

*А.Я. Коржиков, В.В. Иванов, В.К. Куражов*

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА  
УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА  
ЧЕРЕЗ НОЛЬ ГРАДУСОВ  
В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ  
ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ ДО 30 СУТОК**

Специалистами отдела долгосрочных метеорологических прогнозов Государственного научного центра (ГНЦ) Российской Федерации Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) в соответствии с планом НИР и ОКР Росгидромета на 2002–2004 гг. выполнена работа, основной целью которой стало создание методики прогноза дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С в шельфовой зоне Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Данная разработка проведена с целью удовлетворения запросов, предъявляемых практикой к совершенствованию научно-оперативного обеспечения судоходства и хозяйственной деятельности в Арктике с учетом ближайшей перспективы их развития.

Методика прогнозирования базируется на учете зависимости наступления дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С от характера развития атмосферных процессов и состояния ледяного покрова в восточных арктических морях. Прогностические зависимости получены на основе анализа аэросиноптического архива по Северной полярной области за период с 1940 по 2003 г.

Для составления прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С было необходимо:

– провести анализ термобарических условий за два месяца, предшествующих дате устойчивого перехода, и определить действующую группу развития макросиноптических процессов;

– получить фоновые значения аномалий устойчивого перехода температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  для акваторий Восточно-Сибирского и Чукотского морей;

– по уравнениям регрессии рассчитать прогностические даты устойчивого перехода температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В уравнениях регрессии для расчета дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  весной в качестве предикторов использованы:

– значения аномалий температуры воздуха на полярных станциях в апреле ( $\Delta T_{\text{апрель}}$ );

– значения разности аномалий температуры воздуха на полярных станциях в мае и апреле ( $\Delta T_{\text{май}} - \Delta T_{\text{апрель}}$ ). Для о. Врангеля в качестве одного из предикторов брались значения аномалий температуры воздуха в мае ( $\Delta T_{\text{май}}$ ).

В уравнениях регрессии для расчета дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  осенью в качестве предикторов использованы:

– ледовитость 0–3 балла в восточной части Восточно-Сибирского моря и в Чукотском море в третьей декаде августа;

– средняя месячная аномалия температуры воздуха в августе ( $\Delta T_{\text{август}}$ ) на полярных станциях;

– разность аномалий температуры воздуха в сентябре и августе ( $\Delta T_{\text{сентябрь}} - \Delta T_{\text{август}}$ ) на тех же полярных станциях.

Вследствие того, что весной устойчивый переход температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит в июне, а осенью – в сентябре–октябре, оперативные прогнозы весной составлялись в третьей декаде мая, осенью – в третьей декаде августа.

Оперативные испытания указанной методики проходили в отделе долгосрочных метеорологических прогнозов ААНИИ в период с апреля 2004 г. по июнь 2007 г.

Всего за период испытаний для шельфовой зоны восточных арктических морей было составлено 28 прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  с заблаговременностью 10–30 сут.

В связи с тем, что в настоящее время отсутствует единая методика оценки прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через

0 °С, оправдываемость прогнозов оценивалась согласно [1]. Прогноз по величине получал положительную оценку, если ошибка была равна или меньше допустимой погрешности. За допустимую погрешность прогноза принималась величина  $0,67\sigma_n$ , где  $\sigma_n$  – среднеквадратическое (природное) отклонение дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С, рассчитанное для всего ряда наблюдений. Прогноз получал положительную оценку по знаку, если аномалии прогностических и фактических дат устойчивого перехода совпадали. Эффективность метода определялась из соотношения  $\sigma/\sigma_n$ , где  $\sigma$  – ошибка прогноза. Прогнозы дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С весной и осенью, фактические даты устойчивого перехода и погрешности прогнозов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Оценка прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С на шельфе Восточной Арктики весной**

Год	Станция	Дата перехода (факт.)	Дата перехода (прогноз)	Погрешность прогноза (сут)	Допустимая погрешность (сут)	Оправд. (величина)	Оправд. (знак)
2004	Четырех-столбовая	6.06	10.06	4	6	+	+
	Айон	2.06	6.06	4	5	+	–
	о. Врангеля	3.06	8.06	5	5	+	+
	Уэлен	7.05	25.05	18	5	–	+
2005	Четырех-столбовая	25.05	4.06	10	6	–	+
	Айон	26.05	31.05	5	5	+	+
	о. Врангеля	23.05	9.06	17	5	–	+
	Уэлен	23.05	27.05	4	5	+	+
2006	Четырех-столбовая	21.05	20.05	1	6	+	+
	Айон	20.05	23.05	3	5	+	+
	о. Врангеля	20.05	22.05	2	5	+	+
	Уэлен	16.05	8.06	23	5	–	–
2007	Четырех-столбовая	14.05	10.05	4	6	+	+
	Айон	14.05	13.05	1	5	+	+
	о. Врангеля	17.05	8.06	22	5	–	+
	Уэлен	17.05	27.05	10	5	–	+
Оправдываемость по знаку, %							88
Оправдываемость по величине, %						62	
Природная обеспеченность по всем станциям, %						46	
Эффективность методики, %						16	

Таблица 2

**Оценка прогноза дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С  
на шельфе Восточной Арктики осенью**

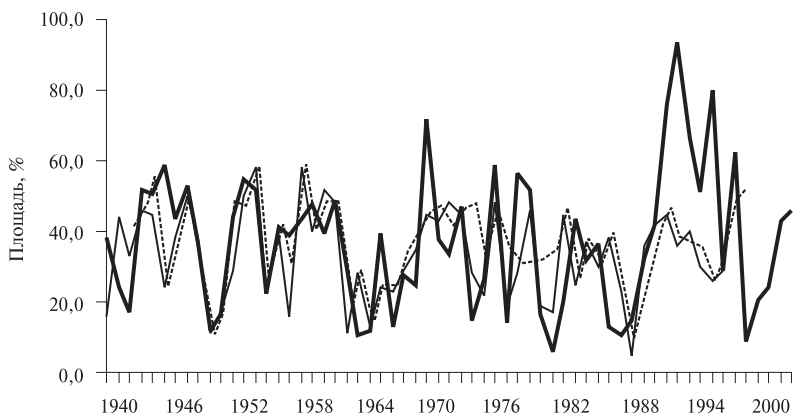
Год	Станция	Дата перехода (факт.)	Дата перехода (прогноз)	Погрешность прогноза (сут)	Допустимая погрешность (сут)	Оправд. (величина)	Оправд. (знак)
2004	Четырех- столбовая Айон о. Врангеля Уэлен	24.09	19.09	5	9	+	+
		27.09	16.09	11	8	–	+
		22.09	27.09	5	8	+	+
		25.10	23.10	2	7	+	+
2005	Четырех- столбовая Айон о. Врангеля Уэлен	8.10	3.10	5	9	+	+
		11.10	28.09	13	8	–	+
		11.10	8.10	3	8	+	+
		23.10	26.10	3	7	+	+
2006	Четырех- столбовая Айон о. Врангеля Уэлен	2.10	8.10	6	9	+	+
		2.10	3.10	1	8	+	+
		1.10	3.10	2	8	+	+
		5.11	22.10	14	7	–	+
Оправдываемость по знаку, %							100
Оправдываемость по величине, %						75	
Природная обеспеченность по всем станциям, %						44	
Эффективность методики, %						31	

Анализ табл. 1 и 2 показывает, что весной оправдываемость методических прогнозов несколько хуже оправдываемости методических прогнозов осенью. По всей видимости, указанное различие обусловлено сезонным влиянием состояния подстилающей поверхности. Весной в мае побережье арктических морей в основном покрыто снежным покровом, а акватории морей заняты припаем и дрейфующим льдом. В этой связи переход температуры воздуха через 0 °С определяется характером адвекции воздушных масс в шельфовую зону. Адвекция в свою очередь существенно зависит от циркуляции атмосферы, точное предсказание которой на период, превышающий две недели, – весьма непростая задача.

Осенью даты перехода температуры через 0 °С во многом зависят от наличия льда на акваториях Восточно-Сибирского и Чукотского морей (коэффициент корреляции 0,50–0,60).

На рис. 1 представлены изменения площади восточной части Восточно-Сибирского моря, свободной ото льда (в % от общей площади

восточной части моря) в сентябре (1940–2003 гг.), и дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С осенью на полярных станциях Четырехстолбовая (остров Медвежий) и Айон (за период 1940–1995 гг.).



**Рис. 1. Изменения площади восточной части Восточно-Сибирского моря, свободной от льда (ледовитость 0 баллов) в сентябре (1940–2003 гг.), и дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С осенью на полярных станциях Четырехстолбовая и Айон (1940–1995 гг.):**

— Ледовитость 0 баллов;    — Четырехстолбовая;    - - - - - Айон.

Из анализа данных, представленных на рис. 1, следует, что чем меньше дрейфующего льда на акватории Восточно-Сибирского моря в конце августа–сентябре, тем позже на шельфе происходит устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С. И наоборот, высокая ледовитость приводит к раннему переходу. Учет ледовитости в уравнениях регрессии показал улучшение качества прогнозов как по знаку, так и по величине.

Успешность прогнозов на основе испытываемой методики зависит от качества исходной информации. В связи с ухудшением в последние годы надежности данных наблюдений метеорологической сети станций, закрытия ряда репрезентативных станций, а также станций аэрологического зондирования понизилась надежность

анализа и диагноза начальных условий циркуляции атмосферы и погоды в восточном районе Арктики. Все это приводит к понижению оправдываемости прогнозов погоды, особенно при увеличении их заблаговременности. В складывающейся ситуации особенно ценно применение макроциркуляционного метода долгосрочного прогнозирования погоды в Арктике, который позволяет рассматривать процессы в локальном районе в связи с крупномасштабными изменениями циркуляции на территории Северной полярной области [2]. В частности, существенный вклад в успешность прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  внесло использование средних дат, а также их отклонений от средних многолетних дат, полученных для типовых макросиноптических процессов.

Следует отметить, что, по сравнению с климатологическими прогнозами, эффективность методики весной составила 16 %, а осенью – 31 %.

До настоящего времени в оперативной практике ААНИИ отсутствовала методика долгосрочного прогноза дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  на шельфе Восточной Арктики. Проведенные в 2002–2004 гг. исследования атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба с целью усовершенствования макроциркуляционного метода прогнозирования для отдельных районов Северной полярной области позволили разработать технологию составления прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  для шельфовой зоны Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Технология позволяет с заблаговременностью 1–3 мес. предсказывать аномалии наступления устойчивого перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  весной и осенью в Восточно-Сибирском и Чукотском морях, с заблаговременностью 10–30 сут – рассчитывать даты устойчивого перехода на шельфе восточной части Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Технологическая линия составления прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  представлена на блок-схеме (рис. 2).

Долгосрочные прогнозы  
большой заблаговременности

Долгосрочные прогнозы  
заблаговременностью 30 суток

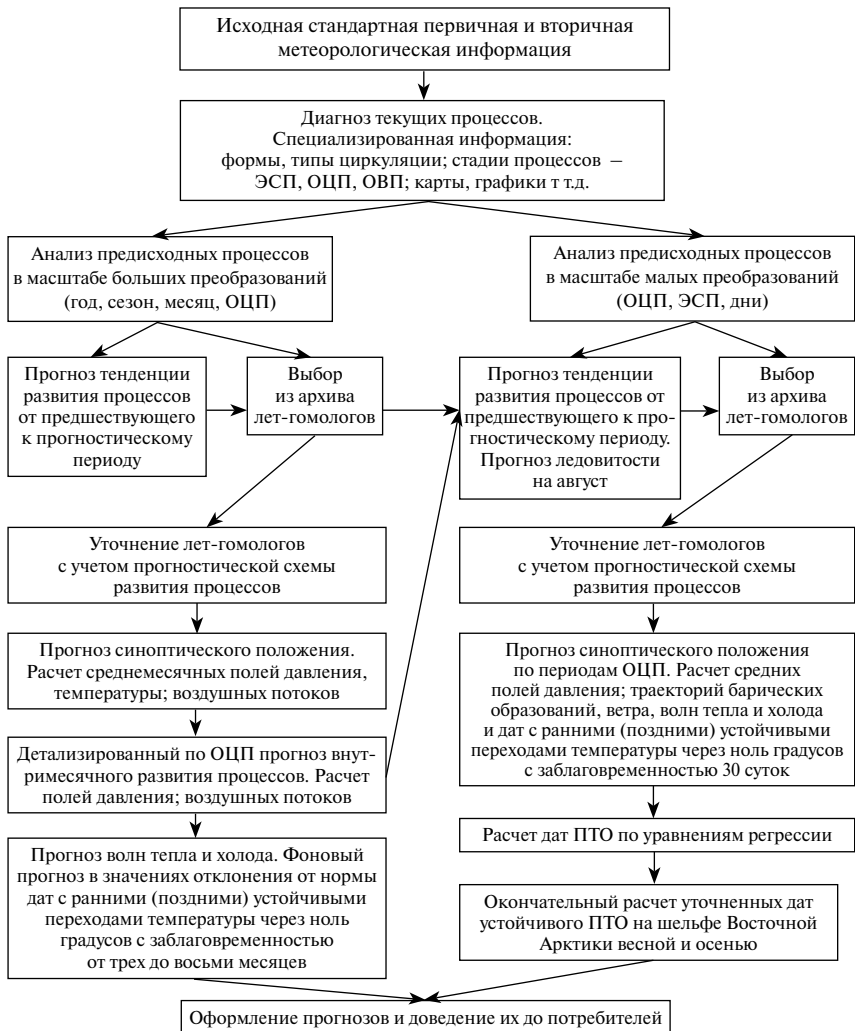


Рис. 2. Блок-схема технологической линии по разработке прогнозов дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С с различной заблаговременностью

Выполненное исследование по созданию методики прогнозирования устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С в Восточной Арктике является развитием и совершенствованием макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для полярных областей, который апробирован многолетней практикой научно-оперативной работы. Полученные результаты еще раз подтверждают методологическую правильность постановки данного исследования, состоящую в рассмотрении процессов регионального и большого масштаба, как единого целого, что полностью соответствует основным принципам макроциркуляционного метода ААНИИ [2, 3]. В дальнейшем исследования будут продолжены в целях создания способов прогноза дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С для других районов Арктики.

Решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим прогнозам от 2 октября 2007 г. одобрена работа ААНИИ по развитию макроциркуляционного метода в части прогнозирования дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С в шельфовой зоне восточных арктических морей. ААНИИ рекомендовано внедрить данную методику в оперативную практику гидрометеорологического прогнозирования в шельфовой зоне восточных арктических морей. Авторам методики рекомендовано разработать рекомендации по использованию методики в практической работе.

#### Список литературы

1. Наставления по службе прогнозов. Раздел 3, Часть III. – М.: Гидрометеоиздат, 1982. – 143 с.
2. Гурс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 488 с.
3. *Ivanov V.V., Vinogradov N.D.* Meteorological forecasts. INSROP WORKING PAPER. Norway, 1995. – N 10. – P. 7–23.