

МЕТОД ПРОГНОЗА СРОКОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ ПРИПАЯ В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЕ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ ДО ОДНОГО МЕСЯЦА

В ГУ «ААНИИ» разработан метод прогноза сроков окончательного разрушения припая в Восточно-Сибирском море заблаговременностью до одного месяца. Метод основан на использовании физико-статистических регрессионных уравнений и автоматической информационной программы "ПЕГАС". Метод базируется на данных ИСЗ, ледовых обзорных и региональных карт ААНИИ, наблюдений на полярных станциях.

Характеристика припая в Восточно-Сибирском море в период разрушения

В Восточно-Сибирском море формируется самый обширный в арктических морях припай. По данным ИСЗ за период 1979–2009 гг. его площадь перед началом разрушения колеблется в пределах 154–355 тыс. км², что составляет от 20 до 46 % от площади моря. Спутниковые наблюдения позволяют проводить регулярный сезонный мониторинг распространения припая в море от момента его становления до разрушения. Ежедекадно по ледовым картам, составляемым в ГУ «ААНИИ», определяется площадь припая в Восточно-Сибирском море и его ширина на 29 створах. Схема расположения створов представлена на рис. 1.

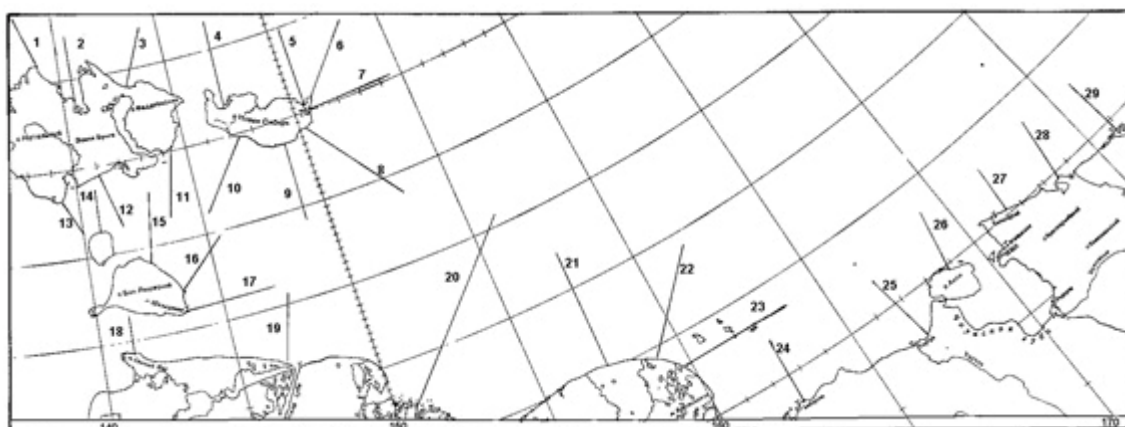


Рис. 1. Схема расположения створов в Восточно-Сибирском море

Припай в Восточно-Сибирском море начинает разрушаться в прикромочной зоне в среднем в конце мая – начале июня. Окончательное разрушение припая (распадение его на

дрейфующие поля) зависит от степени его развития в осенне-зимний период. При максимальной площади припая его окончательное разрушение происходит во второй декаде августа, при минимальном развитии припая – в начале июля. Таким образом, многолетний разброс сроков окончательного взлома припая в Восточно-Сибирском море составляет около полутора месяцев.

При величине площади близкой к средней (с вероятностью 50 %) припай окончательно разрушается в конце июля. Пространственное расположение границ припая в период его разрушения представлено на рис. 2.

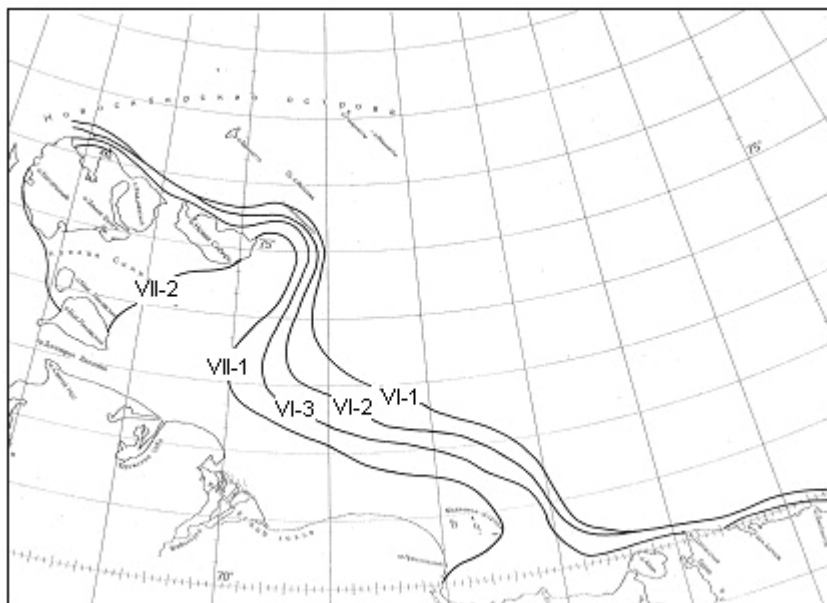


Рис. 2. Расположение границ припая в Восточно-Сибирском море с вероятностью 50 % в период его разрушения

В июне граница припая отступает сравнительно медленно. Большая часть припая разрушается и становится дрейфующим льдом в течение июля. На подходах к проливу Санникова и в самом проливе его площадь остается неизменной до первой декады июля включительно. В течение второй – начале третьей декады июля припай быстро разрушается. Его толщина вследствие влияния радиационного и адвективного тепла уменьшается до 40–70 см [1, 2].

В результате многолетних наблюдений за припаем в стадии разрушения (в период визуальных авиационных разведок 1949–1979 гг.) в арктических морях были выделены районы с условными границами, отличающиеся по характеру взлома припая и срокам окончательного его разрушения [1]. Нумерация районов начинается с морей Карского и Лаптевых. В Восточно-Сибирском море выделено семь естественных однородных районов взлома припая (рис. 3).

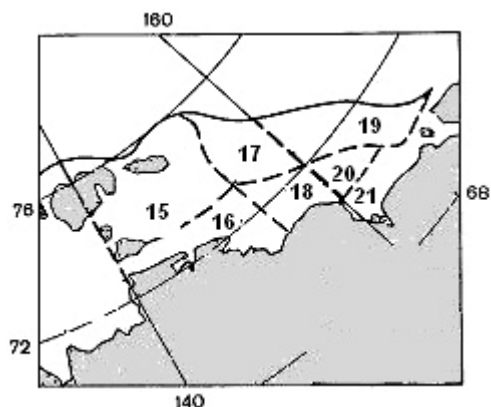


Рис. 3. Границы и номера естественных однородных районов взлома припая в Восточно-Сибирском море

Размах сроков окончательного взлома припая составляет около одного месяца (табл. 1). Исключением являются районы 17 и 19. В этих прикромочных районах взлом припая может начаться под влиянием динамических факторов (ветер, дрейф льда) до начала таяния льда. В некоторые годы припай в этих районах совсем не формируется.

Таблица 1

Характеристика сроков взлома припая в районах Восточно-Сибирского моря за период 1980–2007 гг.

Район	Срок взлома			Размах колебаний, сутки	σ , сутки	$0,674\sigma$, сутки	$0,8\sigma$, сутки
	ранний	поздний	средний				
15	06.07	03.08	22.07	28	8	5,4	6,4
16	03.07	31.07	19.07	28	7	4,7	5,6
17	02.06	07.08	17.07	66	14	9,4	11,2
18	24.06	31.07	17.07	37	9	6,1	7,2
19	23.05	30.07	01.07	67	16	10,8	12,3
20	28.06	29.07	14.07	31	8	5,4	6,4
21	21.06	27.07	09.07	36	9		
Пролив Санникова	07.07	09.08	22.07	33	8	5,4	6,4

Примечание: σ – стандартное отклонение срока разрушения припая в районе

Из табл. 1 видно, что в крайних западных районах (15 и 16) наиболее ранние сроки взлома припая приходятся на июль, а в восточных и прибрежных районах (18, 20 и 21) – на июнь. Это обстоятельство следует иметь в виду при подборе предикторов, обеспечивающих заблаговременность прогноза 15–30 суток. Они должны относиться к периоду не позже июня – для западных районов и не позже мая – для восточных районов.

Наиболее важными в навигационном отношении являются ледовые условия на подходах к проливам Санникова и Дм. Лаптева (районы 15, 16) и районы подходов к бару

реки Колымы (районы 20, 21). Как можно видеть из табл. 1, взлом припая в районе 21 в среднем на две недели опережает это явление в районе 15, и, при достаточно высокой связи между этими районами, фактическую дату взлома припая в районе 21 можно использовать в качестве аргумента для прогноза даты взлома припая в районе 15. Для этого необходимо отслеживать дату взлома припая в районе 21, начиная с ранней даты.

Регрессионный метод прогноза сроков окончательного разрушения припая

Известно [1], что температура воздуха является одним из основных факторов, определяющим сроки взлома припая. Как показал анализ, наибольшее влияние на взлом припая в районах 15 и 16 оказывает среднемесячная температура воздуха в июне на станции Шалаурова (коэффициенты корреляции составляют 0,70 и 0,68 соответственно). К сожалению, эта станция закрыта, и данные за последние годы снимались с карт или восстанавливались по данным станции Кигилях, расположенной с западной стороны острова Бол. Ляховский. Это же относится к полярной станции Четырехстолбовая, которая закрыта в 1995 году и которая наиболее репрезентативна для прогноза сроков взлома припая в районах на подходах к бару реки Колымы (коэффициенты корреляции от $-0,65$ до $-0,70$).

В целом для моря сроки окончательного разрушения припая зависят об общей площади припая. Однако в отдельных районах сопоставление сроков взлома припая с площадью припая не показало значимой связи. В тоже время связь сроков взлома припая в районах 15 и 16 с шириной припая на створе 17 в первой (для района 15) и третьей (для района 16) декадах июня оказалась значимой и характеризуется коэффициентом корреляции 0,45. Такого же порядка величина коэффициента корреляции между сроками взлома припая в районах 20 и 21 и шириной припая на створах 22 и 23. Поэтому ширина припая использовалась в качестве аргумента в прогностических уравнениях. Кроме того, сроки взлома припая в районе 15 связаны с фактической датой взлома припая в районе 21, что уже отмечалось выше. С использованием перечисленных аргументов были получены уравнения для прогноза сроков разрушения припая в районах 15, 16 и 20, 21.

Уравнения и их обеспеченность представлены в табл. 2, 3. Как показывает анализ обеспеченности прогностических уравнений, наибольшую роль в изменчивости сроков взлома припая играет температура воздуха. Введение в уравнения дополнительных аргументов ненамного увеличивает методическую обеспеченность. Наиболее высокая обеспеченность имеет прогностическое уравнение для района 15. Это объясняется использованием в качестве аргумента фактической даты взлома припая в районе 21, который косвенно характеризует процесс взлома припая в море под влиянием тепловых и

динамических факторов. Эффективность прогностических уравнений (при оценке $\pm 0,674\sigma$) колеблется в пределах 11–25 %, что позволяет считать полученные результаты удовлетворительными.

Использование автоматической информационной программы («Пегас») для прогноза сроков окончательного разрушения припая в Восточно-Сибирском море

Автоматическая программа «Пегас» давно успешно используется для прогнозов ледовитости и площадей ледяных массивов в арктических морях. Попытка использовать программу для прогноза сроков окончательного взлома припая предпринимается впервые.

Основным назначением программы является исследование информативности различных гидрометеорологических полей для построения расчетных и прогностических моделей. Она позволяет исследовать информативность как точечных измерений (например данные одной полярной станции), так и полей элементов, представленных в узлах сеточной области. При исследовании информативности полей предусмотрена процедура перехода от значений элемента в узлах сеточной области к разности значений между узлами. Это особенно важно при исследовании полей атмосферного давления, так как разность давления между различными узлами сеточной области имеет вполне определенный физический смысл: характеризует направление и интенсивность воздушных переносов [3, 4].

Для учета атмосферного давления используется сеточная область, приведенная на рис. 4.

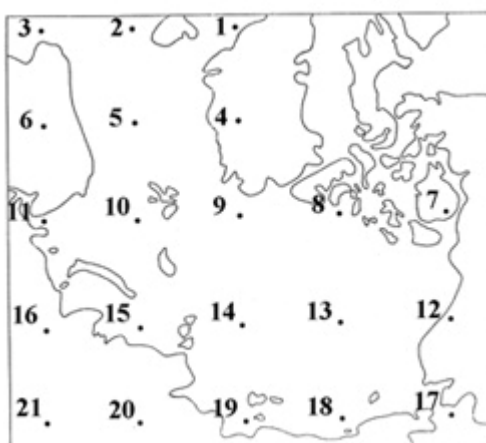


Рис. 4. Схема центров сеточной области для учета атмосферного давления

Обязательным компонентом программы «Пегас» является информационная система, включающая архивы ледовой и гидрометеорологической информации. Наиболее удобной формой представления последней являются поля геопотенциала, атмосферного давления,

температуры воды, воздуха, заданные в узлах сеточной области (или в отдельных точках таких, как полярные станции).

Программа позволяет оценивать статистическую связь коэффициентами корреляции; по заданному критерию игнорировать или учитывать аргумент; выбирать наиболее значимые аргументы; на основе элементарного дискриминантного анализа проводить обобщение всей информации и рассчитывать обобщенный показатель.

Обобщенный показатель P , представляющий собой сумму коэффициентов влияния K :

$$P = \sum K_i .$$

Значения K вычисляются по формуле: $K=U \cdot r^2$, где U – расчетное значение функции по уравнению регрессии; r^2 – квадрат частного коэффициента корреляции.

Аналогично получаются обобщенные показатели для нескольких полей. В этом случае суммируются коэффициенты влияния характеристик всех анализируемых полей. Окончательное прогностическое уравнение имеет вид:

$$U = a \sum_1^n P + b ,$$

где n – число учитываемых информационных полей.

Программа «Пегас» находит наиболее информативные створы для расчета разностей атмосферного давления, для учета воздушных переносов, влияющих на разрушение припая посредством как динамического, так и термического воздействия вследствие адвекции тепла или холода в районы припайной зоны.

Для нахождения информативных показателей и построения прогностических уравнений сроков взлома припая в районах Восточно–Сибирского моря были использованы ряды сроков взлома припая, поля среднемесячного приземного атмосферного давления с января по июнь месяцы и ряды среднемесячной температуры воздуха за апрель–июнь по близлежащим полярным станциям. Для Восточно–Сибирского моря использовались данные о температуре воздуха полярных станций Санникова, Шалаурова, Четырехстолбовая, Валькаркай. При разработке метода использовались данные за период 1980–2007 гг.

Результаты корреляционного анализа сроков окончательного припая с различными показателями барического поля и температурой воздуха на полярных станциях сведены в таблицы для отдельных районов морей. Для примера приводится таблица (табл. 4) для

пролива Санникова (в таблице незначимые коэффициенты корреляции выделены курсивом).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции сроков взлома припая в проливе Санникова с показателями атмосферного давления и температурой воздуха

Показатели природной среды	Месяц	Створы, полярная станция	Коэффициенты корреляции
Атмосферное давление	январь	6	0,52
	февраль	9–13	0,34
	март	16	0,49
	апрель	6–9	-0,59
	май	13–14	-0,51
	июнь	1–5	0,23
Температура	апрель	Санникова	-0,55
	май		-0,72
	июнь		-0,67
	апрель	Шалаурова	-0,64
	май		-0,70
	июнь		-0,71
Температура	апрель	Четырехстолбовая	-0,52
	май		-0,48
	июнь		-0,29
Температура	апрель	Валькарай	-0,51
	май		-0,44
	июнь		-0,30

В результате преобразования информативных показателей программа рассчитывает коэффициенты (A и B) и обобщенный показатель (P) для результирующих корреляционных уравнений для каждого из районов и производит расчет по этим уравнениям для каждого года анализируемого ряда сроков взлома припая. Пример расчета для пролива Санникова приведен на рис. 5, где представлен фрагмент таблицы, выдаваемой программой расчета. Таблица содержит коэффициенты корреляции результирующего прогностического уравнения (R), квадрат коэффициента корреляции (R^2), характеризующий степень учета уравнением изменчивости сроков взлома припая и обеспеченность расчетного уравнения. Фактические сроки взлома припая заданы в номерах декад: VI-1 – 1, VI-2 – 2,... VII-1 – 4 и т.д. Как видно из таблицы, по мере накопления массива данных ежегодно изменяется только обобщенный показатель P , остальные аргументы не изменяются.

Аргументы уравнения и расчет сроков взлома припая в проливе Санникова

ГОДЫ	$R_{\text{факт}}$	B	A	R	R^2	фактич	Расчет	Ошибка
1980	1.588	-5.901	7.555	.848	.719	6.000	6.098	-.098
1981	1.464					5.000	5.163	-.163
1982	1.626					6.000	6.382	-.382
1983	1.565					6.000	5.925	.075
1984	1.629					6.000	6.409	-.409
1985	1.623					6.000	6.360	-.360
1986	1.495					5.000	5.393	-.393
1987	1.555					6.000	5.845	.155
1988	1.541					5.000	5.742	-.742
1989	1.547					6.000	5.783	.217
1990	1.294					4.000	3.878	.122
1991	1.461					5.000	5.134	-.134
1992	1.556					6.000	5.852	.148
1993	1.445					5.000	5.013	.013
1994	1.561					6.000	5.895	.105
1995	1.486					5.000	5.325	-.325
1996	1.611					7.000	6.271	.729
1997	1.481					6.000	5.284	.716
1998	1.567					6.000	5.934	.066
1999	1.555					6.000	5.846	.154
2000	1.510					6.000	5.507	.493
2001	1.537					6.000	5.709	.291
2002	1.438					5.000	4.965	.035
2003	1.418					5.000	4.813	.187
2004	1.471					6.000	5.215	.785
2005	1.412					4.000	4.765	-.765
2006	1.488					5.000	5.342	-.342
2007	1.331					4.000	4.152	-.152

Рис. 5. Расчет сроков взлома припая в проливе Санникова

В табл. 5 представлен общий вид уравнений для прогноза сроков взлома припая в районах Восточно-Сибирского моря и их методическая обеспеченность и прогноз на 2007 год. Как можно видеть из этой таблицы, методическая обеспеченность уравнений для районов Восточно-Сибирского моря изменяется в пределах 78–92 %. Прогноз сроков взлома припая с точностью до декады во всех районах оправдался полностью.

Прогноз сроков взлома припая с использованием автоматической информационной программы «Пегас» представляется перспективным и предпочтительней других физико–статистических методов прогноза, поскольку позволяет привлекать для прогноза значительно большее количество информативных показателей.

**Общий вид уравнений для прогноза сроков взлома припая в районах
Восточно-Сибирского моря и их обеспеченность, прогноз по программе «Пегас» на 2007 г.**

Район	Расчетные уравнения	Обеспеченность метода, %	Прогноз на 2007 г.			
			<i>P</i>	Прогноз	Факт	Оценка прогноза, %
Пролив Санникова	$D_{взл}=7,555 \cdot P + (-5,901)$	90	1,331	4,2 (VII-1)	4 (VII-1)	100
15	$D_{взл}=10,410 \cdot P + (-6,861)$	85	1,074	4,3 (VII-1)	4 (VII-1)	100
16	$D_{взл}=13,265 \cdot P + (-7,022)$	82	0,842	4,15 (VII-1)	4 (VII-1)	100
18	$D_{взл}=6,986 \cdot P + (-4,746)$	85	1,182	3,5 (VII-1)	4 (VII-1)	100
20	$D_{взл}=5,442 \cdot P + (-3,923)$	92	1,263	2,95 (VI-3)	3 (VI-3)	100
21	$D_{взл}=7,571 \cdot P + (-4,426)$	78	0,905	2,42 (VI-2)	2 (VI-2)	100

Примечание: Сроки взлома припая заданы в номерах декад: первая декада июня (VI-1) – 1; вторая декада июня (VI-2) – 2; ... третья декада июля (VII-3) – 6.

**Результаты испытания метода прогноза окончательного разрушения припая
по данным ИСЗ в Восточно-Сибирском море заблаговременностью 15–30 суток**

Формирование и разрушение припайных льдов является важной режимной особенностью арктических морей России. Известно, что припай активно используется в хозяйственной деятельности в Арктике (выгрузка грузов), а также влияет на судоходство во льдах и служит показателем климатических изменений. Поэтому сроки разрушения припая являются важным прогностическим ориентиром для планирования морских, экономических и исследовательских мероприятий.

Сроки взлома определяются: исходной толщиной ледяного покрова к концу зимы, сроками начала таяния льдов, воздушными переносами после момента начала таяния; однако наибольшее влияние оказывает среднемесячная температура воздуха в мае–июне, которая определяет интенсивность стаивания толщины ледяного покрова.

Прогноз представляется в виде обобщенной таблицы, в которой приведены ожидаемые сроки окончательного разрушения припая для данной ледовой зоны.

При необходимости используются данные об ожидаемой температуре воздуха на основе метеорологического прогноза ГУ «ААНИИ». Реперными полярными станциями являются: Санникова, Шалаурова, Четырехстолбовая, Валькаркай. Заблаговременность прогноза составляет не менее 15–30 суток.

Испытания метода прогноза окончательного разрушения припая проводились в отделе ледового режима и прогнозов ГУ "ААНИИ". Период испытаний: май–июнь 2007 г. – май–июнь 2009 г. Прогнозы составлялись и оценивались для районов Восточно-Сибирского моря. Предметом прогноза являются сроки окончательного разрушения припая в четырех естественных районах моря, которые являются наиболее важными в навигационном отношении – на подходах к проливам Санникова и Дм. Лаптева (15, 16) и районы подходов к бару реки Колымы (районы 20, 21). Границы районов были установлены в период визуальных ледовых авиационных разведок, проводимых в период 1949-1991 гг. Площади выделенных районов, сроки окончательного разрушения припая были уточнены по данным ИСЗ.

Методика прогноза основана на физико-статистическом подходе, при котором статистическая связь между предиктантом и предикторами обосновывается физически, и предусматривает разработку прогноза двумя способами:

- на основе уравнений регрессии с определенными аргументами;
- с использованием автоматической информационной программы («Пегас»), которая подбирает наиболее информативные аргументы по мере накопления их архива данных.

Прогнозы на основе двух представленных способов дополняют друг друга. По регрессионным уравнениям дата прогноза определяется в сутках, прогноз с использованием программы «Пегас» – с точностью до декады. Прогноз с точностью до декады может быть уточнен по регрессионному способу.

Всего за период испытаний (2007–2009 гг.) было составлено 24 прогноза сроков окончательного разрушения припая (по 12 прогнозов каждым способом). Прогноз представляет собой две сводные таблицы, в которых приведены ожидаемые даты (декады) окончательного разрушения неподвижного ледяного покрова в районах моря и оценка их оправдываемости.

В табл. 6 приведены результаты оценки оправдываемости прогнозов сроков окончательного разрушения припая в районах Восточно-Сибирского моря за 2007–2009 гг., составленных регрессионным способом. Как следует из таблицы, из 12 прогнозов два не оправдались по величине, хотя оба прогноза оправдались по знаку, то есть тенденция к раннему взлому припая в обоих случаях учтена правильно.

Оправдываемость прогнозов оценивалась согласно Наставлению [5]. При прогнозе срока разрушения припая в конкретном районе прогноз считался оправдавшимся, если его ошибка не превышала или была равна $0,674\sigma$. Оправдываемость прогнозов сроков окончательного разрушения припая в 2007–2009 гг. при оценке $\pm 0,674\sigma$ в среднем по всем

районам составила 83 %, эффективность – 26 % при средней природной обеспеченности по районам 57 % (от 50 до 68 %).

Таблица 6

Оценка оправдываемости прогноза сроков окончательного разрушения припая в районах Восточно-Сибирского моря в 2007–2009 гг. регрессионным способом

Район	2007 г.			2008 г.			2009 г.		
	прогноз	факт	Оценка прогноза, %	прогноз	факт	Оценка прогноза, %	прогноз	факт	Оценка прогноза, %
15	5.07	11.07	100	20.07	25.07	100	16.07	21.07	100
16	12.07	01.07	0	10.07	16.07	100	14.07	20.07	100
20	03.07	28.06	100	04.07	09.07	100	02.07	15.07	0
21	29.06	23.06	100	04.07	07.06	100	02.07	08.07	100
	Средняя оценка 75			Средняя оценка 100			Средняя оценка 75		
Средняя оправдываемость за 2007–2009 гг.							83 %		
Средняя эффективность за 2007–2009 гг.							26 %		

В табл. 7 приведены результаты оценки прогнозов сроков окончательного разрушения припая, составленных с помощью автоматической информационной программы («Пегас»)

Таблица 7

Оценка оправдываемости прогноза сроков взлома припая в районах Восточно-Сибирского моря в 2007–2009 гг. с помощью автоматической информационной программы «Пегас»

Район	2007 г.			2008 г.			2009 г.		
	прогноз	факт	Оценка прогноза, %	прогноз	факт	Оценка прогноза, %	прогноз	факт	Оценка прогноза, %
15	4,3 (VII-1)	4 (VII-1)	100	5,6 (VII-3)	6 (VII-3)	100	5,2 (VII-2)	5 (VII-3)	100
16	4,15 (VII-1)	4 (VII-1)	100	5 (VII-2)	5 (VII-2)	100	5 (VII-2)	5 (VII-2)	100
20	2,95 (VI-3)	3 (VI-3)	100	4,5 (VII-1)	4 (VI-1)	100	4 (VII-1)	4 (VII-1)	100
21	2,42 (VI-2)	2 (VI-2)	100	3,5 (VII-1)	3 (VI-1)	100	3,5 (VII-1)	4 (VII-1)	100
	Средняя оценка 100			Средняя оценка 100			Средняя оценка 100		

Из 12 прогнозов, разработанных с помощью программы «Пегас» с точностью до декады, оправдались все прогнозы, оправдываемость составила 100 % при средней обеспеченности метода 84 %.

Выводы

Оправдываемость физико-статистического метода прогноза зависит от качества исходной информации, надежности идентификации начальных условий к моменту составления прогноза в конце зимнего периода и точности ожидаемого изменения метеорологических условий после начала таяния льдов. В связи с ухудшением в последние годы надежности данных наблюдательной сети и ее сокращения, прекращением авиационных ледовых разведок качество исходной информации о состоянии ледовых и гидрометеорологических условий не всегда удовлетворительно. Это неизбежно сказывается на точности разрабатываемых прогнозов.

Испытываемый метод позволяет прогнозировать сроки окончательного разрушения припая в естественных районах Восточно-Сибирского моря заблаговременностью 15–30 суток. Метод характеризуется достаточной эффективностью по сравнению с климатическими оценками.

Обсудив методические основы и учитывая результаты проведенных испытаний метода, Центральная методическая комиссия по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам Росгидромета в своем решении от 25 июня 2010 г. одобрила работу ГУ «АНИИ» по созданию метода, позволяющего прогнозировать сроки окончательного разрушения припая в Восточно-Сибирском море с заблаговременностью до одного месяца. Комиссия рекомендовала ГУ «АНИИ»:

- внедрить метод прогноза сроков окончательного разрушения припая в Восточно-Сибирском море заблаговременностью до одного месяца в оперативную практику в качестве основного;

- обеспечить своевременную передачу методических прогнозов в ГУ «Чукотское УГМС» для эффективного использования в оперативно-прогностической практике;

- продолжить работу по усовершенствованию метода с учетом высказанных на ЦМКП замечаний (построение равнений для действующих станций, при подготовке июньского прогноза использовать майские предикторы, в дальнейшем оба способа прогноза свести в один с выдачей прогноза дат).

Список литературы

1. Горбунов Ю.А., Карелин И.Д., Кузнецов И.М., Лосев С.М., Соколов А.Л. Основы физико-статистических методов ледовых прогнозов и расчетов для арктических морей заблаговременностью до 30 суток. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 288 с.
2. Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 348 с.
3. Ковалев Е.Г., Николаев Ю.В. Применение дискриминантного анализа для долгосрочного прогноза ледовитости арктических морей // Труды ААНИИ. – 1976. – Т. 320. – С. 4–26.
4. Ковалев Е.Г., Юлин А.В. Автоматизированная прогностическая система для целей научно-оперативного обеспечения навигации в Арктике // Труды ААНИИ. – 1998. – Т. 438. – С. 73–82.
5. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Часть III. Служба морских гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 143 с.

Таблица 2

Аргументы и уравнения для прогноза сроков окончательного взлома припая и их оценка в районах 15 и 16

Район	Аргументы	Уравнение	Оценка	Обеспеченность, %			Эффективность, %
				методическая		климатическая	
				по величине	по знаку		
15	Температура воздуха в июне на п/с Шалаурова (T_{VI}), °С	$D_{15}=31,65-1,85T_{VI}+0,55D_{21}+0,004L_{17}$	0,8σ	93	82	68	25
	Дата взлома припая в районе 21 (D_{21})		0,674σ	82		57	25
	Ширина припая на створе 17 в первой декаде июня (L_{17}), км	$D_{15}=55,03-3,73T_{VI}$	0,8σ	75	68	68	7
	Температура воздуха в июне на п/с Шалаурова (T_{VI}), °С		0,674σ	71		57	14
16	Температура воздуха в июне на п/с Шалаурова (T_{VI}), °С	$D_{16}=45,76-3,47T_{VI}+0,004L_{17}$	0,8σ	78	75	57	21
	Ширина припая на створе 17 в третьей декаде июня (L_{17}), км		0,674σ	68		50	18
	Температура воздуха в июне на п/с Шалаурова (T_{VI}), °С	$D_{16}=50,34-3,87T_{VI}$	0,8σ	75	64	57	18
	Ширина припая на створе 17 в третьей декаде июня (L_{17}), км		0,674σ	64		50	14

Таблица 3

Аргументы и уравнения для прогноза сроков окончательного взлома припая и их оценка в районах 20 и 21

Район	Аргументы	Уравнение	Оценка	Обеспеченность, %			Эффективность, %
				методическая		климатическая	
				по величине	по знаку		
20	Температура воздуха в мае на п/с Четырехстолбовая (T_V), °С	$D_{20}=24,47-2,28T_V+0,03L_{22}$	0,8σ	75	64	68	7
	Ширина припая на створе 22 в первой декаде июня (L_{22}), км		0,674σ	68		57	11
	Температура воздуха в мае на п/с Четырехстолбовая (T_V), °С	$D_{20}=28,04-2,62T_V$	0,8σ	68	68	68	0
			0,674σ	57		57	0
21	Температура воздуха в мае на п/с Четырехстолбовая (T_V), °С	$D_{16}=21,67-2,0T_V+0,022L_{23}$	0,8σ	78	71	64	11
	Ширина припая на створе 23 в первой декаде июня (L_{23}), км		0,674σ	68		54	12
	Температура воздуха в мае на п/с Четырехстолбовая (T_V), °С	$D_{16}=24,94-2,31T_V$	0,8σ	75	71	64	7
			0,674σ	64		54	10