,0	67,7	68,2	65,3

зимние месяцы, а в пунктах ЮЧТ – она не превышает 50 % во все месяцы холодного периода.

Особый интерес представляет предупрежденность факта выпадения сильных и очень сильных осадков (снег 25 мм). Средняя за период предупрежденность случаев сильных осадков по всем 16 пунктам составила 80 % (в прогнозах на ночь) и 69 % (в прогнозах на день). В СЧТ предупрежденность случаев сильных осадков достигала 96 % (в прогнозах на ночь) и 82 % (в прогнозах на день).

Таким образом, в большинстве случаев моделью «улавливаются» сильные осадки, связанные в холодное время года преимущественно с резкими изменениями в погоде при смещении атмосферных фронтов, т.е. преодолевается инерционность, априори заложенная в статистическую модель.

Наибольшие значения предупрежденности факта отсутствия осадков (табл. 4) имеют в среднем прогнозы для пунктов ЮЧТ (83 %), для пунктов ЦЧТ и СЧТ этот показатель значительно ниже, хотя для некоторых пунктов в отдельные месяцы отсутствие осадков предусмотрено модельным прогнозом в подавляющем большинстве случаев (более 90 %). Наиболее низкие показатели предупрежденности факта отсутствия осадков имеют прогнозы, составленные в октябре для пунктов ЦЧТ и СЧТ.

Все показатели качества прогноза осадков по модели, полученные в ходе авторских испытаний, были сопоставлены с фактическим количеством дней с осадками для отдельных пунктов в период испытаний и в обучающей выборке. Было отмечено, что модель, «настроенная» на обучающую выборку, не очень чувствительна к изменению числа дней с осадками относительно их содержания в архиве. Для пунктов, где по данным многолетней выборки осадки наблюдаются часто (факт выпадения осадков в одну часть суток регистрируется более 20 раз за месяц) – СЧТ, они и прогнозируются чаще, и при фактическом увеличении числа дней с осадками оправдываемость прогнозов растет. Если для этих же пунктов фактическое число дней с осадками уменьшается, в прогнозах по модели это уменьшение отражается в меньшей степени, и оправдываемость падает. И, наоборот, для пунктов, где обычно, т.е. по данным архива, осадки наблюдаются редко (ЮЧТ), лучше прогнозируется факт

Предупрежденность факта отсутствия осадков (%) в холодные периоды 2004–2006 гг.

Пункт	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Период	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
Норильск	28,6	33,3	75,0	59,8	72,0	80,6	81,8	82,5	68,8	70,2	47,2	53,7	67,6	67,0
Дудинка	20,7	28,1	72,0	46,7	72,0	67,6	72,2	80,9	56,4	80,1	72,5	45,1	64,5	61,8
Игарка	59,8	18,3	48,8	28,1	63,9	37,8	95,9	55,1	70,0	37,2	76,2	37,8	69,2	35,7
Туруханск	25,0	25,0	85,4	34,2	81,6	67,1	72,3	77,5	87,8	62,2	47,2	32,9	64,5	49,3
Тура	47,6	32,9	28,1	56,4	60,6	63,9	63,4	83,4	66,7	63,4	73,5	74,8	57,9	70,9
Бор	20,7	29,9	45,1	58,6	79,1	75,0	81,6	91,2	80,5	67,6	57,6	37,8	62,7	61,3
Средняя, СЧТ	33,7	27,9	59,0	47,0	67,9	62,4	79	78,4	71,7	63,5	62,4	47,0	64,4	57,7
Енисейск	19,2	20,9	51,5	70,0	74,4	89,0	80,7	78,0	87,5	96,5	46,3	53,6	62,6	71,5
Ачинск	25,2	17,5	70,0	54,0	66,9	65,3	55,0	52,1	72,2	63,9	44,2	55,0	57,3	52,4
Красноярск	35,4	31,3	54,7	67,9	72,6	92,1	50,0	69,7	46,0	86,7	45,0	55,0	51,2	68,9
Канск	82,6	47,1	71,5	58,1	88,9	77,4	47,8	75,7	68,6	72,0	77,1	54,8	74,3	65,6
Ужур	88,5	70,3	93,4	77,9	94,3	86,2	85,1	81,1	97,5	85,9	82,1	70,5	90,0	79,4
Назарово	38,5	23,1	78,4	42,8	69,9	63,7	62,5	55,0	69,2	67,5	75,8	45,0	66,0	50,6
Шарыпово	40,1	46,6	77,0	79,3	81,0	86,4	48,6	55,3	85,4	75,4	79,4	61,6	68,2	66,0
Средняя, ЦЧТ	47,1	36,7	70,9	64,3	78,3	80,0	61,4	66,7	81,5	78,2	64,3	56,5	67,1	64,9
Минусинск	100,0	92,5	90,0	96,5	77,1	80,6	57,0	74,0	73,9	96,9	85,7	96,2	81,3	90,0
Абакан	88,1	94,8	100,0	96,9	57,5	84,2	51,8	76,3	58,9	79,8	87,1	96,0	74,9	88,7
Кызыл	91,1	96,1	96,2	65,9	87,1	53,3	95,0	49,6	95,5	59,8	89,3	82,8	92,1	70,3
Средняя, ЮЧТ	93,1	94,5	95,4	86,4	73,9	72,7	67,9	66,6	76,1	78,8	37,4	91,7	82,8	83,0
Средняя	50,7	44,2	71,0	62,0	73,6	72,0	68,8	71,1	74,1	72,8	67,9	59,5	69,0	65,6

отсутствия осадков, и оправдываемость прогнозов растет с уменьшением фактического количества дней с осадками. Эта закономерность отражена и в показателях предупрежденности факта наличия и отсутствия осадков: прогнозами для пунктов СЧТ лучше предупреждаются ситуации с осадками, для пунктов ЮЧТ – ситуации без осадков.

Следует отметить, что в основном качество прогнозов осадков на ночь оказалось выше качества прогнозов на день, что вполне объяснимо увеличением заблаговременности.

В общем, по основным показателям (общая оправдываемость прогнозов, критерий качества Пирси–Обухова) лучшие оценки имеют прогнозы для пунктов, где обычно осадки наблюдаются чаще. Оценки эти можно считать удовлетворительными с точки зрения целесообразности использования модели для прогноза осадков, поэтому, основываясь на результатах авторских испытаний, технический семинар ГМЦ Красноярского ЦГМС-Р (26 января 2006 г.) принял решение о проведении оперативных испытаний метода прогноза осадков для холодного периода в октябре–декабре 2006 г.

Результаты оперативных испытаний метода прогноза осадков холодного периода

В октябре–декабре 2006 г. проводились оперативные испытания альтернативной модели прогноза осадков с заблаговременностью 24 и 36 ч холодного периода для 16 пунктов, расположенных на территории ответственности Среднесибирского УГМС. Средние оценки качества прогнозов приведены в табл. 5.

В табл.5 (столбцы с 3 по 6) приведены средние оценки прогноза по группам станций, расположенных в северной части территории (СЧТ), центральной (ЦЧТ) и южной (ЮЧТ), а также в целом для 16 пунктов. Состав групп станций тот же, что и при проведении авторских испытаний.

Из данных табл. 5 видно, что общая оправдываемость прогнозов с осадками и предупрежденность осадков для СЧТ превышает 80 %. Значение критерия Пирси–Обухова для СЧТ, превышающее 0,30, свидетельствует о практической значимости прогнозов. Показатели качества прогноза для пунктов центральной и южной частей территории значительно ниже.

Таблица 5

**Показатели успешности прогнозов факта выпадения осадков
в период октябрь–декабрь 2006 г.**

Показатели успешности прогнозов	Время суток	СЧТ	ЦЧТ	ЮЧТ	16 станций
Общая оправдываемость прогнозов, %	ночь	75,3	65,2	68,5	69,6
	день	75,9	64,3	63,8	68,5
Оправдываемость прогнозов наличия осадков, %	ночь	83,8	61,7	54,7	68,7
	день	83,0	67,4	60,0	72,2
Оправдываемость прогнозов отсутствия осадков, %	ночь	55,1	66,9	73,7	63,8
	день	47,9	50,0	68,9	52,8
Предупрежденность факта наличия осадков, %	ночь	81,8	73,3	39,3	70,1
	день	83,2	76,3	36,7	71,5
Предупрежденность факта отсутствия осадков, %	ночь	60,8	47,3	83,4	59,1
	день	49,1	38,8	82,7	50,9
Критерий Пирси–Обухова	ночь	0,43	0,21	0,23	0,29
	день	0,32	0,15	0,20	0,22

Предупрежденность случаев с сильными и очень сильными осадками в среднем за период по всем станциям составила 90 % (ночь, день), для СЧТ – 93 % (в прогнозах на ночь) и 100 % (в прогнозах на день).

Сравнение качества методического (МП) и инерционного (ИП) прогнозов проведено по данным оправдываемости для 16 пунктов территории ответственности Среднесибирского УГМС, а методического и синоптического (СП) – для 11 пунктов, по которым составляется синоптический прогноз осадков. Одиннадцать станций также разбиты на группы, относящиеся к отдельным частям территории: СЧТ (Норильск, Дудинка), ЦЧТ (Енисейск, Ачинск, Красноярск, Канск, Назарово, Шарыпово) и ЮЧТ (Минусинск, Абакан, Кызыл). Оправдываемость прогнозов по каждому методу приведена в табл. 6 и 7. Для получения сравнимых результатов в прогнозе синоптика оценивался

Таблица 6

**Средние оценки оправдываемости методического и инерционного прогнозов
в период октябрь—декабрь 2006 г.**

Части территории	Октябрь				Ноябрь				Декабрь				Октябрь—декабрь			
	ночь		день		ночь		день		ночь		день		ночь		день	
	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП
СЧТ	80,7	71,0	79,6	76,9	66,7	60,6	62,8	62,8	78,5	77,4	84,9	81,2	75,3	69,7	75,9	73,7
ЦЧТ	65,9	47,0	68,2	53,5	66,2	62,9	53,3	66,7	63,6	64,1	71,0	63,6	65,2	57,9	64,3	61,2
ЮЧТ	73,1	54,8	68,8	61,3	55,5	63,3	63,3	72,2	76,4	62,3	59,1	62,4	68,5	60,1	63,8	65,2
16 пунктов	72,8	57,5	72,6	63,7	64,4	62,1	58,8	66,2	71,6	68,7	74,0	70,0	69,6	62,8	68,5	66,6

Таблица 7

**Средние оценки оправдываемости методического и синоптического прогнозов
в период октябрь—декабрь 2006 г.**

Части территории	Октябрь				Ноябрь				Декабрь				Октябрь—декабрь			
	ночь		день		ночь		день		ночь		день		ночь		день	
	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП	МП	ИП
СЧТ	86,3	87,1	87,9	89,5	70,9	84,2	70,9	85,0	83,9	83,9	88,7	83,9	80,4	85,1	84,7	86,1
ЦЧТ	68,8	72,0	69,1	81,2	68,0	75,3	57,5	72,8	64,8	67,5	70,7	71,3	67,6	71,6	65,9	75,1
ЮЧТ	77,4	74,7	77,9	83,3	68,3	82,2	75,5	87,8	83,9	68,3	70,4	75,8	76,9	75,1	75,2	82,3
11 пунктов	74,3	75,5	74,9	83,3	68,6	78,8	64,9	79,1	73,5	70,7	73,9	74,8	72,5	75,0	71,9	79,1

только факт наличия или отсутствия осадков, если не использовался термин «преимущественно без осадков». Если такой термин использовался, то и синоптический, и методический прогнозы оценивались с учетом количества выпавших осадков в соответствии с Наставлением [4].

Как видно из данных табл.6, оправдываемость методических прогнозов превышает оправдываемость инерционных прогнозов в среднем на 2–7 %. Лучшим качеством методического прогноза было в октябре. Самыми низкими оказались оценки методических прогнозов в ноябре: в прогнозе осадков на ночь методический прогноз «уступил» инерционному по пунктам ЮЧТ, в прогнозах на день — по пунктам ЦЧТ и ЮЧТ.

В сравнении с синоптическим прогнозом (табл.7) методический прогноз имеет оправдываемость в среднем по территории и за весь период испытаний на 2–7 % ниже, чем синоптический. Необходимо заметить, что разница в оценках сравниваемых прогнозов (табл. 6 и 7)

обусловлена наличием значительного количества ситуаций, которые в синоптическом прогнозе характеризовались термином «преимущественно без осадков». Метод прогнозировал эти ситуации как «без осадков», в то время как фактически наблюдались незначительные осадки ($\leq 0,2$ мм).

В целом можно заключить, что проведенные оперативные испытания подтвердили результаты, полученные в ходе авторских испытаний относительно прогностических возможностей усовершенствованного метода прогноза осадков в холодный период года. Методические прогнозы имели вполне удовлетворительное качество прогнозов осадков для пунктов СЧТ ответственности Среднесибирского УГМС и несколько хуже – для пунктов ЦЧТ и ЮЧТ.

Рассмотрев полученные результаты испытаний, Технический совет Среднесибирского УГМС 25 января 2007 г. принял следующее решение:

- отметить большую работу, проведенную специалистами отдела по доработке и усовершенствованию метода прогноза осадков в холодный период года;

- рекомендовать использовать указанный метод в оперативной практике в качестве основного расчетного метода при прогнозе осадков на 24–36 ч по северной части территории ответственности УГМС и в качестве вспомогательного метода – при прогнозе осадков по центральной и южной ее части;

- поручить авторам разработку метода прогноза количества осадков по пунктам территории ответственности Среднесибирского УГМС.

Список литературы

1. *Виноградова Г.М., Романов Л.Н.* О линейном разделении ситуации с помощью плоских вращений // Труды ЗапСибНИИ. – 1981. – Вып. 48. – С. 8–16.

2. *Дуда Р., Харт П.* Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.

3. *Поляков Г.Г., Романов Л.Н.* О разделении классов ситуаций с помощью упорядоченного перебора // Труды ЗСРНИГМИ. – 1978. – Вып. 41. – С. 114–120.

4. РД 52.88.629–2002. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 42 с.

5. *Снитковский А.И.* Краткосрочный прогноз// Метеорология и гидрология. – 1981. – № 7. – С. 5–17.