



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

Кафедра водно – технических изысканий

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

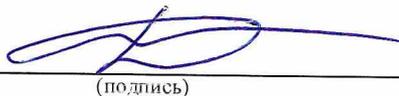
На тему Гидрометеорологическое обеспечение судоходства  
на арктических реках в условиях изменения климата

Исполнитель Кузнецов Григорий Сергеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Сапоцкая Надежда Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

К.Т.Н., доц.

Иванов Иван Иванович  
(фамилия, имя, отчество)

«06» 06 2022г.

Санкт-Петербург  
2022

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	2
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	3
2. КЛИМАТ	7
2.1 Общая характеристика климата	7
2.2. Метеорологические данные	12
2.3. Атмосферные осадки	13
2.4. Проверка однородности и стационарности рядов температур и осадков	15
3. ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	20
4. ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА	43
5. СУДОХОДСТВО	43
5.1 Путевое хозяйство	76
5.2 Система оповещения МЧС об опасных явлениях	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	91
ПРИЛОЖЕНИЯ	92

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данной работе проводится обзор изменения климата и его влияние на судоходство нижнего течения Арктической реки Обь. Так же осуществляется изучение опасных гидрометеорологических явлений, их характеристик и предупреждающих мероприятий.

Работа состоит из 5 глав введения и заключения.

В первой главе описывается физико-географическая характеристика района исследований.

Во второй главе производится анализ изменения климата по температуре и осадкам.

В третьей главе представлены опасные явления и их характеристики.

В четвертой главе рассчитывается внутригодовое распределение стока.

В пятой главе идет описание судоходства на Арктических реках и его особенности.

В Заключении в краткой форме представлены результаты проведенного исследования.

Работа содержит 8 рисунков, 8 таблиц, 8 приложений и список литературы из X наименования. Общий объем работы 88 листов.

# 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ



Рисунок 1.1 – Схемати

*ческая карта участка нижнего течения р.Обь*

р.Обь – является одной из крупнейших рек России и Евразийского континента. Образуется она слиянием Бии и Катуни на Алтае, пересекает с юга на север Западную Сибирь и впадает в Обскую губу Карского моря. Длина Оби 3650 км. Площадь бассейна 2990 тыс. км<sup>2</sup> (включает внутренние бессточные области площадью 528 тыс. км<sup>2</sup>). Основная часть бассейна находится на Западно – Сибирской равнине, юго-восток занят горами Южной Сибири. Бассейн простирается от полупустынь на юге до тундры на севере, значительная часть покрыта лесами и болотами.

В верхнем течении (до устья Томи) долина реки широкая. Русло часто прижимается к высокому левому берегу, сильно сужается у города Камень-на-

Оби, а ниже Новосибирска вновь расширяется до 20 км. Ниже река принимает крупные притоки Алей (слева) и Чумыш (справа). От устья Томи (среднее течение) Обь становится большой полноводной рекой, разбивается на рукава и протоки, которые блуждают по широкой пойме. Крупные притоки: Томь, Чулым, Кеть, Тым, Вах (справа), Васюган, Большой Юган, Иртыш (слева). После впадения Иртыша (нижнее течение) Обь поворачивает на север. Долина её еще более расширяется (местами более 50 км) и становится асимметричной, с пологим невысоким левым берегом и высоким обрывистым правым, сужается до 4-8 км в районах села Перегрёбное и города Салехард [4].

### **Общая характеристика водного режима**

Значительная увлажненность северных районов тайги и тундры обуславливает высокую водность и зарегулированность стока в течение года. Недостаточная увлажненность лесостепных районов определяет низкий сток и неравномерность его распределения в году.

Важной гидрологической особенностью территории является замедленный поверхностный сток и слабый естественный дренаж грунтовых вод, что связано с плоским рельефом, малым врезом речных долин. Это послужило причиной широкого распространения болот и озер. Заболоченность некоторых районов достигает 70%.

В пределах рассматриваемой территории речная сеть наиболее сильно развита в лесной и лесотундровой зонах. Менее густая речная сеть характерна для лесостепных районов [5].

### **Питание рек**

В питании рек учувствуют талые воды сезонных снегов, жидкие осадки и подземные воды.

Установление доли того или другого типа питания рек данной территории производилось выборочно по рекам, режим которых является

типичным для района с однородными физико-географическими и климатическими условиями.

Основные составляющие годового стока определены генетическим расчленением гидрографов за последние 15 – 20 лет.

Повсеместно основным источником питания являются зимние осадки, которые формируют от 40 до 70% годового стока. Участие дождевых вод в питании рек различно от территории.

В питании рек принимают примерно одинаковое участие, наряду с дождевыми грунтовыми водами [5].

### **Водный режим**

По характеру водного режима реки рассматриваемой территории относятся к следующим типам: реки с весенним половодьем и паводками в теплое время, реки с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Реки, водосборы которых расположены на границе перехода одного типа водного режима в другой, в отдельные годы могут носить черты соседнего с ним типа водного режима.

Несмотря на различия в условиях питания и формирования стока, основной фазой водного режима всех рек территории является половодье, в период которого проходит в отдельные годы до 90% годового стока, а также наблюдаются максимальные расходы и наибольшие уровни воды [5].

### **Уровенный режим**

Средняя многолетняя годовая амплитуда колебания уровня по средним рекам всех зон колеблется от 300 до 700 см. Наибольшая амплитуда составляет 1215 см, наименьшая 68 см.

На транзитных реках средняя многолетняя амплитуда уровня колеблется в пределах 400-800 см.

На реках лесостепной и лесной зон в многоводные годы высшие уровни половодья в 2,5-5,3 раза превышают уровни лет с низким половодьем, а на

реках, стекающих с Уральских гор, а также на реках тундры, лесотундры и северных таежных лесов – в 1,2-2,3 раза.

Наинизшие уровни на большинстве рек сравнительно устойчивы, амплитуды колебания находятся в пределах 40-120 см.

### ***Гидрометеорологическая изученность***

Под воздействием Атлантического океана и центра континентальности Азиатского материка формируется в общих чертах умеренно-континентальный климат. Большая протяженность территории с севера на юг дает возможность наблюдать здесь четко выраженную зональность распределения тепла и влаги. Последнее в свою очередь определяет и широтный характер размещения и последовательное чередование с севера на юг природных зон и подзон.

Равнинность территории и открытость с севера и юга не препятствует глубокому проникновению в ее пределы воздушных масс как с севера, так и с юга. Поэтому в любой сезон года возможны резкие изменения погоды, переход от тепла к холоду, резкие колебания температуры воздуха от месяца к месяцу, от суток к суткам и в течение суток [5].

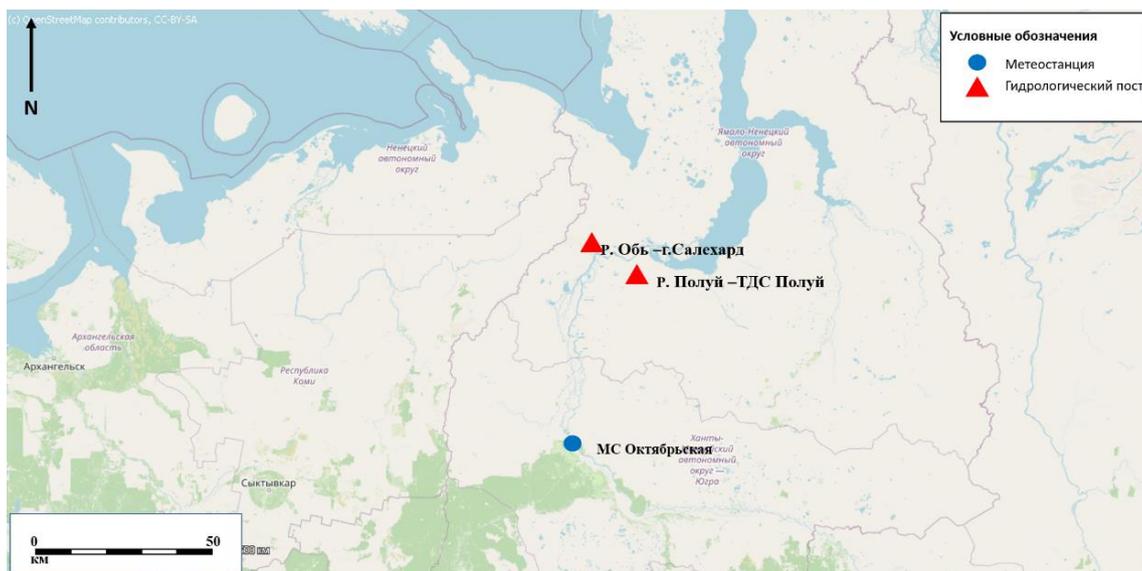


Рисунок 1.2 – Гидрометеорологическая изученность р.Обь

## **2. КЛИМАТ**

### **2.1 Общая характеристика климата**

#### **Радиационный баланс**

В теплое время года радиационный баланс всюду положителен с наибольшими величинами в июне-июле. Отрицательный баланс наблюдается повсеместно с октября по март и достигает наименьших величин в декабре-январе. Годовой радиационный баланс в северной части Западно – Сибирской равнины составляет 20-22 ккал/см<sup>2</sup>, в южной части он увеличивается до 35-40 ккал/см<sup>2</sup>.

Период с положительным радиационным балансом составляет на севере территории шесть-семь, на юге семь-восемь месяцев.

В переходные сезоны радиационный баланс в северных и южных частях территории существенно различен; в летние и зимние месяцы практически одинаков.

Максимальные средние месячные суммы радиационного баланса могут достигать в июне-июле (9,2-9,9 ккал/см<sup>2</sup>), а минимальные в ноябре-декабре (-1,3 – 1,5 ккал/см<sup>2</sup>) [5].

#### **Температура воздуха**

Для температурного режима рассматриваемой территории характерны суровая продолжительная зима, сравнительно короткое, но жаркое лето, короткие переходные сезоны-весна и осень, поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткий безморозный период.

Термический режим северной и северо-восточной частей территории очень суров. Холодное Карское море, являясь источником холода летом и сильных ветров зимой, увеличивает эту суровость. Средние годовые температуры в заполярной части составляют -8°C, -11°C; на остальной части северной половины территории средние годовые температуры колеблются от -7°C до -3°C; в южной половине территории средние годовые температуры воздуха порядка 0-2°C. Наиболее теплыми являются западные районы, наиболее холодными-северо-восточные.

Наряду с низкими минимумами температуры воздуха, в зимние месяцы могут наблюдаться и довольно высокие температуры. Так, в январе почти повсеместно могут быть оттепели с максимальной температурой порядка 2-4°С тепла.

Однако оттепели зимой-явление редкое и кратковременное, особенно в северной половине территории. Период с температурой воздуха выше -5°С в Заполярье наступает в конце мая, на территории к югу от полярного круга до 60° с.ш. – в течение мая-апреля, в южных районах территории в марте-начале апреля.

В конце мая средняя суточная температура воздуха переходит через 0°С и начинается весна. На юге весенний переход через 0°С наступает в середине апреля.

Начало вегетации-переход средней температуры воздуха через 5°С - в северных районах территории происходит в начале июня, в южной половине территории- с конца апреля до 20 мая.

Конец периода вегетации осенью в Заполярье наступает в конце августа и в первой половине сентября, на территории к югу от полярного круга до 60° с.ш. – в конце сентября, южнее на остальной территории – в первой декаде октября.

Холодный период на крайнем севере Ямальского и Тазовского полуостровов начинается в конце сентября, в южном Заполярье и до 61-62° с.ш. – в первой декаде октября, в южной половине территории – во второй декаде октября.

Температурный режим летних месяцев в значительной степени определяется процессом трансформации: прогревания и насыщения влагой воздушных масс, притекающих с севера, и формирования своеобразного континентального воздуха Западной Сибири.

В теплый период года изотермы располагаются в широтном направлении и лишь в Заполярье восточные концы изотерм несколько приподняты к северу.

Средние месячные температуры июля, самого теплого месяца года, колеблются в пределах от 4°C на Крайнем Севере до 19°C на юге территории. В отдельные дни в июле-августе почти ежегодно температура воздуха может повышаться в Заполярье до 20°C, на всей остальной территории до 25-35°C. В наиболее жаркие годы летом температура воздуха может достигать 27-30°C в Заполярье и 32-42°C на всей остальной территории.

При вторжениях холодных арктических масс воздуха возможны очень резкие понижения температуры даже в июле: почти повсеместно, за исключением южных лесостепных и степных районов, до -1°C, -4°C, а в северо-западных районах -5°C, -6°C.

В южной половине территории безморозный период наступает в третьей декаде мая. Конец безморозного периода - во второй и первой декадах сентября. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 110-125 дней.

Колебания продолжительности безморозного периода, дат наступления и прекращения заморозков из года в год весьма велики [5].

### **Осадки**

Количество и распределение осадков на рассматриваемой территории определяются главным образом особенностями общей циркуляции атмосферы, в частности фронтальной деятельностью западных циклонов, наиболее развитой в средней полосе Западно – Сибирской равнины.

Увлажненность ее почти целиком зависит от количества влаги, приносимой с запада.

Вторжение арктических масс с севера и континентально-полярных с юга не встречает препятствий на обширной территории Западно – Сибирской равнины. Однако первые вообще не дают больших осадков, а вторые, хотя и дают значительные осадки, обычно ограничены сравнительно узкой фронтальной зоной и притом не очень часто повторяются.

Большая протяженность территории, простирающейся от берегов Ледовитого океана до казахских степей, наличие на западной границе Уральских гор и характерное для ее рельефа чередование низменностей с возвышенностями вносят значительное разнообразие в распределении осадков по территории.

Наибольшее годовое количество осадков выпадает в лесной зоне. Увеличение осадков в этом районе связано с наибольшим развитием циклонической деятельности.

Уменьшение осадков к северу от зоны максимальных осадков связано главным образом с малым влагосодержанием преобладающего здесь арктического воздуха, а к югу - ослаблением циклонической деятельности и повышением температуры.

Влияние Уральских гор сказывается на уменьшении осадков в западной части низменности вследствие оседания большей части океанской влаги на их западных склонах. Уменьшение влагосодержания воздушных масс под влиянием Урала наблюдается на значительной части низменности, но в таежной зоне восточной части равнины количество осадков вновь увеличивается в связи с усилением циклонической деятельности и увеличением лесистости.

Некоторую пятнистость в распределении осадков вносят различия в характере подстилающей поверхности.

Области наибольшего количества осадков приурочены к облесенным водоразделам, так как широкие плоские долины крупных рек оказывают заметное влияние в сторону уменьшения осадков.

Зимний сезон отличается относительной сухостью. Особенно мало зимних осадков выпадает на юге.

В первую половину зимы выпадает больше половины зимнего количества осадков.

По всей территории основное количество осадков выпадает с мая по октябрь, и годовая сумма осадков на 75-80% складывается из осадков теплого полугодия.

Время наступления годового максимума осадков постепенно смещается с юга на север. В степной и лесостепной зонах и в западной части лесостепной зоны он чаще всего наступает в июле, а в центральной части лесной зоны - в августе.

На островах максимум осадков наблюдается в августе.

Следует отметить значительную изменчивость годового количества осадков. Наибольшие колебания сумм осадков наблюдаются в лесной зоне. В тундре и степи эти колебания несколько меньше. Изменчивость месячных сумм осадков из года в год также довольно велика, особенно в теплый период.

Число дней с осадками для большей части территории составляет около половины всех дней в году. Наибольшее их число выпадает на те же районы, где отмечен и годовое количество осадков.

На рассматриваемой территории осадки наиболее часто выпадают в конце осени и в первую половину зимы, максимальная частота их в сентябре-октябре в северной половине территории, в ноябре-декабре в южной. Минимальное число дней с осадками на всей территории наблюдается в апреле.

### **Снежный покров**

В связи с огромной протяженностью рассматриваемой территории с юга на север снежный покров характеризуется значительной разницей дат его появления на севере и юге.

Первый снег стаивает под влиянием оттепелей и жидких осадков.

Сроки образования устойчивого снежного покрова, так же как и сроки появления его, из года в год сильно колеблются в зависимости от характера погоды, определяемой особенностями циркуляции предзимнего периода.

Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова на всей рассматриваемой территории происходит в период со второй половины ноября и до начала января, когда количество выпадающих осадков значительно за счет наибольшей повторяемости циклонической погоды.

Открытая тундра на севере и степные районы на юге территории характеризуются очень неравномерным залеганием снежного покрова. Наряду с сугробами, которые образуются в понижениях или в кустарниках и колках, здесь имеются места с очень тонким слоем снега.

Разрушение устойчивого снежного покрова в Заполярье происходит с конца мая по конец июня, в центральных районах-с конца апреля до середины мая, в южных районах- 5-15 апреля.

## 2.2. Метеорологические данные

Для анализа климата использовалась метеостанция Октябрьское (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – *Используемые метеостанции*

<i>Метеостанция</i>	<i>Код метеостанции</i>	<i>Широта</i>	<i>Долгота</i>
Октябрьское	23734	62°45'	66°05'

По данным среднемесячных значений температуры воздуха за многолетний период были построены графики (рисунок 2.1) и выделены теплый (май – сентябрь) и холодный (октябрь – апрель) периоды.

Как видно на рисунках, самыми теплыми месяцами являются июль, самым холодным – январь.

Средняя многолетняя температура самого теплого месяца составляет 16,6 °С, средняя многолетняя температура самого холодного минус 21°С.

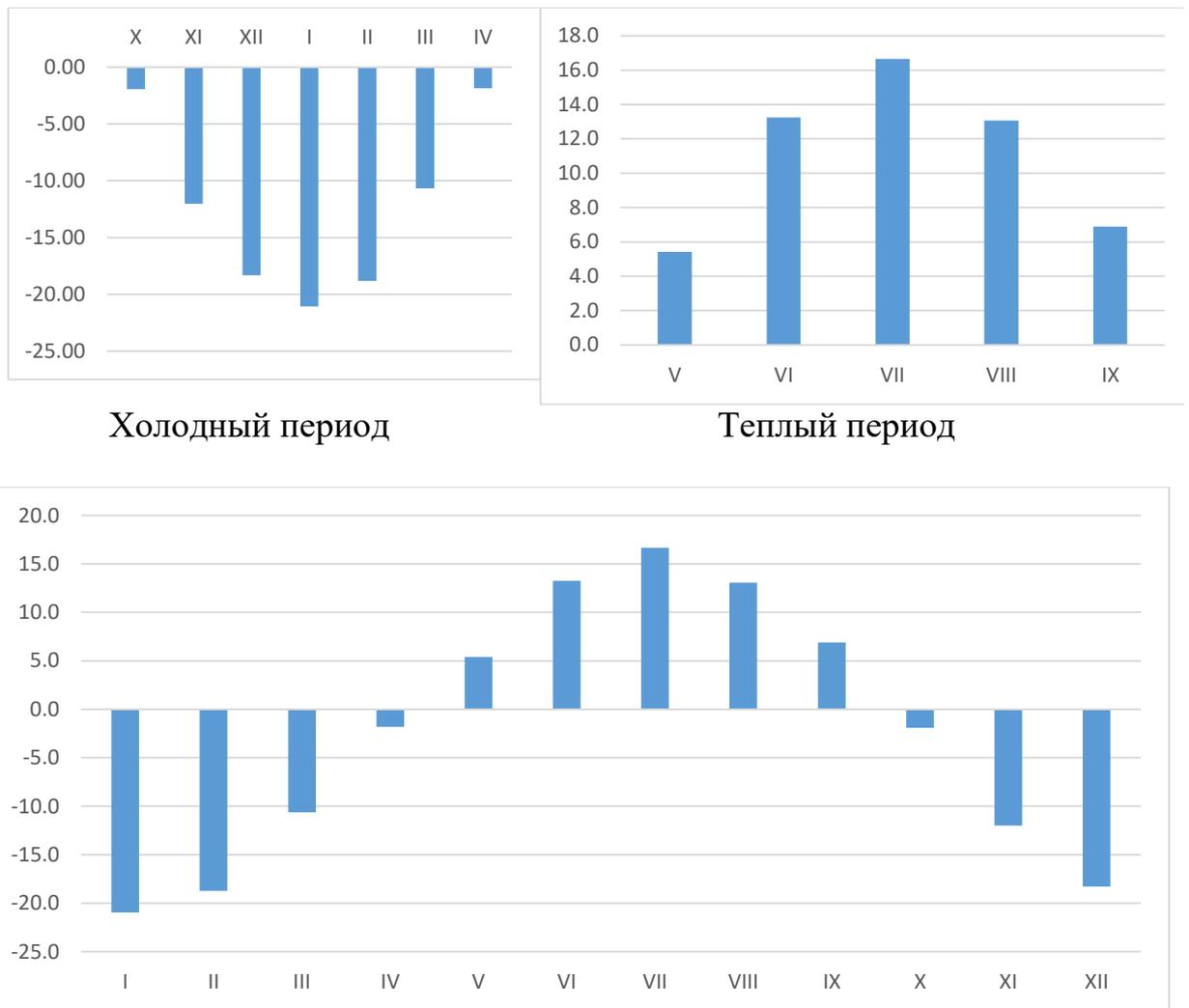


Рисунок 2.1 – Средние многолетние среднемесячные температуры воздуха.

### 2.3. Атмосферные осадки

Данные о средних суммах месячных и годовых осадков представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Месячное и годовое количество осадков, мм

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Октябрьское	34,3	26,4	30,0	39,4	48,9	68,3	75,8	86,9	61,4	58,7	45,9	36,6	612

Были построены графики средних многолетних месячных осадков за период 1966 – 2020 гг., которые показаны на рисунке 2.3. Для осадков были выделены одинаковые продолжительности теплого периода – с мая по

сентябрь, и для холодного периода – с октября по апрель. Распределение стока по периодам года показано в таблице 2.3.

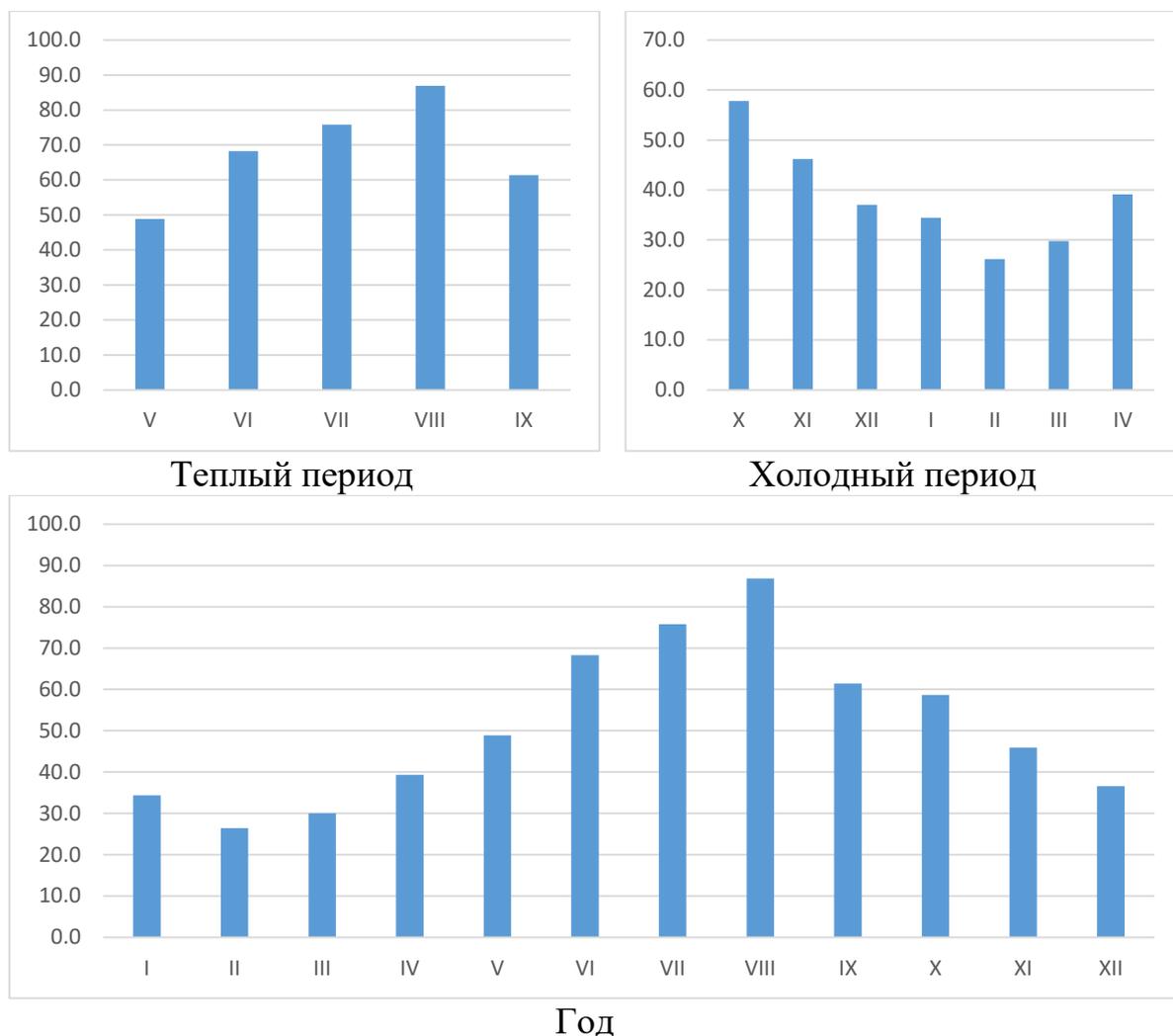


Рисунок 2.3 – Средние многолетние месячные суммы осадков.

Средняя многолетняя сумма годовых осадков – 612 мм.

За теплый период выпадает 56% годовых осадков. Максимальное количество осадков выпадает в августе (86,9 мм), минимальное в феврале (24,4 мм).

Таблица 2.3 – Средние многолетние суммы месячных осадков

Метеостанция	Сумма осадков, мм		
	год	теплый период	холодный период
Октябрьское	<u>612</u> 100%	<u>341</u> 56%	<u>271</u> 44%

## 2.4. Проверка однородности и стационарности рядов температур и осадков

По исходным рядам температуры и осадков был проведен анализ, который включал в себя следующие этапы:

1. Проверка значимости линейных трендов;
2. Выявление точки перелома с помощью суммарных интегральных и разностно-интегральных кривых.
3. Проверка рядов на однородность с использованием критериев Фишера и Стьюдента

Анализ трендов проводился по хронологическому графику среднегодовой температуры воздуха и годовых сумм осадков, а также за холодный и теплый периоды года.

Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие:

$$\frac{R}{\sigma_R} < t_{2\alpha}, \quad (2.1)$$

где  $R$  – коэффициент корреляции;  $t_{2\alpha}$  – статистика Стьюдента при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$  и числе степеней свободы  $\nu = n - 2$ , где  $n$  – длина ряда;  $\sigma_R$  – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \frac{\sqrt{1-R^2}}{\sqrt{n-2}} \quad (2.2)$$

Результаты расчетов представлены в таблицах 2.4-2.5

Таблица 2.4 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых температур воздуха (МС Октябрьское)

n	R2	R	$\sigma_R$	R/sR	t2 $\alpha$	Значимость тренда	Интенсивность тренда, °C/10 лет	Год перелома
112	0,22	0,47	0,08	5,60	1.98	Значим	0,26	1990

Таблица 2.5 – Оценка значимости линейных трендов в рядах годовых сумм осадков

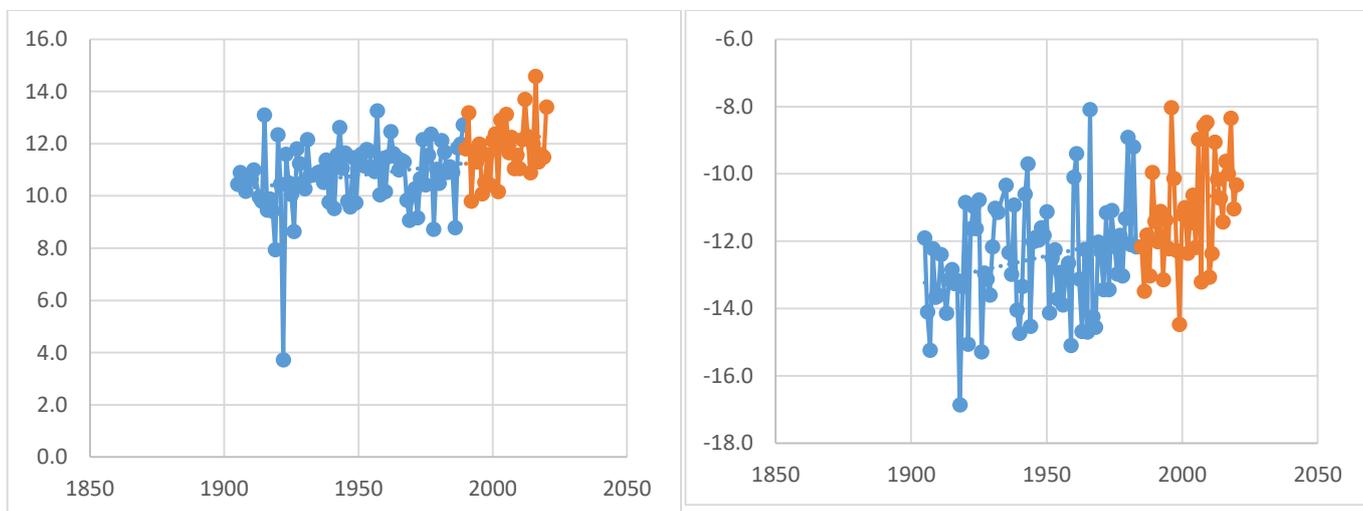
n	R2	R	$\sigma_P$	R/sR	t2a	Значимость тренда
55	0,22	0,0005	0,14	0,16	2,01	не значим

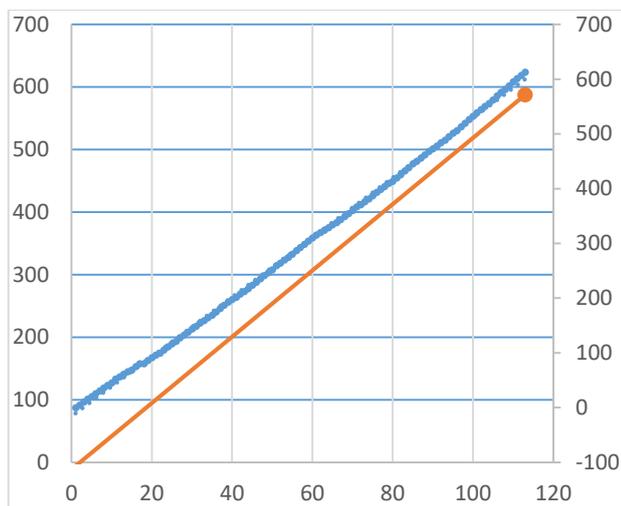
Как видно из таблиц 2.4 и 2.5, на метеорологической станции в рядах температур воздуха выявлен значимый тренд на повышение. Интенсивность тренда составила от 0,26°C за 10 лет. В тоже время в рядах годовых сумм осадков тренд отсутствует.

Для выявления точек изменения климатических условий строились суммарные кривые среднегодовых температур воздуха:

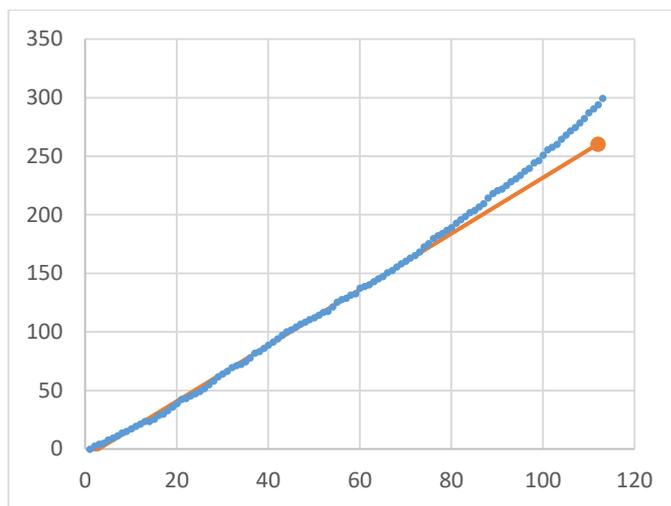
$$\sum \frac{t_i - t_{\min}}{\sigma_t} = f(T), \quad (2.3)$$

где  $t_i$  – среднегодовая температура в  $i$ -том году;  $t_{\min}$  – минимальная среднегодовая температура;  $\sigma_t$  – среднеквадратическое отклонение для ряда температур;  $T$  – время (Рисунок 2.4).





Теплый период



Холодный период

Рисунок 2.4 – Хронологические графики и суммарные кривые среднегодовых температур воздуха за теплый и холодный периоды по МС Октябрьское

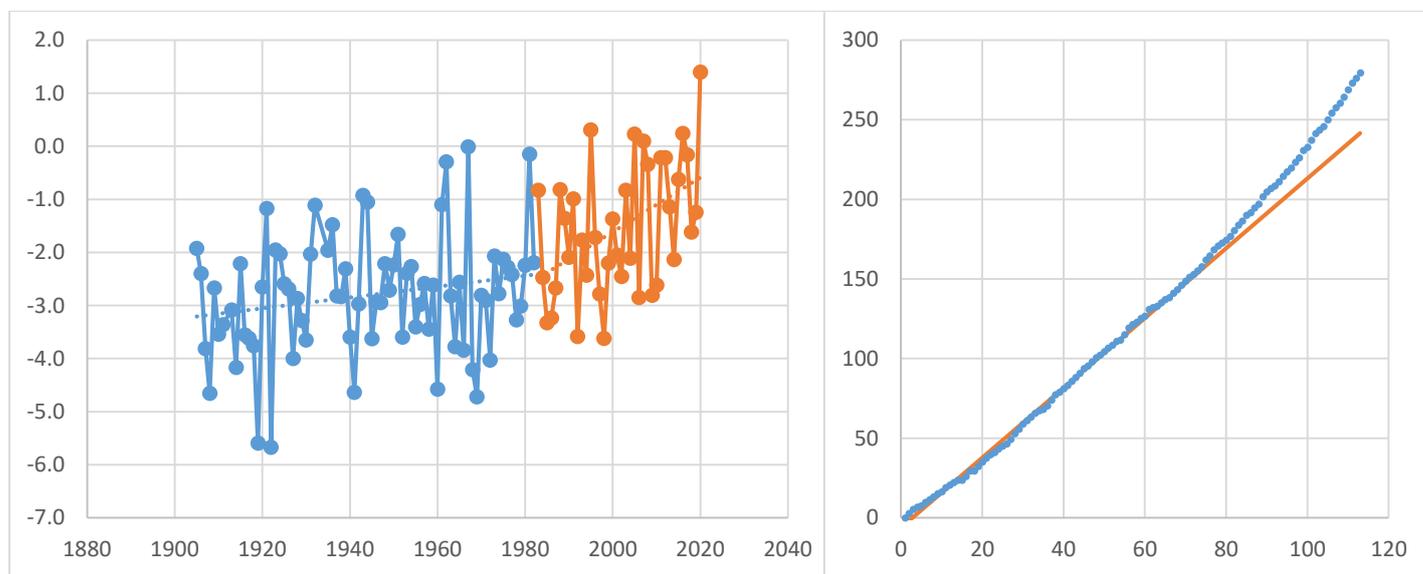


Рисунок 2.5 – Хронологические графики и суммарные кривые многолетних среднегодовых температур воздуха по МС Октябрьское

Как видно из таблицы 2.4 и рисунков 2.4, 2.5 – точка перелома на суммарных кривых годовых температур приходится на период с 1982 по 1989 гг.

Было проведено сравнение средней температуры воздуха за период с начала наблюдений по 1989 год и за период с 1990 по 2020 год. Сравнение выполнено для среднегодовых температур воздуха и средних температур за теплый и холодный периоды. Результаты представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Средняя многолетняя температура воздуха за год, холодный и теплый периоды, °С для двух интервалов осреднения

<i>Период</i>	<i>Интервал осреднения</i>	<i>МС Октябрьское</i>
Год	1959-1989	-2,5
	1990-2020	-1,4
	приращение	+1,1
Теплый период (V-IX)	1959-1989	11,0
	1990-2020	11,8
	приращение	+0,8
Холодный период (X-IV)	1959-1989	-12,5
	1990-2020	-10,8
	приращение	+1,7

Таким образом, среднегодовая температура воздуха за последние 30 лет превысила среднегодовую температуру воздуха за предшествующий период на 1,1°С. При этом наиболее существенное повышение температуры наблюдается в холодный период года (на 1,7 °С).

Проверка на однородность проводилась с использованием критериев Фишера и Стьюдента. При проверке однородности за точку перелома принимался 1990 год. Сравнивались ряды температуры за период с начала наблюдений до 1989 года и ряды за период с 1990 по 2020 г. Ряды осадков имели периоды с начала наблюдений до 1989 года и с 1990 по 2015 гг. Проверка проводилась для года, теплого и холодного периодов. Результаты проверки представлены в таблицах 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7 – Проверка рядов температуры воздуха на однородность при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$

<i>Метеостанция</i>	<i>Критерий Стьюдента</i>			<i>Критерий Фишера</i>		
	<i>t*</i>	<i>t<sub>2α</sub></i>	<i>Значимость</i>	<i>F*</i>	<i>F<sub>2α</sub></i>	<i>Значимость</i>
За год						
Октябрьское	3,43	2,00	опровергается	1,01	1,28	не опровергается
За теплый период						
Октябрьское	3,01	2,00	опровергается	1,06	1,28	не опровергается
За холодный период						
Октябрьское	2,84	2,00	опровергается	1,21	1,29	не опровергается

Таблица 2.8 – Проверка рядов суммарных осадков на однородность при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$

<i>Метеостанция</i>	<i>Критерий Стьюдента</i>			<i>Критерий Фишера</i>		
	$t^*$	$t_{2\alpha}$	<i>Значимость</i>	$F^*$	$F_{2\alpha}$	<i>Значимость</i>
За год						
Октябрьское	0,22	2,01	не опровергается	0,47	0,76	не опровергается
За теплый период						
Октябрьское	0,29	2,01	не опровергается	0,62	1,32	не опровергается
За холодный период						
Октябрьское	1,21	2,01	не опровергается	0,63	0,76	не опровергается

### **3. ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

#### ***Опасные гидрологические явления***

##### **Дождевые паводки**

«Вытянутость рассматриваемой территории от степей на юге до тундры на севере накладывает определенный отпечаток на характер прохождения дождевых паводков на реках.

В степной и лесостепной зонах дождевые паводки наблюдаются не ежегодно и они меньше весенних половодий. В дождливые годы число их достигает 2-3, а в сухие годы они отсутствуют. Объем суммарного стока наибольших дождевых паводков составляет 2-30%, в отдельные годы – до 60% объёма весеннего стока. Максимальные расходы дождевых паводков составляют 3-25% и только в исключительных случаях достигают 80% величины весенних максимумов.

В таежной зоне дождевые паводки наблюдаются почти ежегодно. Объем суммарного стока наибольших дождевых паводков составляет 5-40%, в отдельные годы – до 73% объема весеннего стока.

Для всех рек равнинной части территории характерны одновершинные паводки, для рек же, стекающих с восточных склонов Уральских гор, многовершинные».

##### ***Сток наносов***

##### **Условия эрозии**

«По характеру эрозионных условий рассматриваемую территорию можно разделить на два района.

Первый район, простирающийся от тундры на севере и до лесостепи на юге, занят низменностями с исключительно ровным рельефом и малыми абсолютными высотами(40-100м), обилием озер и болот, занимающих не только понижения рельефа, но и плоские междуречные пространства.

Обилие болот, озер и малые уклоны водосборов, несмотря на значительные модули годового стока (6-30 л/сек.км<sup>2</sup>), препятствуют развитию склоновой эрозии.

Второй район занимает лесостепную и степную зоны территории. Почвенный покров этого района представлен сложными комплексами и сочетаниями черноземных, солонцовых луговых почв.

Интенсивному развитию водной эрозии в этих районах препятствует плоский характер рельефа и обилие бессточных понижений.

В степи и южной лесостепи развита ветровая эрозия. Этому способствует значительная распаханность больших черноземных массивов, континентальный климат с повторяющимися засушливыми весенними периодами и значительной силы ветрами при большой испаряемости».

### **Распределение мутности по территории**

«Средняя мутность воды рек по рассматриваемой территории изменяется в небольших пределах – от 18 до 100 г/м. При картировании выделены четыре зоны мутности: менее 25, 25-50, 50-100 И 100-200 Г/МЗ.

Первая зона мутности занимает обширные районы тундры и северной тайги с таежными подзолистыми и болотными почвами, где эрозионные процессы развиты только в руслах рек.

Ко второй зоне можно отнести водосборы рек средней тайги. В этой зоне, наряду со значительными еще проявлениями процессов заболачивания почв, усиливается процесс оподзоливания и задернованности. Эрозионные процессы, как и в первой зоне, развиты только в руслах рек.

Третья зона мутности занимает водосборы рек зоны подтайги и лесостепи. Почвенный покров зоны многокомплексный. Основу его составляют серые лесные почвы в сочетании с дерново-подзолистыми почвами и оподзоленными черноземами в основном на приречных территориях.

К четвертой зоне мутности относятся лесостепная и степная часть территории. Здесь большие реки, протекая по засушливым степным и лесостепным районам, почти не принимают притоков».

### **Режим мутности воды и расходов взвешенных наносов**

«В течение года мутность воды в реках распределяется неравномерно.

Наименьшие значения мутности приходятся на зимний период, когда поверхностный смыв почвы отсутствует. Увеличение мутности наблюдается в период прохождения половодья, с момента поступления в русла продуктов смыва с водосборов и резкого увеличения русловой эрозии.

Внутригодовое распределение стока наносов аналогично распределению мутности внутри года.

Наибольшие средние месячные расходы наносов наблюдаются весной. Иногда в течение одного весеннего месяца может пройти 77-92% годового стока.

Сток наносов малых рек третьей зоны формируется и проходит в основном в период весеннего половодья.

На реках тайги и тундры сток наносов в течение года распределяется более равномерно».

#### **Состав взвешенных, влекомых наносов и донных отложений**

«В составе взвешенных наносов в течение всего года преобладают пыль и ил с примесью песка. Влекомые наносы всех фаз режима состоят из песка (80-90%) с примесью пыли (6-16%) и небольшим количеством гравия (1,5-4%), хотя в период спада половодья незначительно возрастает количество гравия (с 2,5 до 4%) и начиная со спада половодья ощутимо растет содержание крупного песка, достигая в период зимней межени 50%.

В донных отложениях во всех фазах преобладает песок (78-90%) с примесью гравия (3-15%) и пыли (5-7%).

Отложения северных рек, протекающих по заболоченной и залесенной территории, состоят из песка (75-98%) с небольшим содержанием пылевидно-илистых фракций (2-10%)».

#### **Критические уровни воды и наводнения**

«В теплый период года водность рек резко изменяется. В отдельные годы могут наблюдаться низкие меженные или очень высокие паводочные уровни. При достижении уровнями определенных отметок происходит нарушение условий хозяйственного использования водных и земельных

ресурсов. При очень низких уровнях прекращается судоходство, сплав леса, затрудняется забор воды на водоснабжение. При высоких уровнях нередко возникают наводнения, сопровождающиеся временным затоплением городов и селений, промышленных предприятий территорий добычи нефти и газа, сельскохозяйственных угодий.

Причинами наводнения являются интенсивные подъемы воды во время половодья, часто они связаны с заторами льда, иногда с зажорами, реже с дождевыми паводками.

При очень высоких уровнях затопляются не только поймы, но и долины рек.

При низких уровнях воды сильно сокращается, иногда и совсем прекращается, судоходство, и лесосплав на реках, затрудняется забор воды на водоснабжение и орошение земель».

### ***Ледовый режим***

Сухопутная область Арктической зоны России охватывает земли и острова, находящиеся в Северном Ледовитом океане, а также ряд прибрежных административных образований. Граница обуславливается законодательно (Президентским указом от 2 мая 2014 г, последние изменения – 27. 2017 г. ) Существуют и географические подходы к выделению Арктического региона. Например, использование в качестве южной границы линии Полярного круга ( $66^{\circ}33'c.$  ) или июльской изотермы  $10^{\circ} C$  . Самая южная точка Арктической зоны расположена в бассейне р. Енисей (около  $60^{\circ}c.$  ), восточнее граница уходит к северу и районы с наиболее низкими температурами воздуха, в том числе г. Оймякон, в Арктическую зону не попадают. ключевые реки исследуемой территории причисляются к бассейну Северного Ледовитого океана. Продолжительность периода с отрицательными температурами воздуха составляет в среднем для европейского сектора – 200–230 сут. , для азиатской части территории и низовьев р. Печоры – 240 сут. и более. Средняя продолжительность периода с ледовыми явлениями – от 180 сут. для рек

Карелии до 260 сут. для рек северо-востока и п-ва Таймыр. Реки характеризуются устойчивым ледоставом, исключения составляют порожистые участки и истоки из крупных озер. Ледостав также не наблюдается на участках сброса промышленных сточных вод, ниже плотин ГЭС . Со сроками и продолжительностью ледовых явлений на реках Арктической зоны связаны многие виды хозяйственной деятельности (судоходство, строительство ледовых переправ, эксплуатация различных гидротехнических сооружений). Реки региона – важные транспортные артерии и продолжительность летней навигации здесь существенно ограничена, в том числе из-за непродолжительного безледного периода. На сегодняшний день в низовьях арктических рек функционируют следующие морские порты: Онега (р. Онега), Архангельск (р. Северная Двина), Мезень (р. Мезень), НарьянМар (р. Печора), Дудинка (р. Енисей) и Хатанга (р. Зимняя навигация осуществляется в портах Архангельск и Дудинка. По основным судоходным рекам ежегодно осуществляется арктический завоз грузов, прежде всего топлива. В период ледостава реки используются для сооружения ледовых переправ. Ледовыми явлениями на реках исследуемой территории нередко обусловлены опасные гидрологические процессы: заторные и зажорные наводнения, повреждения гидротехнических сооружений и флота в момент весеннего ледохода. К началу XX в. об устьях и гидрологическом режиме основных арктических рек имелись лишь общие сведения, преимущественно описательного характера. В 1932 г. впервые путь от г. Архангельск до Берингова пролива был преодолен в одну навигацию, а в декабре того же года создано Главное управление Северного морского пути (ГУ СМП) . В период до 1964 г. Арктический институт являлся подведомственной организацией ГУ СМП и его основная деятельность была направлена на научно-оперативное обеспечение судоходства по Северному морскому пути . В 1943 г. на базе морского отдела ГГИ (Государственного гидрологического института) и морского сектора ЦИП (Центрального института прогнозов) создан Государственный океанографический институт

(ГОИН), в задачи которого также входили работы в низовьях и на устьевых участках рек. В данной статье представлены основные этапы развития исследований ледового режима рек Арктической зоны в XX в. и перспективные направления последних лет. Сведения об ключевых теоретических ледовых исследованиях, а также обобщений для всей территории страны упомянуты кратко для создания общей картины. коренной упор сделан на особенности формирования ледовых исследований в труднодоступных арктических регионах в условиях сурового климата и ограниченного доступа к гидрометеорологической информации.

#### Исследования ледового режима рек Арктики в XX в формирование системы наблюдений на реках

Систематические наблюдения над уровнем и ледовыми явлениями на реках исследуемой территории начаты с конца XIX в. в низовьях р. Северная Двина (в этот период открыты посты Усть-Пинега, Холмогоры и Соломбала). С 1916 г. в устьевой области Северной Двины проводились регулярные ледемерные съемки для обеспечения работы ледовых переправ г. Важными для понимания особенностей ледового режима низовьев рек европейского севера в начале XX в. стали специализированные исследования и портовые изыскания Севпортгиза (Северная Двина, Мезень и Печора). В программе работ было изучение ледового режима устьевых участков, а также исследование воздействия льда на портовые сооружения. В период 1934-1938 гг. в устье р. Северная Двина по инициативе Марютина Т. действовала первая специализированная устьевая станция. В 1956 г. специализированные наблюдения были возобновлены под научным руководством ГОИН . Печорская устьевая станция открыта несколько позже – в 1968 г. усиленное изучение гидрологического режима рек азиатского сектора Арктической зоны началось в 1930-х гг. XX в. , главным образом для обеспечения запросов развивающегося в Арктике судоходства. В эти годы в низовьях арктических рек Сибири работали многочисленные экспедиции Арктического института, открывались новые полярные станции и гидрологические посты. К концу

1930-х гг. в сборниках «Труды Арктического института» опубликованы первые обобщения сведений о ледовом режиме рек Пясины (1936), Анабар (1937), Лена, Эбетем, Индигирка, Хатанга, Енисей, Колыма (1938) и Обь (1939). С 1958 г. в низовьях и устьях судоходных сибирских рек ледовые авиаразведки, проводившиеся и ранее, стали ежегодными. Обследования велись как силами ААНИИ, так и региональными У ГМС (Северное, Якутское, Колымское и другими). Ледовые разведки обеспечивали оперативной информацией порты, пункты отстоя судов, прогностические центры. При облетах составлялись ледовые карты, рекомендации о маршрутах следования судов, работе ледоколов, фиксировалась также информация об образовании заторов и затоплении населенных пунктов. Составление различных наглядных интерпретаций данных ледовых разведок («режимных графиков»), позволяли в дальнейшем анализировать пространственно-временные характеристики ледовых процессов. В освещены вопросы планирования и организации авиаобследований ледяного покрова рек. В качестве оптимальной частоты полетов предлагалось принимать величину, равную  $0,674 \sigma$  (т. допустимую ошибку долгосрочного прогноза сроков ледовых явлений по опорным пунктам). В 1970-е гг. к визуальным наблюдениям добавилась аэротермосъемка воды, инструментальное измерение толщины льда с самолета, а также использование в условиях плохой видимости системы «Торос», работа которой основана на принципе активной радиолокации. Съемка ИК-аппаратурой позволила выделять границу вода-лед, фиксировать трещины, различать льды разных типов.

#### Региональные обобщения о ледовом режиме рек

Первые географические обобщения сведений о сроках ледовых явлений на реках составлены Рыкачевым М. в 1886 г. и затем уточнены Шостаковичем В. в 1906 г. В 1939 г. опубликована статья Давыдова Л. «Вскрытие рек арктической и субарктической зоны СССР», в которой обобщены сведения по 48 створам, расположенным на сибирских реках севернее  $60^{\circ}\text{с}$ . К 1960-70-х гг. благодаря накопленным экспедиционным материалам, данным наблюдений на

гидрологических постах, результатам ледовых авиаразведок опубликован ряд работ, содержащих подробную характеристику ледового режима отдельных регионов. В конце 1960-х гг. были обобщены сведения о заторах льда на реках. Результатом стал «Каталог заторных и зажорных участков рек СССР», изданный в 2-х томах в 1976 г. В монографии заторообразованию и опыту борьбы с заторами посвящен отдельный раздел, показаны положительные результаты ежегодных ледокольных работ в устьевой области р. Северная Двина, проводимых с 1915 г. Приведены аргументы в пользу разработок методов создания искусственных заторов, образование коих не только понижает вероятность заторообразования на нижележащем участке, но также увеличивает урожайность на заливных лугах, за счет осадения наносов на пойме позволяет уменьшить объемы землечерпаний в русле. значительным направлением исследований ледового режима рек в ААНИИ было создание различных классификаций и типизаций наблюдаемых на реках процессов, а также районировании рек и территорий по характерным особенностям водного и ледового режима. По данным ледовых авиаразведок было выделено 3 типа вскрытия для речных участков и 2 – для устьевых. Согласно к первому типу причисляются участки рек с ярко выраженным динамическим характером вскрытия (низовья рр. Енисей, Лена, Яна и Колыма). Для вскрытия 1 типа характерно ежегодное формирование заторов льда, места образования заторов постоянны. В период подвижек и ледохода по берегам образуются навалы льда значительной высоты. Второй тип вскрытия характерен для извилистых участков рек, а также для участков с большим числом разветвлений. Весенний ледоход на таких участках проходит с остановками, образованием «ледовых перемычек» и кратковременных повышений уровня воды. данный тип вскрытия присущ для рр. Пур, Надым, Хатанга и других. Образующиеся на таких реках заторы хотя и не вызывают внушительных подъемов уровня воды, но из-за развитых пойм нередко приводят к затоплению территории. Третий тип вскрытия характерен для равнинных малых рек Арктической зоны, для промерзающих участков рек, а также для

тех участков, где к началу весеннего половодья льда в русле практически не остается (р. Хета, верховья р. Пясины, низовья р. Весенний ледоход в целом проходит спокойно, образующиеся скопления льда в излучинах и у островов обычно не вызывают подъемов уровня воды. В весенний период река представляет собой чередование участков с неподвижным льдом, спокойным местным ледоходом и чистой водой. Тип вскрытия устьев обуславливается критериями прохождения весеннего ледохода выше по течению. При динамическом типе вскрытия (рр. Енисей, Лена и Колыма) транзитный лед проникает по рукавам дельты, взламывая ледяной покров. Согласно данным авиаразведок выноса речного льда по протокам дельт сибирских рек не наблюдается. В припае устьевого взморья по стрелю образуются языки вытаивания. Вскрытие устьевых участков по 2-му типу происходит без участия транзитного речного льда (рр. Обь, Таз, Надым, Пясины и Хатанга). Вдобавок были выделены типы осеннего ледообразования. Замерзание устьевых участков обоих типов начинается с приустьевого взморья. Замерзание 1 типа сопровождается продолжительным дрейфом льда (устьевые участки Оби, Енисея, Хатанги, Анабара). При замерзании 2 того формирование припая происходит в очень короткий срок и через 1–2 месяца мелководья промерзают до дна (устьевые участки Пясины, Оленька, Яны, Индигирки, Алазеи, Колымы).

Формирование способов прогноза элементов ледового режима рек.

Регулярный выпуск прогнозов сроков ледовых явлений на реках Арктики начат в 1940-х гг. В 1940 г. в Арктическом институте выпущен первый прогноз сроков вскрытия, а затем и сроков замерзания для р. Енисей на участке от Игарки до устья. В основе прогноза сроков вскрытия применялся расчет времени добегающей волны половодья от г. Красноярск к нижнему течению. С 1942 г. для рек европейской территории в ГГИ, а затем в ЦИП также начат регулярный выпуск долгосрочных прогнозов. Основу речных ледовых прогнозов заложил Брегман Г., предложивший в 1935 г. употреблять температуру поверхности океана в качестве предиктора. Несколько позже им

же было предложено выявлять прогностические зависимости для однородных территорий европейской части страны (гидрологических районов) . В задачи Арктического института входил выпуск ледовых прогнозов для низовий судоходных рек Сибири. Районированию территории уделялось много внимания. Составление прогнозов для районов с синфазными колебаниями сроков ледовых явлений уменьшало объем вычислений, а также позволяло давать прогноз для участков рек, не охваченных наблюдениями. В ААНИИ выпускались фоновые прогнозы (с заблаговременностью 5–7 месяцев) и основные (с заблаговременностью 2–4 месяца). При проведении ледовых авиаразведок гидрологи на месте уточняли долгосрочные и составляли краткосрочные прогнозы сроков ледовых явлений. Кроме того, давались рекомендации о возможности продления периода навигации и проведения ледокольных работ, выборе мест отстоя судов. Эмпирические методики прогноза сроков ледовых явлений в низовьях сибирских рек разрабатывались Бурдыкиной А. начиная с 1945 г. В качестве предикторов для конкретных пунктов подбирались метеорологические и гидрологические характеристики (аномалии давления и температуры, ледовитость принимающего моря, преобладающие ветра в конкретный месяц и другие). В дальнейшем многими исследователями указывалось, что подобные методики требуют крупного числа предикторов при малой продолжительности рядов фактического материала. Кроме того, отмечалась субъективность похожих методик, оправдываемость прогноза при этом зависела от опыта прогнозиста, знания объекта и наличия научной интуиции . В 1950-х гг. Антоновым В. было предложено для составления долгосрочного прогноза (фоновое и основное) использовать графическую экстраполяцию сглаженных по 3-летиям рядов сроков ледовых явлений и сопоставление их с типами атмосферной циркуляции по Вангенгейму Г. Например, для рек Хатанга и Хета применялись связи с меридиональным типом циркуляции за октябрь. В дальнейшем методика была усовершенствована за счет уточнения предикторов для отдельных бассейнов. Согласно обеспеченность фоновых

прогнозов методом графической экстраполяции составляла в среднем 75%. В 1970-1980-е гг. активно внедрялись статистические методы, включающие выделение значимых полей метеорологических элементов, разложения их по естественным ортогональным составляющим и использование коэффициентов разложения в качестве предикторов в прогностических зависимостях. В дальнейшем эти методы вошли в Руководство по гидрологическим прогнозам, выпуск 3 «Прогнозы ледовых явлений на реках и водохранилищах». Согласно оправдываемость долгосрочных ледовых прогнозов, разработанных в Гидрометцентре в конце XX в. составляла 75–77%. В середине XX в. были предложены методы расчета элементов ледового режима для составления краткосрочных прогнозов на реках и водохранилищах: расчет охлаждения воды и появления плавучего льда (Шуляковский Л. , 1960, 1969), начала ледостава (Шуляковский Л. , 1967), стока шуги и льда в период замерзания (Нежиховский Р. , 1963), потери толщины и прочности ледяного покрова, а также сроков вскрытия (Булатов С. , 1970 и 1972). В 1970-х гг. для устьевых взморий сибирских рек стали применяться теплобалансовые расчеты элементов ледового режима. Были изобретены методики расчета формирования устьевых полыней в Обской губе и Енисейском заливе, краткосрочные методики прогноза сроков вскрытия устьевых областей Оби, Надыма, Пура, Таза и Енисея. формированию этих способов содействовали материалы ледовых авиаразведок, авиатермосъемка и авиаатинометрия, содержащие информацию в том числе о распределении температуры воды по акватории, отражательной способности снеголедяного покрова и толщине льда. Расчеты Налимова Ю. на основе решения уравнений теплового баланса позволили установить вклад гидрометеорологических элементов в процессы ледообразования, нарастания льда и разрушения льда на устьевых взморьях. Например, для устьевого взморья Енисея разрушение льда на участке от морского края дельты до м. Сопочная Карга происходит практически на 100 % за счет тепла речных вод, а на участке от м. Сопочная Карга до м. Лескин роль стока рек снижается до 60 % и возрастает доля

радиационно-тепловых факторов. Для Оби на долю речных вод на морском крае дельты приходится 85% от общего количества тепла, необходимого для стаивания льда, на траверзе бух. Новый Порт – 60%, на траверзе м. Каменный – 30 % .

Анализ антропогенного влияния на ледовый режим рек.

Во второй половине XX в. в связи с ростом объемов гидротехнического сооружения и проектирования в Арктической зоне возник вопрос об оценке изменений ледового режима рек при вводе в эксплуатацию ГЭС, изъятии стока и других видах антропогенного воздействия. Среди крупных проектов, которые могли оказать значительное влияние на гидрологический режим Арктики – каскад водохранилищ на р. Енисей, Нижне-Ленская ГЭС на р. Лена, территориальное переназначение водных ресурсов и связанное с ним изъятие части стока рек бассейнов Оби, Печоры, Северной Двины и Онеги, отделение дамбой части Онежского залива и другие. Существовавшие к тому времени обобщения сведений о ледовом режиме и роли теплового стока в формировании элементов ледового режима рек и морей позволили сделать выводы и провести оценки последствий вышеизложенных антропогенных вмешательств. В работах Антонова В. [3, 4] рассмотрены возможные последствия строительства крупных водохранилищ в низовьях рек, протекающих в суровых климатических условиях (на примере каскада водохранилищ на р. Енисей и Нижне-Ленской ГЭС на р. По мнению Антонова В. ввод в эксплуатацию перечисленных гидротехнических сооружений приведет к трудным изменениям внутригодового распределения теплового стока и ледового режима рек и принимающих морей. На акватории водохранилищ ледостав будет устанавливаться раньше естественных сроков (для Игарского водохранилища, например, поправка сроков ледостава может составить 15 сут. Развитие полыней в нижнем бьефе улучшит судоходные условия на некотором участке, но также, являясь «фабриками шуги» будет способствовать формированию зажоров, выходу воды на лед и формированию речных наледей, из-за которых, например, судоходство по отдельным рукавам

дельты р. Лена станет невозможным. Рост зимних расходов воды приведет к формированию больших объемов пресного льда в Карском море и протоках Ленской дельты. Ожидается снижение расходов воды в период половодья, особенно в годы заполнения мертвого объема проектируемого каскада, а также уменьшение температуры воды в этот период и растягивания периода очищения ото льда, т.к. значительная часть тепла речных вод будет расходоваться на разрушение колоссальных объемов ледового материала, образующегося на акватории вновь созданных водохранилищ. В расчетах изменений ледового режима рек при межбассейновых перебросках стока использовались зависимости характеристик ледовых процессов от тепловых и гидравлических факторов. Общие выводы о возможных последствиях изъятия стока у разных авторов сходятся: изменение положения зоны наибольшей толщины льда, сокращение зон вытаявания на устьевых взморьях, изменение мест образования заторов и зажоров, более позднее очищение ото льда устьевых областей весной. Согласно при изъятии части речного стока ограничение теплового стока р. Обь составит 10–28% (при различных объемах изъятия), р. Северная Двина – 3–18%; ожидаемое смещение сроков ледообразования в сторону более ранних и сроков вскрытия в сторону более поздних составит до 10 сут. При изъятии части стока р. Печора в работе указано, что зона наибольшей толщины льда сместится к устью Большой Печоры, увеличится период подготовки ледяного покрова к вскрытию, ожидается уменьшение наибольшей ледоходных уровней воды. В работе возможные изменения ледовых условий в устьевой области р. Обь рассчитаны методом теплового баланса. Согласно упомянутой публикации при изъятии 60 км<sup>3</sup> стока в год в годы средней водности продолжительность периода ледостава возрастет в районе г. Салехард на 9 сут., у м. Каменный – на 3 сут. Следует отметить, что разработанные методы и проведенные оценки актуальны и сегодня, но не в связи с переброской стока, а с ожидаемыми климатическими изменениями, и вслед за ними переменами режима рек, внутригодового распределения стока воды и тепла.

Ключевые направления нынешних ледовых исследований.

Сегодняшнее состояние системы наблюдений, расчетов и прогнозов.

После 1980-х гг. началось резкое ограничение сети гидрологических постов в нашей стране. Согласно количеству речных постов уменьшилось на 43%, устьевых – на 48%; по состоянию на 1 января 2018 г. фактически действующих постов на реках в пределах Арктической зоны – 174, из них 58 устьевых. В сложившихся условиях встает вопрос об оптимизации имеющейся сети, разработки научно-обоснованных рекомендаций по восстановлению прежде закрытых и законсервированных постов. Похожие работы проведены, например, для Енисейской и Обско-Тазовской устьевых областей. В тоже время продолжают эволюционировать технологии дистанционных наблюдений за ледяным покровом. Радиолокационные методы измерения толщины льда, разработанные ранее, в настоящий момент используются как в России, так и за рубежом. формируются методы, позволяющие дистанционно фиксировать ледовые явления на реках: появление льда и шуги, установление ледостава, начало весеннего или зимнего ледохода. Например, комплекс SW IP (Shallow Water Ice Profiler) компании ASL Environmental Sciences включает акустический датчик, датчик давления и температуры, позволяет получать информацию в режиме реального времени на водных объектах, глубиной до 10 м. Комплекс впервые опробован в полевых условиях зимой 2004–2005 гг. на р. Пис (the Peace River) в Канаде. Использование данных космических снимков для получения информации о ледяном покрове на реках начато в 1970-х гг. с запуском спутника Landsat 1 (в 1975-1977 составлены карты вскрытия р. Для низовий арктических рек России в связи с прекращением в 1992 г. регулярных ледовых авиаразведок карты ледовой обстановки в устьевых областях крупных сибирских рек составляются по данным радиометров MODIS (спутники Terra и Aqua) и AVHRR (спутники NOAA). В работе показана возможность по ежедневным данным MODIS и AVHRR получать постоянную по длине крупных арктических рек (Лена, Обь, Енисей и Маккензи) информацию о сроках вскрытия, используя сочетание видимых и

ближнего ИК каналов с пространственным разрешением до 1 км. приобретенные подобным образом данные коррелируются с данными наблюдений на гидрологических постах. В 2016 г. представлен автоматизированный алгоритм, позволяющий фиксировать сроки вскрытия рек по сегментам, длиной 10 км . В исследованиях ледового режима рек используются также данные радиолокационных космических снимков (TerraSAR-X, ALOS/PALSAR L-диапазона, RADARSAT, ENVISAT, Sentinel-1 C-диапазона длин волн и другие). аналогичная съемка разрешает получать информацию вне зависимости от освещения и облачности, что крайне важно для исследований рек Арктики. В основе современных способов обработки лежит мировой опыт использования радиолокаторов при авиаобследованиях. Радиолокационные изображения (РЛИ) поверхности ледяного покрова классифицируют в зависимости от шероховатости (наличия и размеров торосов) и влажности, выделяют участки открытой воды и трещины. На сегодняшний день особенно многообещающим представляется применение РЛИ спутников Sentinel 1, первый из которых выведен на орбиту 3. 2014 г. Периодичность съемки для большей части Арктической зоны России составляет 12 сут. , при доступности данных обоих спутников (1A и 1B) – 6 сут. (например, низовье р. В целях получения оперативной информации совместно используют данных нескольких спутников. В рамках проекта IceFRONT для целей оперативного мониторинга замерзания анализируются снимки MODIS, Landsat-8, RADARSAT-2 и TERRASAR-X . В 2009 г. ИТЦ «СКАНЭКС» совместно с несколькими региональными управлениями Росгидромета была апробирована технология оперативного многоспутникового мониторинга ScanNet. В рамках проекта «Половодье» использовались радиолокационные снимки RADARSAT-1 и ENVISAT-1, оптические снимки EROS A/B и SPOT 4 . Зимний режим устьев арктических рек до сих пор остается слабо изученным. Данные наземных экспедиционных исследований по-прежнему востребованы. С 1998 г. проводятся комплексные изучения в дельте р. Лена в рамках российско-германского сотрудничества, с

2012 г. благодаря открытию новой станции появилась вероятность делать работы и в зимний период. Анализ и обобщение новых экспедиционных материалов с привлечением архивов сетевых наблюдений и результатов предшествующих исследований разрешает получать комплексную картину взаимодействия элементов ледового режима, стока воды, тепла и наносов, режима уровней воды. Например, в работе собраны сведения о ледовом режиме устьев рр. Онега, Северная Двина, Мезень и Кулой. Не теряют актуальности исследования опасных ледовых явлений и процессов, районирование территорий по набору ледовых ограничений водопользования. Как уже отмечалось выше, заторы на реках Арктики образуются ежегодно и в пределах населенных пунктах нередко остается опасность формирования заторных наводнений и затопления территории. Для европейского сектора заторы опасны в низовьях рр. Северная Двина и Печора, где расположены города Архангельск и Нарьян-Мар. В дельте р. Северная Двина заторный подъем уровня воды может составлять 1,5–2,5 м, в дельте Печоры – 2,2–3,5 м. Наиболее мощные заторы образуются при блокировке нескольких рукавов массивами льда. Для региональных оценок ледовой опасности рек Арктической зоны по данным гидрологических постов предлагается использовать следующие характеристики: продолжительность физической навигации, изменчивость периода замерзания и очищения от льда, повторяемость лет, когда максимальный годовой уровень воды сопровождается ледовыми явлениями. Продолжается работа по усовершенствованию методик ледовых прогнозов. Для устьевой области р. Енисей для весенних сроков ледовых явлений в качестве предикторов используются даты характерных изменений температуры воздуха, повторяемость синоптических процессов над Атлантикой и Евразией, а также сроки вскрытия на верхних створах, что позволяет составлять прогнозы с заблаговременностью от 3 до 110 суток. В прогнозах уровней и сроков наступления заторов льда несмотря на доступность продолжительных рядов наблюдений использование эмпирических зависимостей весьма ограничено и

часто не обеспечивает достаточной оправдываемости прогнозов. В многочисленных публикациях последних лет предлагается использовать soft computing методы: искусственные нейронные сети, Fuzzy Logic и др. В расчетах гидрологических процессов в устьях арктических рек применяются трехмерные модели, коие воспроизводят сезонную динамику температуры, солености, ледовых условиях

Оценка наблюдаемых и будущих изменений ледового режима рек.

В 1990-х гг. были обобщены сведения о наблюдаемых изменениях ледового режима на реках России по гидрологическим районам за период 1893–1991 гг. . Хотя для большей части Арктической зоны изменения сроков ледовых явлений были статистически не значимы (проверка критериями инверсий и Спирмена) отмечено, что смещение дат появления льда происходит вдогон за изменениями температур воздуха в предшествующий месяц . В условиях меняющегося климата важным стал вопрос о возможных изменениях характеристик опасных ледовых явлений – заторов и зажоров . Исследователи отмечали, что рост зимних температур воздуха приводит к выпадению жидких осадков, вскрытию и образованию заторов в зимний период . Катастрофические заторы могут формироваться в годы, характеризующиеся высокими осенними уровнями воды и образованием зажоров . С другой стороны, в годы с низкими расходами воды в период вскрытия заторных наводнений не наблюдается, хотя период очищения при этом растягивается . Перечисленные неблагоприятные тенденции наблюдаются на реках европейского сектора Арктики . В рамках проекта Арктического Совета SW IPA (Snow, Water, Ice, Permafrost in the Arctic – снег, вода, лед, вечная мерзлота в Арктике) в 2008-2011 гг. международной группой ученых обобщены ключевые результаты исследований об изменениях ледового режима рек Арктики и последствий этих изменений . Проект стал продолжением программы ACIA (Arctic Climate Impact Assessment – Оценка климатических воздействий в Арктике), результаты которой были опубликованы в 2005 г. . В статье не только указано на смещение сроков

ледовых явлений, но и показаны связи этих изменений с глобальными процессами в атмосфере. Более частые вторжения холодных воздушных масс привели к росту продолжительности ледовых явлений на северо-востоке Канады. Для северозапада Северной Америки напротив характерно частое вторжение теплого Тихоокеанского воздуха, что привело к сокращению ледового периода на реках. Оценку наблюдаемых изменений ледового режима арктических рек затрудняет ограниченность данных наблюдений во времени и пространстве. В работе смоделированы значения сроков ледовых явлений и толщины льда за период 1979–2009 гг. с использованием метеорологических данных W ATCH Forcing-Data ERA-Interim с пространственным разрешением  $0,5^\circ$  по широте и долготе и временным шагом 3 ч. Осреднение приобретенных значений по территории разрешает исключить влияние локальных факторов и сопоставлять наблюдаемые изменения по регионам. Отмечено, что различия в изменениях толщины льда связаны с разным режимом накопления высоты снежного покрова. Так для рек Восточной Сибири толщина льда может оказаться выше из-за малых сумм зимних осадков по сравнению с аналогичной территорией в Северной Америке. Существующие локальные современные обобщения сведений о ледовом режиме содержат более детальную информацию о наблюдаемых изменениях. Например, в дельте р. Маккензи рост средней зимней температуры воздуха составил  $+5,3^\circ$ . Благодаря снижению высоты снега на льду толщина льда изменилась слабо. Смещение сроков вскрытия в дельте, по мнению исследователей, связано, прежде всего с ростом температур воздуха в этот период и в меньшей степени с изменениями водного режима. В устьевой области р. Енисей изменение сроков начала весеннего ледохода и очищения ото льда статистически не значимы, лишь для гп Сопочная Карга сроки вскрытия смещаются к более ранним. Параллельно с оценками наблюдаемых изменений ледового режима рек встал вопрос о дальнейших последствиях изменений климата. Несмотря на разработанные модели формирования ледового режима использование их для оценок изменений сроков ледовых

явлений при различных климатических сценариях не всегда оправдано. В работе предлагается для решения подобных задач использовать упрощенные зависимости сроков ледовых явлений от средних температур воздуха предшествующего месяца. Для весенних сроков необходимо также учитывать возможное изменение расходов воды в этот период, а также изменение суровости зимы и толщины льда к концу ледостава. При равномерном увеличении температуры воздуха на  $2^{\circ}\text{C}$  сроки появления льда сместятся на 6–8 сут. на реках европейского сектора Арктики и менее чем на 4 сут. – в Сибири. Сроки вскрытия ожидаются на 7 сут. ранее для низовий Северной Двины и Печоры и на 4–6 сут. ранее на реках севера Западной Сибири. Для рек севера Канады возможное смещение сроков ледовых явлений по сценарию A2 оценено согласно предполагаемому смещению изотермы  $0^{\circ}\text{C}$ . К середине XXI в. ожидалось смещение сроков вскрытия 6–10 сут. и сроков появления льда на 10–12 сут. В статье рассчитан отклик ледового режима для таких же возможных климатических изменений по длине р. Пис (the Peace River) с использованием одномерной гидродинамической модели River1D, дополненной термическими и ледовыми блоками. Отмечается, что приобретенные оценки следует считать приближенными из-за существенной неопределенности климатических моделей. Для северных территорий России оценено изменение продолжительности ледовых явлений, ледостава и максимальной толщины льда для сценария RCP 8.5 к концу XXI в. с использованием зависимостей элементов ледового режима от суммы отрицательных температур воздуха, характеристик оттепелей и количества твердых осадков. Расчеты велись по сетке с пространственным разрешением  $1,75^{\circ}$  широты и долготы. Предполагается, что сокращение продолжительности ледовых явлений для низовий Северной Двина и Печоры составит 80 сут., а для Восточной Сибири – около 30 сут., толщина льда на реках европейского сектора Арктики снизится на 30–40%.

Название ОЯ	Определение	Критерии	Вероятность появления
-------------	-------------	----------	-----------------------

<b>Очень сильный ветер</b>	Сильный штормовой ветер разрушительной силы	Средняя скорость ветра не менее 20м/с или максимальная скорость ветра (порыв) не менее 25 м/с; на побережьях морей (Ныда, Тазовское, Белоярск), в горных районах (Харп, Лаборовая) максимальная скорость ветра (порыв) не менее 30м/с; Средняя скорость ветра не менее 25 м/с или максимальная скорость ветра (порыв) 30 м/с на побережье морей (Гыда, Паюта, Яр-Сале)	Возможно
Ураганный ветер	Ветер разрушительной силы	Ветер при достижении скорости 33 м/с и более	
Шквал	Резкое кратковременное усиление ветра в течение не менее 1 мин.	Мгновенная скорость ветра 25 м/с и более	
Смерч	Сильный маломасштабный атмосферный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности	Не зависимо от скорости ветра	
Сильный ливень	Сильный дождь или ливневый дождь	Количество жидких осадков не менее 30,0 мм за период времени не более 1 ч	
Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем)	Значительные жидкие (дождь, ливневый дождь) или смешанные (мокрый снег, дождь со снегом) осадки	Количество осадков не менее 50,0 мм за период времени не более 12 ч	Возможно
Очень сильный снег	Значительные твердые осадки (снег, ливневый снег и др.)	Количество осадков не менее 20,0 мм за период времени не более 12 ч	
Продолжительный сильный дождь	Дождь почти непрерывный (с перерывами не более 1 часа ) в течение нескольких суток	Количество осадков не менее 100 мм за период времени более 12 ч, но менее 48ч, или не менее	Невозможно

		120 мм за период 48 ч и более	
Крупный град	Крупные частички льда (градины) выпадающие из кучево-дождевых облаков	Средний диаметр самых крупных градин не менее 20 мм	
Сильная метель	Общая или низовая метель при сильном ветре, вызывающая значительное ухудшение метеорологической дальности видимости (МДВ)	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при МДВ 500 м и менее продолжительностью не менее 12 ч, на побережье морей (Ныда, Тазовское) средняя скорость ветра не менее 20 м/с при МДВ 500 м и менее продолжительностью не менее 12 ч	
Сильная пыльная (песчаная) буря	Перенос больших количеств пыли или песка при сильном ветре, вызывающий значительное ухудшение МДВ	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при МДВ 500 м и менее продолжительностью не менее 12 ч	
Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления взвешенных мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), вызывающее ухудшение МДВ	МДВ не более 50 м продолжительностью не менее 12 ч	
Сильное гололедно-изморозевое отложение (ГИО)	Сильное отложение льда (стекловидного, кристаллического, снеговидного) на проводах гололедного станка	Диаметр ГИО не менее: 20 мм для гололеда, 35 мм для сложного отложения, мокрого снега, зернистой изморози 50 мм для кристаллической изморози	
Сильный мороз	В период с ноября по март низкая температура воздуха	Минимальная температура воздуха в течение 3-х суток и более для территории Омской области -40°C и ниже, юга Тюменской области, Ханты-Мансийского АО-Югры -45°C и ниже, для Ямало-Ненецкого АО - 50°C и ниже	невозможно

Аномально холодная погода	В период с ноября по март в течение 5 дней и более значение средней суточной температуры воздуха ниже климатической нормы	Значение среднесуточной температуры воздуха для территории Омской, юга Тюменской областей ниже климатической нормы на 10°С и более, для Ямало-Ненецкого АО и Ханты-Мансийского АО ниже климатической нормы на 15°С и более	
Сильная жара	В период с мая по август высокая максимальная температура воздуха	Максимальная температура воздуха в течение 3-х дней и более для территории Омской, юга Тюменской областей +36°С и выше, для Ханты-Мансийского АО – Югры, для Ямало-Ненецкого АО +33°С и выше	
Аномально жаркая погода	В период с мая по август в течение 5 дней и более значение средней суточной температуры воздуха выше климатической нормы	Значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 10°С и более	
Чрезвычайная пожароопасность	Показатель пожарной опасности не ниже 5 класса	Сумма значений температуры воздуха не менее 10000°С по формуле Нестерова, для Ханты-Мансийского АО-Югры более 6000°	
Половодье	Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников	Критические отметки, для каждого поста указаны в Таблице 1	
Затор	Скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды	Критические отметки, для каждого поста указаны в Таблице 1	

Паводок	Фаза водного режима реки, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды	Критические отметки, для каждого поста указаны в Таблице 1	
Низкая межень (низкий уровень воды)	Понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней	Критические отметки, для каждого поста указаны в Таблице 1	

Минимальная температура воздуха(°С) по срокам наблюдений							
Срок	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	
0	- 20,5	- 18,6	-10,2	-4	3,1	10,5	
3	- 20,6	- 19,2	-11,2	-5,2	2,1	10	
6	- 20,8	- 19,6	-11,5	-4,1	4,1	12,2	
9	- 20,5	- 18,2	-9	-1,5	6,9	14,9	
12	- 19,5	- 16,2	-6,4	0,9	9	16,9	
15	-20	- 16,2	-5,6	1,5	9,6	17,4	
18	- 20,2	- 17,2	-7,5	-0,4	8,2	16,2	
21	- 20,3	-18	-9,1	-2,6	4,7	12,4	

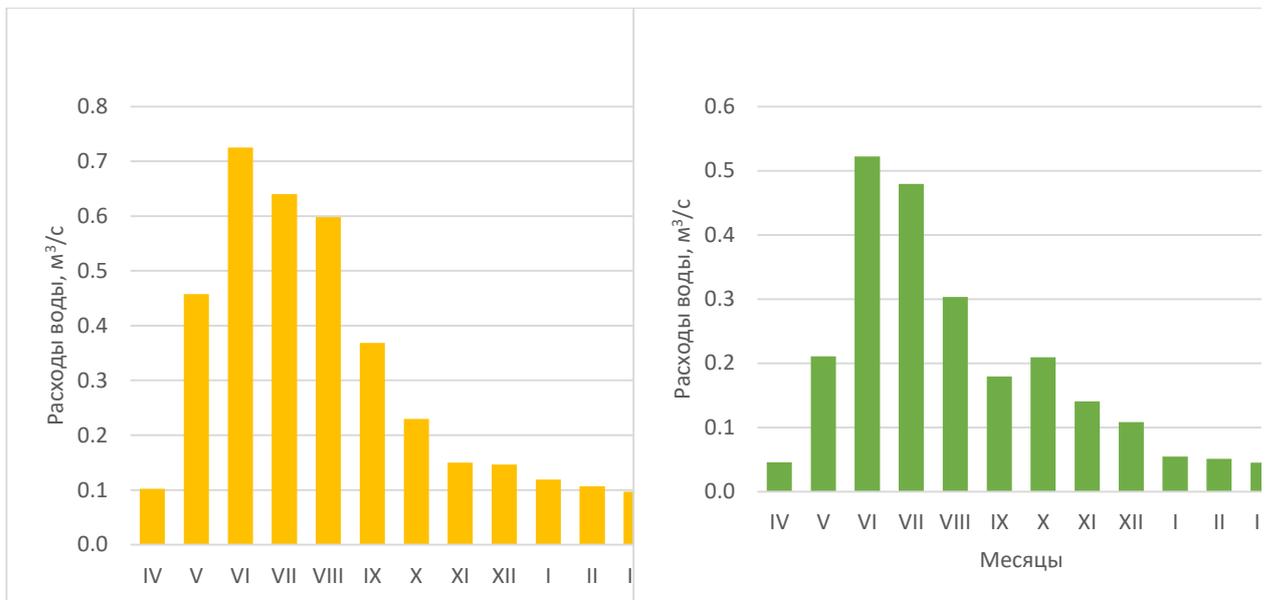
#### 4. ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА

В СП 33-101-2003 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАСЧЕТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК» описана методика расчета внутригодичного распределения стока: «Расчеты внутригодичного распределения стока рек производят по водохозяйственным годам (ВГ), начинающимся с первого месяца многоводного сезона. В отдельных случаях возможно выполнение расчетов внутригодичного распределения стока для гидрологических лет, начинающихся с первого месяца периода накопления влаги, или для обычных календарных лет. При расчетах внутригодичного распределения стока целесообразно переводить расходы в объемы стока в км или в тыс.м, так как при этом учитывают различие в числе дней не високосных и високосных лет и в числе секунд в разные месяцы года.

В зависимости от типа водного режима реки и преобладающего вида использования стока реки водохозяйственный год делят на два различающихся по длительности периода: лимитирующий (ЛП) и нелимитирующий (НП), а лимитирующий период соответственно на два сезона: лимитирующий (ЛС) и нелимитирующий (НС). Границы сезонов назначают едиными для всех лет с округлением до месяца.

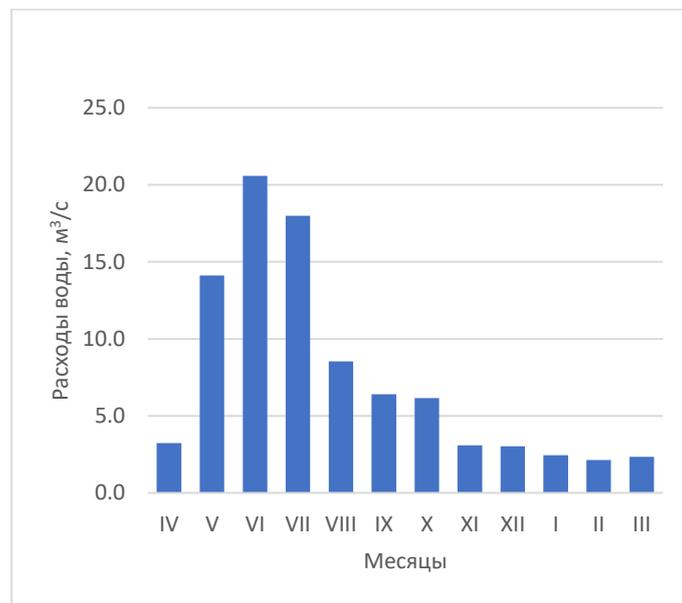
При периоде наблюдений от 15 до 30 лет выделяют три группы лет: многоводные годы ( $P < 33,3\%$ ), средние по водности годы ( $33,3\% < P < 66,7\%$ ) и маловодные годы ( $P > 66,7\%$ )» [3].

Был выполнен сравнительный анализ внутригодичного распределения стока по реке Обь –пост Салехард за 2 периода времени по 45 лет по методу реального года. Результаты представлены в таблице на рисунках 4.1 и 4.2, а также в приложении Б.



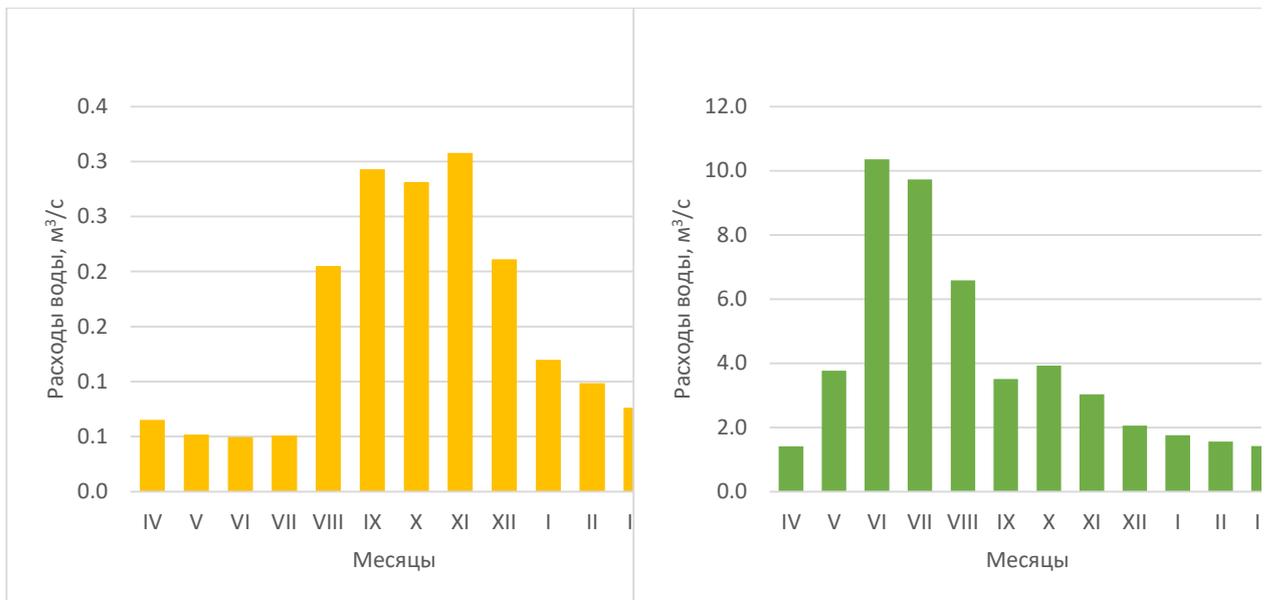
Многоводный год

Средний по водности год



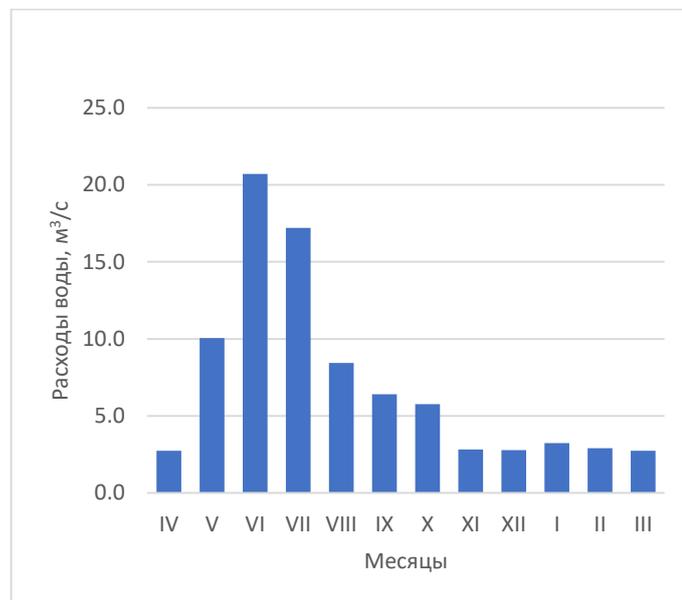
Маловодный год

Рисунок 4.1 – Внутригодовое распределение стока р.Обь – г.Салехард за 1930-1975 гг.



Многоводный год

Средний по водности год



Маловодный год

Рисунок 4.2 – Внутригодовое распределение стока р.Обь – г.Салехард за 1976-2019 гг.

Сравнительный анализ внутригодового распределения стока по реке Обь –пост Салехард за 2 периода времени по 45 лет каждый показал, что обеспеченность многоводного года по первой половине ряда данных, по сравнению со второй половиной, уменьшилась за весенние и летне-осенние сезоны, а за зимний осталась такой же. Значения средних по водности лет значительно увеличились с течением времени, а в маловодные годы, за

исключением зимнего сезона, где обеспеченность пошла вверх, с весны по осень значения стали уменьшаться.

## 5. СУДОХОДСТВО

Значимость Мирового океана как транспортной артерии и источника огромных запасов энергетических, минеральных, биологических, химических, пищевых и других ресурсов, коие ныне активно эксплуатируются всем мировым сообществом, переоценить невозможно и в будущем оно будет только возрастать. внушительная доля мировых запасов природных ресурсов Земли хранится на шельфе морей России – в первую очередь нефти, газа и рыбопродуктов. активность водных отраслей экономики России, связанная с использованием ресурсов морей и океанов, зависит от погоды и состояния моря, коие устанавливают безопасность и эффективность работ в море. Метеорологическая и океанографическая информация является значительным экономическим условием обычного функционирования судоходства, рыболовства, нефтегазодобывающих предприятий на шельфе и многих прочих видов морской деятельности. Все они нуждаются в морском гидрометеорологическом обеспечении (МГМО). Эту задачу осуществляют прогностические органы Росгидромета, в функцию коих входит организация и своевременное доведение до потребителей информации о фактической и ожидаемой погоде и гидрологическом состоянии акваторий морей и океанов, а в случае угрозы возникновения опасных природных явлений (ОЯ) на морях и океанах – выпуск штормовых предупреждений и оповещений.

Эта информация помогает потребителям оптимизировать производственные процессы и проектировать преимущественно удобное время и место выполнения морских операций. Качество прогнозов и предупреждений в значительной степени зависит от полноты и точности начальных данных наблюдений, а их эффективность – от умения потребителей правильно на них реагировать. Анализ данных о предотвращенном ущербе в морских отраслях экономики показывает, что за счет эффективного применения гидрометеорологической информации, удастся снизить вероятные финансовые потери в среднем на 40 %. Особую

значимость морское гидрометеорологическое обслуживание приобретает в арктических морях, где морские операции осуществляются в экстремально суровых погодно-климатических условиях. На трассах Северного морского пути возможность опасных и чрезвычайно опасных ситуаций исключительно велика. По данным ЦНИИМФ Минтранса России количество судов, получивших в течение одной навигации ледовые повреждения, в среднем составляет 15 % (от 3 % в легкие годы, до 40 % в наиболее тяжелые годы). дабы предупредить или хотя бы уменьшить неблагоприятные последствия погоды, во всем мире разрабатываются особые системы раннего предупреждения об опасных природных явлениях, таких как: цунами, штормовые нагоны, аварийные разливы нефти и т. главная роль в них отводится оперативной фактической и прогностической гидрометеорологической информации, на основе коей разрабатываются события по защите морских и береговых объектов от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и по ликвидации их последствий, а также при обеспечении аварийно-спасательных работ. Морские гидрометеорологические прогнозы базируются на научно-обоснованных методах. При всякой серьезной научной постановке вопроса о прогнозе любого элемента режима моря необходимо, прежде всего, изучить физическую природу предоставленного явления и выявить ключевые факторы, коие устанавливают его временную и пространственную изменчивость, а также располагать данными наблюдений, коие бы гарантировали не только разработку методов прогнозов, но и проверку их качества. Разработка методов морских гидрометеорологических прогнозов представляет собой трудоемкое научное исследование, требующее глубокого анализа причинно-следственных связей между гидрологическими компонентами режима моря и факторами, их определяющими. Это связано с тем, что процессы, случающиеся на 7 поверхности и в толще морей и океанов, характеризуются большой пространственно-временной изменчивостью, которая является следствием разномасштабного

взаимодействия океана и атмосферы. Обмен теплом, влагой и энергией данных двух сред описывает большинство процессов, случающихся на морях и океанах. Без совместного изучения процессов, развивающихся в атмосфере и океане, нельзя прогнозировать почти ни одно явление, отмечаемое в морях и океанах. В последние годы сформировались объективные обстоятельства для улучшения гидрометеорологического обеспечения морских отраслей экономики страны. С принятием Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 г. , впервые в России на федеральном уровне положено начало формированию и реализации долговременной национальной политики в области морской деятельности. значительной составной частью реализации национальной морской политики представляется обеспечение гидрометеорологической безопасности, которое объединено с гидрометеорологическим обеспечением морских отраслей экономики. В последние годы МГМО улучшаются в рамках реализации подпрограммы «Единая система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) ФЦП «Мировой океан». В этой подпрограмме одним из краеугольных камней является оперативный модуль, в основу которого заложены наукоемкие технологии подготовки и выпуска разнообразной диагностической и прогностической продукции глобального и регионального характера с использованием современных ГИС технологий. единичные составляющие оперативной подсистемы ЕСИМО уже внедрены в оперативную практику научно-оперативных учреждений Росгидромета и морских УГМС. Введен в эксплуатацию Web-портал ЕСИМО (<http://ru>), обеспечивающий удаленный поиск и доступ к информационным ресурсам отечественных и зарубежных источников оперативной информации, массивов и баз данных по предметной области ЕСИМО, в т. прогностической продукции и данных. Существенно улучшилась научно-техническая база подготовки и выпуска диагностической и прогностической информации о гидрометеорологическом состоянии морей и океанов, повысился размер

данных, прибывающих в прогностические центры. построено большое количество математических моделей взаимодействия океана и атмосферы различного уровня сложности, коие позволяют довольно подлинно повторять ключевые закономерности эволюции океанографических полей. На сегодняшний день накоплен значительный опыт по использованию подобных моделей при разработке морских гидрологических прогнозов. изобретены и внедрены в практику методы и технологии объективного анализа (ОА) и прогноза океанографических и метеорологических полей на глобусе и для крупных регионов Мирового океана. построена оперативная база данных, содержащая все требуемые виды информации для составления морских гидрологических прогнозов. Улучшились телекоммуникационные системы и связанное с этим более обширное использование компьютеров. Благодаря этому значительно усовершенствовались системы обработки данных, включая системы обработки спутниковых данных и моделирование океанских процессов. Изменились носители информации, методы ее представления. Получили внушительное развитие технические средства и методы исследования морей и океанов. непрерывно улучшаются дистанционные способы исследования термодинамических процессов, протекающих в морях и океанах, с помощью аппаратуры, установленной на ИСЗ. сделаны технологии автоматизированного сбора, контроля и обработки океанологической информации через спутники. Реализуются новые международные проекты глубоководных исследований Мирового океана с помощью «всплывающих» буев (проект АРГО) и автономных обитаемых подводных аппаратов. Активно развивается международное сотрудничество в области изучения Мирового океана (программы ГСНО, ГСНК, ГЛОСС и др. 8 Благодаря развитию морской техники, фронт исследований и работ продвигается в относительно мало изученные районы Мирового океана, содержит все большие глубины. Это позволяет приобрести более глубокую информацию о процессах и явлениях, проходящих во всей толще морской среды, оценить и исследовать их

взаимосвязи и взаимодействие в глобальных масштабах. Масштабность и результативность применения морской информации, прибывающей с наблюдательной сети наземного и космического базирования, непрерывно растет. Наряду с традиционными синоптическими методами анализа и прогноза погоды, приобрели широкое внедрение в практику численные методы диагноза и прогноза погоды и гидрологического состояния моря, созданные на физико-статистических и гидродинамических моделях, реализованных в виде компьютерных технологий. Масштабы современного оперативного гидрометеорологического обслуживания привели к необходимости разработки автоматизированных технологий процессов сбора, подготовки и распространения морской информации. Разработанные в последнее время оперативные системы анализа и прогноза, включая рабочие станции (РС) и автоматизированные рабочие места (АРМ), используют эти технологии. Автоматизация процесса оперативного обеспечения морской деятельности постоянно развивается. предметы ее применения сильно расширились от простейших систем прогноза отдельных параметров морской среды до систем управления комплексом процессов. Очевидно, что эти оперативные системы делают морские метеорологические и океанографические прогнозы более объективными и точными. Несмотря на определенные успехи развития автоматизации в системе Росгидромета, надлежит признать, что в области оперативной океанографии, она проходила медленнее, чем в ведущих зарубежных метеорологических центрах, особенно, в части оснащения вычислительной техникой и прочими средствами переработки и отображения информации. сейчас на первый план выходит необходимость в специализированном морском гидрометеорологическом обеспечении (СМГМО) конкретных групп потребителей. Порядок и обстоятельства предоставления гидрометеорологических данных и информационных услуг для морских отраслей экономики страны определены Постановлением правительства Российской Федерации от 15. 97 г. "Об информационных услугах в области

гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды». В соответствии с этим постановлением осуществляется широкий спектр услуг, как за счет госбюджета, так и за счет средств частного бизнеса. Система МГМО в России выстроена по аналогии с системами прогрессивных западных стран. Прогностические центры высокого уровня (Гидрометцентр России, ААНИИ и др.) подготавливают крупномасштабную прогностическую информацию глобального и регионального масштаба, которая по каналам связи передается в кодах GRID и GRIB в национальные гидрометеорологические службы (НМС) и в территориальные управления Росгидромета (УГМС), где она интерпретируется применительно к региональным и местным условиям. В условиях интенсивного освоения природных ресурсов на шельфе морей большое значение приобретают экологические проблемы, прежде всего загрязнение морей промышленными отходами, коие требуют к себе ответственного внимания. Рекомендации и консультации специалистов Росгидромета, созданные на основе применения морской гидрометеорологической информации, позволяют избежать или, по крайней мере, смягчить эти проблемы. Что касается перспектив формирования оперативного МГМО, то следует обратить внимание на два ключевых аспекта. В части доведения информации до потребителей присутствует характер к расширению номенклатуры выпускаемой продукции и услуг на основе применения более совершенных средств подготовки и отображения информации и средств передачи ее потребителю. Развитие оперативных систем имеет национальный и региональный уровень. На национальном уровне должно проявляться конструктивное сотрудничество с НМС других стран на основе международных проектов и программ, выполняемых в рамках ВМО, МОК и др. На региональном уровне должны учитываться специфические особенности обслуживания, связанные с географическим положением региона, его гидрометеорологическим режимом и особенностями хозяйственной и другой деятельности, коие необходимо принимать во внимание.

Айсберги представляют опасность для всех разновидностей судов, находящихся в зоне их распространения. Для предупреждения возможности встречи с айсбергами необходимо знать их местоположение в определенные моменты времени, размеры, скорость и направление перемещения. Одна из наиболее опасных зон встречи с айсбергами находится недалеко от Ньюфаундлендской банки в Северной Атлантике. Информированием судов, проходящих поблизости пределов опасной зоны, занимается международная ледовая патрульная служба, действие коей регламентируется Положением международной конвенции по обеспечению сохранности жизни на море (известной как Конвенции СОЛАС). Маломерный флот, курсирующий вдоль берега (прогулочные суда, катера, лодки и т. ) очень уязвимы к неожиданным изменениям погоды, связанными с грозами и холодными фронтами, сопровождаемыми смерчами и тромбами. скорое формирование и перемещение данных явлений делают их безгранично опасными, особенно в местах массового отдыха населения. верное планирование и осуществление транспортных операций в зимнее время в замерзающих неарктических морях и морях Арктики и в устьях рек арктического бассейна невозможно без гидрометеорологического и ледового обеспечения. подобное обеспечение позволяет верно оценить навигационную обстановку и принять своевременные меры по расстановке ледоколов. В различных морях и океанах имеются свои специфики промысла и соответственно своя специфика МГМО. В высоких широтах суда подвержены влиянию опасного природного действия – обледенения. Оно возникает при наличии отрицательной температуры воздуха, атмосферных осадков, тумана, а также вследствие забрызгивания судна заборной водой при большой скорости ветра и сильном волнении. Чем больше скорость ветра и высота волны и чем ниже температура воздуха, тем интенсивнее происходит обледенение судна. Опасность интенсивного обледенения судов в море значится в том, что на палубе и надстройках происходит отложение крупного числа льда, в результате чего резко портятся мореходные свойства судна. При

обледенении увеличивается центр тяжести, возрастает парусность, что во время шторма может привести к потере устойчивости, внезапному опрокидыванию и гибели судна. особенную опасность обледенение представляет для промысловых судов с низким надводным бортом. Механизмы обледенения судов очень сложны и недостаточно хорошо изучены. Интенсивность обледенения зависит как от гидрометеорологических условий, так и от типа судна и его размеров, высоты борта, а также ориентации судна относительно направления ветра. распознают три степени обледенения – медленное, быстрое и очень быстрое. При оценке количественных характеристик данных градаций обледенения на практике принято исходить от типа судна. При парении моря довольно часто замечается скорое и очень стремительное обледенение. Если парение моря происходит при больших скоростях ветра и достигает уровня выше мостика судна, то образуется особо опасное обледенение, сильнее всего нарушающее остойчивость судна. В таких вариантах множество льда наращивается на верхних частях судна, где труднее всего его скалывать, т.к. данный лед выделяется большой плотностью и вязкостью. Для борьбы с обледенением используются активные и «пассивные» средства. Активные средства защиты судов от обледенения учитывают либо уход судна из зоны усиленного обледенения, либо периодическое удаление с него образующегося льда. К «пассивным» средствам защиты причисляются прогнозы обледенения. Прогноз обледенения судов представляется одной из нелегких задач синоптической метеорологии, прежде всего из-за недостатка информации об условиях обледенения судов.

#### Организация, концепция и основные принципы МГМО

Под гидрометеорологическим обеспечением морских отраслей экономики подразумевается комплекс работ учреждений и подразделений Росгидромета по своевременному и наиболее полному удовлетворению запросов потребителей материалами о гидрометеорологическом состоянии морской окружающей среды в прошлом, настоящем и будущем. МГМО

включает: – обеспечение для открытого моря; – обеспечение для прибрежных районов; – обеспечение основных портов и гаваней. Оперативное информационное обеспечение хозяйственной и другой деятельности на морях России и в Мировом океане регламентируется Постановлениями Правительства, Положением о Росгидромете и уставами организаций и учреждений Росгидромета, планами-схемами оперативного обеспечения, положением о порядке составления и передачи штормовых предупреждений об угрозе возникновения ОЯ и экстремально высоком загрязнении морской природной среды, а также документами ВМО/МОК. Перечень основных нормативно-правовых документов, регламентирующих МГМО, Структура современной системы МГМО состоит из трех подсистем: – подсистемы морских гидрометеорологических наблюдений наземного, морского и космического базирования; – подсистемы сбора, обработки, передачи и сохранения морской гидрометеорологической информации и данных; – подсистемы интерпретации и доведения морской гидрометеорологической информации (анализы, прогнозы и т.д.) до потребителя. В целом система МГМО обязана соответствовать запросам оперативности, правдивости и информативности предоставляемой потребителям продукции и услуг в области морской гидрометеорологии. Вместе с тем, она обязана формироваться и совершенствоваться адекватно непрерывно растущим требованиям практики. Общая схема МГМО представлена в приложении 1. Концептуально система МГМО базируется на двух ключевых положениях: – во-первых, она базируется на существующей практике оперативной работы морских прогностических центров, на результатах анализа современных тенденций и направлений развития морской метеорологии и океанографии и регламентируется нормативно-правовыми документами Росгидромета и рекомендациями ВМО/МОК; – во-вторых, она основана на применении нынешних моделей, методов и технологий анализа и прогноза главных гидрометеорологических параметров морской среды. МГМО исполняется на следующих ключевых

принципах: – совершенное знание гидрометеорологического режима морей и океанов; – присутствие научно обоснованных способов диагноза и прогноза гидрометеорологических элементов и явлений; – доступность морской гидрометеорологической информации для широкого круга потребителей и пользователей независимо от их ранга и вклада в систему; – предельно возможное применение нынешних технологий наблюдений, сбора, обработки и распространения прогностической продукции; – точное планирование единичных элементов МГМО в соответствии с международными обязательствами России. миссии и задачи МГМО

Основными целями МГМО являются: – реализация порядка и технологий составления и распространения гидрометеорологической диагностической и прогностической информации; – хранение (архивация) и выборка данных наблюдений, диагностической и прогностической продукции; – оперативное обеспечение судоходства, рыболовства и прочих видов хозяйственной и оборонной деятельности в прибрежных и открытых водах морей России и в Мировом океане гидрометеорологической информацией и прогнозами; – своевременное предупреждение об угрозе зарождения ОЯ на морях России и в Мировом океане федеральных органов власти, МЧС и населения через средства массовой информации; – подготовка и выпуск анализов и прогнозов гидрометеорологических величин в региональном и глобальном масштабах; – обеспечение оперативного доступа ко всей совокупности информационных данных и продукции по Мировому океану в целях содействия морской деятельности путем интеграции и предоставления потребителям высококачественных данных и прогностической продукции; – выдача по запросам рекомендаций, консультаций, справок, заключений и обзоров с целью учета или применения в практической деятельности морских хозяйственных и других организаций о сложившихся и ожидаемых гидрометеорологических условиях на морях России и в Мировом океане; – формирование специализированных баз гидрометеорологических и других данных; – создание и распространение новых видов информационной

продукции и предоставление услуг в объемах и номенклатуре, отвечающих требованиям морской практики; – взаимодействие с международными информационными системами и НМС в рамках исполнения международных обязательств в области МГМО; – увеличение информационной безопасности Российской Федерации, производительности системы гидрометеорологического обеспечения органов государственной власти, морских областей экономики и обороны страны за счет обеспечения доступа к глобальному комплексу данных наблюдений, прогностической продукции метеослужб других стран-членов ВМО, а также применения мирового опыта в области морской метеорологии. Эти цели достигаются решением следующих задач: – созданием научно-методической базы оперативного обеспечения метеорологическими и океанографическими данными и информацией о загрязнении морской природной среды; – формированием систем регулярного мониторинга состояния морской и воздушной среды (наземного, морского и космического базирования); – обеспечением информационного взаимодействия с различными ведомствами на основе современных телекоммуникационных и компьютерных средств; – снабжением доступа пользователей ко всей совокупности информационного фонда по Мировому океану; – формированием и стандартизацией средств информационного обслуживания потребителей (пользователей) данными и информационной продукцией (анализы, прогнозы) о состоянии и загрязнении Мирового океана и прибрежных территорий; – обменом информационными данными в рамках международного сотрудничества, а также участием в международных программах; – организацией четкого взаимодействия с потребителями (пользователями) гидрометеорологической информации, включая маркетинг потребностей рынка в морских гидрологических прогнозах; – исследованием потребностей различных групп пользователей в морской гидрометеорологической информации; – согласованием состава выпускаемой продукции с потребностями заказчиков, направляя особенное

внимание на содержание, объем и сроки выпуска; – периодическим осуществлением мониторинга изменений в потребностях потребителей; – оценкой качества и полноты оперативно выпускаемой гидрометеорологической и другой информации о состоянии Мирового океана.

### Структура и состав МГМО

Инфраструктуру системы МГМО составляют: – наземные системы наблюдений, включающие стационарные и подвижные пункты наблюдений за состоянием морской окружающей среды, ее загрязнением; – космические системы наблюдений на основе российских и зарубежных космических аппаратов ; – снабжение программно-аппаратными средствами центров приема, обработки и распространения информации ; – система МГМО, осуществляемая НИУ и территориальными ГУ «УГМС/ЦГМС» . Гидрометеорологическое информационное обеспечение морских отраслей экономики осуществляют одиннадцать территориальных управлений Росгидромета (УГМС), включая ФГУ «Калининградский ЦГМС», и восемь научно-исследовательских учреждений (НИУ). Пользователями данных и информационной продукции являются крупное количество региональных и центральных организаций Минобороны (ВМФ), МЧС России, Государственного Комитета по рыболовству, Минтранса России, МПР России, РАН, а также все приморские субъекты Российской Федерации и сотни коммерческих организаций

Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО), исполняемая в рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан», предназначена для комплексного информационного обеспечения морской деятельности России. главное направление формирования ЕСИМО – это интеграция и рациональное применение ресурсов и средств уже имеющихся в России ведомственных информационных систем. В работах по созданию ЕСИМО

участвуют более 30 организаций из 15 министерств и ведомств России, среди которых: – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; – Министерство природных ресурсов Российской Федерации; – Министерство обороны Российской Федерации; – Министерство транспорта Российской Федерации; – Российская академия наук и др. Функциями ЕСИМО, в частности, являются: – формирование и ведение единого информационного пространства об обстановке в Мировом океане; – ведение единой нормативно – правовой и методической базы по сбору, накоплению, обработке, хранению, защите и распространению информации об обстановке в Мировом океане; – комплексное информационное обеспечение потребителей информацией о фактическом и ожидаемом состоянии морской среды и морской деятельности; – взаимодействие с международными информационными системами в области обмена информацией об обстановке в Мировом океане. ключевыми компонентами ЕСИМО являются: – центры ЕСИМО и комплексы средств, реализующие технологии сбора, накопления, обработки и распространения информации в центрах системы; – телекоммуникационная технология интеграции информации об обстановке в Мировом океане; – автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей системы.

#### МГМО морей Арктики

Специальное стратегическое значение и жесткие природные условия арктической зоны России вызывают увеличенные требования к МГМО мореплавания в Арктике, основным из которых является обеспечение безопасности и повышение эффективности проведения морских операций в условиях арктической навигации. Система МГМО в Арктике подразделяется на обеспечение общего назначения и специализированное обеспечение (СМГМО). В настоящее время предметами СМГМО в основном представляются частные или акционерные компании. Обслуживание их гидрометеорологической информацией и прогнозами осуществляется на основе хозяйственных договоров. ключевыми потребителями СМГМО в

Арктике и на замерзающих морях России представляются судоходные, транспортные, авиационные, рыболовецкие и ресурсодобывающие компании. Гидрометеорологические условия арктических и антарктических районов обуславливают особую специфику производственной деятельности флота, в том числе: – сезонную работу флота и портов; – необходимость ледокольной проводки судов (караванной или одиночной) в течение большей части навигационного периода; – повышенную интенсивность работы флота вследствие непродолжительных сроков навигации; – необходимость захода морских судов в устья рек с проходом сквозь баровые участки и перекаты; – рейдовую выгрузку в большинстве пунктов и погрузочно-разгрузочные работы на припае; – перегон по трассе Северного морского пути судов, не имеющих ледового класса, и судов с ограниченной мореходностью (доков, землечерпалок, плавучих электростанций, плавучих мастерских и др. – перевозку грузов на судах класса «река-море» и несамоходных судах в прибрежных районах. базой СМГМО мореплавания по СМП является «Автоматизированная ледово-информационная система для Арктики» (АЛИСА) или система «Север», ключевым центром коей прибывает ГУ «ААНИИ». Зона обслуживания системы «Север» охватывает Северный Ледовитый океан и устьевые участки северных рек. главными задачами системы являются регулярный оперативный мониторинг состояния природной среды и СМГМО всех видов морской деятельности в Арктике, в том числе судоходства по СМП. Система «Север» содержит четыре подсистемы: Подсистема получения гидрометеорологической и ледовой информации от отечественных и зарубежных центров гидрометеорологической информации, включающих совокупность датчиков космического, авиационного и наземного базирования для регистрации главных параметров природной среды арктического региона. Подсистема приема, сбора, обработки и анализа информации в центрах разного уровня. Она базируется на использовании: – отечественных и зарубежных станций приема спутниковой информации; – спутниковой телекоммуникационной

системе ИНМАРСАТ; – информационной системе ИНТЕРНЕТ; – современных технологий обработки и анализа гидрометеорологической информации. Подсистема передачи и распространения гидрометеорологической и ледовой информации разным пользователям и потребителям; Подсистема скопления и хранения гидрометеорологической и ледовой информации. Инфраструктуру системы «Север» составляют головной центр – ГУ «ААНИИ» (Санкт-Петербург), региональные центры приема и обработки данных ИСЗ (Москва, Хабаровск), территориальные центры (Мурманск, Архангельск, Диксон, Тикси, Певек), ГУ «Гидрометцентр России» (Москва). подкрепление и формирование средств информационного обмена между центрами различных уровней осуществляет ГУ «ГРМЦ» Росгидромета (Москва) и ГУ «ВНИГМИ-МЦД» (Обнинск). Центр «Север» осуществляет: – составление заявок в региональные центры на прием спутниковой информации; – прием, обработку и архивацию спутниковой информации; – прием информации автоматических дрейфующих буев; – составление обзорных комплексных ледовых карт по всей акватории Северного Ледовитого океана; – составление детализированных ледовых карт по районам проведения морских операций; – производство расчетов, разработку среднесрочных и долгосрочных ледовых, метеорологических и гидрологических прогнозов; – разработку навигационных рекомендаций руководителям морских операций. Региональные центры осуществляют: – оформление заявок на работу бортовой аппаратуры ИСЗ; – прием, первичную обработку и архивацию спутниковых изображений. Территориальные центры в зоне своей ответственности осуществляют: – административное управление, обеспечение и поддержание работы наземной наблюдательной сети; – сбор текущей гидрометеорологической информации; – составление краткосрочных ледовых, метеорологических и гидрологических прогнозов; – составление штормовых предупреждений. ГУ «Гидрометцентр России» осуществляет информирование о текущих и ожидаемых ледовых и

гидрометеорологических условиях в Арктике федеральных органов, находящихся в г. Москва (Росгидромет, Минтранс, Минобороны, МЧС, Федеральное агентство по рыболовству и другие ведомства и директивные органы). ключевыми источниками информации о состоянии окружающей среды, используемой в системе «Север» являются: – данные космического мониторинга за состоянием ледовой и гидрометеорологической обстановки в арктическом бассейне; – наземная гидрометеорологическая сеть береговых и островных гидрометеорологических станций; – экспедиционные НИС; – автоматические метеорологические буи, установленные на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана и его морей; – отечественные и зарубежные центры гидрометеорологической информации; – самолеты и вертолеты, используемые для визуальных наблюдений. С помощью системы «Север» в Арктике выпускается широкий ассортимент специализированной гидрометеорологической продукции. ГУ «ААНИИ» подготавливает и выпускает следующие виды информационной продукции: – фоновый долгосрочный метеорологический прогноз и уточнения к нему; – долгосрочные ледовые прогнозы (мартовский на первую половину навигации и августовский – на вторую половину навигации) и одно уточнение (июнь) по арктическим морям; – долгосрочные специализированные метеорологические прогнозы по единичным районам Арктики и замерзающим морям России; – долгосрочные ледовые прогнозы по арктическим морям; – долгосрочные ледовые прогнозы по устьевым областям рек бассейнов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского; – среднесрочные ледовые прогнозы по устьевым областям сибирских рек; – краткосрочные и среднесрочные прогнозы дрейфа льда; – краткосрочные и среднесрочные прогнозы морского волнения по акваториям арктических морей и морей атлантического сектора; – бюллетени погоды по районам арктических морей РФ; – прогностические бюллетени долгосрочных ледовых прогнозов (мартовский и августовский) и их уточнения по максимальным толщинам льда, срокам вскрытия и замерзания низовьев и

устьевых областей рек Сибири; – обзорные и детализированные ледовые карты по Баренцеву морю, по Карскому, Лаптевых, Восточно-Сибирскому, Чукотскому морям, а также по акваториям Каспийского и Охотского морей. В конце каждого текущего года ГУ «ААНИИ» выпускает бюллетень «Ледовые и гидрометеорологические условия в Арктике». Бюллетень содержит обзор ледовых условий в арктических морях (от Баренцева до Чукотского морей) за период с начала замерзания (в предшествующем году) до периода таяния ледяного покрова и очищения морей ото льда. Бюллетень также включает обзор метеорологических процессов для каждого месяца года и особенности колебаний уровня в восточной части Баренцева моря. значительное место в деятельности прогностических служб ГУ «ААНИИ» и арктических УГМС занимает научно-оперативное обеспечение навигации СМП. Состав и объем информационной продукции, предоставляемой потребителям, определяется условиями договоров на СМГМО мореплавания по СМП. Выпускаемая информационная продукция включает: – обзорные ледовые карты по западному и восточному районам СМП (генерализованное распределение льдов различной сплоченности и форм, положение крупных разрывов); – детализированные ледовые карты по заданным локальным районам морских операций (распределение льдов различного возраста, сплоченности и форм, положение каналов и трещин, положение стамух); – уровень воды на лимитирующих участках трассы (значения уровня на лимитирующих участках судоходных трасс); – метеорологический прогноз заблаговременностью до 1–2 месяцев с детализацией по однородным циркуляционным периодам (средние за месяц и за каждый период карты давления, температуры воздуха, преобладающих воздушных потоков); – прогноз весенних ледовых явлений в арктических морях заблаговременностью до 1-2 месяцев (сроки взлома припая); – прогноз осенних ледовых явлений в арктических морях заблаговременностью 1– 2 месяца (сроки устойчивого ледообразования и достижения льдом толщины 20– 25 см); – прогноз весенних ледовых явлений

в устьевых областях рек заблаговременностью до 1–2 месяцев (сроки вскрытия и очищения устьевых областей рек); – прогноз осенних ледовых явлений в устьевых областях рек заблаговременностью до 1-2 месяцев (сроки устойчивого ледообразования и становления припая); – метеорологический прогноз с разной заблаговременностью с детализацией по элементарным синоптическим процессам (средние карты давления, траектории циклонов и антициклонов, преобладающие воздушные потоки, скорость ветра, температура воздуха); – прогноз распределения льда с различной заблаговременностью с детализацией по элементарным синоптическим процессам (общая и частная сплоченность льда по возрастным градациям, средняя толщина льда, характеристики заприпайных полыней); – навигационные рекомендации заблаговременностью до 5 суток (оптимальные варианты плавания, затраты времени на стандартных и рекомендованных маршрутах); – навигационные рекомендации заблаговременностью до 1 месяца (сроки начала и окончания безледокольного плавания). ГУ «Якутское УГМС», в частности ведет СМГМО гидрометеорологической информацией и прогнозами администраций портов и коммерческих структур в период навигации. ГУ «Чукотское УГМС» выполняет СМГМО гидрометеорологической информацией и прогнозами администрации округа и его районов, населения, администраций портов и коммерческих организаций в период навигации.

#### Климатологическое обслуживание морской деятельности

Данные о климате морей и океанов представляются составной частью гидрометеорологических справочников и атласов, навигационных пособий и карт, коие применяются в судоходстве, кораблестроении, проектировании гидротехнических сооружений, разведке и освоении ресурсов на шельфе океанов и морей. Руководители рыбопромысловых организаций и ученые могут использовать климатическую информацию для анализа случаев изменения рыбных популяций и изучения изменчивости физических, химических и биологических процессов в море. Данные о климате имеют

множество прочих применений. многочисленные страны проводят мониторинг морского климата в целях наилучшего понимания связей климата с морскими пищевыми ресурсами, и, подобным образом, более эффективного управления этими ресурсами. Климатическая информация может быть представлена в виде средних многолетних, средних годовых, средних месячных значений гидрометеорологических величин, в виде частоты появления экстремальных или прочих величин, которые являются критическими для конкретных производственных операций. Она может быть также представлена в виде статистических характеристик таких параметров как: скорость и направление ветра, высота и период ветровых волн, видимость, температура воды и воздуха и т. ключевыми источниками климатических данных являются суда, буи, спутники, самолеты и иные наблюдательные платформы, оборудованные специальными измерительными системами. Достижения в области телекоммуникаций разрешают передавать огромные объемы данных в береговые центры сбора в автоматическом режиме. нынешние возможности информационных технологий позволяют создавать базы данных самых различных справочных сведений (сведения о руководствах, пособиях, атласах, в которых есть различного рода справочные данные и климатические обобщения). Кроме того, в них могут быть сведения о текущей информации, поступающей регулярно в виде прогнозов, обзоров, бюллетеней, ежемесячников, ежегодников. Для успешного поиска сих данных формируются разнообразные метаданные, коие включают сведения о массивах данных, форматах их хранения, организациях, хранящих эти данные, программных средствах их обработки и др. Метаданные собираются и хранятся в соответствующих базах метаданных. Они носят вспомогательный характер при обработке данных и включают сведения о данных, наблюдательных платформах, проектах, организациях, картах, пособиях, атласах, навигационных объектах и т. Требования и нормативы к содержанию и применению климатических материалов для обеспечения морской

деятельности содержится в Руководящих документах Росгидромета, Минтранса и ВМО. фундаментом климатологического обслуживания потребителей являются материалы многолетних метеорологических и океанографических наблюдений, 86 полученных с сети наземных, морских и космических наблюдений. Выполненные на основе данных наблюдений расчеты и обобщения представляют информационную продукцию. Упорядоченная совокупность этих материалов в сочетании с данными о загрязнении, а также публикации, методические и справочные пособия составляют Государственный Фонд данных (Госфонд). Материалы Госфонда используются для удовлетворения запросов различных групп потребителей информацией о гидрометеорологическом и экологическом состоянии морской среды.

#### Гидрометеорологическое обеспечение в Арктике.

Общие положения и принципы организации ГМО арктического судоходства Природные условия Арктики характеризуется высокой повторяемостью экстремальных проявлений ледовых, атмосферных и гидрологических процессов, неблагоприятных и/или опасных по степени воздействия на морской транспорт. сим обусловлено особенное значение РД 52. 881–2019 46 учета ледовых и гидрометеорологических условий при управлении морской деятельностью. На обширных и труднодоступных арктических пространствах весьма сложно и дорого осуществлять гидрометеорологический мониторинг, следствием чего является дефицит данных наблюдений. следовательно ГМО в Арктике носит особый характер. Оперативное ГМО содержит передачу пользователям информационных продуктов, которые получены в результате научного анализа исходных данных. Оперативное ГМО арктического судоходства – это деятельность, основанная на принципах информационного производства и направленная на систематическое оперативное информирование потребителей о текущих и прогнозируемых ледовых и гидрометеорологических условиях судоходства в Арктике. Информационное производство организуется на

базе ведомственной информационной системы «Север». Ледовая и гидрометеорологическая информационная продукция (справочная, диагностическая и прогностическая), организовываемая в рамках СГМО, специализирована для планирования морских транспортировок в Арктике и оперативного обеспечения определенных операций в арктических морях с целью обеспечения безопасности и эффективности плавания. применение гидрометеорологической информационной продукции экономически целесообразно на всех этапах планирования и управления арктическим судоходством. ГМО включает подготовку и адресную передачу информации и информационной продукции в интересах конкретных потребителей (анализ текущих ледовых и гидрометеорологических условий в морях, ледовые метеорологические и гидрологические прогнозы, навигационные рекомендации и др. СГМО осуществляется на договорной основе. РД 52.881–2019 Потребителями оперативного ГМО арктического судоходства являются ФОИВ, органы власти субъектов федерации, организации и учреждения, активность которых прямым или косвенным образом связана с работой морского флота в Арктике, капитаны судов и ледоколов. Оперативное ГМО арктического судоходства регламентируется международными соглашениями, законодательством Российской Федерации, нормативными документами Росгидромета и рекомендациями ВМО/МОК. Оперативное ГМО арктического судоходства базируется на опыте работы организаций и учреждений Росгидромета, на результатах исследования ледовых и гидрометеорологических процессов и явлений. Ледовая и гидрометеорологическая информационная продукция, создаваемая в процессе ГМО, предназначена для планирования морских и речных перевозок в Арктике и оперативного обеспечения определенных операций в арктических морях с целью обеспечения безопасности и эффективности их осуществления. применение гидрометеорологической информации и информационной продукции экономически целесообразно на всех этапах планирования и управления арктическим судоходством.

Оперативное ГМО включает подготовку следующих видов ледовой и гидрометеорологической информации и информационной продукции: - первичная информация; - обзорно-аналитическая информационная продукция; - прогностическая информационная продукция; - режимно-справочная информационная продукция. Первичная информация содержит данные стандартных стационарных, дистанционных, экспедиционных и экспериментальных натурных наблюдений. Обзорно-аналитическая информационная продукция РД 52. 881–2019 содержит результаты обработки, анализа и обобщения первичной гидрометеорологической информации (ледовые и синоптические карты и др. Прогностическая информационная продукция в зависимости от заблаговременности подразделяется на: – сверхдолгосрочную (более 6 мес) и долгосрочную (от 15 сут до 6 мес); – среднесрочную (от 3 до 15 сут); – краткосрочную (от нескольких часов до 72 ч). Сверхдолгосрочная и долгосрочная прогностическая информационная продукция базируется на режимных гидрометеорологических данных, методах сверхдолгосрочных и долгосрочных метеорологических и ледовых прогнозов. На основе сверхдолгосрочных и долгосрочных прогнозов разрабатываются генеральные планы грузоперевозок по Северному морскому пути, исполняется расстановка ледокольного и транспортного флота. Среднесрочная и краткосрочная прогностическая информационная продукция основывается на информации о фактических ледовых, метеорологических и гидрологических условиях. Среднесрочная прогностическая информационная продукция предназначена для планирования и практического проведения конкретных морских операций, для оценки возможности снабжения труднодоступных пунктов, находящихся на арктических островах и побережье и др. Краткосрочная прогностическая информационная продукция широко применяется при решении конкретных вопросов арктической навигации, в том числе – при выборе преимущественно легких путей плавания во льдах, мест и

возможности проведения грузовых операций на припае, открытых рейдах, барах рек и т. Режимно-справочная информационная продукция включает справочные пособия, атласы, геоинформационные системы и др. РД 52. 881–2019 В оперативном ГМО арктического судоходства участвуют организации Росгидромета: ФГБУ «Северное УГМС», ФГБУ «Мурманское УГМС», ФГБУ «Чукотское УГМС», ФГБУ «Якутское УГМС» (далее – арктические УГМС) и ФГБУ «ААНИИ». Общую организацию ГМО арктического судоходства осуществляет Управление организации научных исследований и экспедиций (УНИЭ) Росгидромета. итоги общего и специализированного ГМО арктического судоходства ежегодно рассматриваются на итоговых заседаниях Морского совета Росгидромета, Ученого совета ФГБУ «ААНИИ» и научно-технических советов арктических УГМС. Оперативное ГМО арктического судоходства содержит следующие элементы: - поддержание информационных и телекоммуникационных систем, необходимых для сбора, накопления, обработки и распространения первичной, обзорной и прогностической гидрометеорологической информации, и информационной продукции; - производство наблюдений за состоянием арктической атмосферы, ледяного покрова и водной среды Северного Ледовитого океана, устьевых участков и низовьев рек, впадающих в арктические моря; - обработку, анализ и распространение первичной гидрометеорологической информации; - подготовку и оперативную доставку потребителям обобщенной обзорной гидрометеорологической информационной продукции; - подготовку и оперативную доставку потребителям метеорологических, ледовых и гидрологических прогнозов различной заблаговременности (сверхдолгосрочных, долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных); - подготовку и оперативную доставку потребителям рекомендаций. Функции ФГБУ «ААНИИ» по оперативному ГМО арктического судоходства ФГБУ «ААНИИ» является головной научно-исследовательской, научно-методической и оперативной организацией Росгидромета по

гидрометеорологическому обеспечению арктического судоходства. ФГБУ «ААНИИ» несет ответственность за организацию исследования природных процессов и явлений в Арктике, за научный уровень и качество ГМОМД арктического судоходства. РД 52. 881–2019 ГМО осуществляется в соответствии с договорами, которые устанавливают состав, номенклатуру и регламент передачи информационной продукции. При выполнении ГМО ФГБУ «ААНИИ» может выступать как в роли головного исполнителя, который привлекает субподрядчиков из числа организаций, имеющих лицензию на этот вид деятельности, так и в роли субподрядчика. Для осуществления ГМО морских операций в соответствии с договорами с организациями-заказчиками в ФГБУ «ААНИИ» функционирует информационно-аналитический центр (ИАЦ) ведомственной информационной системы «Север». ИАЦ «Север» организуется на базе Центра ледовой и гидрометеорологической информации и привлекает к своей работе специалистов научных подразделений ФГБУ «ААНИИ» и других учреждений Росгидромета. Целью деятельности ИАЦ «Север» является своевременное и полное информирование руководителей морских операций, капитанов судов и ледоколов о фактической и прогностической ледовой и гидрометеорологической обстановке в районе плавания судов для обеспечения безопасности проведения морской операции, принятия обоснованных управленческих решений. ИАЦ «Север» решает следующие задачи: - постоянный мониторинг ледовых и гидрометеорологических процессов и явлений по всей трассе Северного морского пути; - сбор, обработка и анализ первичной и вторичной гидрометеорологической информации; - заказ спутниковых съемок, прием, сбор, обработка и архивация спутниковой информации; - составление обзорных ледовых карт по акватории Северного Ледовитого океана; РД 52. 881–2019 - составление детализированных ледовых карт по районам проведения морских операций; - разработка долгосрочных метеорологических и ледовых прогнозов заблаговременностью от 1 до 12 мес; - разработка среднесрочных

метеорологических, ледовых и гидрологических прогнозов заблаговременностью до 6 сут; - разработка навигационных рекомендаций руководителям морских операций, капитанам судов и ледоколов; - подготовка и передача информационной продукции, необходимой для осуществления ГМО арктического судоходства (спутниковые снимки, ледовые карты, ледовые прогнозы и др. ) по запросам арктических УГМС; - подготовка и оперативное доведение до конечного потребителя специализированной информационной продукции, с учетом специфики и стадии выполнения каждой конкретной морской операции. ФГБУ «ААНИИ» осуществляет методическое руководство внедрением и использованием арктическими УГМС технологий ГМО и методов метеорологических, ледовых и гидрологических прогнозов и расчетов. Основные задачи ФГБУ «ААНИИ», связанные с ГМО арктического судоходства: - совершенствование, разработка и внедрение в оперативную практику методов и технологий обработки и анализа гидрометеорологической информации, методов расчетов и прогнозов различной заблаговременности; - составление аналитических информационных обзоров о фактической гидрометеорологической и ледовой обстановке в арктических морях, прилегающих к ним районах Арктического бассейна, устьях и низовьях рек; - подготовка нормативно-справочной информации о гидрометеорологическом и ледовом режиме Северного Ледовитого океана, РД 52. 881–2019 арктических морей, устьев и низовьев сибирских рек в виде ежегодников, пособий, бюллетеней, справок, таблиц; - ведение и пополнение ЕГФД; - организация и проведение морских экспедиций. Функции арктических УГМС по оперативному ГМО арктического судоходства Арктические УГМС связывают все гидрометеорологические станции и посты, авиационные метеорологические станции, гидрометеорологические обсерватории, центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, находящиеся в зоне их ответственности. Арктические УГМС являются полномочными

представителями Росгидромета в Арктике. Они постоянно информируют о текущих и ожидаемых гидрометеорологических условиях на акватории Северного морского пути администрации субъектов Российской Федерации и расположенные на их территориях организации Министерства обороны Российской Федерации, МЧС России и других министерств и ведомств. В арктических УГМС могут располагаться территориальные центры ведомственной ледовой информационной системы «Север». Арктические УГМС по своим зонам ответственности осуществляют ГМО судоходства в соответствии с договорами, коие устанавливают состав, номенклатуру и регламент передачи информационной продукции. При выполнении ГМО арктическое УГМС может выступать как в роли головного исполнителя, который привлекает субподрядчиков из числа организаций, имеющих лицензию на этот вид деятельности, так и в роли субподрядчика.

РД 52. 881–2019 Основные задачи арктических УГМС по ГМО арктического судоходства: - сбор, обработка, анализ и распространение информации и информационной продукции, в том числе информации об опасных природных явлениях; - обеспечение функционирования и развития государственной наблюдательной сети; - контроль качества сбора, обработки и распространения первичной гидрометеорологической информации, поступающей от гидрометеорологических станций и постов, экспедиционных и транспортных судов, ледоколов и из других источников, расположенных постоянно или находящихся временно на закрепленных за ними акваториях. - обеспечение бесперебойной работы средств связи для сбора данных сети; - методическое руководство наблюдательными подразделениями государственной наблюдательной сети, а также ведомственной сетью, сетью других участников деятельности гидрометслужбы; - метрологическое обеспечение измерений, проводимых на государственной наблюдательной сети, техническое оснащение государственной наблюдательной сети; - внедрение новых методов гидрометеорологических наблюдений, программ и автоматизированных

технологий сбора и обработки информации; - внедрение новых методов краткосрочных метеорологических и гидрологических прогнозов; - предоставление пользователям (потребителям) аналитической, прогностической и режимно-справочной гидрометеорологической информации общего назначения; - предоставление пользователям (потребителям) специализированной гидрометеорологической информации; РД 52. 881–2019 - подготовка обобщенной обзорно-аналитической информации о фактической метеорологической и гидрологической обстановке; - подготовка и оперативное распространение штормовых предупреждений и информации об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях; - составление морских метеорологических прогнозов; - составление морских гидрологических прогнозов; - испытание и внедрение новых методов прогнозов и расчетов; - исследование гидрологического режима арктических морей, подготовка режимно-справочных материалов (ежегодники, ежемесячники, бюллетени, таблицы, обзоры, отчеты, справки, справочники, каталоги, данные наблюдений); - ведение и пополнение ЕГФД; - проведение экспедиционных работ на морях. Оперативные группы и их функции в системе ГМО арктического судоходства Оперативная группа (ОГ) создается для работы на объектах заказчиков при осуществлении СГМО нестандартных и особо сложных морских операций, таких как: - проводка судов высокоширотными трассами в Арктическом бассейне; - транзитное плавание судов по трассе Северного морского пути в сложный ледовый период; - проводка судов в труднодоступные пункты выгрузки; - проведение ледовых испытаний новых типов судов; - буксировка инженерных морских сооружений в сложных ледовых условиях; - проводка в сложных ледовых условиях судов низкой ледовой категории; РД 52. 881–2019 - проведение геологоразведочных и геофизических работ в дрейфующих льдах с борта судов; - прокладка кабелей по дну арктических морей; - высадка и эвакуация дрейфующих научно-исследовательских станций. СГМО осуществляется ОГ,

находящейся на борту судна (объекта), совместно с ИАЦ «Север». Целью данной деятельности является своевременное и полное информирование руководителей морских операций, капитанов судов и ледоколов о фактической и прогностической гидрометеорологической и ледовой обстановке в районе плавания судов для обеспечения безопасности проведения морской операции, принятия обоснованных управленческих решений. В состав ОГ могут включаться специалисты организаций субподрядчиков. ОГ решает следующие задачи: - локальный мониторинг ледовых и гидрометеорологических процессов и явлений в районе проведения операций; - подготовка и оперативное доведение до конечного потребителя специализированной информационной продукции, с учетом специфики и стадии выполнения каждой конкретной морской операции. Принципы организации деятельности ОГ определяются потребностями обслуживаемой морской транспортной системы. Структура, состав передаваемой информации, регламент информационного обмена согласовывается с организацией (компанией), являющейся органом управления морской транспортной системы. ОГ может иметь в своем составе следующих специалистов: - руководитель; - заместители руководителя; - ответственный за прием, сбор и обработку спутниковой информации; РД 52. 881–2019 - ответственный за ледовые карты; - ответственный за метеорологические прогнозы; - ответственный за ледовые прогнозы; - ответственный за прогнозы уровня и течений; - ответственный за прогнозы волнения; - ответственный за навигационные рекомендации; - ответственный за связь. Работа ОГ непосредственно на борту судна разрешает с наибольшей оперативностью доводить до руководителя операции информацию, необходимую для принятия решений. ключевые обязанности при обеспечении сложных морских операций распределяются следующим образом: - ИАЦ «Север» осуществляет прием и сбор всей нужной исходной ледовой и метеорологической информации, ее обработку и анализ, составление ледовых карт и разработку метеорологических

прогнозов, а также организацию каналов связи и передачу информационной продукции на борт судна; - ОГ на борту судна осуществляет прием и анализ поступающей из ИАЦ информации, прием и обработку снимков ИСЗ низкого разрешения, составление краткосрочных метеорологических и ледовых прогнозов, выполнение авиационной ледовой разведки, разработку и оперативное доведение их до руководителей морской операции рекомендаций по учету текущих и ожидаемых ледовых и гидрометеорологических условий. На этапе планирования операции ОГ в ИАЦ «Север» составляется сценарий ее проведения. Сценарий основывается на анализе развития фактических метеорологических и ледовых процессов, на долгосрочных прогнозах и режимных данных. При определении предварительного варианта плавания учитываются: вероятность формирования благоприятных ледовых условий на отдельных участках РД 52. 881–2019 маршрута плавания; границы припайных районов и прогноз сроков взлома припая, степень развития и устойчивость заприпайных полыней. Сценарий содержит рекомендации о последовательности работы в соответствии с общими процессами развития или разрушения ледяного покрова, характерными для этого региона, нужды ледокольной проводки на различных участках маршрута плавания, расчеты затрат времени на движение различными вариантами плавания. После окончания деятельности ОГ ее сотрудниками подготавливается информационный отчет. Информационный отчет ОГ должен содержать следующие разделы: - описание организации и деятельности ОГ в отчетный период; - краткую характеристику информационной продукции и технологий подготовки; - анализ развития метеорологических процессов в отчетный период; - анализ развития ледовых процессов в отчетный период; - анализ условий плавания судов в отчетный период; - информацию об оправдываемости метеорологических и ледовых прогнозов; - информацию об эффективности навигационных рекомендаций; - выводы и рекомендации о повышении качества ГМО. За руководителем ОГ закреплены следующие права и

обязанности: а) руководитель ОГ имеет право: - комплектовать состав группы; - производить должностные перемещения в составе группы; - вести служебную переписку; б) руководитель ОГ обязан: - обеспечить выполнение требований договоров по ГМО; РД 52. 881–2019 - определить персональный состав ОГ и распределить обязанности; - обеспечить использование преимущественно эффективных методов анализа и прогноза, а также опыта научно-оперативного обеспечения арктического судоходства; - постоянно быть в курсе случающихся и ожидаемых изменений ледовых и гидрометеорологических условий; - консультировать капитанов судов, ледоколов и представителей заинтересованных организаций о фактической и ожидаемой гидрометеорологической обстановке и ледовых условиях в районе плавания судов. Заместители руководителя ОГ и ответственные по направлениям работы ОГ осуществляют: - распределение работ, выполняемых специалистами; - контроль качества и своевременности исполнения работ; - контроль полноты поступления материалов наблюдений и исходных данных; - подготовку различных видов информационной продукции; - подготовку разделов отчета.

Мореходные гидрометеорологические прогнозы.

Все гидрометеорологические прогнозы можно условно выделить в две группы: прогнозы явлений и прогнозы величин. К прогнозам явлений в т.ч. относятся прогнозы ОЯ, например прогноз возникновения цунами, сильного тягуна в портах, прогнозы сгонно-нагонных явлений, обледенения рыболовных судов, сильного тумана на море и т. РД 52. 881–2019 К прогнозам величин причисляются прогнозы, которые могут быть выражены количественно – в градусах (температура моря), в метрах (высота волны, уровень), метрах в секунду (ветер, течения) и т. , и которые отнесены к определенному моменту времени и к некоторой фиксированной точке. В действительности, нужную информацию возможно получить, прогнозируя разом как само явление, так и его количественные характеристики. Например, возможно прогнозировать факт возникновения тягуна в порту с

одновременным указанием его количественных характеристик (интенсивности, продолжительности, амплитуды колебаний и т. По содержанию все прогнозы возможно разбить на две группы: прогнозы, характеризующие динамические процессы, и прогнозы, характеризующие тепловые процессы. К первой группе относятся прогнозы волнения, течений, сгонно-нагонных колебаний уровня, дрейфа льда и т. , ко второй группе – прогнозы температуры воды и ледовых явлений По времени действия распознают прогнозы на заданный промежуток или момент времени, выпускаемые по расписанию в установленное время суток, и выпускаемые независимо от времени суток при угрозе возникновения ОЯ (или комплекса гидрометеорологических явлений, каждое из которых в отдельности по интенсивности и силе не достигает критерия ОЯ, но близко к нему). Морские гидрометеорологические прогнозы по продолжительности своего действия распределяются на: □ краткосрочные прогнозы (от нескольких часов до 3 сут); □ среднесрочные прогнозы (от 3 до 15 сут); □ долгосрочные прогнозы (от 15 сут до 6 мес); □ сверхдолгосрочные прогнозы (свыше 6 мес). По месту действия распознают прогнозы: РД 52. 881–2019 – для пункта (порт, местонахождение судна, приморский населенный пункт и др. – отдельных районов и для моря в целом, вдоль маршрута плавания судна или буксировки каких-либо несамоходных объектов (кранов, плавучих доков и др. – для больших акваторий океанов (например, прогнозы температуры поверхности океана по северным частям Атлантического и Тихого океанов) и в целом по Мировому океану (глобальные прогнозы волнения). По целевому назначению прогнозы делятся на прогнозы общего назначения (циркулярные) и специализированные. К прогнозам общего назначения (пользования) причисляются прогнозы общего характера, не имеющие определенной специфики по месту и времени проведения морских операций. Прогнозы общего назначения предоставляются потребителям на регулярной основе. Органам государственной власти Российской Федерации, органам государственной власти субъектов Российской Федерации, органам Единой

государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций гидрометеорологическая информация и прогнозы общего назначения предоставляются бесплатно. Другим пользователям (потребителям) прогнозы общего назначения предоставляются за плату в размерах, возмещающих расходы на их подготовку, тиражирование и передачу по каналам связи. В примерный перечень информационных услуг общего назначения входит: - прогностическая и фактическая информация об ОЯ в соответствии с типовым перечнем ОЯ (см. приложение Д); - прогнозы погоды и состояния моря на 1–2 сут при проведении аварийно-спасательных и восстановительных работ в районах стихийных бедствий, аварий и катастроф; РД 52. 881–2019 - предупреждения об угрозе цунами. К специализированным прогнозам относятся прогнозы, составляемые по заявкам потребителей, как правило, на договорной основе между потребителем и обслуживающей организацией за плату, стоимость которой определяется договором. В договоре четко оговариваются обязанности исполнителя и заказчика. В ориентировочный перечень специализированной информации входят: - данные о текущем состоянии погоды и моря; - краткосрочные прогнозы погоды и состояния моря по районам проведения морских операций, рекомендуемым курсам, морским портам; - среднесрочные прогнозы погоды и состояния моря по районам проведения морских операций, судоходным трассам, морским портам; - прогнозы погоды, температуры воды в океанах и морях на месяц; - прогнозы ледовых условий на месяц и зимний период по акваториям морей и судоходным трассам; - анализы (доклады, справки, консультации) метеорологических условий и состояния моря по заданным районам проведения морских операций. Предоставление информационных услуг и выполнение работ в рамках ГМССБ осуществляется в рамках договоров, заключаемых организациями и предприятиями Министерства транспорта Российской Федерации с предприятиями, организациями – владельцами гидрометеорологической информации. Порядок взаимодействия сторон при

выполнении работ в рамках ГМССБ регламентируется совместно разработанным и утвержденным сторонами документом (договором). При заключении договоров (соглашений) стороны должны исходить из действующего законодательства Российской Федерации, обязательств Российской Федерации, вытекающих из Международной РД 52. 881–2019 конвенции по охране человеческой жизни на море СОЛАС-74, руководящих документов ВМО и Росгидромета. Порядок составления и выпуска морских гидрометеорологических прогнозов Морские гидрометеорологические прогнозы составляются оперативно-прогностическими подразделениями Росгидромета по закрепленным за ними зонам ответственности на основании анализа фактического и прогностического материала. По акваториям океанов и морей, не входящих в зоны ответственности УГМС или ЦГМС Росгидромета, обеспечение осуществляется на договорной основе по специальным запросам потребителей. Подготовленная информационная продукция доводится до потребителей (пользователей) по различным каналам связи (радио, телевидение, Интернет, ГСТ ВМО, электронная почта, мобильная связь и т. Составление и выпуск прогнозов производится по заранее разработанным планам. Вне плана составляются и выпускаются только штормовые предупреждения и оповещения, уточнения прогнозов, справки и консультации по специальным запросам. Порядок сбора, обработки и распространения гидрометеорологических материалов регламентируется руководствами, наставлениями и указаниями Росгидромета и соответствующих отделов УГМС, а также решениями и рекомендациями Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам Росгидромета и технических советов УГМС или учеными советами НИУ. Краткосрочные прогнозы в зависимости от продолжительности действия и назначения составляются на 12 ч, 1 сут, последующие 2 сут и период (в виде консультации). Конкретное время составления РД 52. 881–2019 прогнозов устанавливает УГМС. Для детализации времени суток следует использовать

его характеристики в соответствии с РД 52. В прогнозах и штормовых предупреждениях об ОЯ, передаваемых для судов по радио, указывается местное время. В прогнозах, выпускаемых в рамках международных обязательств, указывается Всемирное скоординированное время (ВСВ). Прогнозы всеобщего назначения издаются циркулярно, согласно расписанию, прогнозы специализированного назначения выпускаются в соответствии с условиями, оговоренными договорами, штормовые предупреждения – немедленно при угрозе возникновения и/или возникновении ОЯ. Для циркулярных передач по радио (в рамках ГМССБ) гидрометеорологическая информация (в пределах зоны ответственности УГМС) предоставляется в следующем порядке: - штормовые предупреждения; - краткий обзор синоптической обстановки; - прогноз на текущий день, 1 сут и последующие 2 сут. Обслуживание информацией по морскому льду следует предоставлять в рамках прогноза для открытого моря или в виде отдельного бюллетеня. Краткий обзор должен включать последующие пункты: а) дата и время по ВСВ; б) краткий обзор основных характеристик приземной метеорологической карты; в) направление и скорость перемещения циклонов и тропических возмущений. Положение фронтов и ложбин следует включать всякий раз, когда это помогает разъяснить метеорологическую обстановку. В прогнозах по акватории моря указываются: - период действия прогноза, дата; - район, для которого составлен прогноз; РД 52. 881–2019 - направление и скорость ветра в метрах в секунду; - видимость в километрах или в морских милях; - явления, ухудшающие видимость (туман, дымка, осадки и др. - высота ветровых волн и волн зыби в метрах; - параметры обледенения судов; - температура воды и воздуха; - ледовые условия. Кроме того, в прогнозы, составляемые по акватории порта, должна включаться информация о тягуне, сгонно-нагонных явлениях, а также о таких явлениях, как шквал, град, гроза и др. Прогнозы погоды и состояния моря на сутки и текущий день для района моря и расположенного в нем населенного пункта передают, как правило,

общим текстом. Если предполагается, что в некоторых частях акватории моря прогнозируемые гидрометеорологические величины и явления будут значительно различаться, то рекомендуется выделить эти части, применив для этой цели характеристики географического положения (запад, юг, северная половина, центральные районы, правобережье, прибрежные районы и т.д.), либо районы из Атласа районирования морей и океанов для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности. Прогнозы погоды и состояния моря на сутки уточняют полусуточным прогнозом на текущий день. Если в уточнении нет необходимости, то формулировку суточного прогноза повторяют в полусуточном прогнозе на день. Информация о морском льде включает положение кромки льда, наличие айсбергов, сплоченность льда и стадии его развития. Терминология по морскому льду и айсбергам должна соответствовать стандартам, указанным в номенклатуре. Рекомендуемые курсы плавания судов Обеспечение морских судов рекомендуемыми вариантами и маршрутами плавания относится к специализированному обслуживанию. Проводка судов осуществляется в реальном времени специальными службами, функционирующими в оперативно-прогностических подразделениях Росгидромета. В запросе на проводку должна содержаться следующая информация: - название судна, судовладелец, порт приписки, канал связи; - тип судна, водоизмещение, заданная скорость с точностью до 0,5 узла; - название или координаты начального и конечного пунктов маршрута, промежуточные пункты захода, возможные пункты укрытия по гидрометеорологическим условиям, дата и время выхода из начального пункта; - особые данные или требования (остойчивость, особенности загрузки, характер груза, соблюдение расписания движения и т. - гидрометеорологические условия, ограничивающие плавание и рассматриваемые как критерии опасных явлений (скорость ветра, высота и направление волнения, превышение которых нежелательно по соображениям безопасности судна, сохранности груза и т. Капитан судна,

получив первую рекомендацию, подтверждает ее прием и в течение перехода сообщает в оперативно-прогностическую организацию открытым текстом за сроки 00 и 12 ч ВСВ: - координаты судна, курс, скорость движения в узлах; - направление (в градусах) и скорость ветра (м/с), высота ветровых волн и волн зыби (в метрах); - ледовые условия по маршруту движения; - опасные гидрометеорологические явления (обледенение, видимость менее 1000 м и т. РД 52. 881–2019 После получения запроса на обслуживание группа проводки собирает и анализирует гидрометеорологическую обстановку вдоль маршрута предстоящего плавания по данным, полученным из многих источников (как национальных, так и зарубежных), с геостационарных и полярных спутников, а также с судов, океанских стационарных и дрейфующих буев и т. Кроме оперативных текущих и прогностических материалов используются также различного рода подсобные материалы (лоции, гидрометеорологические справочники, атласы и др. ) для получения лишних сведений о возможной гидрометеорологической и навигационной обстановке вдоль маршрута. Материалы, содержащиеся в этих пособиях, являются результатом обобщения многолетних наблюдений за погодой и состоянием поверхности океана. При подготовке рекомендации учитываются тип судна, род груза, скорость, осадка судна, предполагаемое время выхода судна в рейс и плановое время прибытия в порт назначения, а также те или иные ограничения гидрометеорологического характера, накладываемые на условия плавания. Проводка судов может производиться на основе расчетных способов или с помощью автоматизированных систем Закончив следование по рекомендованному пути, капитан сообщает дату и время прихода в конечную точку. Оценка эффективности проводки (оценка экономии ходового времени) выполняется на основе сравнения результатов следования судна по рекомендованному пути с итогами следования «гипотетического судна» по какому-либо стандартному (климатическому) пути в этот же период. Расчет движения судна по стандартному пути ведется

с использованием данных о фактическом волнении и функции потерь скорости судна на волнении. Сопоставление сроков фактического РД 52.881–2019 (по рекомендованному пути) и расчетного (по стандартному пути) приходов судна в конечную точку дает разность во времени, по которой судят об эффективности проводки.

## 5.1 Путевое хозяйство

Ключевые мероприятия по улучшению судоходных условий на реках.

Внутренние водные пути в естественном пребывании очень часто характеризуются наличием разнообразных препятствий для судоходства, которыми могут являться мели, высокие скорости течения, резкие повороты трассы судового хода и др. Следовательно, для повышения эффективности работы морского транспорта требуется выполнять систему особых мероприятий по улучшению судоходных условий на внутренних водных путях.

На реках, свободных от гидротехнических сооружений, с этой целью проводят так называемые путевые работы, к которым относятся: установка предупредительных и указательных знаков (судоходной обстановки), сигнализирующих о состоянии пути; руслоочистение-удаление со дна реки случайных подводных предметов и берегоочистение—очистка берегов от деревьев и пней, которые могут угодить в русло; дноуглубление судового хода с помощью землечерпалок и землесосов или с помощью взрывов; выправление, т.е. улучшение судоходных условий рек особыми сооружениями; регулирование стока, т.е. дополнительное питание рек водой в период навигации из создаваемых в верховьях либо на притоках водохранилищ, в коих задерживается доля весеннего стока.

Особо радикальным методом усовершенствования судоходных условий рек, резко изменяющим их режим, является шлюзование. На реках с большими скоростями, а также на реках с маленькими расходами шлюзование является порой единственным техническим средством для их судоходного освоения. При транспортном использовании рек со шлюзованием широко применяется и регулирование стока в водохранилищах.

Из различных вариантов путевых работ преимущественно несложным и широко распространенным является применение судоходной обстановки, т.е. средств навигационного оборудования, означающего направление, границы и габариты (глубины и ширины) судовых ходов, а также регулирующего очередность хода судов в местах, где это необходимо по условиям плавания. Впрочем для повышения объема морских перевозок важно не только обладать сведениями о состоянии пути, но и по возможности активно его улучшать, в первую очередь повышая гарантированные судоходные глубины.

Главным методом повышения и удерживания судоходных глубин и прочих габаритов судового хода в настоящее время является дноуглубление - устранение грунта с судового хода механическими средствами. Подобными средствами являются землесосы, многочерпаковые и одночерпаковые дноуглубительные снаряды. Дноуглублением производятся судоходные прорези, особенно подводные, в пределах перекатов как на транзитных судовых ходах, так и вне транзита - на подходах к портам и пристаням, у входов в затоны и т.д. Судоходные прорези бывают эксплуатационные и капитальные.

Эксплуатационные прорези, на которые в настоящее время доводится огромная доля дноуглубительных работ, прodelывают для обеспечения на перекатах в течение всей навигации заданных размеров судового хода. Их подразделяют на восстановительные и ремонтные.

Капитальные прорези делают для создания свежих судоходов на перекатах с малыми радиусами закруглений судового хода, со свальным (поперечным) течением или неустойчивым судовым ходом, на котором поддерживать нужные глубины эксплуатационным дноуглублением проблемно и необходимы огромные объемы работ. Капитальные прорези прodelывают вдобавок для спрямления излучин рек и углубления несудоходных рукавов.

Судоходные прорези обязаны гарантировать безопасные и комфортные обстоятельства прохода по ним судов и плотов, а для этого прорези Должны обладать на всем протяжении принятые для участка реки размеры – глубину, ширину и радиусы закруглений. Выбор трассы эксплуатационной прорези представляет непростую гидротехническую задачу и во многом зависит от типа переката.

Методом дополнительного повышения судоходных глубин в реках представляется их подпитывание в межень попусками из водохранилищ, создаваемых на притоках или в верховьях рек. В дореволюционное время регулирование стока рек носило отраслевой характер, т.е. водохранилища предназначались в основном для улучшения судоходных условий. образцом такого водохранилища может работать Верхневолжское (полезным объемом 0,47 км<sup>3</sup>), которое удерживает недолгими навигационными попусками судоходные глубины на Волге выше г. Калинина.

В современных условиях, как часто отмечалось, применение рек носит комплексный характер и организовываемые на них гидротехнические узлы преследуют цели одновременного удовлетворения запросов всевозможных отраслей водного хозяйства. образцом может служить повышение судоходных глубин на Дону ниже Цимлянского гидроузла комплексного назначения (водный транспорт, гидроэнергетика, орошение засушливых земель на левобережье Дона).

## **5.2 Система оповещения МЧС об опасных явлениях**

Во всех субъектах РФ работают отделы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в составе Главных управлений МЧС России. Эти подразделения на основании прогноза Росгидромета формируют оперативный ежедневный прогноз на сутки, краткосрочный недельный прогноз и среднесрочный прогноз на месяц. В работе активно применяются прогрессивные геоинформационные системы и технологии космического мониторинга.

В рамках реализации Федеральной космической программы 2016-2025 вместе с ГК "Роскосмос" МЧС России вырабатывает систему космического мониторинга ЧС. Она предусматривает усиление отечественной космической группы и развитие сети станций приема и обработки космической информации.

На основе снимков, полученных из космоса, которые поступают в Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России, определяются, например, термоточки (очаги пожаров или возгораний) на территории страны. Дальше информация оперативно доводится до глав муниципальных образований, что позволяет на местах актуально отвечать на возникающие угрозы.

В нашей стране четверть века назад была основана Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Цель ее работы - обеспечение единой защиты населения от катастроф и снижение рисков бедствий.

Ныне РСЧС связывает силы и средства федеральных органов власти, регионов, муниципалитетов и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по предохранению населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти по этим вопросам в рамках РСЧС осуществляет МЧС России.

Система управления РСЧС оптимизируется. Исключаются неэффективные, а порой лишние органы управления. теперь мы заканчиваем создание единой, организационно и технологически взаимоувязанной вертикали управления РСЧС: дежурно-диспетчерские службы в организациях - единые дежурно-диспетчерские службы в муниципалитетах - центры управления в кризисных ситуациях в регионах - Национальный центр управления в кризисных ситуациях на федеральном уровне. Это обеспечивает оперативность принятия управленческих решений, сокращение сроков оказания помощи людям.

Под мониторингом подразумевается система непрерывного наблюдения за явлениями, процессами, случающимися в природе и техносфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания.

Совместной целью мониторинга опасных явлений и процессов в природе и техносфере является увеличение точности и достоверности прогноза чрезвычайных ситуаций на основе соединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей всевозможных ведомств и организаций, занимающихся вопросами мониторинга отдельных видов опасностей.

Данные мониторинга служат фундаментом для прогнозирования. В общем случае прогнозирование – это творческий исследовательский процесс, в результате которого обретаются гипотетические данные о будущем состоянии какого-либо объекта, явления, процесса.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций – это опережающее отражение вероятности происхождения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа причин ее возникновения, ее источника в прошлом и настоящем.

Прогнозирование содержит в себе ряд элементов. Один из них — данные об объекте прогнозирования, раскрывающие его поведение в прошлом и настоящем, а еще закономерности этого поведения.

В основе всех методов, способов и методик прогнозирования лежит эвристический или математический подход.

Суть эвристического подхода состоит в использовании мнений специалистов-экспертов. Он находит применение для прогнозирования процессов, формализовать которые нельзя.

Математический подход заключается в использовании имеющихся данных о некоторых характеристиках прогнозируемого объекта, их обработке математическими методами, получении зависимости, связывающей указанные характеристики со временем, и вычислении с помощью найденной зависимости характеристик объекта в данный момент времени.

Данный подход подразумевает применение моделирования или экстраполяции.

Прогнозирование в большинстве случаев представляется основой предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В режиме ежедневной деятельности прогнозируется возможность возникновения чрезвычайных ситуаций – факт происхождения чрезвычайного события, его место, время и интенсивность, возможные масштабы и другие характеристики грядущего происшествя.

При возникновении чрезвычайной ситуации прогнозируется ход формирования обстановки, эффективность тех или иных запланированных мер по ликвидации чрезвычайной ситуации, требуемый состав сил и средств. особенно значительным из всех данных прогнозов представляется прогноз вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций. Его результаты могут быть особенно эффективно использованы для устранения чрезвычайных ситуаций (особенно в техногенной сфере, а также для отдельных природных бедствий), для заблаговременного сокращения вероятных потерь и ущерба, обеспечения готовности к ним, определения оптимальных превентивных мер.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На метеорологической станции Октябрьское в рядах температур воздуха выявлен значимый тренд на повышение. За последние 30 лет среднегодовая температура воздуха повысилась 1,1 °С. В рядах годовых сумм осадков тренд отсутствует.

Для данной территории из опасных явлений характерно высокое весеннее половодье.

Сравнительный анализ внутригодового распределения стока по реке Обь –пост Салехард за 2 периода времени по 45 лет каждый показал, что обеспеченность многоводного года по первой половине ряда данных, по сравнению со второй половиной, уменьшилась за весенние и летне-осенние сезоны, а за зимний осталась такой же. Значения средних по водности лет значительно увеличились с течением времени, а в маловодные годы, за исключением зимнего сезона, где обеспеченность пошла вверх, с весны по осень значения стали уменьшаться.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Внутригодовое распределение стока по методу реального года

годы	река пост	водность года	месячный сток												сезонный сток		
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна(IV-VI)	лето-осень(VII-XI)	зима(XII-III)
1930-1975	обь-салехард	многоводные	2,7	12,2	19,4	17,1	16,0	9,9	6,1	4,0	3,9	3,2	2,9	2,6	34,3	53,1	12,5
		средние	1,9	9,0	22,2	20,4	12,9	7,6	8,9	6,0	4,6	2,3	2,2	1,9	33,1	55,8	11,0
		маловодные	3,6	15,7	22,9	20,0	9,5	7,1	6,8	3,4	3,4	2,7	2,4	2,6	42,1	46,8	11,0
1976-2019		многоводные	3,6	2,9	2,7	2,8	11,3	16,2	15,5	17,0	11,7	6,6	5,4	4,2	9,2	62,9	27,9
		средние	2,9	7,7	21,1	19,8	13,4	7,1	8,0	6,2	4,2	3,6	3,2	2,9	31,6	54,5	13,8
		маловодные	3,2	11,7	24,1	20,1	9,8	7,5	6,7	3,3	3,2	3,8	3,4	3,2	39,1	47,3	13,6

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

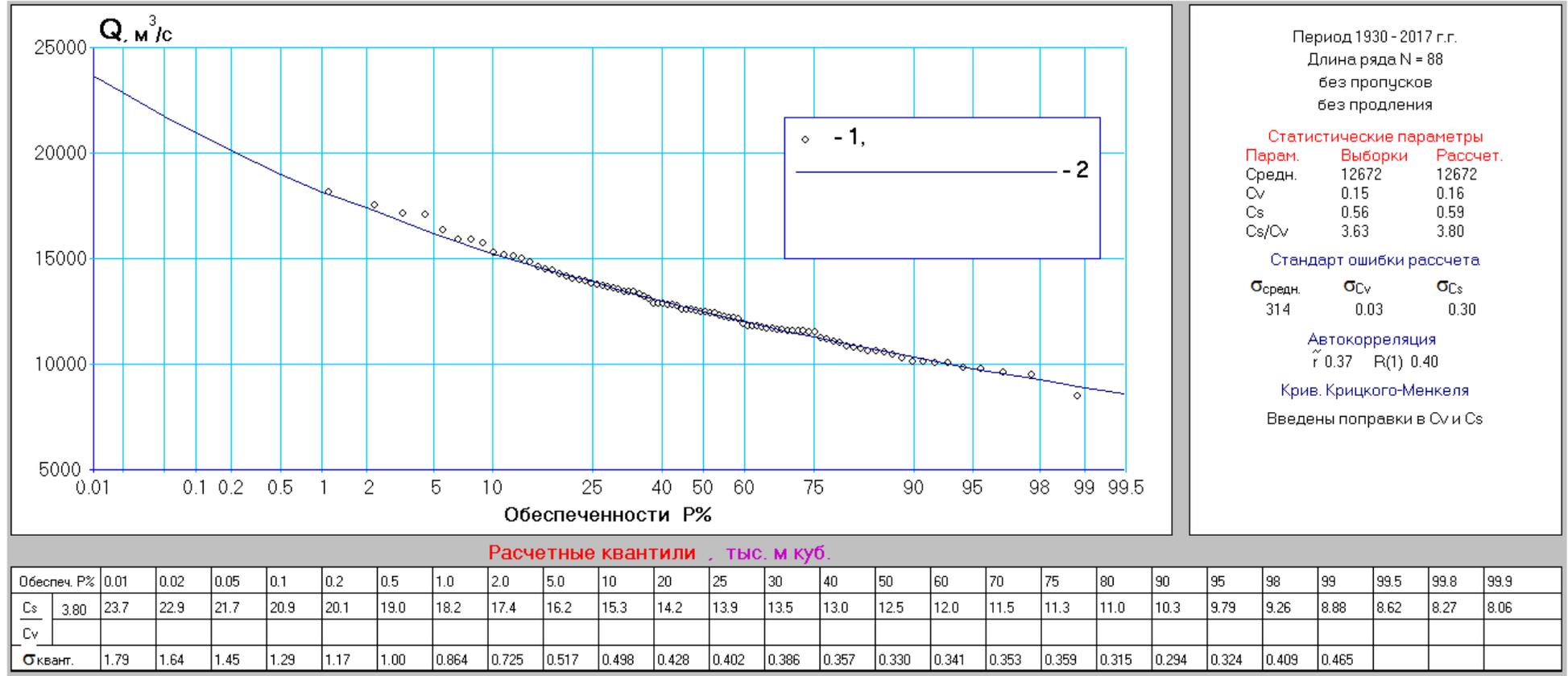


Рисунок 1 – Кривая обеспеченности и расчетные значения расходов р. Обь – Салехард

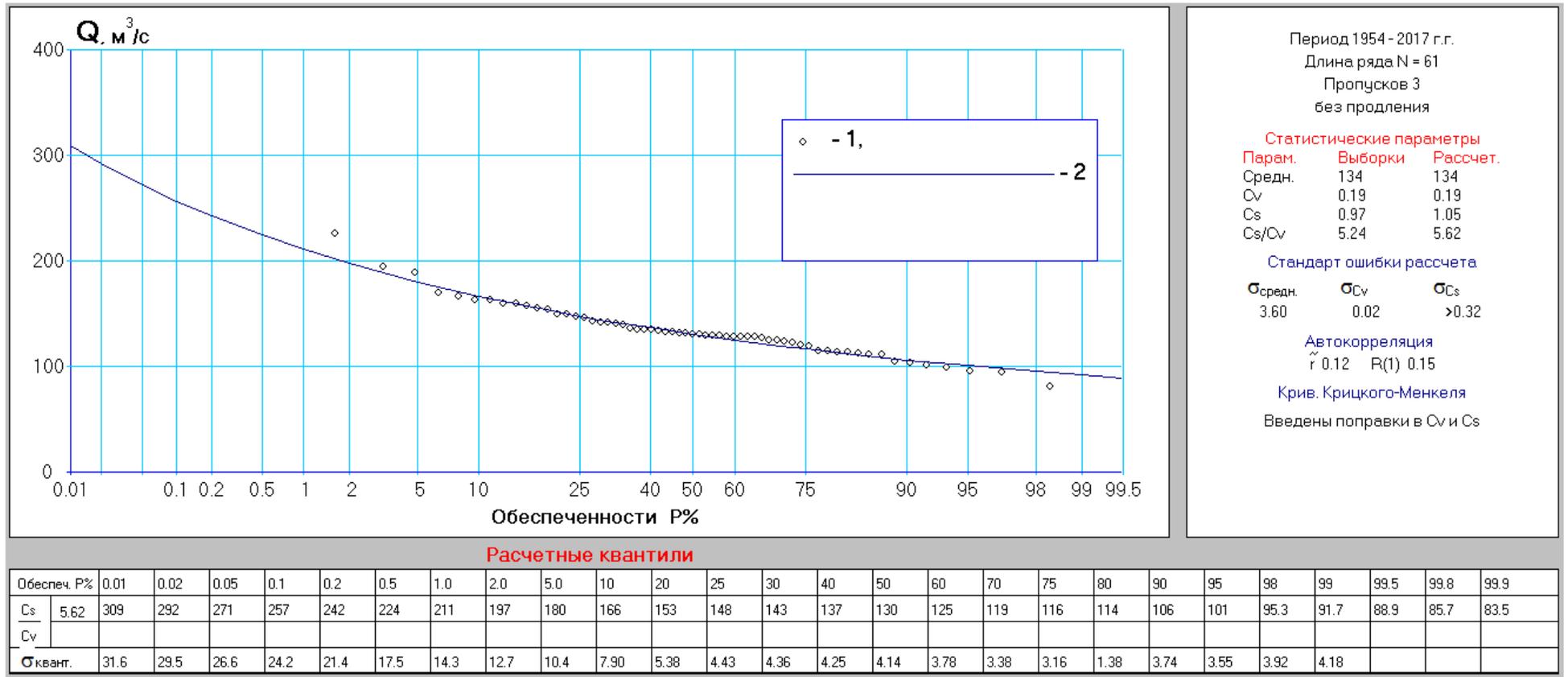


Рисунок 2 – Кривая обеспеченности и расчетные значения расходов р. Полуй – ТДС Полуй

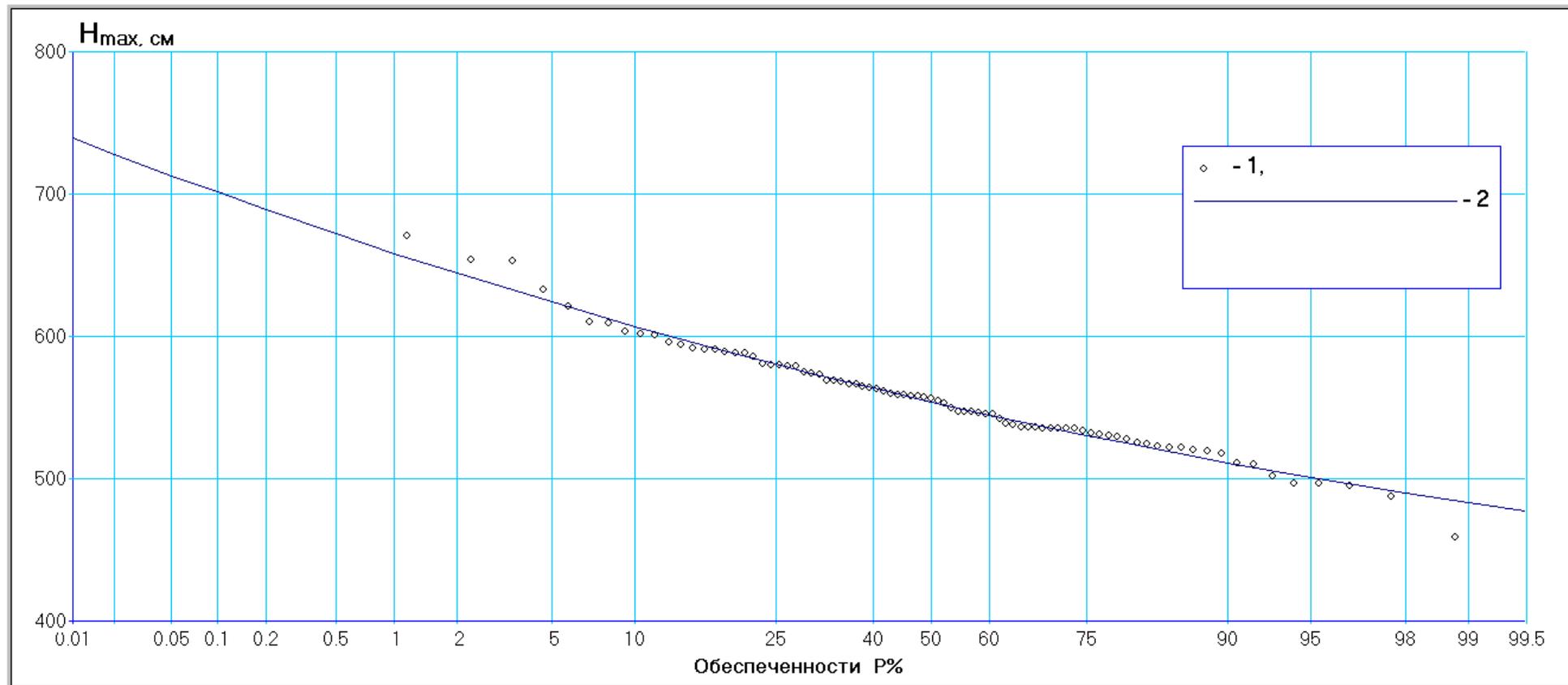


Рисунок 3 – Кривая обеспеченности максимальных уровней воды р. Обь – г. Салехард

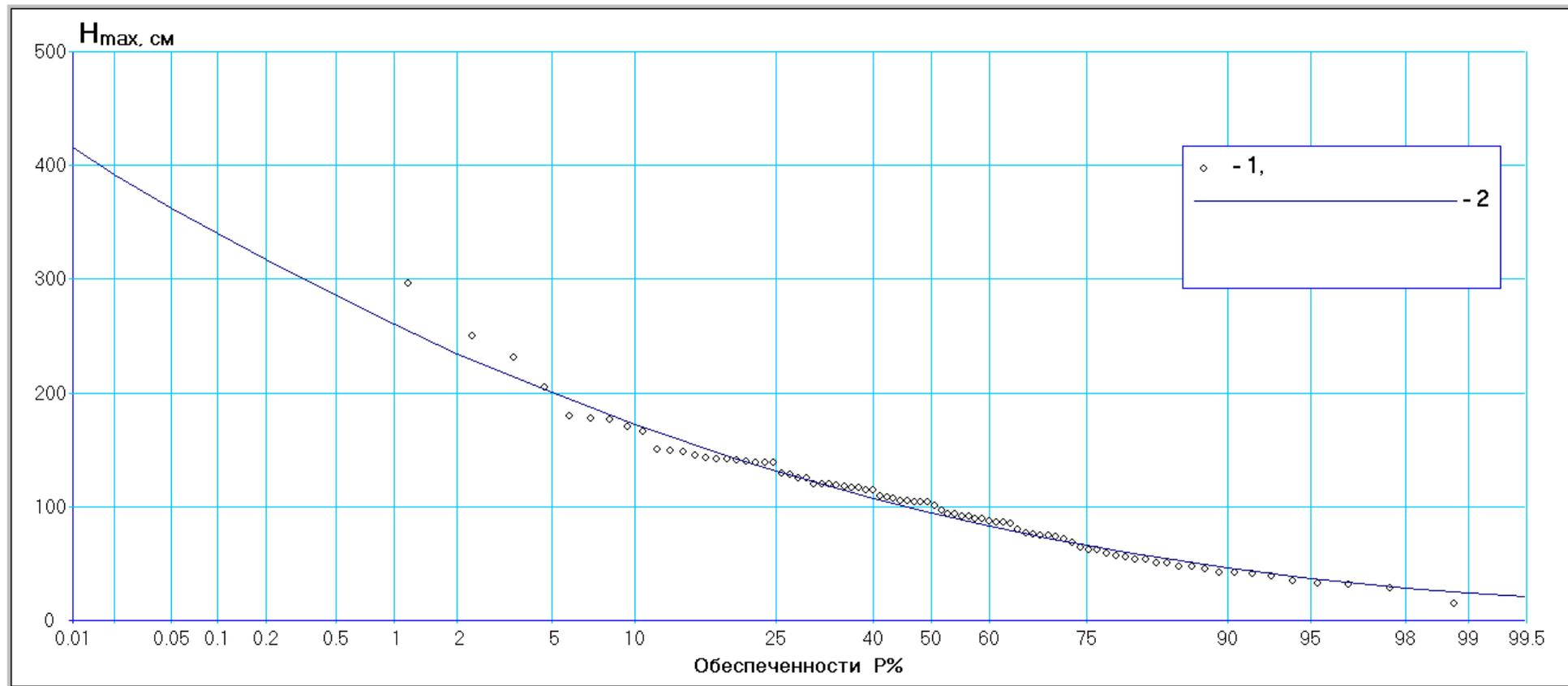


Рисунок 4 – Кривая обеспеченности минимальных летне-осенних уровней воды р. Обь – г. Салехард

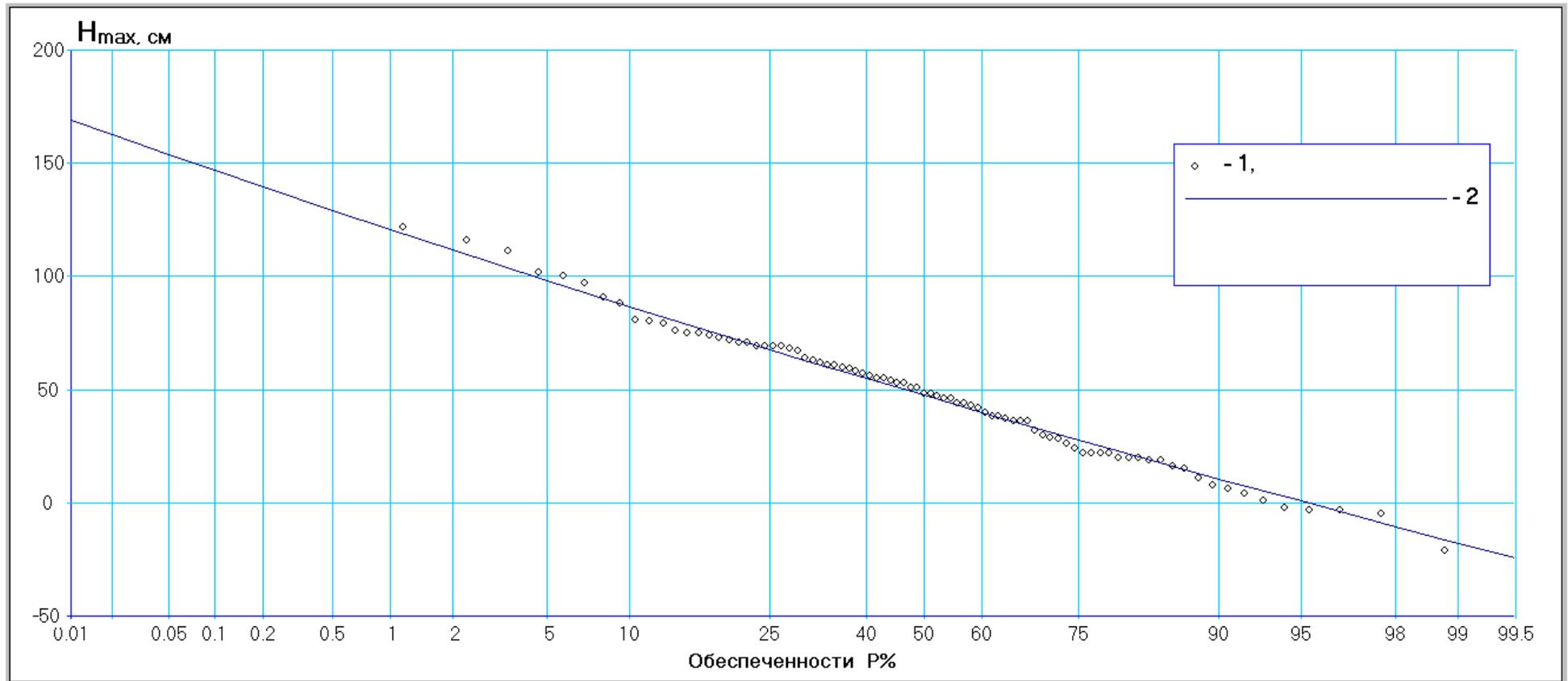


Рисунок 5 – Кривая обеспеченности минимальных зимних уровней воды р. Обь – г. Салехард

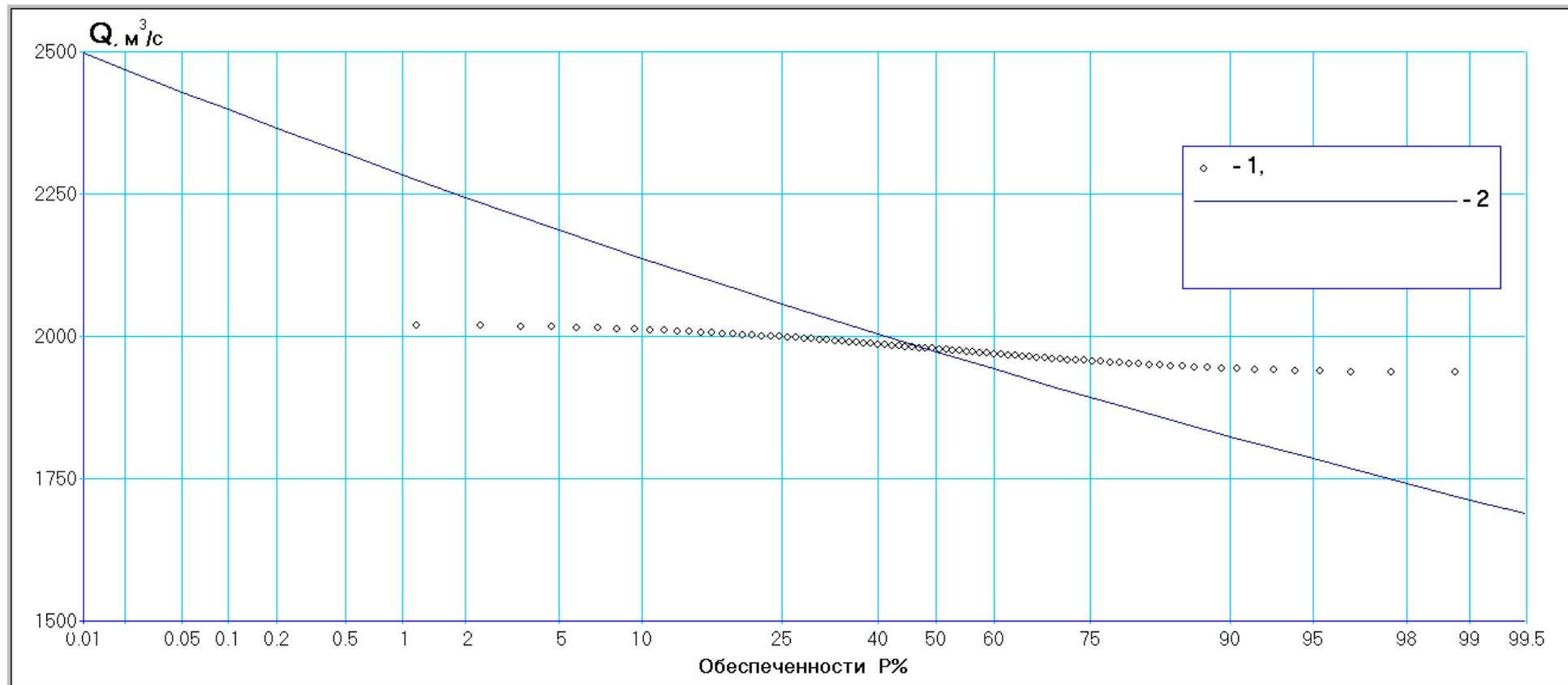


Рисунок 6 – Кривая обеспеченности максимальных расходов воды р. Обь – г. Салехард

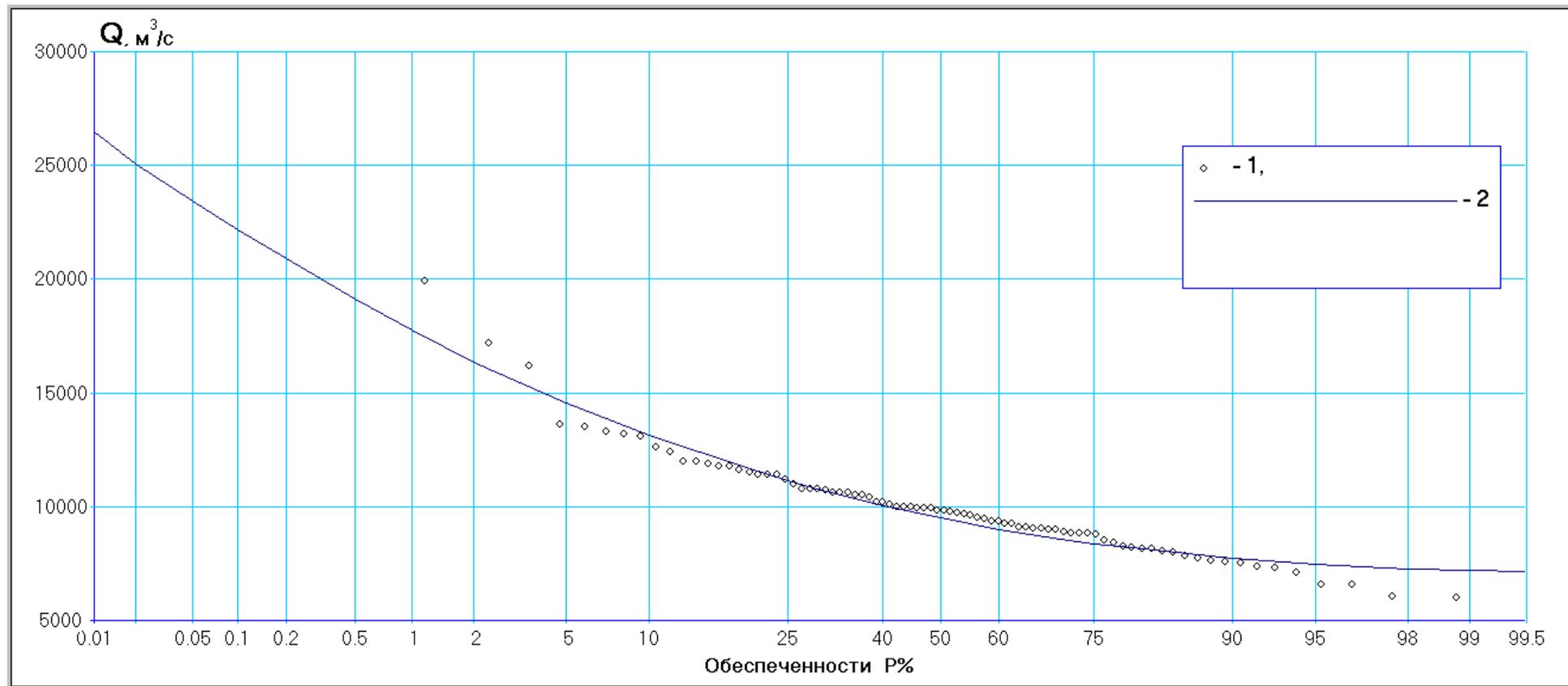


Рисунок 7 – Кривая обеспеченности минимальных летне-осенних расходов воды р. Обь – г. Салехард

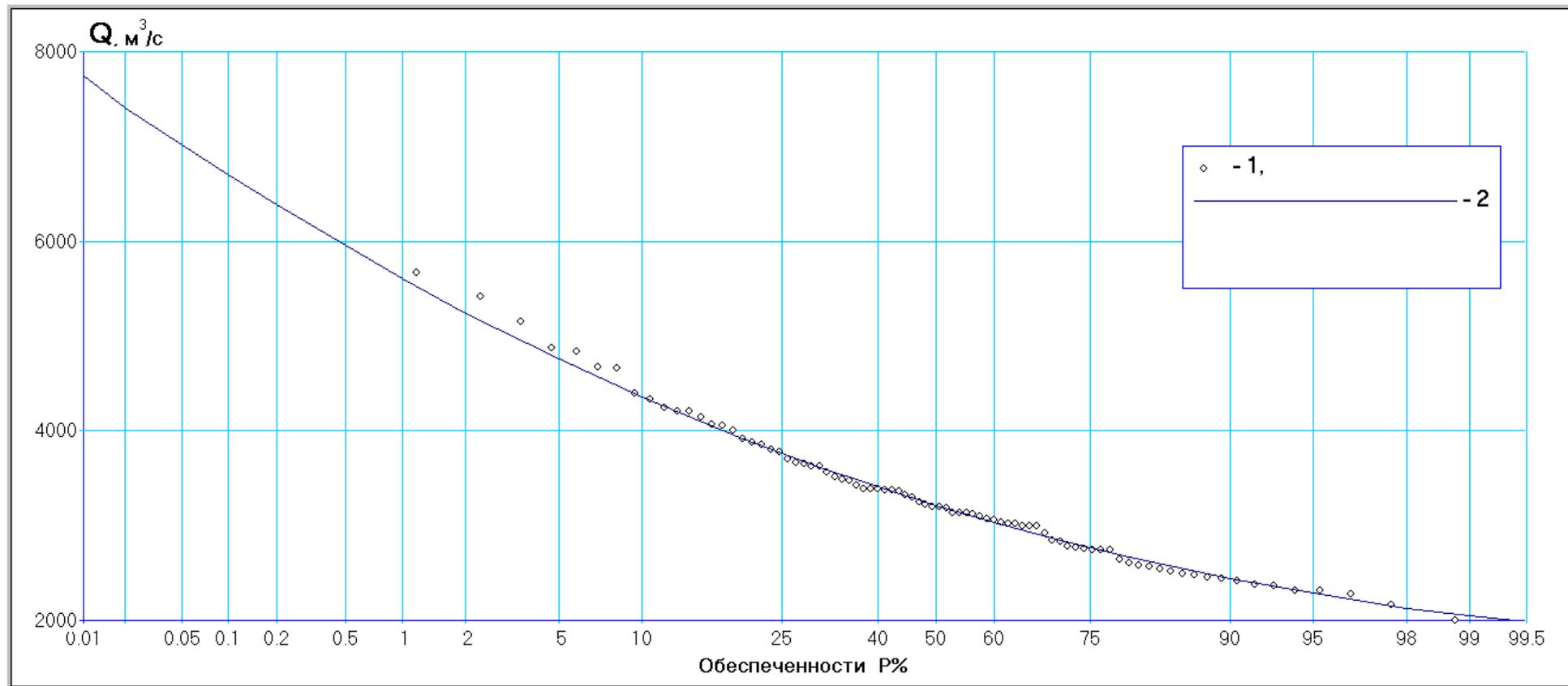


Рисунок 8 – Кривая обеспеченности минимальных зимних расходов воды р. Обь – г. Салехард