

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ПРОБЛЕМАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ
ЛЕДОВЫХ ЗАТОРОВ НА РЕКАХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
И БОРЬБЕ С НИМИ**

Второе издание

МОСКВА
2004

Методические рекомендации по предотвращению образования ледовых заторов на реках Российской Федерации и борьбе с ними. Шахраманьян М.А., Векслер А.Б., Пчелкин В.И., Трегуб Г.Б. и др. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2004, 234 с., с иллюстрациями.

Авторский коллектив:

В.А. Бузин, А.Г. Василевский, А.Б. Векслер, А.И. Гительман, В.К. Дебольский, В.Н. Карнович, Д.В. Козлов, А.А. Косырев, В.И. Матвеев, Г.М. Нигметов, В.И. Пчелкин, Р.С. Самойлов, И.В. Сосунов, А.В. Терехов, Г.А. Трегуб, Ю.А. Филатов, И.Н. Шаталина, М.А. Шахраманьян, А.М. Шванштейн

«Методические рекомендации...» содержат информацию о распространенности заторно-зажорных явлений на реках России, их классификации, условиях, причинах и факторах образования, рекомендации по их прогнозированию, предупреждению, ослаблению и ликвидации, а также формах, путях, методах и способах борьбы с заторно-зажорными явлениями, как источниками опасных наводнений.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования в качестве методической помощи постоянно действующими органами управления РСЧС всех уровней, специально уполномоченными на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в т.ч. и обусловленных заторно-зажорными наводнениями на территории Российской Федерации.

ISBN 5-93970-018-7

© ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
ВВЕДЕНИЕ	9
Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	13
1.1. Понятие о заторах и зажорах льда на реках	13
1.2. Характеристика, условия, причины и факторы образования заторов льда на реках	14
1.3. Классификация заторов льда	19
1.4. Процесс формирования, места образования и структура заторов.....	25
1.5. Распространенность заторов по территории России.....	31
1.6. Последствия опасных заторных явлений	37
1.7. Пути, методы и способы борьбы с заторами	42
1.8. Предупредительные мероприятия по борьбе с заторами и основные принципы их проведения	45
1.9. Ликвидация образовавшихся заторов	48
Раздел 2. МОНИТОРИНГ ЗАТОРОВ И ЗАЖОРОВ ЛЬДА....	52
2.1. Способы и виды наблюдений за заторами	52
2.2. Обработка материалов наблюдений	55
Раздел 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАТОРОВ И МАКСИМАЛЬНЫХ ЗАТОРНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ	57
3.1. Прогноз образования возможных участков и зон заторов льда на реке	57
3.2. Прогнозирование мощности затора	58
3.3. Прогнозирование подъема уровня воды и возможных последствий заторного наводнения	59
Раздел 4. МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ЛЬДА	63
4.1. Использование солнечной радиации	63
4.2. Химический метод разрушения ледяного покрова	69
4.3. Замедление роста льда зимой	72
Раздел 5. МЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД РАЗРУШЕНИЯ ЛЬДА	73
5.1. Использование ледорезных машин	73
5.2. Применение ледоколов	78

Раздел 6. ОБРАЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЗАТОРОВ ЛЬДА И ПРОВЕДЕНИЕ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ...	87
6.1. Образование искусственных заторов льда	87
6.2. Применение выправительных работ для предупреждения заторов	88
Раздел 7. ПРИМЕНЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЗАТОРОВ И ЗАЖОРОВ	90
7.1. Организация подготовительных работ	93
7.2. Проведение взрывных работ по дроблению льда	95
7.3. Взрывание крупных ледяных полей и заторов	101
7.4. Разрушение заторов и зажоров методом артиллерийско-минометных обстрелов	105
Раздел 8. ПРИМЕНЕНИЕ АВИАЦИИ	107
8.1. Разведка ледовой обстановки	107
8.2. Применение бомбометания с самолетов	109
8.3. Применение вертолетов при взрывных работах	114
8.4. Новая вертолетная система борьбы с заторами	115
Раздел 9. МАНЕВР ПРОПУСКОМ ЛЬДА ЧЕРЕЗ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ	119
9.1. Общие принципы пропуска льда через гидротехнические сооружения	119
9.2. Пропуск льда через закрытые водосбросы	116
9.3. Задержание ледохода перед гидротехническим сооружением	123
9.4. О гидравлическом способе разрушения заторов	123
Раздел 10. МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЗАЖОРОВ ЛЬДА	125
10.1. Основные положения о зажорах льда, факторы, причины и условия образования зажоров льда	125
10.2. Процесс формирования зажоров льда	127
10.3. Распространенность зажоров льда на реках России....	129
10.4. Методы предупреждения зажоров и борьбы с ними...	132
10.5. Гидравлическое и термическое регулирование зажорообразования	133
10.6. Мероприятия по борьбе с шугообразованием	135
10.7. Мероприятия по ликвидации зажоров	136

Раздел 11. О НОВЫХ СПОСОБАХ И СРЕДСТВАХ БОРЬБЫ С ЗАТОРАМИ	138
Раздел 12. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЯХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАТОРНЫХ И ЗАЖОРНЫХ ПОДЪЕМОВ УРОВНЯ ВОДЫ	142
Раздел 13. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ВЫЗВАННЫХ НАВОДНЕНИЯМИ ОТ ЗАТОРОВ И ЗАЖОРОВ ЛЬДА	146
13.1. Общие положения по действиям органов управления РСЧС при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных заторами (зажорами)	146
13.2. Превентивные мероприятия органов управления РСЧС в подготовительный период (непосредственно перед наводнением)	162
13.3. Особенности действий органов управления РСЧС при угрозе затоплений, вызванных заторно- зажорными явлениями	164
13.4. Основные задачи в области борьбы с заторно- зажорными наводнениями	167
13.5. Алгоритмы (порядок) действий органов управления РСЧС и поддержки принятия решений при угрозе возникновения ледовых заторов и зажоров	168
13.6. Основные оценки и выводы о направлениях (путях) предотвращения образования заторов (зажоров) на реках России и борьбе с ними	174
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	179
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	184
ПРИЛОЖЕНИЯ	191
1. Основные понятия и термины	192
2. Основные обозначения	197
3. Характер сведений, представленных в «Каталоге заторных и зажорных участков рек СССР»	198

4. Статистические и расчетные данные об основных заторных участках некоторых рек России и о возможных последствиях опасных заторо-зажорных явлений на них	201
5. Алгоритм поддержки принятия решений органами управления РСЧС при угрозе возникновения ледовых заторов (в предпаводковый период подготовки к паводку «конец зимы - весна»)	221
6. Схематизация типов заторообразования по гидравлическим условиям	231

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Методические рекомендации по предотвращению образования ледовых заторов на реках Российской Федерации и борьбе с ними» (далее – «Методические рекомендации...») разработаны с учетом требований федеральных законов РФ, указов и распоряжений Президента Российской Федерации, постановлений Правительства РФ, руководящих документов Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, касающихся вопросов защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного характера, а также с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных Федеральным центром науки и высоких технологий «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» (ФЦ ВНИИ ГОЧС), Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники им. Б.Е. Веденеева (ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева») и другими организациями.

«Методические рекомендации...» содержат информацию о распространенности заторно-зажорных явлений на реках России, их классификации, условиях, причинах и факторах образования, рекомендации по их прогнозированию, предупреждению, ослаблению и ликвидации, а также формах, путях, методах и способах борьбы с заторно-зажорными явлениями, как источниками опасных наводнений.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования в качестве методической помощи постоянно действующими органами управления РСЧС всех уровней, специально уполномоченными на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в т.ч. и обусловленных заторно-зажорными наводнениями на территории Российской Федерации.

Коллектив авторов-разработчиков «Методических рекомендаций...»: сотрудники ФЦ ВНИИ ГОЧС д.т.н. Шахраманьян М.А., к.т.н. Нигметов Г.М., к.т.н. Сосунов И.В.,

к.в.н. Пчелкин В.И., к.т.н. Матвеев В.И., к.т.н. Филатов Ю.А.; д.т.н. Самойлов Р.С., Терехов А.В.; сотрудники ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева к.т.н. Карнович В.Н., к.т.н. Василевский А.Г., к.т.н. Векслер А.Б., к.т.н. Трегуб Г.А., к.т.н. Шаталина И.Н., к.т.н. Швайнштейн А.М., Косарев А.А. В разработке «Методических рекомендаций...» приняли участие д.т.н. Дебольский В.К. (ИВП РАН), д.т.н. Бузин В.А. (ГТИ), д.т.н. Козлов Д.В. (МГУП), Гительман А.И. (ОАО «Кировский завод»).

При разработке документа были учтены ценные пожелания и замечания, высказанные д.т.н. профессором Д.В. Штеренлихтом (МГУП), к.т.н. И.Л. Калюжным (ГТИ), к.т.н. В.Д. Новожиным, д.т.н. А.Е. Асариным (Институт "Гидропроект"), к.т.н. В.А. Кореньковым (Государственная водная служба Главного управления природных ресурсов и охраны окружающей среды по Красноярскому краю), д.т.н., профессором А.Л. Великановым (ИВП РАН), Ю.А. Лалазаровым, В.А. Смирновым (ДПЛЧС МЧС России), к.т.н. Ю.В. Налимовым (АНИИ), к.г.н. С.В. Борщ (Гидрометцентр России) и др.

ВВЕДЕНИЕ

На земном шаре Россия больше всех страдает от таких опасных природных явлений как заторы и зажоры льда на реках. Основными причинами такой ситуации являются географическое расположение страны на севере Евразии, холодный климат, а также преимущественно северное направление течения большинства российских рек. Из других районов мира аналогичные проблемы испытывают Канада (север), США (Аляска) и север Скандинавского полуострова. Но в указанных районах находятся почти необжитые и мало освоенные территории, что значительно снижает остроту последствий и размеры ущерба от этих опасных природных явлений.

Среди стихийных сил природы заторы и зажоры льда на реках занимают особое место. И дело здесь не столько в размерах материального ущерба, сколько в сложном характере и скоротечности этих явлений, в малой эффективности предпринимаемых мер борьбы, затрудненности заблаговременного прогнозирования и, наконец, в почти полном отсутствии эффективных методов расчета [50].

В России (а ранее – в СССР) проблема борьбы с ледовыми заторами и их последствиями разрабатывалась и решалась различными заинтересованными ведомствами по нескольким направлениям. Главным направлением считалось применение взрывных способов борьбы. В 50 – 80-х годах прошлого века проводились научные исследования, разрабатывались методические рекомендации, указания и инструкции силами ученых и специалистов Гидрометеослужбы, министерств энергетики, водного транспорта и других ведомств страны. Наиболее полным (объемным) документом по этой проблеме является «Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда» (ВСН – 028 – 70, Минэнерго, 1970 г.) [27]. Но этот документ носит больше ведомственный характер и нацелен преимущественно на защиту и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений Минэнерго и РАО ЕЭС России.

В 1976 году Гидрометеослужбой СССР (Государственный гидрологический институт) впервые был разработан «Каталог заторных и зажорных участков рек СССР» в двух томах [41] под редакцией д.г.н. профессора А.А. Соколова.

В «Каталоге...» впервые была систематизирована имеющаяся к тому времени информация о заторах и зажорах на реках страны (приложение 3).

В последние годы (1995-2002 г.г.) проблемой борьбы с заторно-зажорными явлениями и их последствиями все активнее занимается Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России), как основной координатор в проведении государственной политики и практических мер по обеспечению защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [3, 4]. Были разработаны и разосланы в органы управления по делам ГО и ЧС «Справочник спасателя», книги 1-8, 1995-1998 г.г. [36]; «Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий при угрозе затопления населенных пунктов и территорий», 1999 г. [28]; методическое пособие «Производство взрывных работ по предупреждению и ликвидации ледовых заторов», 1999 г. [31]; «Методические рекомендации по предупреждению ЧС, связанных с паводками», 2002 г. [32] (по результатам анализа катастрофических наводнений в Якутии в 2001 году и на Северном Кавказе в 2002 году). Однако и в указанных документах вопросы борьбы с ледовыми заторами и их последствиями были рассмотрены не комплексно, а лишь частично.

Сложность и малая предсказуемость процесса заторообразования, большая стоимость и небезопасность полевых работ, связанных с изучением этого явления, трудность сколько-нибудь точного воспроизведения его в лабораторных условиях и пр. служат причиной того, что заторы льда до настоящего времени изучены слабо. И все же основные качественные особенности процесса заторообразования известны достаточно полно [51]. За последние 30 лет в России накоплен некоторый опыт прогнозирования и регулирования заторно-зажорных яв-

лений и процессов, а также заблаговременного принятия действенных мер по борьбе с этими опасными явлениями и по предотвращению катастрофических наводнений от них.

В предлагаемых «Методических рекомендациях...» сделана попытка обобщить накопленный опыт прогнозирования и регулирования заторных и зажорных процессов, выработать предложения по совершенствованию ранее известных путей, методов и способов борьбы с заторами и зажорами льда на реках, которые позволили бы органам управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) всех уровней более эффективно прогнозировать, предупреждать, предотвращать указанные опасные явления, ликвидировать их последствия.

В силу многофакторной природы и разнообразия условий возникновения заторов и зажоров, универсальных мер борьбы с ними до сих пор не выработано [27]. С учетом этого был принят следующий принцип построения «Методических рекомендаций...». В первом разделе приводятся сведения общего порядка: классификация явлений, процесс формирования и структура заторов, их распространенность по стране, данные о последствиях заторов, обзор известных, традиционных путей, методов и способов борьбы с ними. В последующих разделах более подробно освещаются отдельные методы и способы предупреждения и борьбы с заторами и особенности их применения в различных условиях. Раздел 10 посвящен информации о зажорных явлениях. В разделе 11 кратко рассмотрены новые способы борьбы с заторами. Раздел 12 – о методах инженерной защиты территории при катастрофических наводнениях заторно-зажорного происхождения. Последний раздел полностью состоит из методических рекомендаций координирующим органам РСЧС, постоянно действующим органам РСЧС, специально уполномоченным на решение задач в области защиты населения и территорий от ЧС (управления по делам ГО и ЧС), и органам повседневного управления РСЧС – далее органы управления РСЧС – по выбору наиболее целесообразного и рационального комплекса мероприятий при борьбе с заторами и зажорами.

Основные понятия, термины, обозначения, информация о заторных и зажорных участках России вынесены в приложения 1–4.

Обширная речная сеть России предопределяет многообразие заторных явлений. В связи с этим данные «Методические рекомендации...» не должны рассматриваться как всеобъемлющий универсальный нормативный документ. В дальнейшем, в результате углубления знаний о природе заторов и зажоров и накопления опыта регулирования их, возможно будет перейти к разработке для конкретных рек типовых схем борьбы с заторо- и зажорообразованием. Поэтому предлагаемые «Методические рекомендации...» носят временный характер.

Однако следует отметить и предостеречь, что возможные риски неуспеха в этой борьбе будут оставаться. Основными причинами этого являются:

- неотвратимость заторно-зажорных явлений и вызываемых ими опасных наводнений (затоплений) как неотъемлемых процессов годового цикла большинства рек Российской Федерации;

- слишком редкая сеть гидропостов Росгидромета и других ведомств в речных бассейнах, не позволяющая получать необходимый объем информации;

- незначительное финансирование разработки новых и более эффективных методов и способов борьбы с заторно-зажорными явлениями и их последствиями (проведение опытов, приобретение приборов, механизмов и т.п.);

- отсутствие финансирования НИОКР на государственном уровне с привлечением лучших специалистов и всех заинтересованных (ответственных) ведомств страны (Росгидромет, Минприроды, Минсельхоз, Минэнерго, МВД и МЧС России и т.п.).

При разработке мероприятий по предупреждению и борьбе с заторо-зажорными явлениями и их последствиями необходимо руководствоваться требованиями законодательства Российской Федерации, а также нормативно – методическими документами, указанными в первом разделе списка литературы.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Понятие о заторах и зажорах льда на реках

Затор льда представляет собой многослойное скопление льда в русле реки, стесняющее (уменьшающее) ее живое сечение и вызывающее подъем уровня воды в месте скопления льда и на некотором участке выше его [15, 50].

Непосредственная опасность затора льда заключается в резком и значительном подъеме уровня воды в реке, при котором вода выходит из берегов и затопляет прилегающую местность. Наиболее мощные заторы льда, приведшие к гибели людей и большим разрушениям, происходили на р. Енисей у г. Красноярск в 1941 г., на р. Северная Двина у г. Архангельск в 1953 г., на р. Лена в 1998 и 2001 г.г. у г.г. Ленск и Якутск и на р. Кубань в Краснодарском крае в 2002 г.

Зажор льда – сходное с затором льда явление, представляющее собой скопление шуги в русле реки, сопровождающееся забивкой некоторой части ее живого сечения и связанным с этим повышением уровня воды выше данного скопления. Частично в состав зажора могут входить отдельные льдины и снежура [15, 50].

Затор и зажор льда между собой различаются. Во-первых, зажор состоит из скопления рыхлого ледового материала (комьев шуги, частиц внутриводного льда, обломков небольших льдин), тогда как затор – это скопление крупно- и мелкобитых льдин. Во-вторых, зажор льда происходит в начале, а иногда и в середине зимы, в период осеннего ледохода и в начале ледостава, в то время как затор происходит в конце зимы и весной во время весеннего ледохода.

Основные понятия и термины, связанные с заторно-зажорными явлениями и борьбой с ними, приведены в приложении I.

1.2. Характеристика, условия, причины и факторы образования заторов и зажоров льда на реках

Основными характеристиками [58] заторов и зажоров льда на реках являются: их структура, размеры, максимальные заторные и зажорные подъемы уровней воды, продолжительность, повторяемость.

Длина заторного участка может составлять от нескольких километров на средних реках до нескольких десятков километров на больших реках.

Максимальный заторный уровень, как правило, превышает уровень весеннего половодья. Величина заторного подъема определяется превышением уровня воды при заторе над уровнем весеннего половодья, если бы затор отсутствовал.

Максимальный зажорный уровень превышает уровень воды при ледоставе (ледоходе). Величина зажорного подъема уровня определяется превышением уровня воды при зажоре над уровнем при ледоставе (ледоходе), если бы зажора не было.

По величинам заторного и зажорного подъема уровней воды на крупномасштабных топографических картах определяются границы, размеры зоны затопления.

Затор льда, как правило, явление кратковременное: высокий уровень держится обычно 0,5-1,5 суток. Хотя случается довольно продолжительные стояния высоких уровней – до 8-15 суток, в том числе на реках европейской части России – до 6-8 суток и до 12-15 суток в азиатской части. Более длительные стояния заторов связаны с возвратом похолоданий, влияющих на уменьшение расхода воды в реке.

Период подъема зажорного уровня непродолжителен – от 0,5 до 3 суток. Спад уровня длится до 10-15 суток, а иногда и дольше [58].

Повторяемость опасных заторных и зажорных явлений изменяется в широких пределах – от одного раза в 50-100 лет (2-1%) до одного раза в 2-5 лет (50-20%). В некоторых местах бывают и ежегодные (100%) образования заторов и зажоров [58].

При образовании заторов представляют опасность также навалы льда на берегах высотой до 5-15 м, давление его больших масс на сооружения и т.п.

Образованию опасных заторов льда способствует ряд условий, причин и факторов.

Условия возникновения заторов следующие [58, 59]:

- сохранение ледового покрова (или значительных ледяных полей) ниже участка реки, на котором начался ледоход;

- значительная прочность льда к моменту вскрытия;

- скорость течения воды при вскрытии (более 0,6 м/сек), способствующая торшению льда и подныриванию льдин под прочный ледяной покров;

- интенсивный ледоход;

- существенное изменение уклона водной поверхности (от большего к меньшему).

Причинами заторных наводнений являются [50, 78]:

- невыполнение местными властями и населением плановых работ по предупреждению ледовых заторов;

- двойной или тройной осенний ледоход и высокий уровень воды в период замерзания реки, как правило, предшествующие заторообразованию;

- большой объем льда в русле, обусловленный низкими температурами замерзания реки;

- существенная зашугованность русла с осени (на 50-80%);

- повышенная толщина ледяного покрова к началу вскрытия реки (более 0,7 м);

- большая весенняя водность при холодной весне;

- интенсивное снеготаяние (5-7 мм/сут) в верховьях, сопровождающееся выпадением дождей;

- образование затора льда на пике весеннего половодья или высокая волна половодья, следующая за образованием мощного затора, создающие наиболее опасную ситуацию, аналогичную той, которая возникла на р. Лена в мае 2001 года, в результате чего был полностью затоплен г. Ленск;

- достижение поверхностной скорости течения воды значений 0,6-0,8 м/с и более, способствующей подныриванию льдин, их подсовам под неподвижный ледяной покров или तोшению у кромки ледяного покрова;

- вторичное смерзание льда из-за резкого похолодания (как это произошло в январе 2002 г. в устье р. Кубани в районе городов Темрюк и Славянск – на Кубани);

- главной же причиной образования затора льда является задержка процесса вскрытия на реках, текущих с юга на север, когда кромка ледяного покрова весной смещается сверху вниз по течению.

Масштабы развития заторных явлений при вскрытиях рек, механизм формирования и количественные характеристики затора определяются многими **факторами** и их различным сочетанием [48]. Эти факторы можно разделить на три группы: гидрометеорологические, геоморфологические, «человеческие».

Гидрометеорологические факторы включают в себя интенсивность развития половодья, последовательность вскрытия участков реки, характер распределения толщины льда, интенсивность ослабления прочности льда, суровость климата и погоды, направление течения рек, предшествующий ледовый режим.

Геоморфологические факторы включают определяющие особенности строения русла в продольном, поперечном и плановом отношениях, характер поймы, долины, а также наличие русловых препятствий: перекатов, мелей, островов, узо-стей и т.п. Например, перелом продольного генерального профиля реки наблюдается:

- в зоне выклинивания кривых подпора водохранилищ (например, на р. Уфа – г. Красноуфимск, на р. Обь – г. Камень-на-Оби);

- в устьях рек, впадающих в другую реку (р. Сухона – г. Великий Устюг); в озеро (р. Великая – оз. Псковское, г. Псков); в море (р. Северная Двина – г. Архангельск, р. Печора – г. Нарьян-Мар);

- в зоне выхода рек с гор на равнину (р. Лена – г.г. Ленск и Киренск).

Резкое изменение плановой конфигурации потока из-за крутых (более 100°) поворотов, островов, сужений и по глубине (перекаты, косы, отмели и т.п.) также входит в геоморфологические факторы возникновения ледовых заторов.

Факторы деятельности человека – это различные водохозяйственные гидротехнические сооружения, стесняющие (сужающие) русло реки, а также неправильные действия людей при проведении работ, влияющих на режим стока и интенсивность ледохода.

Из всего многообразия факторов заторообразования главными являются:

- задержка вскрытия, обусловленная либо повышенной сопротивляемостью ледяного покрова, либо строением русла реки;

- значительная интенсивность формирования и продвижения паводочной волны и расход паводка, определяющий силовое воздействие потока, достаточное для разрушения ледяного покрова, торошения и сжатие льдов;

- количество и прочность льда, достаточные для формирования заторных скоплений.

Кроме того, важным фактором весеннего заторообразования является возникновение зажоров льда в начале зимы при установлении ледостава. Это обусловлено тем, что в местах зажорных скоплений ледяной покров, как правило, обладает повышенной прочностью за счет большей толщины и торосистости.

Таким образом, необходимо учитывать совокупное влияние указанных характеристик, условий, причин и факторов на возникновение опасных заторно-зажорных явлений на реках России. Практически каждое место образования затора (зажора) имеет свои особенности и требует индивидуального подхода.

Значительный объем информации с характеристикой мест образования заторов и зажоров льда на реках Российской Федерации находится в «Каталоге заторных и зажорных участков рек СССР» [41]. Его краткая характеристика приведена в приложении 3.

В последнее десятилетие наибольшие социально-экономические последствия имели заторные явления в бассейне р. Лены (2001 г.) и бассейне р. Кубань (2002 г.).

По оценке МЧС России основными причинами и факторами чрезвычайной ситуации (из-за заторного затопления города Ленска) в бассейне реки Лены в мае 2001 года явились [32, 81]:

1. Аномальная гидрометеорологическая обстановка, сложившаяся зимой и весной 2001 г. на территории бассейна р. Лены (суровая зима, мощный ледяной покров до 140 см, вторая паводковая волна из-за дождей, резкого потепления до $+25-30^{\circ}$ в верхней части Лены, одновременный ледоход на реках Лене и Алдане (притоках).

2. Неудовлетворительное инженерно-техническое состояние рек бассейна р. Лены (более 10 лет не проводились дноуглубительные, руслоочистительные работы, недостаточная высота и прочность защитных дамб).

3. Несоблюдение существующих нормативов при планировании застройки населенных пунктов в зоне возможного затопления (г. Ленск почти весь находится ниже опасных критических уровней затопления).

4. Слабый учет администрациями всех уровней, а также противопаводковыми комиссиями изменений гидрометеорологической обстановки, несвоевременное и неадекватное реагирование на эти изменения.

По оценке МЧС России основными причинами и факторами чрезвычайной ситуации в январе 2002 года в бассейне реки Кубань являлись [32, 80]:

1. Аномальная гидрометеорологическая обстановка, сложившаяся в Краснодарском крае (резкое снижение температуры воздуха от $+5^{\circ}$ до $-10-28^{\circ}\text{C}$, запираение льдами Азовского моря мелководного устья р. Кубань и ледовой шугой - с верховья реки, приведшие к наложению зажорных явлений на заторные).

2. Аварийное состояние водоподпорных сооружений водохранилищ бассейна р. Кубань, не позволившее провести маневр пропуска воды и льда.

3. Размещение и строительство населенных пунктов в заведомо известных зонах возможного затопления.

4. Неадекватное реагирование администраций всех уровней на возникшую ситуацию.

1.3. Классификация заторов льда

Общей, повсеместно установленной классификации заторов и зажоров в настоящее время не имеется [49, 58]. Однако ряд исследователей такую попытку делали. Например, известны две классификации: Чижова А.Н. и Деева Ю.А. – Попова А.Ф.

На рис. 1.1 приводится проект комплексной классификации заторов льда, предложенный ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева и дополненный специалистами ФЦ ВНИИ ГОЧС (с учетом классификации Чижова и Деева-Попова).

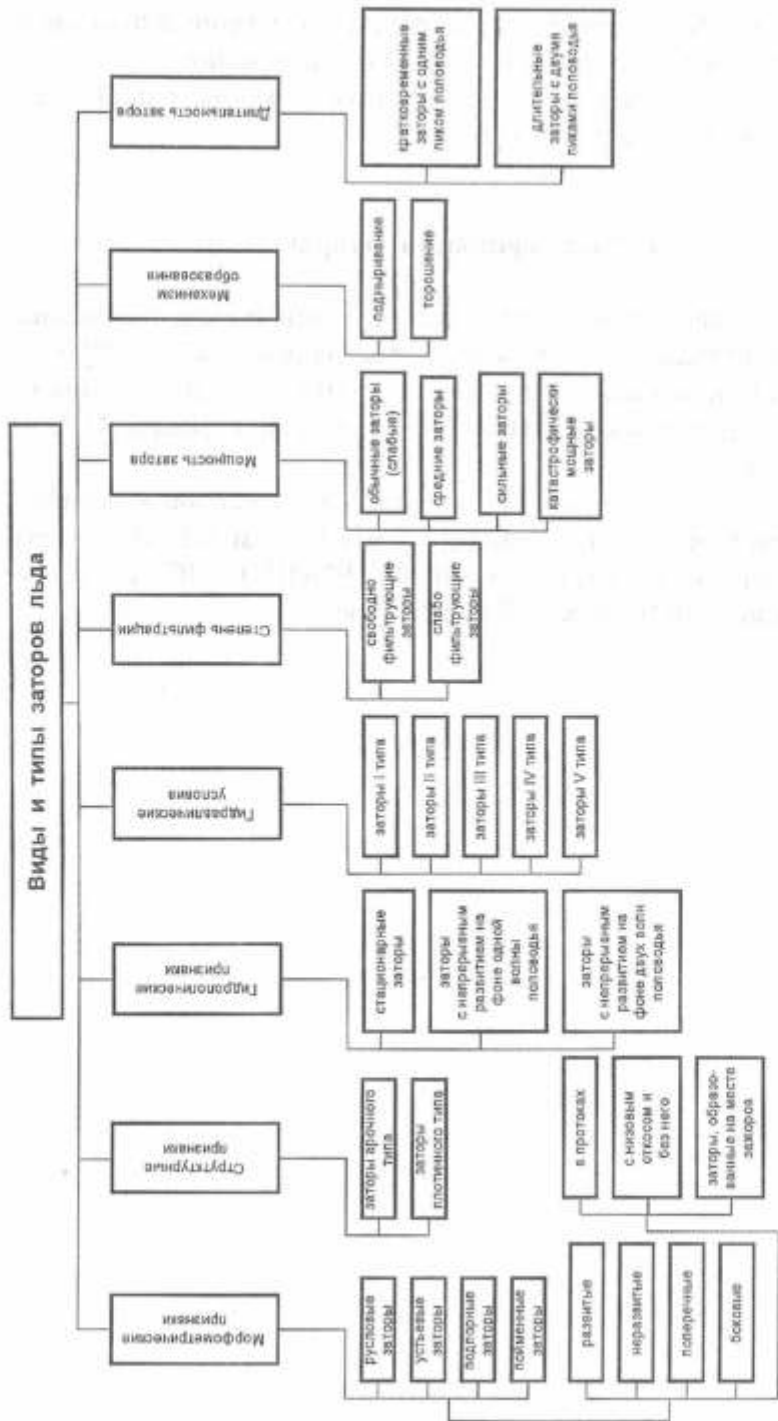


Рис. 1.1. Классификация заторов льда на реках России (схематизация типов заторообразования по гидравлическим условиям приведена в приложении 6)

В указанном проекте классификации предложено 8 видов заторов, которые состоят из 32 типов.

Согласно классификации заторов льда по Чижев А.Н., процесс заторообразования характеризуется тремя основными группами признаков: морфологическими, гидрологическими и структурными:

- морфологические признаки определяются характером реки, формой ее долины и особенностями русловых форм, обуславливающих задержку вскрытия или заклинивания в русле ледяных полей;

- гидрологические признаки устанавливаются интенсивностью паводка, формой гидрографа и фазой паводка (соотношением между временем вскрытия и заторообразования и временем прохождения пика паводка);

- структурные признаки учитывают строение затора и особенности механизма заторообразования.

Объединяя перечисленные признаки в различные сочетания и сопоставляя эти сочетания с данными натурных наблюдений, Чижев А.Н. пришел к выводу о возможности существования 22 различных типов заторов.

По классификации Деева-Полова, заторы отличаются по следующим признакам:

- причине возникновения;
- механизму образования;
- характеру напряжения в льдинах;
- фильтрационным свойствам и особенностям формирования наибольшего подпорного уровня;

- форме низовой части затора;
- условиям перемещения (всплытия) головы затора по вертикали;

- морфологическим особенностям заторного участка, прочности препятствия и обеспеченности льдом;

- режиму расхода воды и ледохода.

В соответствии с классификацией, приведенной на рис. 1.1 по морфологическим признакам заторы подразделяются на русловые, устьевые, подпорные и пойменные.

а) русловые заторы образуются непосредственно у кромки ледостава на реках, вскрывающихся сверху вниз по течению, или в местах всякого рода стеснения русла и резкого уменьшения продольного уклона водной поверхности;

б) устьевые заторы возникают в рукавах дельт и на устьевых участках рек, впадающих в моря, озера или в реки, вскрывающиеся в более поздние сроки;

в) подпорные заторы формируются в зонах выклинивания кривых подпора водохранилищ руслового типа;

г) пойменные заторы, образуются на речных участках с поймой.

Русловые заторы, в свою очередь, подразделяются на постоянные и блуждающие, местоположение которых определяется случайными обстоятельствами, связанными с погодными условиями, сопровождающими процесс вскрытия реки.

Структурные признаки заторов связаны с различным механизмом образования скопления льда. В зависимости от условий ограничения движения льда по ширине водного потока (при отношении глубины на перекате к толщине льдин более 2,5), либо по его глубине (если это отношение менее 2,5) заторы разделяются на заторы арочного и плотинного типа.

В заторах арочного типа давление заторного льда воспринимается в основном берегами. Приращение уровня воды несущественно сказывается на устойчивости таких заторов, за исключением случаев, когда русло имеет низкую и широкую пойму. Профиль водной поверхности в заторе в основном повторяет форму профиля при свободном русле, за исключением нижней части. Весомую роль при формировании заторов этого типа следует отнести потере энергии водным потоком по мере продвижения его по заторному участку.

В заторах плотинного типа ледяные нагромождения на большой площади достигают дна и удерживаются в основном силой тяжести. Приращение уровня воды может привести к неустойчивости такого затора. Профиль водной поверхности отличается большим перепадом в головной части затора и последующим его выравниванием. Существенную роль в форми-

ровании затора данного типа играют динамика льда и местные сопротивления.

По гидрологическим признакам заторы подразделяются на:

а) заторы, формирующиеся в стационарных условиях;

б) скопления льда при неустановившемся режиме с ускоренным и непрерывным развитием на фоне одной волны половодья;

в) заторы, формирующиеся на фоне двух и более паводочных волн.

По гидравлическим признакам заторы подразделяются на пять типов, отличающихся характеристиками изменения уровня и расхода в различных фазах процесса заторообразования: в момент начала формирования затора, в течение времени его существования и при разрушении.

В прикладном плане (на практике), с точки зрения последствий для населения и территорий, заторы разделяют по мощности на катастрофически мощные заторы, сильные, средние и обычные (слабые). Так, например, чтобы оценить максимальный заторный уровень воды по существующим официальным рекомендациям [24], к рассчитанному максимальному уровню весеннего половодья приплюсовываются добавки: при катастрофически мощных заторах – более 5 м; при сильных заторах – до 3-5 м, при средних заторах – 3 м и менее. При слабых заторах в величины наивысших уровней воды весеннего половодья поправки не вводятся.

Обычные (слабые) заторы образуются ежегодно по всей длине реки на каждом плесе. Заторные уровни невысокие, поэтому такие заторы не причиняют ущерба. Мощные заторы образуются не каждый год и не по всей длине реки. Они формируются при особых метеорологических и гидрологических условиях, приводят к наводнениям и значительным материальным потерям.

Возможность образования мощного затора определяют следующие признаки:

- двойной или тройной осенний ледоход и высокий уровень воды в период замерзания реки;

- большой объем льда, обусловленный высоким уровнем воды при замерзании, при котором значительная площадь реки покрыта льдом, существенной зашугованностью русла (50-80% площади поперечного сечения русла) и толщиной ледяного покрова к началу вскрытия реки, превышающей 0,7 м;

- соотношение толщины ледяного покрова на ледосборном участке ($h_{л}$) к толщине в месте заторообразования ($h_{л.з.}$): $h_{л}/h_{л.з.} < 0,5$;

- большая прочность льда перед вскрытием (уменьшение ее с начала таяния льда лишь на 10-30%);

- большая весенняя водность при холодной весне в районе заторного участка реки и интенсивное снеготаяние (5-7 мм/сут) в верхней части речного бассейна, сопровождающееся выпадением обильных дождей;

- интенсивное поступление льда после вскрытия с расположенного выше по течению участка реки, а также от вскрывающихся крупных притоков.

По механизму образования затора определяется его тип:

а) затор подныривания формируется путем увлечения льдин под кромку ледяного покрова при скорости течения более 1 м/сек;

б) затор торшения образуется за счет потери устойчивости льдин при столкновении.

По продолжительности и связи с пиком паводка заторы делятся на два типа:

а) кратковременные (1-2 суток), с одним острым пиком уровня, разрушающиеся на подъеме половодья напором воды и льда;

б) длительные (от 2-3 до 10-12 суток), совпадающие с одним или двумя пиками половодья.

Длительный затор состоит из нескольких ледяных звеньев и распространяется на несколько десятков километров вверх от места образования. Уровни растут и падают скачкообразно. Зона затопления очень велика. Льдом загромождается все русло и пойма. Разрушается длительный затор собственным весом уже после спада уровня воды.

Приведенная классификация заторов может быть временно использована для облегчения оценки целесообразности применения мер борьбы с образовавшимся затором, а также для выбора средств и места воздействия на него.

1.4. Процесс формирования, структура и возможные места образования заторов

Процесс образования и разрушения затора льда схематично проходит следующим образом. Весной, с наступлением положительных температур воздуха начинается таяние снега в речном бассейне. Расход воды в реке увеличивается, уровень воды повышается и ледяной покров, всплывая, отрывается от берегов. С повышением уровня воды возрастает ширина реки – между краем всплывшего ледяного покрова и берегом появляются полосы чистой воды, так называемые закраины. Появлению закраин способствует также размывающее действие талой снеговой воды, стекающей со склонов непосредственно в реку.

Одновременно под действием теплого воздуха и солнечных лучей ослабевают ледяной покров в реке. Наступает момент, когда влекущее усилие текущей воды приводит к разлому ледяного покрова на отдельные крупные поля, которые приходят в движение. Этот момент называется подвижкой. При этом перемещения ледяных полей невелики и ограничиваются размерами закраин. Однако ледяные поля обладают очень большой массой и при столкновении с берегами и друг с другом довольно быстро разламываются на крупные льдины. Начинается весенний ледоход.

Движущиеся массы льда могут встретить на своем пути преграду в виде еще не вскрывшегося участка реки со сплошным и довольно прочным ледяным покровом. У кромки ледяного покрова движение льдин замедляется и вовсе приостанавливается. Под напором подносимого течением ледяного материала кромка неподвижного ледяного покрова оказывается частично взломанной и выглядит в виде скопления слегка наклоненных

друг к другу льдин. Некоторые из подплывающих льдин увлекаются течением под разрушенную часть кромки льда. В этом месте образуется голова, или основание затора льда. Препградями движущимся ледяным полям могут также являться различного рода стеснения русла (острова, мели, резкие сужения, крутые повороты и т.п.)

К остановившимся у невзломанного ледяного покрова льдинам подплывают новые массы льда. Под их напором начинается торошение, сопровождающееся время от времени небольшими подвижками. В этом месте поверхность реки представляет собой хаотическое нагромождение крупно и мелко битых льдин. Русло здесь сильно стеснено льдом, из-за чего уровень воды в реке повышается. Существенно, что повышение уровня происходит также на некотором участке реки выше места стеснения, т.е. в зоне подпора (у хвоста затора). Скорость течения в зоне подпора уменьшается, а подплывающие сверху льдины уже обладают меньшей кинетической энергией. Торошение льда постепенно ослабевает и затем прекращается. Процесс формирования затора льда на этом заканчивается (рис. 1.2).

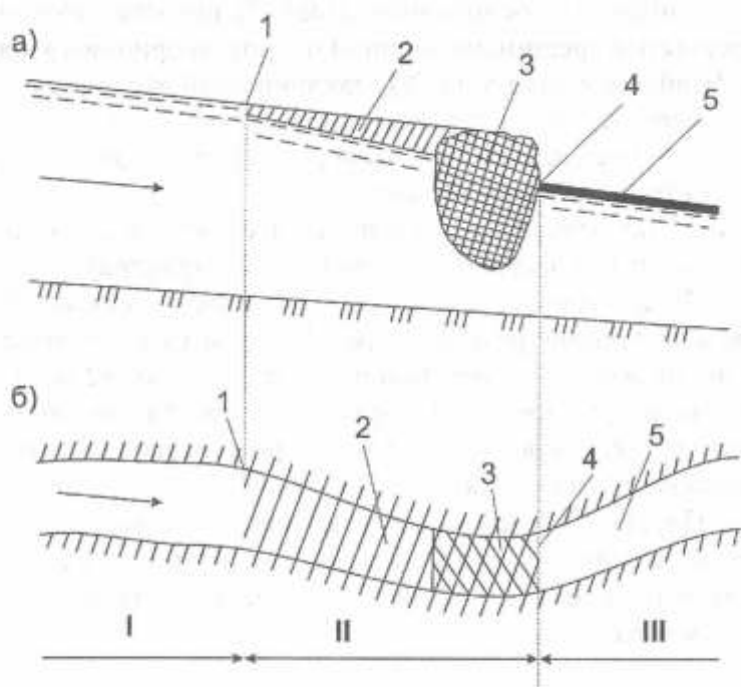


Рис. 1.2. Схема ледовой обстановки при заторе льда:

а – продольный профиль; б – план;

I – зона подпора; II – зона скопления битого льда (затор);

III – зона очага затора;

1 – хвост затора; 2 – беззаторное скопление битого льда; 3 – заторное (торосистое) скопление битого льда; 4 – голова затора; 5 – невзломанный ледяной покров

В процессе формирования затора меняется его структура, форма и размеры. В случае поверхностных скоростей течения воды более 0,8 м/с, достаточных для подныривания льдин под кромку ледостава, затор увеличивается по толщине и глубине. При малых скоростях течения затор растет преимущественно в длину [47].

В строении затора обычно выделяются три характерных участка (рис. 1.3):

- замок или «основание» затора (5), представляющий собой покрытый трещинами ледяной покров, упершийся в кромку невоскрывшегося ледостава (6), заклинивший русло реки;
- собственно затор, или голова затора (2) – многослойное скопление хаотически расположенных льдин, подвергшихся интенсивному торошению;
- хвост затора (1) – примыкающее к затору однослойное скопление льдин вверх по течению (в зоне подпора).

Длина головной части затора (замок + голова) обычно превышает ширину реки в 3-5 раз. На этом участке скопление льда имеет максимальную толщину (от 3-5 до 10-12 м). Длина всего затора (с хвостом) на крупных реках может достигать нескольких десятков километров; на средних реках – от одного до нескольких километров.

Площадь затора на крупных реках составляет десятки кв.км, на средних – единицы кв.км, на малых – доли кв.км. При этом площадь головы затора примерно в 100 раз меньше самого затора.

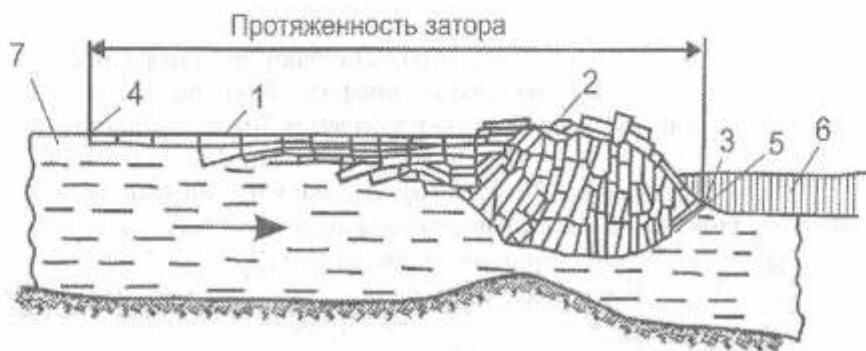


Рис. 1.3. Продольный разрез затора

- 1 – хвостовая часть (хвост) затора; 2 – головная часть (голова) затора; 3 – нижняя кромка (нижняя граница) затора; 4 – верхняя кромка (верхняя граница) затора; 5 – замок затора; 6 – невоскрывшийся ледостав; 7 – открытая вода

Разрушение (прорыв) затора льда происходит либо вследствие резкого увеличения расхода и напора воды в реке (при этом лед в заторе всплывает), либо в результате воздействия теплого воздуха и талой воды. Чаще всего, прорыв затора льда является результатом совместного влияния обоих факторов.

Прорыв затора приводит к перестройке продольного профиля водной поверхности реки: ниже места затора уровень воды повышается, а выше его падает. Образуется волна прорыва, опасная для населения и хозяйственных объектов. Скорость движения заторных масс может составлять 2-5 м/с. Однако вероятность образования нового скопления льда на нижнем участке при этом невелика, так как к моменту прорыва затора ледяной покров здесь успевает в значительной степени разрушиться.

Типовые места образования заторов льда бывают очень разными – резкие сужения, крутые повороты, мели, перекаты с островами, места бифуркации, участки с наличием прочного ледяного покрова на значительной длине. Нередко заторы возникают в тех местах, где осенью при установлении ледостава наблюдались подвижки льда и имели место зазоры. Случаи образования и структура заторов в различных типовых местах показаны на рис. 1.4.

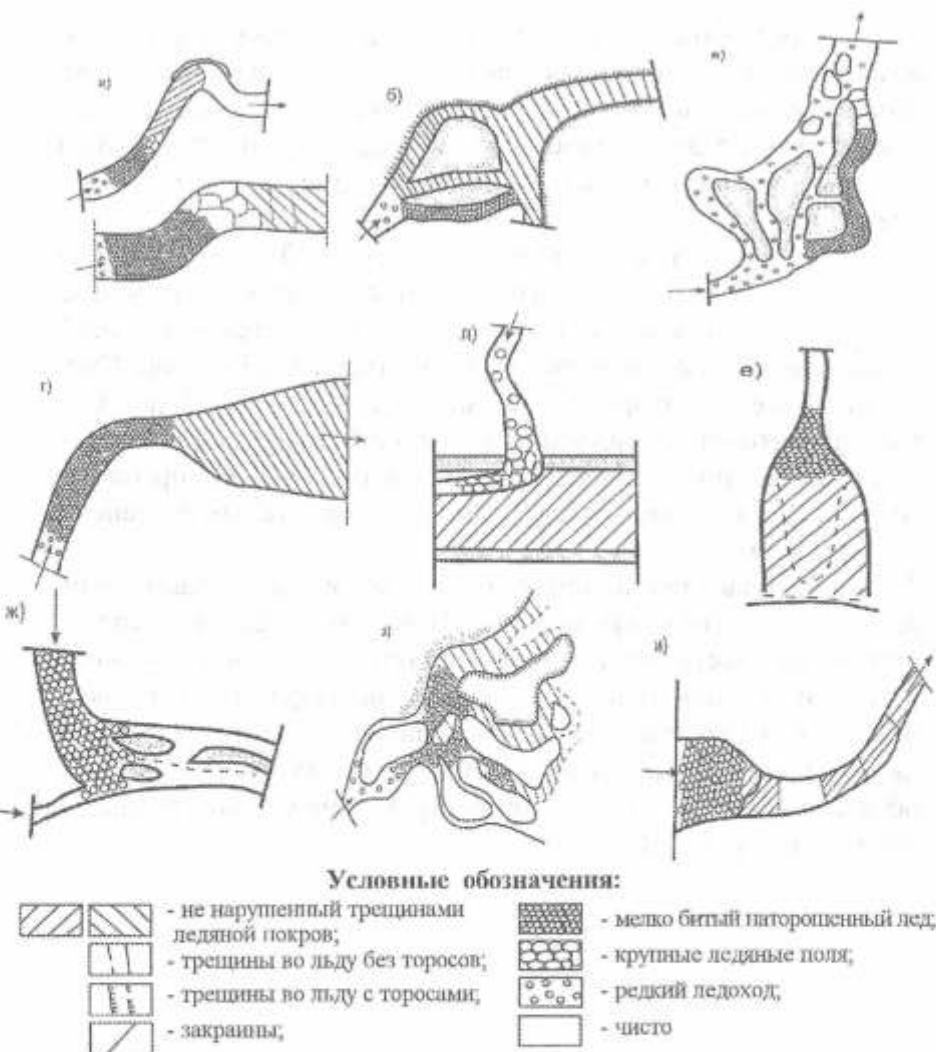


Рис. 1.4. Типовые места образования весенних заторов и структура льда на них: а – затор льда в однорукавном русле на крутом повороте реки, б – затор льда в многорукавном русле до вскрытия реки ниже затора льда; в – затор льда в многорукавном русле после вскрытия реки ниже затора льда; г – затор льда при расширении реки; д – затор льда на притоке; е – затор льда на водохранилище. Пунктирной линией показана последовательность образования затора льда; ж – затор из транзитного льда вследствие заслинивания крупных льдин, принесенных с вышележащего участка, в сужении между островами; з – затор льда в рукавах дельты реки; и – затора льда перед сужением русла реки

1.5. Распространенность заторов по территории России

Заторы льда на реках России – широко распространенное явление из-за сурового климата страны и больших объемов прочного ледяного покрова перед вскрытием рек весной. Именно поэтому заторы льда часто бывают на реках самых холодных районов России – всей Сибири, севера европейской части страны и Дальнего Востока. В южных районах европейской части страны заторы происходят реже и опасность затопления территорий вследствие их возникновения невелика.

Заторные явления и опасные наводнения наиболее часто формируются весной на средних и крупных равнинных реках, текущих с юга на север (а таких рек в России преобладающее большинство: Северная Двина, Печора, Обь, Енисей, Лена, Колыма и др.), а также на реках, верховья которых являются горными и полугорными, а низовья – равнинными (Амур, Томь и др.). На малых реках заторов почти не бывает.

Количественные характеристики заторных подъемов и заторных уровней довольно полно представлены в «Каталоге заторных и загорных участков рек СССР» [41]. На основании данных Каталога были составлены карты заторов льда на реках страны (рис. 1.5), характеризующие расположение заторных участков по длине рек, повторяемость заторов льда, заторные подъемы уровней воды. Кроме того, на картах (рис. 1.6) указаны участки рек, на которых максимальные заторные уровни превышают максимальные уровни весеннего половодья. Результаты анализа систематизации и обобщения данных наблюдений в 1386 пунктах позволяют выявить особенности процессов заторообразования и установить закономерности распространения заторов льда на 2100 участках более чем 1100 рек страны [43].

В 2001 г. специалистами РАН и ФЦ ВНИИ ГОЧС разработан макет карты для Атласа МЧС России о природно-техногенных опасностях «Опасность наводнений в связи с заторами и зажорами на реках». На карте вся информация актуализирована и классифицирована по степеням опасности.

На картах распространенности заторов на территории России (рис. 1.5 и 1.6) видно, что повышенный заторностью обладают реки севера европейской части, а также всей азиатской части России. Большая повторяемость заторов льда (70-100%), высокие заторные уровни (10-20 м) и заторные подъемы (4-6 м) наблюдаются на больших реках Сибири вследствие повышенной толщины и прочности ледяного покрова и больших расходов воды при весеннем половодье [72].

В пределах европейской части России повышенная заторность характерна не только для северных рек (Печора, Северная Двина, Сухона, Юг), но и для рек западного района (Великая, Западная Двина, Неман), а также для рек Кольского полуострова (Поной и др.). На Кольском полуострове заторы образуются главным образом в устьях рек; заторные участки имеют небольшую длину – 3-5 км, подъемы уровней достигают 5-8 м. На реках бассейнов Дона и Урала толщина и прочность льда небольшие, заторные подъемы не превышают 3 м, повторяемость заторов небольшая – 30-20%, т.е. один раз в 3-5 лет.

На Северной Двине и ее притоках (Вага, Пинега, Сухона) опасная заторность возрастает в направлении течения рек (от верха к низу); в низовьях заторные подъемы уровня воды достигают 3-6 м.

На р. Печора и ее притоках Ижма и Уса заторные подъемы уровня воды достигают 6-9 м.

На реках южных районов России заторов льда почти не происходит.

В целом заторность рек европейской части России ниже, чем заторность азиатских рек.

Реки бассейна Оби отличаются более затяжным характером вскрытия, под влиянием которого значительно снижается прочность ледяного покрова и уменьшается заторность. Крупные заторы с повторяемостью 60-80% (почти ежегодно) и заторными подъемами уровня воды 3-5 м происходят на верхних участках рек Обь, Иртыш, Томь. В их низовьях снижается количество заторных участков, уменьшаются заторные подъемы до 1 м. На средней Оби и нижнем Иртыше на протяжении 500-800 км заторов вообще не бывает.

В Восточной Сибири наиболее мощные катастрофические заторы происходят на крупных реках – Енисей, Ангара, Лена, а также на их основных притоках – Абакан, Подкаменная и Нижняя Тунгуска, Ангара, Вилюй, Витим, Алдан, Олёкма, заторные уровни при этом достигают 9 и даже 20 м. На реках Индигирка, Колыма, Яна и др. при интенсивном заторообразовании заторные подъемы уровня составляют от 2 до 5 м. Заторы льда в районе г. Ленск ежегодно являются самыми мощными и протяженными на р. Лена.

Повышенной заторностью обладают реки Дальнего Востока: верхний Амур (заторные подъемы уровня до 8-9 м), средний Амур (до 5 м), нижний Амур (до 3,5 м). Наиболее мощные заторы происходят на притоках Амура – Зее, Буре, Амгуни и Уссури (подъемы до 6 м).

Таким образом, наиболее мощные заторные явления с катастрофическими наводнениями происходят на реках азиатской части России – Лена и Енисей, а также на их основных притоках.

К постоянным местам образования заторов относятся: устья рек при впадении в море или озеро (Северная Двина у г. Архангельск); зоны перехода от порожистого участка к равнинному (р. Великая у г. Псков, ниже Выбужских порогов); зоны выклинивания подпора водохранилищ (р. Обь у г. Камень-на-Оби).

Непостоянные места образования заторов известны хуже. Большею частью это крутые повороты (более 100-110°) в сочетании с сужением русла, а также многорукавные участки рек с малой скоростью течения.

В таблице 1.1 дана характеристика основных показателей заторности некоторых рек Российской Федерации по данным из различных источников.

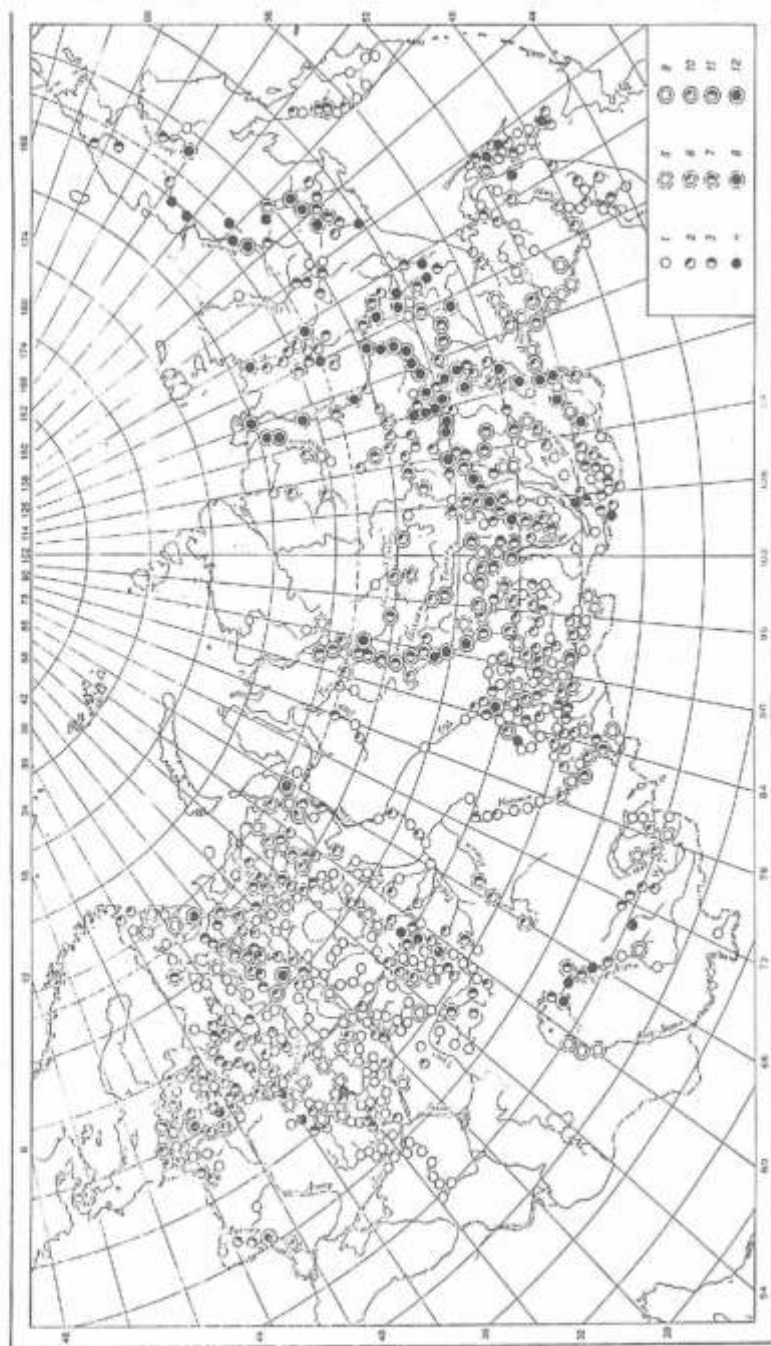


Рис. 1.5. Карта распространения и характеристик загорных явлений на реках России, стран СНГ и Балтии:
 $h < 300$ см: 1 – повторяемость 20-40%, 2 – 40-60%, 3 – 60-80%, 4 – 80-100%; $300 < h < 500$ см: 5 – повторяемость 20-40%,
 6 – 40-60%, 7 – 60-80%, 8 – 80-100%; $h > 500$ см: 9 – повторяемость 20-40%, 10 – 40-60%, 11 – 60-80%, 12 – 80-100%

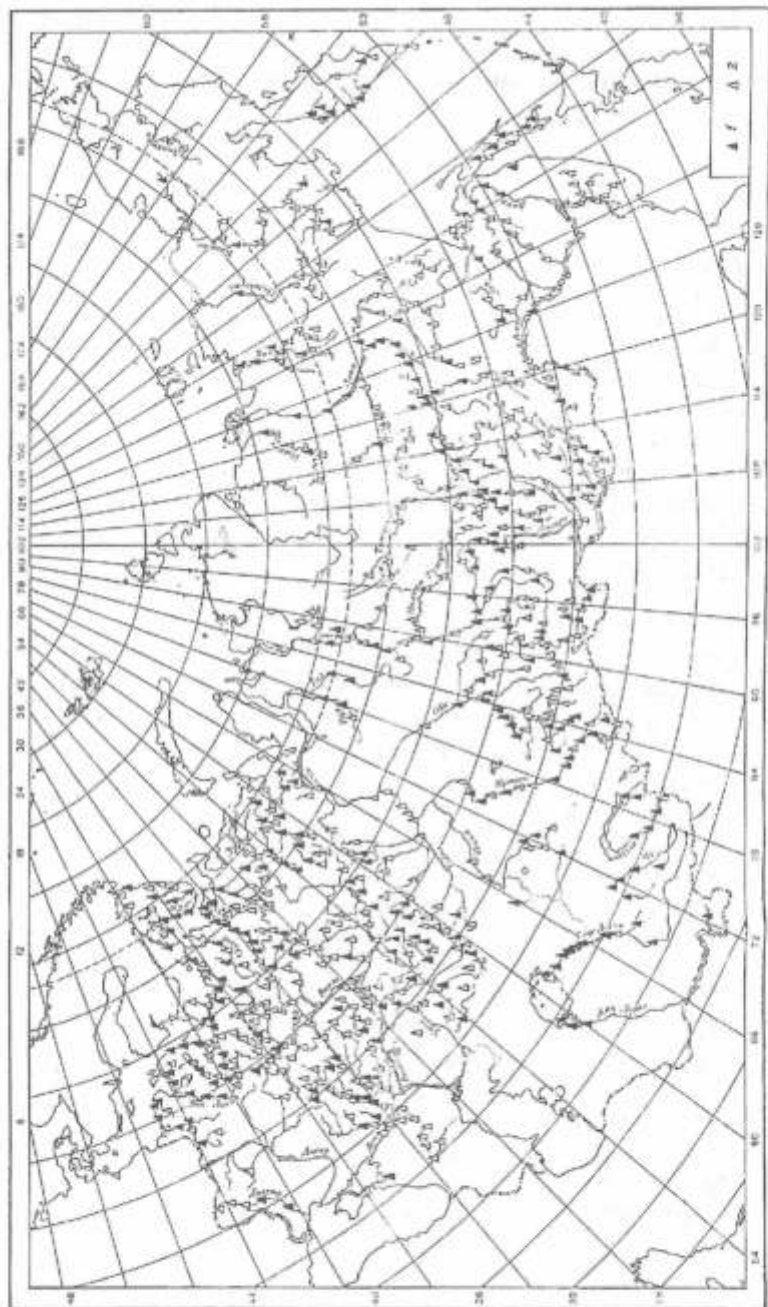


Рис. 1.6. Карта заторных участков рек России, стран СНГ и Балтии:
 1-участок, на котором максимальный заторный уровень выше максимального весеннего половодья;
 2-участок, на котором максимальный заторный уровень ниже максимального весеннего половодья

Характеристика основных показателей заторности
некоторых рек Российской Федерации

Регионы	Реки	Части рек, длина участков, км	Повторяе- мость, %	Наиболь- шие заторные подъемы, м
Северо- Запад	Стрельна	устье, 3-5	20-40	5-8
	Поной	устье, 3-5	80-100	5-8
	Великая		40-60	3-5
	Зап. Двина	вся река, 2-3	40-60	3-5
	Неман	вся река, 2-3	60-80	3-5
	Сев. Двина	вся река, 5-10	60-80	3-6
	Сухона, Юг	----- // -----	80-100	3-6
	Пинега	----- // -----	60-80	3-6
	Печора	----- // -----	60-80	6-9
	Ижма, Уса	----- // -----	60-80	6-9
Западная Сибирь	Обь	верховья, 2-5	60-80	3-5
	Иртыш	верховья, 2-3	60-80	3-5
	Томь	верховья, 2-5	60-80	3-5
Восточная Сибирь	Енисей	вся река, 5-30	70-100	8-10
	Ангара	вся река, 5-20	40-60	6-8
	Абакан	вся река, 5-10	20-40	5-6
	Подкам. Тунгуска	вся река, 10-30	60-80	8-10
	Нижн. Тунгуска	вся река, 10-30	60-100	8-10
Дальний Восток	Лена	вся река, 10-80	80-100	9-20
	Вилюй	вся река, 5-10	40-60	2-5
	Витим	вся река, 5-10	60-80	3-6
	Алдан	вся река, 10-50	80-100	6-10
	Олёкма	вся река, 5-10	60-80	5-8
	Амур верхний	верхний, 5-10	60-80	8-9
	Амур средний	средний, 3-5	20-40	до 5
	Амур нижний	нижний, 5-10	40-60	3,5
	Зея	верховья, 5-10	20-60	до 6
	Бурей, Амгунь	вся река, 3-5	20-60	до 6
	Усури	вся река, 3-5	40-60	до 6
	Колыма, Яна	вся река, 5-10	60-100	2-5
	Индигирка	верховья, 5-10	60-80	2-5

1.6. Последствия опасных заторных явлений

Как уже отмечалось, непосредственная опасность затора льда заключается в резком и значительном подъеме уровня воды в реке, при котором вода и лед выходят из берегов, затопляя и заваливая льдом прилегающую местность, населенные пункты, объекты экономики, сети коммуникаций, сельскохозяйственные земли и т.п. Вследствие этого состав основных характеристик последствий заторных наводнений такой же, как и при наводнениях от паводков и весенних половодий. Однако масштабы этих последствий более тяжелые, так как эти наводнения происходят при более низких температурах воздуха.

При разрушении заторов (особенно мощных) вниз по течению устремляется волна прорыва с большим содержанием взломанного потоком льда, что нередко приводит к затоплению ниже лежащих участков местности и разрушению дорог, мостов и других инженерных сооружений.

Кроме того, дополнительную опасность при заторах представляют навалы льда на берегах и в пойме высотой до 10-15 м. Большие массы льда давят на сооружения, ломают и сдвигают их; медленное таяние льда затрудняет проведение аварийно-восстановительных работ, сдерживает выполнение сельскохозяйственных работ.

Ущерб нередко усугубляется резко выраженной стихийностью явления, большой динамичностью процесса заторообразования и непостоянством из года в год размеров и местоположения заторов.

Особенно значительными были последствия от мощных заторов на р. Енисей у г. Красноярск в 1941 г., на р. Северная Двина у г. Архангельск в 1953 г., а также у г. Великий Устюг в 1997 г., на р. Лена у городов Ленск и Якутск в 1998 и 2001 г.г. Для ликвидации последствий потребовалось значительное количество сил, средств и времени.

Главными показателями, определяющими величину ущерба при заторах являются те же, что и при наводнениях: максимальный заторный уровень и интенсивность его подъема, длительность затора и затопления, площадь и глубина за-

топления, скорость нарастания расходов воды, правильность и своевременность прогноза и проведения предупредительных и аварийно-спасательных мероприятий, организованность спасательных служб и населения.

В приложении 4 приводятся статистические и расчетные данные об основных затороопасных участках на некоторых реках России и о возможных последствиях заторно-зажорных явлений на них.

Одно из самых разрушительных заторных наводнений произошло в мае 2001 г. на р. Лена у города Ленск. Уровень воды поднялся до отметки 20,12 м над нулем графика водомерного поста, что на 9,5 м выше среднего многолетнего значения за всю историю наблюдений (68 лет). Город Ленск с населением 28 тыс. человек был практически полностью затоплен. Общий экономический ущерб только по городу Ленск составил до 4 млрд. рублей. Общий же ущерб от заторных наводнений на р. Лена и Алдан по всей Республике Саха (Якутия) превысил 6 млрд. рублей (рис.1.7.1, 1.7.2, 1.7.3). Заторно-зажорное наводнение на р. Кубань в январе 2002 г. нанесло ущерб Краснодарскому краю и Республике Адыгея на сумму более 3 млрд. рублей.



Рис. 1.7.1. Характер и степень разрушения деревянных зданий и техники в г. Ленске после заторного наводнения в мае 2001 г.

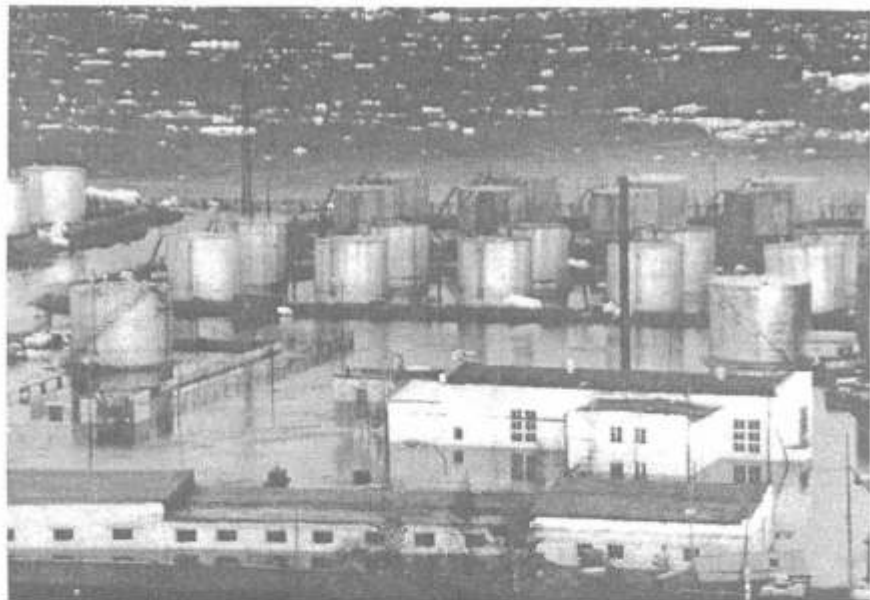


Рис. 1.7.2. Начальная фаза затопления нефтебазы в г. Ленск в мае 2001 г.



Рис. 1.7.3. Панорамный снимок г. Ленск в фазу максимального затопления в мае 2001 г.

На переднем плане видны масштабы затопления самой высокой части города. На заднем плане – центр города с каменными зданиями, подвергшимися более значительному затоплению



Рис. 1.7.4. Последствия затора льда на р. Кемь у г. Кемь весной 1966 г.

1.7. Пути, методы и способы борьбы с заторами

Борьба с заторами заключается в предотвращении их образования, снижении вероятных последствий или ликвидации уже образовавшихся заторов. Проблема борьбы с заторами решается тремя путями:

а) путем заблаговременного прогнозирования места образования затора, его мощности и своевременного принятия мер;

б) путем принятия предупредительных мер по управлению процессом образования льда и его стоком, т.е. по установлению или ослаблению причин и условий возникновения заторов (недопущению затора);

в) путем непосредственной борьбы с уже образовавшимися заторами и с заторными подъемами уровня воды (разрушения затора).

Эти пути решения проблемы борьбы с заторами следует применять как каждый в отдельности, так и в любом сочетании, в зависимости от обстоятельств.

Решение вопроса о способе борьбы с заторами должно начинаться с определения места образования и идентификации типа затора в соответствии с классификацией.

При установлении на основе многолетних наблюдений характеристики типа затора появляется возможность правильного прогнозирования максимального заторного уровня воды, выбора наиболее эффективных предупредительных мероприятий и способов разрушения уже образовавшегося затора.

Например, если в определенном месте из года в год образуется поперечный русловый затор плотинного типа, слабо фильтрующий, без дополнительного притока ледового материала, относящийся к мощным заторам, образовавшийся путем торшения, длительно существующий при постоянно возрастающем уровне воды и постоянном ее расходе выше затора (II тип гидравлической классификации), то более эффективно принять меры по предупреждению образования затора путем устройства прорезей (каналов) во льду шириной не менее $1/3$ ширины русла по резу воды.

В случае формирования затора следует спустить воду в обход затора, для чего необходимо устройство обводного канала или канала в теле затора путем применения взрывов с предварительным освобождением русла ниже затора ото льда. В случае невозможности спуска воды необходимо принять меры по разрушению затора (взрывами, бомбометанием, аэрогидродинамическими установками) при условии освобождения ото льда участка реки ниже затора.

В настоящее время известны и применяются на практике несколько методов борьбы с заторными явлениями и ликвидации ЧС, вызванных ими: взрывной, радиационный, химический, авиационное бомбометание, артиллерийско-минометный обстрел, механический с разрушением льда ледоколами и судами обычных типов, судами на воздушной подушке; маневрирование попусками воды из водохранилищ.

Определение наиболее эффективного метода и способа воздействия на процесс заторообразования и средств защиты от заторов базируется на результатах анализа местных условий наводнения, а также на результатах сравнения ожидаемого ущерба со стоимостью мероприятия. Главный же критерий – конечный результат противозаторного мероприятия. К сожалению, в настоящее время часто трудно его предсказать из-за отсутствия материалов обобщения практического опыта предупреждения и предотвращения наводнений, обусловленных заторами льда.

Заблаговременное прогнозирование места и максимального подъема уровня воды от затора позволяет значительно уменьшить убытки от этих явлений путем принятия соответствующих мер по подготовке к борьбе с ними.

Борьба с заторами льда – дело весьма трудное как по условиям производства работ, так и потому, что река не может вскрыться без заторов, если они для нее характерны. В общем случае заторов нельзя избежать, их можно лишь несколько ослабить или переместить на другое место. Конечно, все сказанное относится не ко всем заторным участкам рек и не к каждому году. Главное, к чему необходимо стремиться при борьбе с заторами – это регулирование стока ледового материала.

Известно немало примеров, когда борьба с заторами льда велась неправильно, и это приводило в лучшем случае к бесполезной затрате сил и средств, а в худшем случае – к еще большему усилению затора.

Так, например, во второй половине января 1967 г. при вскрытии устьевой области р. Дунай на месте осенних зажоров льда почти одновременно возникла цепочка заторов. Чтобы предотвратить затопление г. Килия, второй от устья затор льда, который находился выше г. Вилково, был разрушен флотилией ледокольных буксиров. Это было ошибкой. Массы льда присоединились к расположенному ниже по течению затору, уровень у г. Вилково поднялся до отметки 196 см БС, что для низкой заболоченной местности является очень высоким уровнем. Спустя некоторое время, чтобы не допустить затопления г. Рени, таким же способом был разрушен третий от устья затор. Уровень у г. Вилково еще более повысился (до 201 см БС). Высокая вода на этот раз держалась более двух суток.

В мае 1961 г. в 150 км выше г. Архангельск у пос. Орлецы образовался чрезвычайно сильный затор льда с включением бревен. Подрывники в сложных условиях подготовили и провели мощный взрыв. Массы льда и леса устремились вниз по р. Северной Двине и несколько ниже г. Архангельска образовали новый затор, приведший к затоплению более половины территории города.

Из приведенных примеров видно, что задержание верхового затора льда ослабляет низовой затор и, наоборот, разрушение верхового затора усиливает низовой.

1.8. Предупредительные мероприятия по борьбе с заторами и основные принципы их проведения

Мероприятия предупредительного характера обязательно следует применять в местах постоянного формирования заторов. Эти мероприятия могут быть однократными и многократными.

Радикальной, однократной, но не всегда осуществимой мерой борьбы с заторами является создание русловых водохранилищ. В результате их сооружения затороопасные участки могут оказаться затопленными или же попадут в зону действия положительных температур воды, сбрасываемой из водохранилища в нижний бьеф (например, нижние бьефы каскада Ангарских ГЭС на р. Ангара).

С учетом трагического опыта заторных, зажорных, да и других видов наводнений, можно еще раз подчеркнуть необходимость строгого соблюдения норм застройки пойменных территорий и территорий, подверженных воздействию наводнений, а также необходимость переноса уже существующих населенных пунктов с затопляемых площадей. Целесообразно создание с этой целью реестра населенных пунктов страны, подверженных частому и (или) значительному наводнению.

Основой всех многократных предупредительных мероприятий, проводимых практически ежегодно, является регулирование стока льда посредством воздействия на процесс вскрытия реки, а именно: ослабление и разрушение ледяного покрова с целью ускорения вскрытия на одном участке, усиление ледяного покрова и задержание вскрытия на другом.

Для регулирования ледового режима с целью предупреждения заторов, могут применяться методы и способы, рассмотренные ранее в разделе 1.7.

К числу предупредительных (превентивных) мероприятий следует отнести в первую очередь дноуглубление, русловыпрямительные и ледорегулирующие работы. Эти работы включают спрямление и расширение русел рек в затороопасных местах, углубление мелководных участков с помощью земснарядов и возведение русловыправительных сооружений. Такие

работы являются очень эффективными и достаточно радикальными мерами, способными существенно снизить последствия, вызванные заторами, а нередко и вообще избежать их. О том, к чему приводит недостаточное внимание к осуществлению таких мероприятий, говорят события, произошедшие в мае 2001 года в городе Ленск.

Обобщенный перечень основных превентивных мероприятий, осуществляемых органами управления РСЧС по снижению риска возникновения ЧС, вызванных заторами, заторами и затоплениями от них, приводится ниже:

- проведение разведки и выявление на реке заторных мест и прогнозирование сроков образования заторов;
- определение границ и зон возможных заторных затоплений и ЧС;
- определение перечня объектов, попадающих в зоны затоплений и ЧС;
- подготовка предложений о переносе населенных пунктов и хозяйственных объектов из зон возможных ЧС;
- разработка планов и различных сценариев возможных ЧС;
- подготовка руководящего состава, комиссии по ЧС и др.;
- оповещение населения о возможной опасности;
- организация взаимодействия сил и средств различных ведомств;
- обеспечение готовности транспорта к проведению эвакуации населения и доставки необходимого оборудования, материалов;
- обследование транспортных коммуникаций, кабельных линий, мостов, дюкеров, шлюзов, закрытых водоемов, водопропускных труб, канализаций и т.д., попавших в зону возможного затопления;
- эвакуация пострадавшего населения и домашнего скота;
- обеспечение готовности медицинских сил и средств, а также сил и средств первоочередного жизнеобеспечения населения в зоне ЧС;
- создание запасов материально-технических средств для ликвидации ЧС;
- обеспечение готовности спасательных сил и средств;

- проектирование инженерно-технических мероприятий по защите хозяйственных и других объектов;
- подготовка, ремонт и реконструкция насыпей, дамб, обвалований, подсыпка пониженных участков территорий;
- выполнение русловыправительных и дноуглубительных работ и работ по очистке русел рек;
- создание (где это необходимо) водообводных и водоотводных каналов;
- контроль за состоянием зданий и сооружений, подземных переходов и транспортных коммуникаций;
- корректировка транспортной схемы, проектирование обходов затапливаемых зон;
- подготовка команд специалистов для ликвидации ледовых заторов различными способами;
- определение карьеров выемки грунта и транспорта для его перевозки в район возведения защитных сооружений;
- предотвращения смыва ГСМ, удобрений и других загрязнений;
- защита сельхозугодий, кормов для скота;
- выполнение противоэпидемических мероприятий;
- обеспечение охраны общественного порядка в зоне ЧС и в местах размещения эвакуируемых.

Основные принципы проведения предупредительных мероприятий по борьбе с заторами льда

Основной задачей при разработке мероприятий борьбы с заторами является установление наиболее оптимального сочетания предупредительных мер, местных условий и метеорологических особенностей данного года. При этом следует принимать во внимание, что проведение работ по ускорению вскрытия реки и пропуска льда в отдельных створах или участках реки, где наблюдаются наиболее частые и наиболее сильные заторы, может способствовать ослаблению их в данном месте, но в ряде случаев способно привести к созданию

более тяжелых условий ледохода и заторообразования на нижележащих участках. Задержка вскрытия реки способствует упрочнению льда в заторе.

Разработку мероприятий по предупреждению заторов следует осуществлять исходя из условий беззаторного пропуска ледохода по всей длине реки или на значительных ее участках, а также с учетом возможного влияния намечаемых мероприятий на условия ледохода ниже по реке.

При этом необходимо учитывать, что для рек, текущих с севера на юг (или по близкому к указанному направлению, например, р.р. Дон, Урал), явление заторообразования обуславливается различием между обеспечением водопрпускной и ледопрпускной способности русла и характером изменения расходов воды и льда по длине реки. При этом русло, как правило, расширяется, бывает свободным от ледостава, что способствует беззаторному пропуску льда.

1.9. Ликвидация образовавшихся заторов

Ликвидация образовавшихся заторов применяется обычно в случае неожиданного образования затора в нежелательном месте или в случае, когда, благодаря стечению неблагоприятных обстоятельств, мощный затор образуется, несмотря на проведение предупредительных мероприятий.

На территории России чаще всех применяются взрывной способ, авиационное бомбометание, минометно-артиллерийский обстрел и ледокольный способ борьбы с заторами. Все они применялись и при ликвидации катастрофических заторных явлений на реках Сухона (1997 г.), Енисей и Лена (1998-2001 г.г.) в районах г. Ленск и г. Якутск, а также на р. Кубань (2001-2002 г.г.).

В случаях, когда предсказать место образования руслового затора невозможно, особое внимание должно уделяться мерам защиты от заторных наводнений и наиболее целесообразным методам ликвидации затора с целью предотвращения

или уменьшения этого наводнения. В конечном счете, задача состоит в ускорении прорыва затора или в спуске воды, скопившейся выше затора.

Затор льда в естественном состоянии разрушается, в основном, под влиянием гидростатического давления воды, скопившейся выше затора, тепловых факторов (ослабление льда солнечной радиацией) и влекущего течения потока, проходящего через затор. Сущность борьбы с заторами льда должна заключаться в усилении влекущего течения потока, проходящего через затор, что способствует выносу отдельных льдин из затора, уменьшает сопротивление тела затора потоку, что, в свою очередь, увеличивает пропускную способность и снижает подпорный уровень воды.

Способствует развитию этого процесса создание в замке затора канала, свободного ото льда. Вода, фильтрующаяся через затор, устремляется в образовавшийся канал и начинает размывать его, унося лед из канала. Происходит прорыв затора, который сопровождается убылью воды, поэтому движение льда у берегов замедляется, а затем и совсем прекращается. Ледоход продолжается в средней части потока, а в прибрежной части остаются навалы льда в виде многослойных беспорядочных нагромождений.

Ликвидация уже образовавшихся заторов может вестись при помощи ледоколов, взрывов, артминометным обстрелом, авиационным бомбометанием, термитных смесей, регулирования уровня водохранилища.

К разрушению затора, образующегося в начальный период ледохода из скопления местного льда, приступают после того, как ниже головы затора образуется свободный ото льда участок воды, куда можно будет спустить лед из затора.

К разрушению затора, образующегося во время ледохода из скоплений транзитного льда, эффективней всего приступить в момент его образования, используя для этой цели средства разрушения. Разрушение уже сформировавшегося затора более сложно вследствие уплотнения льда в заторе и значительного увеличения количества льда в его теле.

В вопросе ликвидации заторов огромное значение имеет фактор времени, поэтому первостепенное значение приобретают своевременное обнаружение момента образования затора и быстрое принятие мер по его ликвидации. Для обеспечения своевременного обнаружения момента образования затора необходимо систематическое авианаблюдение за участком, где возможно образование затора. Ликвидация образующегося затора лучше всего может быть осуществлена взрывом накладных зарядов при условии быстрой доставки вертолетом бригады взрывников в район затора. Если период формирования затора пропущен, то наряду со взрывами, целесообразно применять ледаколы, когда сделать это позволяют достаточные глубины русла и наличие ледаколов.

Разрушение затора необходимо начинать с нижней его кромки вверх по реке. При многорукавном русле затор вначале разрушается в главном, а затем во второстепенных рукавах. Первоначальное разрушение затора во второстепенном рукаве приводит к понижению уровней воды в главном русле, в результате чего лед в нем может сесть на грунт, плотность ледовых масс увеличится, что значительно затруднит работы по разрушению такого затора.

Если затор образовался у кромки неразрушенного ледяного покрова, то прежде чем приступать к его ликвидации, необходимо разрушить этот ледяной покров или создать в нем канал для пропуска льда, скопившегося в заторе.

В том случае, если на реке образовался ряд заторов, то к ликвидации их следует приступать с нижнего затора по течению, в противном случае прорыв вышерасположенного затора может привести к усилению нижерасположенного. Подробное рассмотрение различных способов ликвидации заторов изложено в разделах настоящих «Методических рекомендаций...», посвященных применению ледаколов и взрывов.

Успешная ликвидация затора льда во многом зависит от правильного определения местоположения его замка, так как только при его разрушении начинается движение льда.

Нередко для разрушения мощных заторов применяется сочетание различных средств борьбы с ними. Например, в ян-

варе 2002 года ликвидация заторов (зажоров) в нижнем течении р. Кубань проводилась различными методами и способами, известными в настоящее время: взрывными работами пиротехнических и саперных подразделений МО РФ (тротил и т.д.); обстрелами льда из минометов; авиационным бомбометанием бомбами ФАБ-100; ледокольными работами с дроблением льда речными буксирами и теплоходами; углублением устья реки Кубань двумя плавучими кранами со стороны Азовского моря; расширением русла р. Протока.

МОНИТОРИНГ ЗАТОРОВ И ЗАЖОРОВ ЛЬДА

На масштабы и величину потерь населения и экономического ущерба при наводнениях любого вида безусловно влияют тщательность и регулярность наблюдений (мониторинга) за часто и резко меняющейся (особенно это проявляется в последние годы) метеорологической и гидрологической обстановкой в различных районах нашей страны, а также своевременность и высокое качество гидрометеорологических прогнозов этих изменений. С этой целью необходимо развивать и совершенствовать систему мониторинга гидрометеорологической обстановки одновременно с мониторингом состояния гидротехнических сооружений.

2.1. Способы и виды мониторинга

Своевременное принятие решений о выборе вариантов воздействия на процесс заторообразования в критических, быстро развивающихся ситуациях, возможно только на основе четкой оперативной информации о развитии процесса на любой момент времени. Для ее получения организуется служба информации, получающая данные систематических наблюдений за заторами льда, выполняемых органами Министерства природных ресурсов РФ и Росгидромета. Кроме того используются материалы полевых отрядов, а также информация, получаемая в результате ледовых авиаразведок и с искусственных спутников Земли (Ресурс I, Тетра и др.). Наблюдение за местами заторообразования целесообразно начинать еще в начале зимы, в период ледостава.

В задачу проведения наблюдений за заторами входит получение следующих сведений и характеристик [65, 66]: границы расположения скопления льда; перепад уровней воды на заторном участке; объем льда в заторе; особенности строения скопления льда и его подвижка; сведения о предполагаемом

ущербе от затора и эффективности планируемых противозаторных мероприятий.

В состав наблюдений включаются: осенне-зимние наблюдения за замерзанием заторного участка; рекогносцировочное обследование участка при ледоставе с выполнением ледемерной съемки; наблюдения за уровнями воды и стоком льда в период весеннего вскрытия реки; наблюдения за уклонами водной поверхности; маршрутные наземные и авианаблюдения за процессом вскрытия реки.

Наблюдения за ледовой обстановкой производятся на постоянно действующем гидрологическом посту, организованном территориальным управлением Гидрометслужбы и контроля природной среды (УГМС). Ведется ледемерная съемка участка для определения объема льда в русле и выявления мест с увеличенной толщиной ледяного покрова. Она выполняется с использованием механизированных буров или радиолокаторов по стрежню реки и поперек ее русла (поперечникам), расположенным через 0,5-1 км. Число промерных точек на поперечниках составляет от 3 до 10.

Помимо стационарных гидрологических постов оборудуется сеть временных постов для определения динамики развития и разрушения затора. Число сезонных постов должно составлять не меньше 5. Временные посты для наблюдения заторов с постоянным местоположением размещаются по следующей схеме: по одному посту ниже затора и в зоне подпора, два – три поста непосредственно на участке скопления льда. Если же место образования затора от года к году меняется, то посты располагаются по длине речного участка более или менее равномерно. Падение уровней воды между постами при открытом русле составляет 0,25-0,35 м. Отметки нулей графиков всех постов принимаются в единой высотной системе. Посты должны быть свайного типа и размещаться в местах, защищенных от навалов льда.

Наблюдения на постоянных и временных постах начинаются с момента появления признаков вскрытия (закраины, вода на льду) или начала весеннего подъема воды (когда подъем уровня над устойчивым горизонтом межени достигает 0,2 м).

Наблюдения ведутся через 4 часа, включая и стандартные сроки (8 и 20 часов). При угрозе подъема уровня воды до опасных (критических) отметок начинаются ежечасные наблюдения, а для их обеспечения в ночное время река освещается ракетами. Для удобства наблюдений за подвижками льда створы постов размечаются вехами. Регистрируются время подвижек и длина пути перемещения ледяных масс.

После вскрытия реки у поста, расположенного вне пределов зоны подпора, измеряются скорости перемещения льдин и густота ледохода. Измерения производятся через 1-2 часа. Далее подсчитывается сток льда по формуле $Q_{\text{л}} = \eta h_{\text{л}} B V_{\text{л}}$, где η – доля поверхности реки, покрытой плывущим льдом; $h_{\text{л}}$ – толщина льдин, м; B – ширина реки, м; $V_{\text{л}}$ – скорость перемещения льдин, м/с.

Авианаблюдения и аэрофотосъемка с применением самолетов и вертолетов предоставляют сведения о ледовом состоянии реки на значительном протяжении. Аэровизуальное обследование необходимо для оперативного прогноза развития ледовой обстановки и ее возможных последствий (затопление территорий, повреждение гидротехнических сооружений, размыва транспортных магистралей и т.п.). Анализ материалов аэрофотосъемок позволяет установить наличие цепочки заторов, ее размеры, охарактеризовать особенности перераспределения стока льда по притокам и рукавам реки, размеры зон напряженного состояния скопления льда, его строение.

Недостатки стационарных наблюдений раньше отчасти компенсировались ледовой авиаразведкой. К сожалению, в настоящее время ледовая авиаразведка почти не проводится из-за отсутствия финансирования. В этом случае определить ключевые моменты вскрытия крупных рек помогает только спутниковая информация [78].

Основной же недостаток существующей системы мониторинга процесса заторообразования заключается в том, что она не представляет собой единое целое. Это сказывается на скорости сбора и передачи исходной информации, необходимой для выбора оптимального варианта воздействия на процесс с целью предотвращения наводнения или снижения

ущерба от него. Увеличение скорости сбора и обработки указанной информации может быть достигнуто путем создания автоматизированной системы, функциями которой должны быть автоматическое измерение всех показателей заторообразования в ряде пунктов контроля, передача данных измерения по техническим каналам связи в центр обработки информации, реализующей программы диагностирования, и распределение обработанной информации на терминалы заинтересованных административных органов. Для технической реализации такой системы имеется широкий выбор стандартных средств измерений, коммуникационной и вычислительной техники. В основу ее программного обеспечения должны быть положены теоретические модели процесса вскрытия реки и заторов льда, базирующиеся на дифференциальных уравнениях теплообмена между водой, льдом и атмосферой, а также на уравнениях, определяющих связь между гидравлическими характеристиками и силами, действующими на массы воды и льда. Такой подход позволит контролировать и прогнозировать ситуацию на участках между пунктами наблюдений.

2.2. Обработка материалов наблюдений

Материалы наблюдений за заторами льда систематизируются в виде таблиц, графиков и картограмм.

Данные уровенных наблюдений на временных и постоянных гидрологических постах в период вскрытия и заторообразования приводятся к табличной форме, где наряду с уровнями воды отмечаются фазы развития ледовых явлений. Они используются затем для построения хронологических графиков уровней воды и ледовых фаз, где также изображается ход расходов воды и температуры воздуха. Кроме того, вычерчиваются продольные профили водной поверхности в характерные моменты развития процесса вскрытия на заторном участке: перед подвижками, в начале образования затора, при его прорыве, после прорыва. Для облегчения анализа на одном графике совмещаются 3-4 профиля.

Влияние погодных условий на процесс заторообразования исследуется путем сопоставления хода уровней воды с изменением температуры воздуха, скорости и направлением ветра.

По данным ледемерных съемок вычерчиваются продольные и поперечные профили ледяного покрова. Результаты картирования ледовой обстановки при выполнении наземных и воздушных обследований обобщаются в виде картограмм, отражающих характерные фазы изменения ледовой обстановки на изучаемом участке реки. По ним определяются расположение скопления льда, последовательность вскрытия притоков и протоков, скорость перемещения кромки ледяного покрова. Указанные материалы используются в оперативном режиме для отслеживания ледовой ситуации на реке. По окончании вскрытия реки составляется отчет, содержащий описание условий формирования и разрушения затора, а также сведения об ущербе от затора, применявшихся мерах борьбы с ним и их эффективности.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАТОРОВ И МАКСИМАЛЬНЫХ ЗАТОРНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ

3.1. Прогнозирование образования возможных участков заторов льда на реке

Разработку методик прогнозирования ледовых заторов на реках и водоемах, прогнозирование возможных участков и зон затапливания выполняют органы Росгидромета. Необходимая информация затем передается заинтересованным ведомствам, в том числе органам управления РСЧС всех уровней.

Прогнозируются в основном максимальные заторные уровни воды в местах ежегодного образования заторов льда. При этом из-за разнообразия местных условий заторообразования на реках для каждого отдельного заторного речного участка методика прогноза индивидуальна, т.е. опирается на свой набор факторов, предопределяющих образование затора. Методик прогнозирования места образования затора даже на однородных по морфологическим особенностям участках рек в настоящее время нет, что связано с недостаточной плотностью существующей сети гидрологических постов. Вместе с тем, как уже было указано в подразделе 1.2, имеется ряд топографических и гидрометеорологических признаков и условий, указывающих на возможность формирования затора на данном речном участке. Зная эти условия, а также используя ориентировку «Каталога...» [41], местные органы власти, органы управления по делам ГО и ЧС, а также Гидрометслужбы могут сосредоточить свои усилия на ориентировочном прогнозе возможных мест образования заторов даже при отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений.

Источниками необходимой для анализа информации об опасных ледовых явлениях на реке могут также служить топографические и климатические карты, исторические и статистические данные, сообщения очевидцев и данные натурных измерений.

Информацию подраздела 1.2 данных «Методических рекомендаций...» можно дополнить еще несколькими признаками, позволяющими прогнозировать возможные места образования опасных заторов льда на реках. Например, если водность реки весной небольшая, то формируется множество мелких, неопасных заторов в верхней части плёсовых участков.

Вероятность образования затора увеличивается, если на участке реки с осени сохранились загорные скопления льда или зимой произошла подвижка ледяного покрова. У верхней границы такого участка следует ожидать мощного весеннего затора. Показателем возможности образования затора является также превышение максимальным зимним уровнем своей нормы.

Часто мощный затор образуется на участке, где перемещающуюся вниз по течению кромку ледяного покрова застаёт интенсивное похолодание, приводящее к увеличению прочности льда, как это произошло в январе 2002 года на реке Кубань в Краснодарском крае.

Изменение интенсивности процесса заторообразования по длине реки определяют боковой приток воды и последовательность вскрытия главной реки и ее притоков. Значительный боковой приток обеспечивает одновременное вскрытие реки на большом участке (например, в месте впадения р. Алдан в р. Лена). При этом в ледоход вовлекается дополнительная большая масса льда, что увеличивает вероятность образования затора ниже по течению главной реки.

3.2. Прогнозирование мощности затора

Мощность заторных скоплений определяется количеством льда в скоплениях и высотой подъема уровня воды на заторном участке. В свою очередь количество льда в заторе обуславливается динамическими процессами в реке.

Непосредственные измерения толщины льда в заторе почти не производятся из-за отсутствия необходимых технических средств измерения.

Количество льда в заторе определяется расчетным путем до вскрытия по данным измерений расходов льда, находящегося на месте предполагаемого затора (по данным ледемерной съемки), и определяется по специальным формулам.

Количество льда в заторе рассчитывается также гидравлическим методом с помощью опорных кривых, либо модулей расхода по данным измерений заторных уровней воды на верхнем створе, с учетом морфологических особенностей заторного участка. На основе рассчитанных значений изменения водопрпускной способности русла под влиянием заторных скоплений оценивается толщина и количество льда в заторе [72].

Заторный подъем уровня является косвенной характеристикой мощности заторных скоплений.

3.3. Прогнозирование подъема уровня воды и возможных последствий заторного наводнения

Поскольку основная опасность затора (зажора) льда заключается в значительном подъеме уровня воды в реке, при котором вода выходит из берегов и затопляет прилегающую местность, то возможные последствия заторов и зажоров оцениваются по методике прогнозирования последствий паводков и половодий [21, 37, 86-90].

Существующие каталоги заторов и зажоров [41] на реках устаревают и их необходимо дополнять новыми данными.

Главной целью прогнозирования заторов (зажоров) является определение максимального заторного (зажорного) уровня воды и даты его наступления.

Предварительная стадия прогнозирования включает оценку возможности образования затора (зажора). Для этого по картам определяют затороопасные (зажороопасные) участки, ориентировочные величины подъемов заторных (зажорных) уровней воды и повторяемость заторов (зажоров).

Прогноз максимальных заторных уровней воды и другие необходимые сведения запрашиваются в территориальных управлениях гидрометеослужбы и контроля природной среды (УГКС).

По величинам максимальных заторных (зажорных) уровней воды определяют границу зоны возможного затопления, которую наносят на топографическую карту. Прогнозирование заторов (зажоров) льда может осуществляться как при наличии данных гидрометеорологических наблюдений, так и при их отсутствии.

Для прогнозирования максимального заторного уровня воды по данным метеорологических наблюдений необходимо знать расход воды, температуру воздуха и сведения о ледовой обстановке в различных створах реки. По этим данным строят совмещенные хронологические графики расходов и уровней воды для ряда гидрологических постов, позволяющие получать сведения о ледовых фазах при наличии и отсутствии ледовых явлений. По материалам ледемерных съемок, которые производятся либо механическим бурением, либо с помощью радиолокационных приборов типа «Лед», «Ледостав» и т.п., строятся продольные профили ледяного покрова. По этим же данным составляются схемы ледовой обстановки на главной реке и ее протоках. В результате анализа колебаний уровней воды устанавливаются места и сроки возможного образования заторов и зажоров, а также определяются уровни подъема воды. Данные о максимальных уровнях воды составляют также по результатам многолетних наблюдений за максимальными расходами и уровнями воды при заторах (зажорах).

Как уже отмечалось, не существует унифицированной методики прогноза максимальных заторных уровней, пригодной для любого затороопасного участка на реках Российской Федерации. Однако для отдельных затороопасных участков методики разработаны. Например, на р. Томь ниже г. Томск заторы образуются ежегодно. Но высота их уровня колеблется в значительных пределах – от 497 до 1103 см. Для прогноза высоты этого уровня здесь разработана и применяется формула

$$\Delta H_{\text{макс}} = 12,1\sqrt{\sum \Theta_-} + 5,48i + 2,76h_c - 71,4 \frac{\sum \Theta_{+,n}}{\sum \Theta_{-,n}} - 7,$$

где $\Sigma\Theta_-$ – сумма отрицательных температур воздуха от начала ледостава до 31 января;

h_c – высота снега на льду;

i – интенсивность подъема уровня воды до первой подвижки льда;

$\Sigma\Theta_+$ – количество тепла, требующееся для стаивания ледяного покрова;

H – уровень воды при вскрытии.

Заблаговременность прогноза для указанного участка высокая – в среднем 4 дня [86].

При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений исходными данными являются наблюдаемые уровни и расходы воды; уклоны водной поверхности, глубина и скорости течения, а также ширина открытого русла. Уклон, глубину и ширину русла определяют промерами и нивелировкой урезов воды и берегов [51, 53, 86].

Как известно, максимальные заторные уровни воды на многих реках превышают наивысшие уровни весеннего половодья и летних паводков. Чтобы оценить максимальный заторный уровень воды, по существующим официальным рекомендациям [24], надо к рассчитанному максимальному уровню весеннего половодья приплюсовывать «добавки»: при катастрофических заторах – более 5 м, при сильных заторах – 3-5 м, при средних заторах – 1-3 м, при слабых заторах – 1-2 м [24, 43].

При наличии данных о критических или опасных уровнях можно, задавшись в качестве исходных данных значениями прогнозных максимальных заторных (зажорных) уровней воды для рассматриваемых пунктов, спрогнозировать, какие населенные пункты и какие народнохозяйственные объекты подвергнутся затоплению [89, 90].

Прогнозы максимальных заторных уровней воды относятся к категории краткосрочных. Их заблаговременность может составлять – от 1-2 до 8-10 суток. Оправдываемость таких прогнозов – удовлетворительная [63]. Они возможны лишь для постоянных мест образования заторов.

Прогнозы наводнений от заторно-зажорных явлений для «блуждающих» заторных участков в настоящее время с приемлемой достоверностью составить невозможно [28].

Для повышения качества прогнозов необходимо значительно увеличить количество пунктов наблюдения (станций и постов), широко развивать и использовать дистанционные средства наблюдения (спутники и т.п.), активнее разрабатывать методы прогноза для каждого конкретного затороопасного участка реки.

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ЛЬДА

Ускорение вскрытия участков рек в целях беззаторного пропуска расхода льда и воды и предупреждения образования заторов льда связано с работами по предварительному ослаблению и разрушению ледяного покрова.

В настоящее время в практике борьбы с заторами находят применение следующие методы ослабления льда: использование радиационного тепла; посыпка льда химикатами; замедление роста льда зимой (применение теплоизоляции из снега и т.п.).

Применение этих методов возможно как отдельно, так и в комплексе с ледоколами или ледорезными машинами.

Используя методы искусственного ослабления льда, следует учитывать, что отдельные виды веществ, применяемых для обработки поверхности льда, экологически опасны (например, золошлаковые материалы). Поэтому следует стремиться к применению экологически безопасных материалов или ограничить площадь обработки поверхности льда химикатами.

4.1. Использование солнечной радиации

Радиационный метод основан на усилении поглощающей способности льда при нанесении на его поверхность зачерняющих материалов. Солнечная энергия, проникая внутрь льда, разрушает его, растапливая лед в межкристаллических прослойках. Наличие снега на льду уменьшает поступление солнечной энергии ко льду и препятствует его разрушению, поэтому нанесение зачерняющих веществ должно производиться после таяния снега или после расчистки ледяного покрова от него.

Зачернение поверхности льда приводит к ускорению его таяния. Под действием солнечной радиации таяние зачерненного льда может происходить даже при отрицательных температурах воздуха в дневное время суток.

Проникновение зачерняющих материалов внутрь льда зависит от крупности опыливающих частиц и структуры льда. Глубже всего в лед проникают частицы мелких фракций с диаметром 0,2–0,5 мм. Частицы с диаметром более 0,5 – 1,0 мм остаются на поверхности льда.

К достоинству радиационного метода разрушения льда следует отнести использование бесплатной мощной солнечной энергии, возможность работы на любых участках, быстрота обработки и малая стоимость работ. Эффективность метода определяется числом часов солнцестояния. Он особенно эффективен в условиях большой продолжительности периода солнцестояния в течение суток (Арктика, Крайний Север). Недостатками этого метода являются его зависимость от метеорологических условий (температуры воздуха, осадков в виде снега), актинометрических условий (интенсивности и продолжительности солнечного сияния), от структуры льда, экологическая опасность некоторых материалов, а также потребность сравнительно большого периода времени для его реализации.

Радиационный метод разрушения льда целесообразно применять как самостоятельный метод, если под действием зачернения происходит разрушение льда на всю его толщину. Если этого не происходит, то зачернение эффективно в комплексе с работой ледоколов или судов с ледовым подкреплением. При этом облегчаются и ускоряются работы судов в ослабленном льду и, кроме того, появляется возможность работы в нем маломощных судов, не способных взламывать неослабленный лед.

Радиационный метод разрушения льда не рекомендуется применять на тех участках рек, заливов и водохранилищ, вскрытие которых происходит раньше наступления теплой погоды, т.е. раньше даты перехода среднесуточных или дневных положительных температур воздуха через 0°C.

Для зачернения применяются порошки темного цвета, с удельным весом больше единицы (т.е. тяжелее воды) и отсутствием у них канцерогенных свойств. Такими материалами являются: угольная и шлаковая пыль, фосфоритная мука, формовочная земля, черный песок, а также песок в смеси со шлаковой или угольной пылью из расчета 50 % песка и 50 % шлака или угля.

Максимальные нормы расхода зачерняющих материалов в зависимости от диаметра зачерняющих частиц могут быть приняты следующими:

при $d = 0,1$ мм	$p_{\text{макс}} = 0,1$ кг/м ² (1 т/га);
$d = 0,2$ мм	$p_{\text{макс}} = 0,2$ кг/м ² (2 т/га);
$d = 0,3$ мм	$p_{\text{макс}} = 0,3$ кг/м ² (3 т/га);
$d = 0,4$ мм	$p_{\text{макс}} = 0,4$ кг/м ² (4 т/га);
$d = 0,5$ мм	$p_{\text{макс}} = 0,5$ кг/м ² (5 т/га).

Минимальные нормы расхода зачерняющих материалов, установленные на основании опытных работ, не должны быть меньше следующих значений:

при $d = 0,1$ мм	$p_{\text{мин}} = 0,050$ кг/м ² (0,5 т/га);
$d = 0,1-0,3$ мм	$p_{\text{мин}} = 0,050-0,100$ кг/м ² (0,5-1 т/га);
$d = 0,1-0,4$ мм	$p_{\text{мин}} = 0,150-0,200$ кг/м ² (1,5-2 т/га);
$d = 0,1-0,5$ мм	$p_{\text{мин}} = 0,350-0,400$ кг/м ² (3,5-4 т/га).

Сроки зачернения зависят от температуры воздуха и выпадения осадков (снега). Зачернение следует проводить весной, после окончания сильных снегопадов при температуре воздуха, исключающей намораживание льда сверху от растаившего зачерненного снега.

Сроки работ по зачернению (без учета времени на производство работ) могут быть приняты для районов с резко континентальным и континентальным климатом – с момента устойчивого перехода дневных положительных температур воздуха через 0°С весной; для районов с неустойчивой погодой, характеризующейся частыми сменами похолоданий (среднесуточная температура меньше 0°С) и потеплений (среднесуточная температура больше 0°С) – с момента устойчивого перехода среднесуточных положительных температур воздуха через 0°С весной.

Осадки в виде снега, выпавшего после указанной даты, почти не оказывают отрицательного влияния на эффект зачернения ввиду быстрого схода снега (за 1-2 дня) под действием солнечной радиации при положительных температурах воздуха.

Сроки следует устанавливать на основе консультации с прогностическим центром погоды. При условии устойчивой антициклональной погоды зачернять можно и до перехода температур воздуха через 0°C.

Не рекомендуется производить зачернение снежно-ледяного покрова в поздние сроки, в разгар его интенсивного таяния и при наличии воды на льду. Сильно обтаявшие поверхности незачерненного снега и льда будут иметь почти одинаковую поглощательную способность, что и зачерненный в этот момент снег и лед.

Если радиационный метод разрушения льда применяется как самостоятельный метод, то трассы для зачернения располагаются также, как и трассы для ледорезных машин (см. раздел 5). Ширина трасс зачернения зависит от типа самолета, с помощью которого производится зачернение снежно-ледяного покрова, или от распылителя, установленного на автомашине или вездеходе. На рис. 4.1 показано зачернение льда шлаком затороопасного участка реки Лена весной 2001 г.

Если радиационный метод разрушения льда применяется в комплексе с работой ледоколов или судов с ледовым подкреплением, то трассы зачернения располагаются по ледокольным трассам. Ширина трасс зачернения принимается не менее, чем две ширины ледокольного судна при опылировании с самолета типа СУ-38Л или 8-10 м при опылировании с самолета типа АН-2.

Местные аэродромы или временные посадочные площадки должны располагаться поблизости от реки, на расстоянии 20-25 км друг от друга. Выбор их осуществляется местными отделениями гражданского воздушного флота.

Просев зачерняющего материала производится через сита в виде металлических сеток с диаметром ячеек до 0,6 мм. Отсортированные частицы крупностью более 0,5 мм перемалываются в обычной шаровой мельнице.

Хранение материалов для опыливания производится в специально устроенных складах простейшего типа, например, под навесом, во избежание смерзания и уплотнения материалов под влиянием осадков и температур воздуха.

Опыление снежно-ледяного покрова может быть выполнено средствами малой авиации (например, самолетами типа АН-2, АН-3, СУ-38Л, ИЛ-103 и др.), а также с автомашин, имеющих специальное приспособление для опыления. Применение авиации позволяет в короткие сроки производить опыление на больших площадях, расположенных за десятки и сотни километров от населенных пунктов.

Самолеты типа АН-2 имеют грузоподъемность 1,0 т, скорость полета 160 км/ч и могут применяться при опылении участков, расположенных на расстоянии до 20-30 км от аэродрома. При опылении с высоты полета до 10 м ширина опыляемой полосы равна 8-10 м.

Самолеты типа СУ-38Л имеют рабочую скорость полета 150-180 км/ч, рабочую высоту полета 1-15 м, перегоночную дальность полета с распылительным оборудованием 900 км. Ширина трассы зачернения – две ширины ледокола.

С увеличением высоты полета нормы опыления уменьшаются, а ширина опыляемой полосы увеличивается. При повторных работах, вызванных сильными снегопадами, зачернение целесообразно проводить с большей высоты, чем указано выше, для достижения меньшей нормы расходования зачерняющего материала.

Опыление лучше проводить в безветренную погоду, во избежание сноса ветром зачерняющего материала за пределы намеченной трассы. Наиболее благоприятным временем для опыления являются ранние утренние часы.

Порядок работ по зачернению снежно-ледяного покрова следующий. Вначале производится однократное зачернение трассы по всей ее ширине. К повторному зачернению, необходимому для достижения запроектированной нормы расхода зачерняющих материалов, приступают лишь после окончания однократного опыления на всем протяжении запроектированных трасс. При такой организации работ по опылению достигается более равномерное и быстрое таяние снега на протяжении всего обрабатываемого участка, и, кроме того, может быть уменьшено отрицательное действие выпавшего снега на эффект от зачернения.

Контроль за работами по опылению ведется ежедневно.

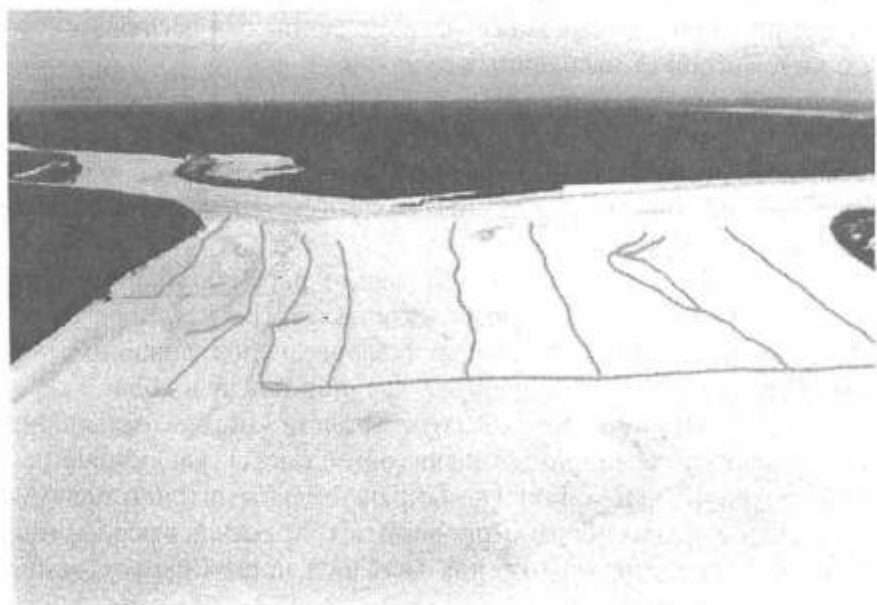


Рис. 4.1. Зачернение шлаком поверхности льда на затороопасном участке р. Лена на месте впадения р. Олекма. Видны полосы зачернения, ширина которых 20 м (весна 2001 г.)

4.2. Химические методы разрушения ледяного покрова

Химический метод разрушения льда основан на понижении температуры плавления льда за счет распределения реагентов по его поверхности. При этом расход реагентов для ориентировочных расчетов принимается в 7-10 раз меньше массы протаиваемого льда. В теплую погоду с устойчивой положительной среднесуточной температурой воздуха расход солей может быть снижен вдвое. В качестве реагентов применяются хлорид кальция, натрия, аммония, калия, а также сульфид натрия, фторид натрия и бикарбонат калия. Характер и степень разрушения льда зависит от рода применяемого вещества, его крупности, норм опыления, а также температуры и структуры льда.

Под действием порошкообразных химических веществ лед стает равномерным слоем по высоте, сверху вниз. При нанесении химических веществ на лед в виде отдельных комков они внедряются в лед, образуя вертикальные извилистые каналы. Лед приобретает ноздреватый вид с прочными ледяными перемычками. При этом, одновременно идет как процесс снижения, так и увеличения прочности льда. Прочность его уменьшается вследствие нарушения монолитности из-за образования в нем каналов, однако в каналах увеличивается прочность оставшихся ледяных перемычек.

Достоинство этого метода заключается в быстроте действия химических веществ на лед. В природных условиях, при кристаллической структуре льда и положительных температурах воздуха, комки соли крупностью от 2-2,5 см до 4-4,5 см через сутки после их нанесения на лед могут проникнуть в него на глубину от 20 до 70 см.

Химический способ разрушения льда имеет существенный недостаток. Его применение может отрицательно влиять на экологию речного бассейна. Высока стоимость и велики объемы применяемых материалов. Кроме того, химический способ борьбы с заторами, как и способ зачернения льда, требует наличия продолжительного периода времени для его применения (до вскрытия).

Химический метод, как самостоятельный, целесообразно применять на ограниченной площади для местного разрушения льда, ввиду большой стоимости работ (например, с целью сплошного протаивания льда на всю его толщину и образования сквозной майны). Обычно этот метод следует рассматривать как вспомогательный и его рекомендуется применять совместно с работой ледорезных машин на участках рек с повышенной толщиной льда (толщина льда больше длины фрезы), с включением большого количества бревен и других твердых предметов, а также в местах пересечения ледорезных трасс.

Сроки нанесения химикатов на лед зависят от вида ледяной поверхности (наличие воды и снега на льду) и от температуры воздуха. Нанесение химикатов следует проводить при положительных температурах воздуха и отсутствии снега (воды) на поверхности льда. Это имеет место в момент устойчивого перехода весной дневных температур воздуха через 0°C или после отрыва льда от берегов и схода воды со льда, т.е. за 2-3 дня до ледохода.

При наличии на льду снега посыпку химикатами можно производить по трассам, предварительно очищенным от снега бульдозером.

В некоторых случаях, в момент устойчивого перехода дневной температуры через 0°C , лед посыпают шлаком с добавкой соли продольными полосами шириной 5-10 м в местах будущих трещин и прежде всего у берегов. Мероприятие проводится за 15-25 дней до вскрытия реки. Нормы расхода зачерняющего материала составляет 1-3 т/га. Однако желаемый эффект достигается лишь при солнечной погоде, на узких и средних реках с относительно малой толщиной льда в заторе.

Расход различных солей приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Объем льда в дм^3 , расплавляемого внесением 1 кг соли,
в зависимости от температуры льда

Название соли	Температура плавления, °С	Температура льда, °С			
		-5	-10	-15	-20
Хлорид кальция	-55	10,8	6,4	5	4,1
Хлорид натрия	-21,2	12,2	6,7	4,7	3,7
Хлорид аммония	-15,8	14,0	7,1	4,8	-
Хлорид калия	-11,1	10,3	4,7	-	-
Сульфид натрия	-10	21	10,6	-	-
Фторид натрия	-5,6	33	-	-	-
Бикарбонат калия	-5,4	59	-	-	-

Ширина опыливаемой полосы может быть принята равной ширине ледорезной трассы (0,3-0,4 м) при посылке с автомашины или 2,5-3,5 м – при опыливание с самолета типа ЯК-12, дающего наименьшую ширину полосы, чем другие типы самолетов. При применении авиации увеличивается степень механизации работ, но возрастает расход химических веществ из-за опыливания площади за пределами ширины ледорезной трассы.

Производство работ по рассыпке химических материалов с самолетов такое же, как при опылении зачерняющими материалами. Если химические вещества имеют белый цвет, то их предварительно перемешивают с темными пылевидными материалами для создания смеси, заметной на льду после ее нанесения. Норма расхода зачерняющих материалов может составлять $5-10 \text{ г/м}^2$.

4.3. Замедление роста льда зимой

Если замедлить рост льда в зимнее время, то к моменту вскрытия реки на данном участке лед будет иметь меньшую толщину, что ускорит естественное вскрытие и облегчит проведение работ по искусственному разрушению льда любым из применяемых способов.

Замедлить рост льда можно путем создания соответствующего слоя теплоизоляции на его поверхности. Для создания изолирующего слоя могут быть использованы снег, пенолед, быстротвердеющая пена (БТП).

В первом случае необходимо в течение зимы стремиться к созданию на реке возможно более мощного снежного покрова. С этой целью можно использовать установку различного рода простейших преград из подручного материала, способствующих отложению снега. Для этой же цели можно применять механическое перемещение снега с берегов на лед (например, при помощи бульдозеров). При создании теплоизоляции из снега следует обращать особое внимание на выбор сроков начала работ с тем, чтобы не перегрузить неокрепший ледяной покров, что приведет к смачиванию снега выступившей водой и образованию снежного льда.

Замедление роста льда с помощью пенольда или пены БТП очень дорого и практически не применяется.

МЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД РАЗРУШЕНИЯ ЛЬДА

Ускорение вскрытия рек может быть достигнуто с помощью механического разрушения ледяного покрова. Разрушенный ледяной покров при первом повышении уровней воды и скоростей течения в реке взламывается и сносится вниз, открывая возможности для беззаторного пропуска воды и поступающих с верховьев масс воды и льда.

Механическое разрушение льда в целях предотвращения образования заторов производится ледорезными машинами и ледоколами. Кроме того, ледоколы могут применяться и для разрушения уже образовавшихся заторов.

5.1. Использование ледорезных машин

Ледорезные машины различных типов и мощностей применяются в тех случаях, когда из-за малых глубин невозможно применение ледоколов. Они эффективны также в комплексе с другими методами (ледоколами, зачернением и т.п.).

Ледорезные машины бывают трех типов: с пильными цепями или барами от врубовых машин; ледофрезерные, с вертикальным режущим аппаратом; ледовые струги.

Ледорезные машины предназначены для резки льда толщиной до 1,2 м.

Ледофрезерные машины с вертикальными пожевными или кулачковыми фрезами прорезают во льду не узкую щель, а траншею шириной в 25-45 см, не достигающую до воды, или, в случае надобности, сквозную майну.

Ледовые струги, в отличие от упомянутых выше машин, не пилят и не фрезеруют лед, а скалывают его клином, ориентированным горизонтально и прицепленным наподобие плуга к мощному плавающему тягачу или трактору-амфибии. Двигаясь по льду с большой скоростью, такой агрегат оставляет за собой борозду, не достигающую до нижней поверхности льда на 15-20 см.

Техническая характеристика и возможности различных ледорезных машин приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Техническая характеристика и возможности ледорезных машин

Наименование техники	Способ разрушения льда (загора)	Вес (масса) машин, кг	Мощность, л.с.	Обслуживающий персонал, чел.	Минимальная толщина льда, позволяющая работу, см	Скорость при работе на льду различной толщины, м/ч			Ширина борозды (майны), м	Производительность, м ³ /ч	Результат работы
						0,5 м	1,0 м	1,5 м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
При отсутствии техники	Ручная работа (пробивка канала)	-	0,05	5-10	10-15	7	3	2	0,3	0,7-1	Сквозной канал
Ледорезный аппарат (на базе бензопилы)	Резка льда, толщина до 1,2 м	3	•	1-2	•	30	•	•	-	-	Сквозная борозда
Ледорезная машина ЛФМ 0,25-1,1	Резка льда, толщина 0,25-1,1 м	1300	120	2	•	300	150	90	0,25	0,6	Сквозная борозда (канал)
Ледофрезерная самоходная машина МРФ	Резка льда	•	70	3	•	60	30	-	0,25	3	Сквозной канал (траншея)
Ледофрезерная самоходная машина ЛФМ-ГТИ-41	Резка льда	•	74	2	25	160	100	70	0,35-0,45	14-45	Сквозной канал (траншея)
Ледовый струг с трактором-амфибией ТП-90	Скалывание льда клином (плугом)	•	90	2	30-35	4500	2000*	-	0,6-1,5	200-800	Несквозная борозда
Ледовый струг с плавающим тягачом ГТ-1**	Скалывание льда клином (плугом)	•	200	2	30-35	12000*	5000*	-	0,6-1,5	500-1600	Несквозная борозда

Примечание: * – приблизительная оценка;

** – расчет по мощности двигателя;

• – нет информации

Ледорезные машины, как средство предупреждения заторов, обладают рядом существенных *достоинств*, к числу которых относятся:

- возможность проведения мероприятий на несудоходных водохранилищах или участках рек, куда ледоколы доставить трудно или невозможно;
- возможность разрушения толстого льда, в котором речные ледоколы бессильны;
- возможность разрушения ледяного покрова не только на фарватере, но также и на мелководных участках, занимающих обычно преобладающую площадь;
- возможность переброски технических средств из одного речного бассейна в другой по суше, что позволяет значительно уменьшить их парк, концентрируя машины в наиболее опасном (по прогнозу) участке;
- безвредность для рыбного хозяйства;
- возможность производства работ на обширных пространствах;
- надежность действия, независимость результатов от условий погоды;
- возможность производства работ непосредственно перед ледоходом.

Однако наряду с достоинствами применение ледорезных машин имеет ряд недостатков.

В первую очередь, к ним относится невозможность применения таких машин для ликвидации заторов, уже образовавшихся в ходе весеннего ледохода. Эти машины пригодны только для предупредительных, профилактических мероприятий, так как с их помощью нельзя создать обширных водных поверхностей, свободных ото льда и являющихся надежной гарантией от образования заторов, а можно только ослабить или, в лучшем случае, расчленить ледяной покров. Большинство ледорезных машин невозможно применять на тонком льду, которым обладают многие реки.

Применение ледорезных машин для предупреждения заторов возможно во всех случаях, когда толщина и прочность

ледяного покрова достаточны и последний выдерживает тяжесть оборудования.

В тех случаях, когда план проведения противозаторных мероприятий предусматривает обязательное создание обширных майн со свободной от льда водной поверхностью, можно сочетать работу ледорезных машин с применением ледоколов.

Ледовые струги прокладывают борозды, не достигающие до нижней поверхности льда. Эксперименты показали, что даже при отрицательной температуре эти борозды за 2-4 недели протаивают, превращаясь в сквозные каналы, разделяющие ледяной покров на карты (участки). Этот процесс можно значительно ускорить сочетанием работы ледовых стругов с химическими методами или с зачернением. Химические и зачерняющие вещества можно вносить непосредственно в борозду, смонтировав распылитель на раме ледового струга.

Направление ледорезных трасс устанавливается в зависимости от направления трещин, возникающих в ледяном покрове при подвижках и начале ледохода. Ледяной покров целесообразно разрезать в направлении, затруднительном для естественного разрушения льда. На реках ледяной покров при подвижках разрывается главным образом в направлении поперек реки, поэтому разрезание ледяного покрова целесообразно производить по трассам, ориентированным вдоль по реке. На водохранилище ледорезные трассы должны быть ориентированы в двух взаимно-перпендикулярных направлениях под углом 45° к направлению течения. Для облегчения смещения ледяного покрова при подвижках, ледяной покров основной реки отделяется от ледяного покрова рукавов (у входа и выхода из них) и ледяного покрова притоков, если они вскрываются позже основной реки.

На участках рек, где ледяной покров к периоду ледохода сохраняется в ненарушенном состоянии, его следует на значительном протяжении разрезать по дополнительным трассам, направленным поперек реки (на плесах, в местах резкого уширения русла реки, перед сужением реки и после него, в

районе крутого поворота, у приверха и ухвостья острова). Ледорезную трассу предпочтительнее делать гладкой, без выступов, так как наличие у нее выступов затрудняет смещение разрезанных полей при подвижках льда.

Количество продольных ледорезных трасс может быть назначено от одной до трех. Ледяной покров разрезается основной продольной трассой, расположенной по середине ширины ледяного покрова, или в пределах судового хода на протяжении всего участка. На закруглениях и поворотах реки число ледорезных трасс следует увеличивать до двух, трех и более. В местах перед сужением реки и после него число ледорезных трасс определяется из условия, чтобы ширина ледяного покрова между ними составляла примерно $2/3$ ширины реки в узком месте.

На водохранилище ледяной покров разрезается на квадраты, стороны которого равны половине ширины реки. В местах пересечения ледорезных трасс ледяной покров разрезается в одном направлении, а в другом направлении сохраняется в ненарушенном состоянии в пределах 2-3 ширин ледорезной трассы. Оставшиеся ледяные перемычки могут быть впоследствии разрушены с помощью радиационного и химического методов.

Сроки начала работ по разрезанию ледяного покрова ледорезными машинами определяются, исходя из длины участка, числа ледорезных трасс, количества и производительности ледорезных машин и климатических условий района работ. К работам по разрезанию ледяного покрова приступают в сроки, исключаяющие промерзание ледорезных майн более чем на $1/3$ их глубины. Для Северной Двины, например, эти сроки наступают за 1,5-2 месяца до ледохода. Работы по разрезанию ледяного покрова заканчиваются к моменту устойчивого перехода дневных положительных температур воздуха через 0°C в районах с континентальным климатом или к моменту устойчивого перехода среднесуточных положительных температур воздуха через 0°C в районах с неустойчивой погодой.

На реках, вскрывающихся раньше указанных дат, сроки окончания работ устанавливаются на основе прогноза вскрытия этих рек.

Разбивка ледорезных трасс и закрепление их на местности производится осенью, вскоре после ледостава, когда еще четко выделяются границы русла реки. Весной ледяной покров на реке и прилегающая к ней земная поверхность покрыты снегом, поэтому определение границ русла реки в этот период представляется затруднительным.

Для разбивки ледорезных трасс ширина русла реки принимается равной той ширине, по которой осенью осуществляется ледоход перед ледоставом. Примерно в указанных пределах весной происходит отрыв ледяного покрова от берегов. Очертание русла реки, занятого ледоходом перед ледоставом, определяется на основе наблюдений за осенним ледоходом во время ледовых авиаразведок и береговых маршрутных обследований.

Ледорезная трасса отмечается вехами в виде связанных между собой нескольких веток деревьев хвойных и других пород. Эти вехи устанавливаются на расстоянии от 100 до 500 м, в зависимости от длины и ширины участка.

На основе ледемерной съемки производится корректировка мероприятий по предупреждению образования весенних заторов льда; определяются границы участка с разрезанием ледяного покрова ледорезными машинами; на участках, где ледорезные машины не могут применяться (малые толщины льда, замороженный лес и другие причины), намечаются другие методы разрушения (радиационный, химический, ледакольные работы и др.).

5.2. Применение ледаколов

При наличии ледаколов и ледакольных судов на судоходных реках их применение может оказаться эффективным.

Применение ледаколов и ледакольных судов позволяет в пределах заторного участка, несколько выше его и на довольно значительном участке ниже, проводить разрушение льда на отдельные продольные полосы, которые при повышении уровней и скоростей течения разламываются и быстро

сносятся вниз, открывая акваторию для приема поступающих с вышележащего участка реки масс воды и льда. Границы участка, на котором должны быть проведены ледокольные работы, в каждом отдельном случае следует устанавливать с учетом конкретных морфологических особенностей русла. Длина этих участков измеряется десятками километров.

Ледоколы могут применяться и для разрушения уже образовавшихся заторов при их толщине не более 3-4 метров.

Недостатками способа применения ледоколов являются: отсутствие на ряде речных бассейнов достаточно мощных ледоколов с малой осадкой для возможности проведения указанных работ, а также то обстоятельство, что хотя ледокол и разламывает лед, но он не удаляет его. Кроме того, современные речные ледоколы не способны перемещаться в шуге и зазорах.

Ледопроездимость ледокольных судов увеличивается на 50-60% при использовании раскачивающих устройств (РУ) с механическим, гидравлическим или аэрогидродинамическим приводом. Такой же эффект достигается при использовании на обычных судах ледокольных приставок. Эти приставки улучшают маневренные качества судов и полностью устраняют возможность заклинивания ледоколов или судов с ледокольными приставками во льду. Кроме того, эти приставки позволяют заталкивать битый лед под кромку ледяного покрова, расчищая канал для пропуска воды и льда.

Основные характеристики речных ледоколов и ледокольных устройств приведены в таблицах 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2

Основные характеристики речных ледоколов
(данные Инженерного Центра судостроения)

Тип или номер проекта	Габаритные размеры, м			Мощность силовой установки, л.с.	Предельная толщина льда при непрерывном движении, м
	Длина L	Ширина В	Осадка Т		
«Волга», «Дон» пр.16	44,7	11,4	2,8	1700	0,33
«Калашников»	37,2	7,4	1,8	600	0,22
Ч-800	46,0	9,0	2,2	800	0,22
«Бор-530»	41,0	8,0	2,2	530	0,22
РБТ-300	13,5	3,7	1,4	300	0,15–0,20
№ 1427	17,4	4,2	1,14	300	0,20
«Родина»	53,4	9,5	2,2	800/1340	0,30
IV ЛУ	36,8	8,3	1,55	600	0,20
«Ленин»	59,0	12,0	2,3	1400	0,30
Р-47	27,0	7,7	1,8	600	0,34
1105	71,0	16,0	3,25	6330	0,7
1191	71,2	16,0	2,5	6540	0,7–1,1

Таблица 5.3

Основные характеристики речных ледокольных приставок и платформ (данные Инженерного Центра судостроения)

Номер проекта	Габаритные размеры, м			Водоизмещение D, т	Предельная толщина льда, преодолеваемая с помощью приставки, м
	Длина L	Ширина В	Осадка Т		
1713	12,0	4,2	1,59	38	0,25
1749	25,0	15,0	2,54	416	0,40 – 0,45
Буксир пр.0721	47	10,2	2,2	658	•
Платформа на воздушной подушке 107Р	16	20	-	244	•
Платформа на воздушной подушке «Iceater-1» (США)	23,8	17,4	-	290	•

Примечание: • – нет информации

В условиях, когда невелик имеющийся арсенал ледокольного флота, ограничена их ледопроемкость на мелководье, значительны энергетические затраты ледоколов на разрушение ледяного покрова, а также когда другие методы разрушения льда не обеспечивают в полной мере решение задачи гарантированного разрушения льда – эффективным является метод использования волн, обладающий высокой скоростью разрушения ледяного покрова при низких энергозатратах.

Одним из средств, позволяющих успешно реализовывать волновой метод, являются амфибийные суда на воздушной подушке (СВП). При движении СВП по льду в нем развивается система изгибно-гравитационных волн. Если скорость нагрузки (СВП) близка к минимальной фазовой скорости этих волн, то возникает резонанс, т.е. амплитуды колебаний ледяного покрова резко возрастают, и лед, при определенных параметрах нагрузки, начинает разрушаться. Применение судов на воздушной подушке следует считать наиболее перспективным способом борьбы с заторами и зажорами льда на реках. Этот способ требует дальнейшей разработки.

Эффективность разрушения льда может быть увеличена путем применения ледокольных платформ, буксируемых судами на воздушной подушке, за счет веса платформ при низких скоростях движения или вследствие резонанса ледяного покрова при высоких скоростях движения платформ. Характеристики судов на воздушной подушке приведены в таблице 5.4.

При применении ледоколов для предупреждения образования весенних заторов льда, разрушение ледяного покрова (или образовавшегося заторного участка) ледоколами или судами ведется обязательно снизу вверх по реке, и не менее, чем двумя ледоколами или судами с ледовыми подкреплениями для оказания помощи друг другу в случае необходимости.

Характеристики судов на воздушной подушке (СВП),
используемых для разрушения ледяного покрова

Ширина корпуса СВП, м	Соотношение длины и ширины	Высота гибкого ограждения, м	Ориентировочная толщина разрушаемого ледяного покрова, м	Скорость движения СВП при разрушении ледяного покрова, км/ч
5-7	2-3	0,5-0,7	0,2-0,3	10-12
7-10	3-4	0,7-0,9	0,4-0,6	8-10
10	4	1	0,7-0,9	5-7

Ширина трассы ледокола зависит от места расположения затороопасного участка по длине реки. Если участок расположен в рукавах дельты реки, то ширина канала может составлять примерно 1/3 ширины русла для облегчения спуска разломанного льда в море или бассейн, свободные ото льда. Наличие такого канала позволяет ледоколам и судам во время весенних подвижек или начавшегося ледохода уйти в защищенное от ледохода место. Наименьшая ширина трасс может быть принята равной ширине ледокола или судна с ледовым подкреплением (5-20 м).

Работы по разрушению ледяного покрова ледоколами или судами с ледовым подкреплением ведутся как осенью (для ликвидации осенних заторов и зажоров льда), так и весной. Сроки начала работ весной устанавливаются в зависимости от объема работ и температуры воздуха, оказывающей большое влияние на прочность льда.

К работам по разрушению льда целесообразно приступать при наступлении положительных температур воздуха в дневное время суток. Наиболее эффективным периодом времени для разрушения льда ледоколами или судами является период с момента отрыва льда от берегов до момента вскрытия. В этот период прочность льда уменьшается за счет проникающей в лед солнечной радиации и повышения температуры льда.

При разрушении ледяного покрова весной и наличии возможностей для спуска льда, разрушенного ледоколами или судами с ледовым подкреплением, принимается следующий порядок работ (рис. 5.1).

Два ледокола или два судна с ледовым подкреплением начинают разрушать лед, образуя канал от кромки неподвижного льда, продвигаясь вверх по реке. Одно судно идет впереди, а второе на расстоянии от 150 до 200 м от первого по длине реки и на таком же расстоянии по ширине реки, чтобы в ледяном покрове, находящемся между каналами, возникали поперечные трещины. Это расстояние зависит от толщины льда и может быть примерно при $h = 0,2-0,3$ м равно 60 м и при $h = 0,5-40$ м.

Льдины, образующиеся в канале, подхватываются течением и уносятся вниз. Дальнейшее уширение канала при необходимости достигается путем ударного воздействия на лед волнения, развиваемого судами, идущими у кромки канала.

Ширина канала принимается примерно равной от 80 до 120 м. На участках с прочным и сильно наторошенным льдом или в местах поперечных трещин, где лед расположен по высоте в несколько слоев, ширина канала может быть увеличена до 200 м для удобства работ по разрушению льда ледоколами или судами с ледовым подкреплением «с разбегу».

Если лед не поддается разрушению одиночными ледоколами или судами «с разбегу», то два ледокола или судна соединяются вместе и совместно продвигаются вперед, разрушая лед.

Ширина канала в заторе льда устанавливается исходя из условий безопасности работы ледоколов или судов в канале, а также быстрого их разворота и вывода из канала в случае прорыва затора льда. Ориентировочно ширина канала может быть принята равной 100-150 м. Ледоколы или суда подходят к нижней кромке затора и стараются пройти в затор в средней его части по трещинам или по участкам с наименее плотным льдом. При большой плотности льда в заторе ледоколы или суда продвигаются вперед путем форсировки льда «с разбегу».

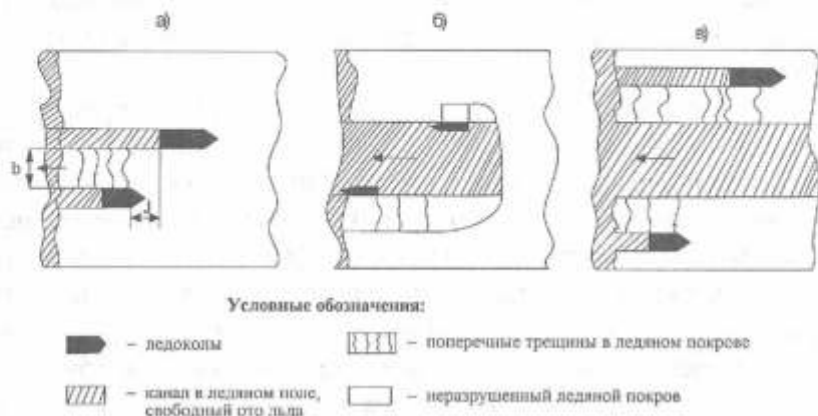


Рис. 5.1. Порядок производства работ по образованию канала во льду с целью предупреждения весенних заторов льда (этапы а, б, в)

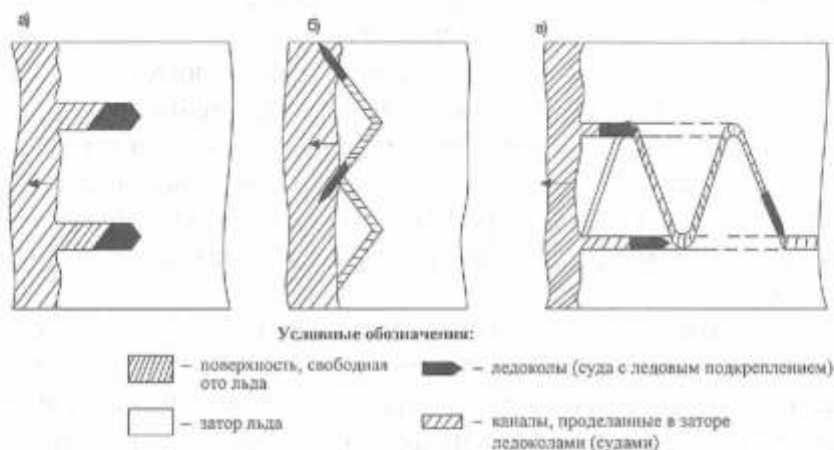


Рис. 5.2. Способы разрушения затора льда ледоколами или судами с ледовым подкреплением:
 а – разрушение затора по параллельным каналам с последующим удалением льда из образовавшегося выступа; б – выкалывание льда из затора отдельными клиньями; в – прокладка зигзагообразного канала в заторе с последующим удалением треугольных выступов

Если отколотый лед не уносится вниз по течению и остается на месте, то ледоколы или суда отгоняют его из канала течением, образующимся в результате работы своих винтов.

Способы разрушения льда ледоколами или судами зависят от мощности ледоколов или судов, их количества, а также от плотности льда в заторе (рис. 5.2).

При одной и той же мощности ледоколов или судов они подходят к нижней кромке затора и начинают разрушать лед в его средней части по продольным, параллельным друг другу каналам (рис. 5.2, а). Когда длина этих каналов достигнет 25-30 м, приступают к разрушению ледяных перемычек, оставшихся между каналами, и уширению образовавшегося канала путем отколки льда с его боков. Затем вышеуказанный цикл работ снова повторяется до тех пор, пока не произойдет прорыв затора.

При этом необходимо внимательно следить за ледовой обстановкой и особенно за возникновением сильного течения. При движении льда в заторе ледоколы или суда должны немедленно прекращать работу и уходить в защищенное от ледохода место, чтобы там переждать подвижку льда в заторе или прохождение ледохода при прорыве затора. На рис. 5.3 показан речной ледокол на р. Лена, зажатый льдом затора в мае 2001 г. ниже г. Якутска.

Если прокладка начальных каналов в заторе льда затруднена каждым из судов, то канал может быть проложен в результате одновременной работы двух ледоколов или судов, движущихся под углом друг к другу. В этом случае лед от затора откалывается в виде отдельных клиньев (рис. 5.2, б).

Если одновременно работают мощный ледокол и несколько судов, то в задачу ледокола входит прокладывание в заторе зигзагообразного канала, а в задачу других, менее мощных судов – уширение образовавшегося канала путем откалывания льда с треугольных выступов (рис. 5.2, в). Это необходимо для быстрого разворота судов в случае начала прорыва затора и отвода их в безопасное место.

При небольших заторах на малых реках, когда в голове затора находятся крупные заклинившиеся льдины, задер-

жанные на крутых поворотах реки и других участках, разрушение этих льдин может быть произведено действием гидравлической волны, развиваемой обычным судном с неподкрепленным ледовым корпусом. Судно на большой скорости по чистой воде направляется к голове затора и, не доходя нескольких метров до нижней кромки затора, внезапно останавливается. Возникшая при этом волна подходит к голове затора и может вызвать раскалывание льдин, удерживающих затор.



Рис. 5.3. Ледокол «Механик Бородкин», зажатый льдом в заторе на р. Лена ниже г. Якутска

ОБРАЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЗАТОРОВ ЛЬДА И ПРОВЕДЕНИЕ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

6.1. Образование искусственных заторов льда

На малых и средних реках для регулирования процесса пропуска речного льда могут создаваться искусственные заторы. Это позволяет задерживать ледоход в правильно рассчитанных местах, на участках в достаточной степени удаленных от прибрежных населенных пунктов и объектов экономики, что обеспечивает нормальное вскрытие и очищение ото льда затороопасного участка реки.

В качестве места образования искусственного затора льда следует выбирать участок реки в районе разделения ее на рукава. Этот участок должен находиться ниже по течению многорукавного участка и выше по течению от искусственных сооружений (мосты и др.) во избежание повреждения этих сооружений во время ледохода заторным льдом с повышенной толщиной и прочностью.

Для образования искусственных заторов льда могут применяться следующие методы:

- вскрытие участка реки при низких уровнях воды;
- увеличение толщины и прочности ледяного покрова к периоду вскрытия затороопасного участка реки;
- уменьшение ледопроемной способности русла реки путем искусственного его сужения;
- задержание льда посредством запаней и т.п.

Одним из способов предотвращения образования заторов является ледозадержание выше по течению реки. Оно осуществляется взламыванием ледяного покрова и задержанием льдин в мелководье непосредственно ниже прямолинейного или слабо искривленного участка большой длины, верхней

части переката, расположенного выше излучины, сужения русла и пр. (т.е. выше затороопасного участка). Длина мелководного участка должна быть не менее двойной ширины реки. При взламывании ледяной покров расчленяется на поля шириной не более половины ширины реки. Эти мероприятия проводятся ориентировочно за месяц до средней даты подвижек ледяного покрова.

6.2. Применение выправительных работ для предупреждения заторов

К числу предупредительных (превентивных) мероприятий следует отнести, в первую очередь, дноуглубление, русловыправительные и ледорегулирующие работы. Эти работы включают спрямление и расширение русел рек в затороопасных местах, углубление мелководных участков с помощью земснарядов и возведение русловыправительных сооружений. Такие работы являются очень эффективной и достаточно радикальной мерой, способной существенно снизить последствия, вызванные заторами, а нередко и вообще избежать их. О том, к чему приводит недостаточное внимание к осуществлению таких мероприятий, говорят события, произошедшие в мае 2001 года в г. Ленск, на реке Лена.

Выправление русла с помощью капитальных постоянных сооружений применяется, главным образом, для рек, текущих с севера на юг, т.е. в тех случаях, когда причиной образования затора является недостаточная ледопропускная способность русла на рассматриваемом участке. К выправительным сооружениям относятся запруды, полузапруды (буны, шпоры), струенаправляющие продольные дамбы, дамбы обвалования, берегоукрепления. Гребни сооружений должны быть подняты выше уровня ледохода и затора и иметь высокую прочность.

Выправление русла требует для своего осуществления значительных капиталовложений. Поэтому данный способ может быть рекомендован для применения в тех случаях, ко-

гда требующиеся для осуществления выправительных работ дополнительные капиталовложения окупаются за счет снижения возможного ущерба, наносимого заторами тем или иным отраслям экономики или имуществу граждан. Кроме того, необходимо убедиться в том, что в течение указанного срока подлежащий выправлению участок не окажется в пределах подпора одного из сооружаемых водохранилищ.

Возможно также комбинированное решение, когда постоянные выправительные сооружения на период пропуска весеннего ледохода дополняются временными, как правило, ледяными. Затраты, оправдывающие проведение необходимых, как правило, ежегодных работ, должны находиться в пределах возможного среднесрочного ущерба, наносимого экономике страны или имуществу граждан при заторах.

При планировании и проведении выправительных работ должны так же учитываться интересы речного судоходства.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЗАТОРОВ И ЗАЖОРОВ

Одним из основных направлений предупреждения и ликвидации опасных заторов является применение взрывов. Они широко применяются в оперативной борьбе с заторами на затороопасных участках путем закладки зарядов взрывчатых веществ (ВВ) на лед, в лед и под лед. Взрывные работы особенно необходимы для разрушения мощных заторов, когда другие способы их разрушения не дают положительных результатов, и когда время на проведение мероприятий по борьбе с заторами ограничено.

При одиночных заторах эффективным способом их разрушения нередко является использование удлинённых или сосредоточенных зарядов.

При небольших по площади заторах хороший эффект часто достигается при использовании накладных сосредоточенных зарядов. При больших по площади заторах эффективнее использование зарядов, закладываемых подо льдом в воду.

В зависимости от условий образование затора и его характеристик необходимо тщательно рассчитывать места закладки зарядов ВВ, глубину размещения заряда (во льду и подо льдом), а также время подрыва зарядов. Особенно важное значение имеет тщательный расчет метода закладки зарядов при разрушении групповых заторов.

Появление мощных водоустойчивых и менее опасных в обращении взрывчатых веществ (ВВ), радиоуправляемых зарядов КБ "Арзамас-16"[81], а также современной военной техники расширяет возможности этого способа как в период подготовки к ледоходу, так и в период ликвидации образовавшихся заторов. Этому же способствуют незначительные капитальные затраты и простота средств механизации, применяемых при организации взрывов.

Взрывные работы могут применяться:

а) для проведения предупредительных мероприятий, обеспечивающих беззатонный пропуск льда на данном участке реки;

б) для проведения предупредительных мероприятий по защите мостов и гидротехнических сооружений в период ледохода;

в) для оперативной борьбы с заторами в момент их образования с целью немедленной ликвидации причин заторообразования (больших полей, их первоначальных скоплений и т.п.);

г) для ликвидации уже сформировавшихся заторов;

д) для борьбы с зажорами льда.

Подробнее о технологии применения взрывов изложено в методическом пособии МЧС России «Производство взрывных работ по предупреждению и ликвидации ледовых заторов», разосланном во все региональные центры МЧС России и органы управления по делам ГО и ЧС субъектов РФ в 2000 году [31].

Производство взрывных работ должно выполняться в соответствии с заранее разработанной проектной документацией и при строгом соблюдении требований «Единых правил безопасности при взрывных работах» [12].

Запрещается производить взрывные работы вблизи линий электропередач, подводных коммуникаций, промышленных и других объектов без предварительного согласования с соответствующими организациями (владельцами этих объектов).

В зависимости от цели ледовых взрывных работ могут быть выбраны следующие три типа расположения зарядов: на поверхности ледяного покрова, в толще льда и под ледяным покровом (в воде). Разрушение ледяного покрова с помощью подрыва заряда на его поверхности вызывается действием продуктов детонации и ударной воздушной волны, распространяющейся с определенной скоростью по поверхности льда.

Наиболее эффективный способ разрушения льда – зарядами, расположенными под ледяным покровом. Характер разрушения льда определяется воздействием на него взрывной волны, возникающей в воде. Схема разрушения ледяного покрова подводным взрывом представлена на рис. 7.1.

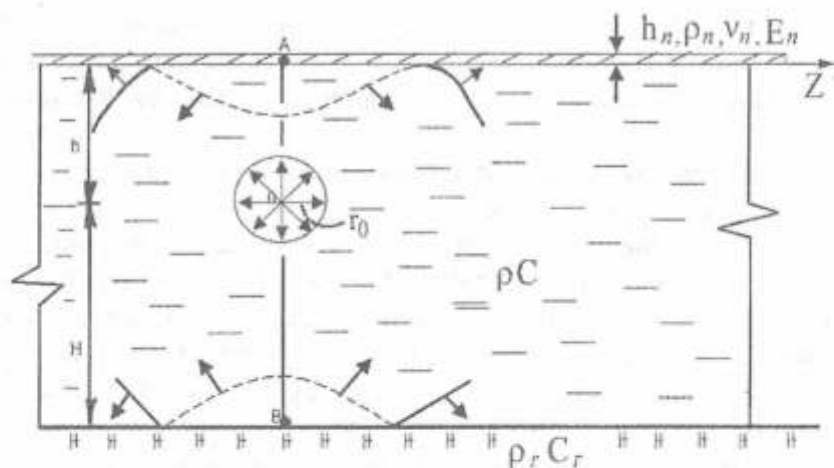


Рис. 7.1. Схема разрушения ледяного покрова подводным взрывом, где h и H – расстояния от эпицентра взрыва O до нижней поверхности льда и до поверхности дна реки; ρ – плотность воды; C – скорость распространения продольной волны в воде; ρ_r – плотность грунта; C_r – скорость продольной волны в грунте; r – сферический заряд с радиусом r_0 ; A – эпицентр взрыва (его проекция)

7.1. Организация подготовительных работ

Подготовку к взрывным работам рекомендуется начинать с первыми признаками таяния снега и подъема уровня воды в реках. Организация этих работ включает: обследование реки (см. раздел 2 настоящих «Методических рекомендаций...»), подготовку и завоз взрывчатых веществ (ВВ), выявление затороопасных участков, разбивку трассы разрушаемого участка льда (затора), выбор мест расположения зарядов и их типа, подготовку детонирующих шнуров и т.п.

Взрывные работы также рекомендуется начинать с первыми признаками таяния снега и подъема воды.

При большой толщине ледяного покрова для защиты сооружений от ледохода взрывами образуют майны. Размеры майн зависят, главным образом, от ширины и толщины ледяного покрова, длины его подвижек, глубины береговых участков реки, сопротивляемости сооружения давлению льда.

Так, на средних реках длина майны ниже мостового перехода должна быть не менее ширины ледяного покрова, а выше моста – в два раза больше. На малых реках общая длина майн должна равняться 5-7-кратной ширине ледяного покрова. В особых случаях длину майны выше моста доводят до 500 м и больше. Ширину майн у мостов на малых реках принимают равной ширине ледяного покрова.

Широко применяется на практике предварительное ослабление ледового покрова (особенно для защиты мостов) путем его взрывания за 10-15 дней до вскрытия реки.

Такое ослабление ледяного покрова не только снижает напор льда на мосты и гидротехнические сооружения, но и предупреждает опасность образования ледовых заторов. На рис. 7.2. показана схема проведения работ по защите моста от затора.

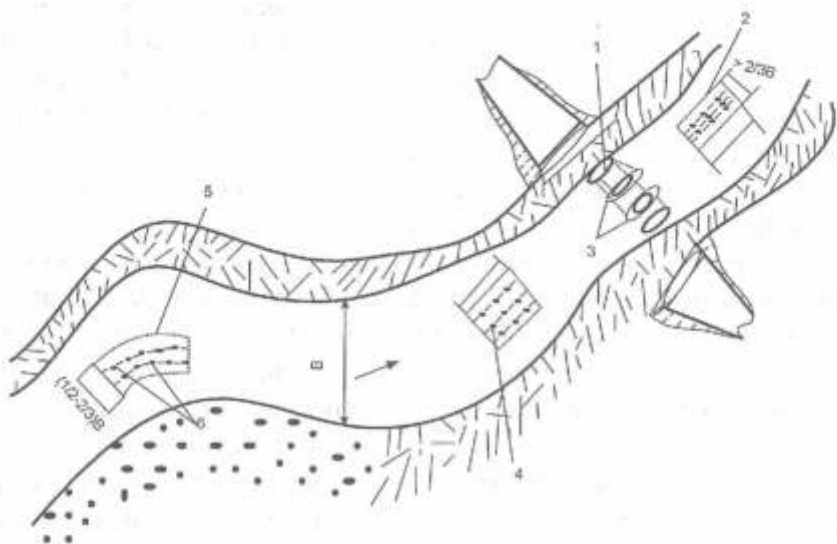


Рис. 7.2. Защита мостов и предотвращение заторов на реке:
 1 – опоры моста; 2 – низовая майна; 3 – борозды; 4 – верховая майна;
 5 – майна на затороопасном участке; 6 – лунки для опускания зарядов;
 В – ширина реки.

7.2. Проведение взрывных работ по дроблению льда

Для дробления ледяного покрова, образования в нем майн и лунок применяют наружные и подводные заряды. Наибольший эффект достигается при размещении подводных зарядов на некоторой глубине под ледяным покровом – тем большей, чем он толще. Так, при толщине льда 0,5м, 1,0м и 1,5м значение глубины закладки зарядов находится соответственно в диапазонах 1-1,5м; 2-2,5м; 3-3,5м.

При разбивке отдельных льдин, образовании более узких майн, а также при создании лунок применяют наружные и внутренние заряды. Веса наружного и подводного зарядов в зависимости от толщины льда приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Вес зарядов в зависимости от типа их расположения и толщины льда

Толщина льда, м	Вес зарядов, кг	
	подводных	наружных
0,4-0,5	0,2	1,2
0,5-0,6	0,3	1,5
0,6-0,7	0,4	1,8
0,7-0,8	0,5	2,2
0,8-0,9	0,6	2,6
0,9-1,0	0,8	3,2
1,0-1,1	1,0	3,6
1,1-1,2	1,2	4,2
1,2-1,3	1,4	5,0

Раскалывание ледяного покрова производят либо взрывами зарядов, расположенных рядами (взрывами в «зажиме»), либо постепенным откалыванием отдельных льдин. В этих случаях взрывные работы проводят в направлении, противоположном течению воды, а при отсутствии течения – с подветренной стороны (рис. 7.3 и 7.4).

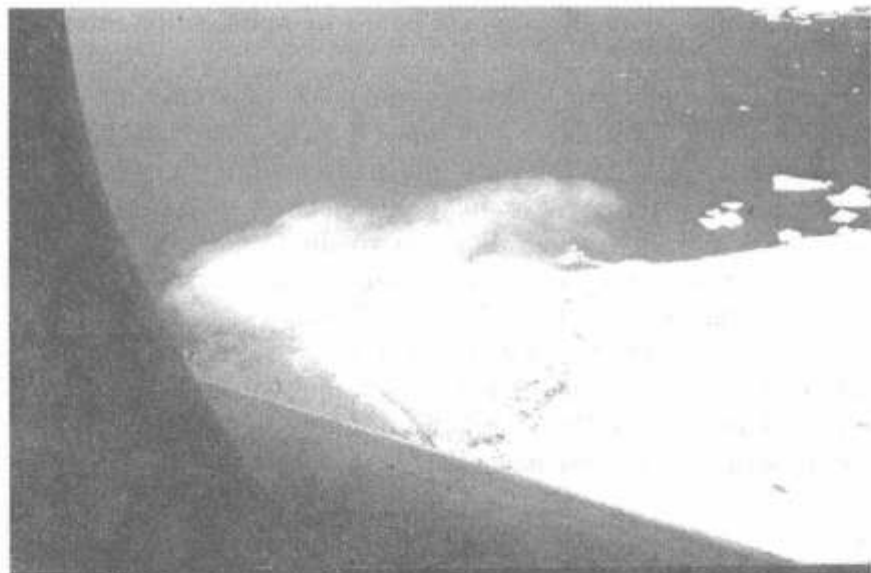


Рис. 7.3. Использование удлиненного заряда позволило создать сплошную трещину в голове затора на р. Алдан (2001 г.)



Рис. 7.4. Разрушение классического ледового затора. Высота заторных скоплений льда над водой – 0,5-1 м. Наружные заряды в виде мешков массой 26 кг ПВЖ-20 заложены в линию. Река Лена, 2001 г.

Для снижения давления, оказываемого ледяным покровом на плохо защищенные сооружения, кроме сколки льда вокруг них, используют смягчающую ледяную подушку (защитную полосу из раздробленного льда), которая, уплотняясь в момент подвижек ледяного покрова, воспринимает на себя значительную часть ее давления.

С целью предупреждения образования заторов ниже предполагаемых затороопасных мест проводится освобождение ото льда больших участков рек при помощи взрывов зарядов, опускаемых под лед. Взрывы ведутся против течения обычно сериями, с тем, чтобы отколовшиеся льдины свободно уносились вниз по течению реки.

Вес подводного заряда определяется по формуле:

$$Q_3 = K_{\text{ВВ}} W_3^3,$$

где Q_3 – вес заряда, кг;

$K_{\text{ВВ}}$ – удельный расход взрывчатых веществ (ВВ), кг/м³;

W_3 – глубина опускания заряда в воду, м.

Удельный расход ВВ изменяется от 0,3 до 1,5 кг/м³ и зависит от размера льдин, необходимой степени дробления в майне льда и его разброса.

Наименьшая стоимость работ получается при взрыве зарядов на глубине 1,5–3 м.

Глубина опускания заряда W_3 увеличивается с повышением толщины ледяного покрова.

Расстояние между зарядами зависит от диаметра образующей майны, условий взрыва и характера выполняемой работы. Обычно расстояние колеблется от 5 до 15 W_3 (глубин опускания заряда в воду).

Весы зарядов при различной толщине льда и различном расстоянии между ними приведены в таблице 7.2.

Вес подводного заряда при различной толщине льда
и расстоянии между зарядами

Толщина льда, м	Глубина погружения заряда W_3 , м	Расстояние между зарядами, м		Вес заряда Q_3 , кг	
		$5W_3$ (5 глубин)	$15W_3$ (15 глубин)	при удельном расходе ВВ $K_{ВВ}=0,5$ кг/м ³	при удельном расходе ВВ $K_{ВВ}=0,9$ кг/м ³
0,3-0,4	1,4	7,0	21	1,4	2,5
0,4-0,5	1,5	7,5	22,5	1,7	3,0
0,5-0,6	1,6	8,0	24	2,0	3,6
0,6-0,7	1,7	8,5	25,5	2,5	4,4
0,7-0,8	1,9	9,5	28,5	3,4	6,2
0,8-0,9	2,1	10,5	31,5	4,6	8,3
0,9-1,0	2,3	11,5	34,5	6,1	10,9
1,0-1,1	2,5	12,5	37,5	7,8	14,0
1,1-1,2	2,7	13,5	40,5	8,8	17,7
1,2-1,3	2,9	14,5	43,5	12,2	21,9
1,3-1,5	3,3	16,5	49,5	18,0	18,0

По условиям производства взрывных работ подводные заряды не рекомендуется опускать под лед через трещины, промоины и между стыками льдин, так как к ним опасно подходить. Чаще всего заряд опускают под лед на крепком шпагате, один конец которого привязывают к самому заряду, а другой – к перекладине, уложенной поперек лунки. Заряд можно опускать на шесте. Для этого заряд привязывают к концу шеста; второй конец шеста прикрепляют к перекладине. При опускании заряда огнепроводный шнур в необходимых случаях выводится на поверхность. При этом шнур в нескольких местах привязывают к шпагату или шесту. Опускание зарядов на огнепроводном шнуре запрещается.

Кроме проведения взрывных работ, направленных на полное очищение участка русла ото льда, для приема прибывающего сверху льда, в целях предотвращения образования заторов, взрывные работы желателенно проводить выше по течению, в местах наиболее способствующих возникновению затора. К таким местам относятся (рис. 7.5):

а) участок с большой толщиной льда; лед следует подрывать у берегов (в местах распора в берега) и несколько ниже этого участка;

б) крутой поворот русла; лед следует подрывать у берегов в пределах поворота;

в) сужение русла; лед следует подрывать вдоль берегов на участке сужения и в пределах последующего расширения;

г) остров; лед следует подрывать у берегов, у верхнего и нижнего концов острова;

д) участок с чередованием пережат-плес; лед следует подорвать у берегов, на плесовом участке ниже пережата;

е) песчаная коса; лед следует подрывать у берегов, в пределах косы, а также на самой косе.

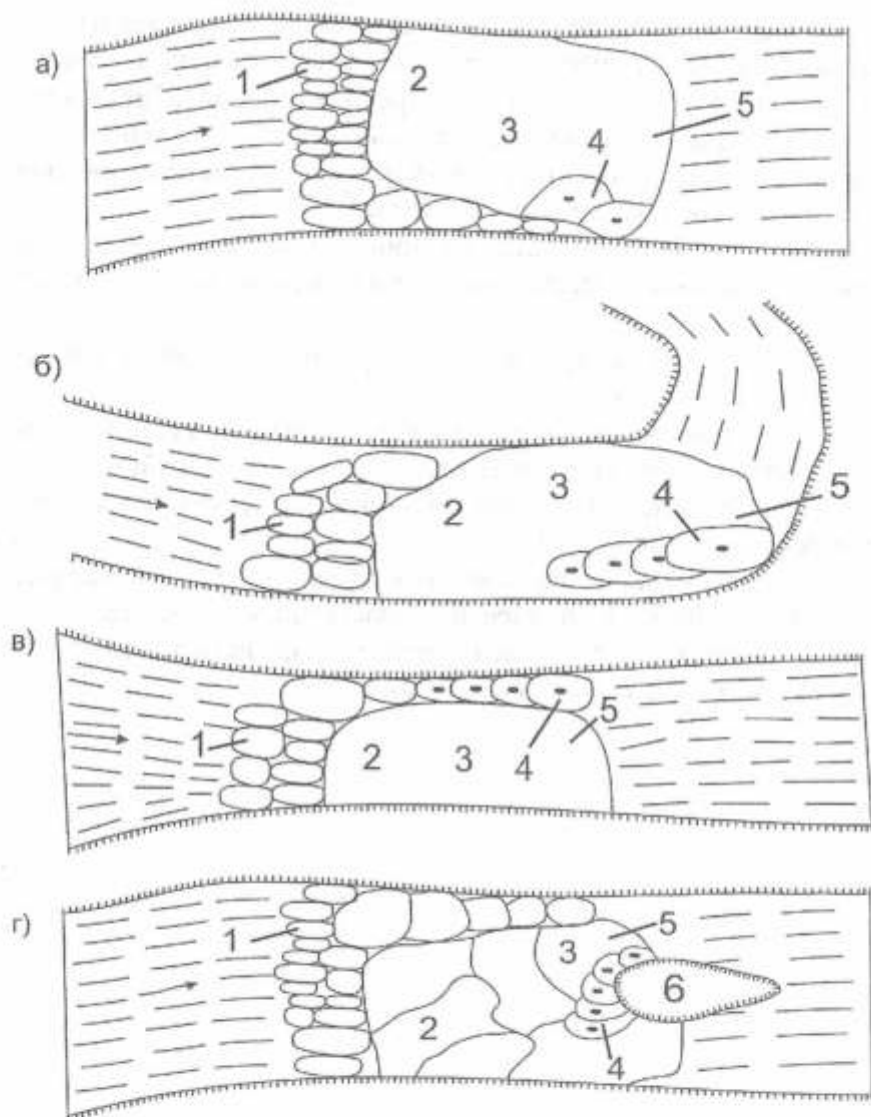


Рис. 7.5. Места заложения зарядов ВВ и подрыва льда в заторе из отдельного большого ледяного поля:

а – на прямолинейном узком участке реки; б – на крутом повороте реки; в – в месте сужения русла реки; г – выше острова;

1 – небольшие льдины; 2 – затор; 3 – замок затора;

4 – места закладки зарядов ВВ для устройства канала стока;

5 – голова затора; 6 – остров.

7.3. Взрывание крупных ледяных полей и заторов

Крупные ледяные поля раскалывают взрывом также и наружных зарядов. В начале ледохода, когда лед идет сплошной массой, к большим льдинам невозможно подплыть на плавсредствах. В этом случае их раскалывают взрывами зарядов, бросаемых с берега из укрытия, с подвесных легких мостков, устраиваемых на стальных тросах между крутыми берегами узких рек, или с вертолетов. Для защиты взрывников от разлета осколков льда, у мест бросания зарядов устраивают прочные укрытия. Вес бросаемого заряда не должен превышать 2 кг.

При взрывании заторов следует помнить, что прорыв затора может быть внезапным, поэтому необходимо наблюдать за подвижкой льда и передвигаться по ледяному покрову с соблюдением всех мер предосторожности.

Заторы на широких реках разрушают, дробя его постепенно, снизу вверх по течению. Разрушение затора следует начинать с подрыва ледяных полей ниже затора. Подрыв льда начинают вдоль берегов. Ледяные поля раскалывают взрывами подводных зарядов, проводя взрывы сериями, против течения. При этом ряды заложенных зарядов располагают по поперечным створам, расположенным на расстоянии в половину ширины русла реки.

Если затор не потерял устойчивости после разрушения ледяных полей, то производятся серии взрывов вдоль берегов либо на середине, в пределах нижней, наиболее уплотненной части затора.

Заряды закладываются в места, где течение воды и ветер способствуют выносу взорванного льда. Затор ликвидируют постепенным дроблением его в направлении, противоположном течению воды в реке (рис. 7.6).

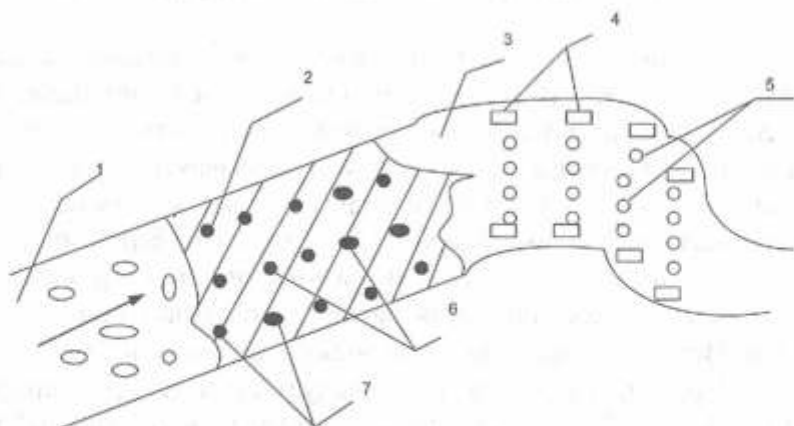


Рис. 7.6. Схема расположения зарядов для ликвидации затора:

- 1 – ледоход или открытое русло; 2 – заторный участок;
 3 – сплошной ледяной покров; 4 – заряды, расположенные вдоль берега;
 5 – заряды, расположенные в рядах по поперечным створам;
 6 – заряды, расположенные в середине реки для создания канала в заторе;
 7 – заряды, расположенные вдоль берега в уплотненной части затора

Эффективность взрывных работ по ликвидации затора зависит от правильного определения места заложения зарядов – в наиболее уплотненной головной части затора. При этом, для определения примерного веса зарядов можно пользоваться данными, приведенными в таблице 7.3.

Очень часто на относительно мелких реках лед нагромождается до 3-4 м над уровнем воды и доходит в некоторых местах до дна. Такие заторы ликвидируются производством следующих друг за другом взрывов, заглубленных в лед мощных зарядов ВВ (20-30 кг), располагаемых на середине затора, вдоль по течению реки. В случае продолжающейся устойчивости затора последующие заряды закладываются на место взорванных, с предварительной расчисткой последнего от битого льда.

Вес заряда для ликвидации затора

Глубина погружения заряда в воду, м	Вес заряда, кг	
	При массовом взрыве и расстоянии между зарядами $5W_3$ (5 глубин)	При взрыве одиночных зарядов или при массовом взрыве и расстоянии между зарядами $10W_3$ (10 глубин)
1,0-1,5	3	15
1,5-2,0	8	40
2,0-2,5	15	80
2,5-3,0	25	130
3,0-3,5	40	200
3,5-4,0	60	300

Для ускорения работ по ликвидации мощного затора применяют подводные заряды весом не менее 30-40 кг, которые опускаются в воду между льдинами на веревке с петлей.

При наличии вмерзшего в лед сплавного леса следует несколько увеличить вес зарядов или уменьшить расстояние между ними. Для одновременного взрыва нескольких зарядов применяется детонирующий шнур. Опускать заряды на детонирующем шнуре без поддерживающих приспособлений запрещается.

Если на участке узкой реки (шириной до 200 м) начал формироваться затор путем подныривания льдин или торошения льда у кромки неподвижного ледяного покрова, то следует подрывать ледяной покров снизу вверх по течению, начиная от места, где образование затора не нанесет ущерба.

Если затор уже сформировался и остается на месте, несмотря на то, что ледяной покров ниже затора ликвидирован, то следует подрывать лед на участке головной части затора в нескольких местах вдоль берега (в месте распора льда) или же по фарватеру реки.

В случае образования затора распором на берега следует подрывать ледяные поля или лед у нижнего (по течению реки) края затора и, если после этого затор останется на месте, следует произвести серию взрывов вдоль затора. Подрывать лед по длине затора, сформировавшегося на узкой реке, следует сверху вниз по течению, либо одновременно по длине затора. Это способствует образованию в заторе канала, по которому вода устремляется с верхнего бьефа в нижний бьеф затора. В этом случае заторный уровень воды постепенно снижается, а затор размывается.

При большой протяженности затора (свыше 15-20 км) на узкой реке подрыв льда затора мало эффективен. Однако в некоторых случаях взрывы льда, сделанные одновременно по длине затора (либо сверху вниз по течению), могут принести пользу.

При формировании затора льда на широкой реке (ширина свыше 200 м) следует подрывать ледяной покров ниже затора, в такой же последовательности как и на узкой реке.

Если (после ликвидации ледяного покрова ниже затора) затор остается на месте и уплотняется, то следует произвести серию взрывов вдоль берега (в местах распора льда), либо на середине реки в пределах нижней, наиболее уплотненной части затора. Взрывы желательно производить одновременно.

Успешный подрыв нижней, наиболее уплотненной части затора, приводит обычно к прорыву затора. Торосистые скопления льдин, двигаясь вниз по течению, взламывают ледяной покров в пределах однородного (по морфологии русла) участка реки. У преграды, которая может служить причиной заторообразования, такое скопление льдин обычно останавливается и вновь образуется затор.

Взрывы льда следует производить в часы наибольшей солнечной радиации, т.е. с 12 до 15 часов по местному времени, так как при положительной температуре, под воздействием радиации происходит таяние межкристаллических прослоек льда и уменьшение его прочности.

7.4. Разрушение заторов и зажоров методом артиллерийско-минометных обстрелов

Разрушать заторы рекомендуется также с помощью залпового огня из крупнокалиберных минометов. Минометы позволяют вести огонь прямой наводкой на малые дистанции с большой точностью, без применения воздушно-технических средств и взрывников.

Стрельбе должна предшествовать тщательная наземная и воздушная (например, с вертолета) разведка с установлением «уязвимых» частей заторов, с установкой в них дымовых шашек – ориентиров (точек прицеливания) для стрельбы прямой наводкой с огневой позиции. Дальность стрельбы устанавливается дальномером с пробным выстрелом одного миномета. Для достижения необходимой точности стрельбы опорные плиты минометов должны быть надежно установлены на огневой позиции. Если минометные позиции расположены на разных высотах (например, на косогоре), то это учитывается корректировкой прицела (угломером) на орудие. Для обстрела заторов и зажоров могут применяться мины с истекающим сроком хранения.

Перед началом стрельбы прицелы проверяются с помощью специального уровня. Определяются местоположение огневых позиций и направление стрельбы. Батарея минометов располагается на огневой позиции параллельно «лентам расчистки» затора. Стрельба из 5-15 минометов производится фугасными минами залпом; мины должны ложиться вдоль реки по линии откола льда. После стрельбы по первой линии (ближней к огневой позиции) приступают к стрельбе по второй линии, затем по третьей и т.д.

Расстояние между взрывами зависит от калибра минометов, толщины ледяного покрова и от глубины воды в реке. По результатам стрельбы по первой (ближней к берегу) линии могут быть внесены коррективы в действия минометной батареи. Ориентировочно можно считать, что 120 мм фугасные мины должны укладываться через 10-12 м, а 152 мм – через 15-17 м. Расстояние между огневыми линиями устанавли-

ливается опытным путем, как правило, через 20...25 м. После прострела второй линии расколотый лед может частично сплывать вниз по течению реки, однако отдельные льдины, особенно на поворотах водотока, могут останавливаться в узкой майне. Снос льдин ускорится после прострела третьей и четвертой линий. И только после освобождения ото льда акватории водотока на $1/3...1/2$ его ширины приступают к разрушению головной части затора (зажора).

Стрельба по замковой (головной) части затора производится фугасными минами залпом. Если после нескольких залпов тело затора остается неподвижным, то необходимо изменить прицел: удалить или приблизить на 10-30 м место разрыва мин. Такое решение может быть принято в результате визуального осмотра и фотосъемки мест разрывов.

Эффективность разрушения тела затора минометным огнем увеличивается при достижении высокой кучности боя и одновременном взрыве мин. Упругие волны, возбуждаемые фугасными минами, и распространяющиеся в воде, увеличивают разрушающую силу взрыва.

Существует мнение, что разрушение ледовых заторов посредством артиллерийско-минометных обстрелов мало эффективно.

При артиллерийско-минометном обстреле заторов необходимо выполнять правила безопасности [12].

ПРИМЕНЕНИЕ АВИАЦИИ

В борьбе с заторо-зajorными явлениями авиация используется по трем направлениям:

- разведка ледовой обстановки вдоль реки в предпаводочный период и период ледохода как путем визуального наблюдения, так и с применением аэрофотосъемки; как правило, используется легкомоторная (малая) авиация и вертолеты;
- доставка в заторо-зajorоопасные районы людей, оборудования и материалов, необходимых для производства подрывных работ; также – малая авиация и вертолеты;
- ликвидация и предупреждение образования ледовых заторов путем их бомбардировки с воздуха (бомбардировочная авиация) или взрыванием (с использованием вертолетов).

8.1. Разведка ледовой обстановки

Авиаразведка является наиболее оперативным средством при выяснении ледовой обстановки на реках бассейна на значительном протяжении. Она выполняется на самолетах «малой» авиации и вертолетах. Авиаразведка незаменима в тех случаях, когда точное место образования затора заранее определить трудно. Картограмма авиаразведки льда (составленная на основе схемы или крупномасштабной карты реки) является одним из основных оперативных документов при определении наиболее эффективных мер борьбы с заторами.

Облет реки рекомендуется вести сверху вниз по течению реки. Наиболее предпочтительная скорость полета 100-140 км/ч при высоте 400-600 м. При этих условиях легче составить представление о состоянии процесса вскрытия и общей ледовой обстановке.

Облет сверху вниз по течению на меньшей высоте (200-250 м) дает возможность детально рассмотреть ледовую обстановку на отдельных участках реки. На участках скопле-

ния торосистого льда следует проводить полеты поперек реки, с целью определения его движения.

Первый полет выполняется в день, когда начинаются подвижки льда. При этом фиксируются участки с торосистым льдом, ширина закраин, местоположение крупных полыней и открытых участков. В дальнейшем полеты совершаются через 1-3 суток. Основным их результатом является заключение о границах участков реки, где в данный момент наблюдаются подвижки, скопление льда, ледоход. Признаками затора (сверху вниз по течению) являются сквозные трещины в ледяном покрове и крупные льдины, торосы, ледоход. В местах интенсивного торошения наблюдается большое количество истертого льда белесого цвета. О спаде уровня воды при смещении затора или его прорыве свидетельствуют навалы льда на берегах.

Для получения еще более детальных сведений об особенностях процесса заторообразования применяются вертолеты. Их использование позволяет небольшому экспедиционному отряду, высаживаясь на берегу (или островах) в различных точках по длине заторного участка, оперативно измерять уровни воды путем временной привязки отметок уреза к различного рода сооружениям (домам, телеграфным столбам и т.п.).

При авиаразведке ледовая обстановка изображается на крупномасштабной (1:10 000-1:25 000) карте реки специальными знаками. Прочие сведения заносятся в бортовой журнал. Очень важна правильная привязка к местности, поэтому необходимо фиксировать время нахождения самолета над различными ориентирами (мостами, устьями притоков, населенными пунктами и т.д.).

Для анализа процесса заторообразования нужны дополнительные наблюдения за расходами воды и температурой воздуха. Эти наблюдения обычно производятся на действующей гидрометеорологической сети.

Важное значение имеют наблюдения с воздуха за эффективностью применяющихся способов борьбы с заторами льда. В оценку эффективности входит описание способов

борьбы, их результатов, затрат рабочего времени, стоимость работ и пр. Особое внимание необходимо обращать на изменения уровня воды и ледовой обстановки, сложившейся в результате принятия мер борьбы.

При проведении всех видов авиаразведки ледовой обстановки на реках в качестве наблюдателей необходимо использовать специалистов-гидрологов местных подразделений Гидрометслужбы.

Авиаразведку льда следует проводить согласно наставлению Росгидромета [37].

На реках значительной протяженности для оценки ледовой обстановки целесообразно использовать данные космических съемок, получаемых органами Росгидромета и ФЦ ВНИИ ГОЧС.

8.2. Применение бомбометания с самолетов

Бомбардировка заторов с воздуха отличается от других способов разрушения заторов возможностью быстрой организации и проведения, связанными с высокой мобильностью авиации.

Бомбометание, как средство уничтожения затора, может быть безусловно рекомендовано на ранних стадиях образования затора. Работа организуется по схеме, предусматривающей непрерывное барражирование самолетом-разведчиком участка реки, где ожидается образование затора, и немедленный вызов бомбардировщиков, как только начнет намечаться затор. Эффекта можно добиться только в случае образования затора в дневное время суток. Бомбометание на ранней стадии образования затора не следует применять при первых подвижках, когда ниже по течению еще существует ледяной покров.

Бомбометание с воздуха, с целью ликвидации уже образовавшегося и уплотнившегося затора, мало эффективно вследствие трудности прицельного попадания. Его следует применять в исключительных случаях, когда все другие меры исчерпаны, при катастрофических подъемах заторного уровня и невозмож-

ности принятия других мер в короткие сроки. Это обуславливается тем, что при сравнительно малой ширине реки, в особенности, если по берегам ее, как это часто бывает, расположены населенные пункты, сбрасывание бомб значительного веса с современных бомбардировщиков, обладающих большими скоростями, является задачей чрезвычайно трудной и не безопасной в отношении сохранности населенных пунктов и хозяйственных объектов. На реках большой ширины бомбометание может быть эффективно лишь при применении бомб большого веса, причем в массовом количестве, для одновременного воздействия на значительную часть затора. Только в этом случае может быть получен заметный эффект. Вместе с тем известно – чем большего веса бомбы сбрасываются, тем с большей высоты должна производиться эта операция и тем меньше точность попадания. Эффект же может быть достигнут лишь в том случае, если бомбы попадут в наиболее напряженные зоны затора. Применение ограниченного количества малых бомб, как показывает опыт, практически не дает никаких результатов.

Применяя бомбометание с целью разрушения заторов следует знать, что далеко не всякий затор может быть разрушен этим способом. Если затор образовался в зоне выклинивания кривой подпора водохранилища при наличии ледяного покрова в самом водохранилище, то бомбометание не может дать результатов, так как не будет содействовать созданию условий продвижения и рассредоточения масс льда.

Малоэффективна борьба путем бомбометания с устьевыми заторами. Для этого типа заторов необходимо предварительно освободить от льда рукава дельты и взломать береговой припой, что позволит принимать скопившийся в заторе лед.

При возникновении руслового затора у кромки ледостава необходимо сначала разрушить прочный ледостав на участке, расположенном ниже затора. При этом бомбометание необходимо производить снизу вверх по течению реки, начиная от места, где образование затора не нанесет большого ущерба. После проведения такого бомбометания можно приступать к взрыванию головной части затора, если он к тому времени не прорвется.

При образовании руслового затора на широкой реке (при отсутствии кромки ледостава) нижний участок заторного тела уплотняется и удерживает весь затор. Ликвидация этого наиболее уплотненного участка с помощью бомбометания приводит обычно к прорыву такого затора.

Порядок работ по разрушению затора бомбометанием такой же, как и при разрушении затора взрывами. Бомбить затор начинают лишь после того, как ниже затора образовался участок воды, свободный ото льда. Бомбометание сосредоточивается по одной продольной линии с целью создания канала. Трасса, на которую должны падать бомбы, закрепляется указателями в виде бочек, которые сбрасываются с самолета, или полосами зачернения. Бомбометание проводится не по всей площади затора, а сосредоточивается только в пределах трассы от нижней кромки затора вверх по реке.

Самолет должен заходить на трассу с нижней части затора и сбрасывать первую бомбу примерно на расстоянии 50 м от нижней кромки затора, а другие самолеты последовательно друг за другом сбрасывать свои бомбы примерно на таком же расстоянии. Если движения льда на трассе, подвергнутой бомбометанию, не происходит, бомбометание повторяют, сокращая расстояние между сбрасываемыми бомбами.

С появлением движения льда или ледохода работы по бомбометанию прекращаются, а после остановки льда снова возобновляются в вышеуказанном порядке.

Корректировка бомбометания ведется наблюдателем, располагающимся на высоком месте. Наблюдатель следит за ледовой обстановкой в районе затора и ведет строгий учет сброшенных и взорвавшихся авиабомб. Сведения передаются летчику по средствам радиосвязи. При образовании русловых заторов большой протяженности на достаточно узких реках, где распор в берега в каждом сечении способен выдержать большие гидродинамические нагрузки и лед не уплотнен, применение бомбометания практически не может дать результатов. Однако в некоторых случаях бомбометание, произведенное сверху вниз по длине затора, способствует образованию канала в заторе, по которому вода устремляется из верхнего бьефа затора в нижний, способствуя размыву затора и снижению заторного уровня.

Если по длине реки образовалось несколько следующих друг за другом заторов, то ликвидация их с помощью бомбометания должна вестись, начиная с нижнего и сообразуясь со степенью опасности каждого из заторов. В тех случаях, когда верхний затор менее опасен, то не следует ускорять его прорыв, чтобы не вызвать усиления затора, расположенного ниже по течению.

Бомбометание, как и другие взрывные способы разрушения льда и заторов, лучше всего производить в часы наибольшей солнечной радиации, т.е. с 12 до 15 часов местного времени, так как под влиянием радиации происходит таяние межкристаллических прослоек льда и снижается его прочность. При отрицательной температуре воздуха, в результате смерзания льда затора, действие взрыва будет значительно менее эффективным. Бомбометание, кроме того, желательно приурочивать к моменту увеличения расхода воды, что будет способствовать уменьшению устойчивости заторных масс.

Наиболее сложной задачей применения бомбометания является определение оптимальной мощности бомб. Известно, что в силу пластичности льда взрывы часто пробивают отверстия в нем той или другой величины, не нарушая целостности рядом расположенных льдин. Если при этом еще и неудачно попадание бомбы, то бомбометание принесет мало пользы.

Вопрос о воздействии взрывов бомб на тело затора в зависимости от различных условий в самом заторе, а также о конструкции и мощности бомб, изучен недостаточно. Имеющийся опыт весьма невелик, разобщен и зачастую вообще не зафиксирован. Можно предположительно считать, что для ликвидации затора в процессе его зарождения следует применять бомбы большей мощности – весом в 250-500 кг. Применение мелких бомб при ликвидации сформировавшегося затора практически не дает результатов.

При решении вопроса о мощности бомб необходимо учитывать не только силы сопротивления сдвигу затора, которые зависят от характера русла и массы нагроможденного льда, но и такие факторы как близость населенного пункта, сооружений и т.п.

Разрушение ледяного покрова бомбометанием, как предварительное мероприятие по борьбе с заторами, следует запретить. В силу пластичности льда цельный ледовый покров слабо разрушается взрывами, при этом увеличение числа зарядов дает слабый эффект. Если при этом разрушение проводится на большом участке реки, то, кроме гибели рыбы, оно ни к чему не приведет.

Из опыта применения авиации в мае 1998 года на реке Лена известно, что при бомбардировке затора в районе г. Якутск двумя самолетами, эффект разрушения льда был достигнут в ходе 19 авиавылетов и сбрасыванием бомб весом до 250 кг. А на другом участке в ходе 48 авиавылетов с использованием также бомб весом до 250 кг ликвидировать затор не удалось. Пришлось повторять бомбардировку бомбами весом до 500 кг [31].

Точность бомбометания увеличивается с уменьшением высоты сбрасывания бомб. Обычно она составляет 300-400 м, а прицельность равна 10-20 м.

В целом авиационное бомбометание при разрушении ледовых заторов мало эффективно по следующим причинам: трудность прицельного попадания в замок затора и заглубления боеприпаса; бомба пробивает лед и взрывается у дна, а не подо льдом, способствуя еще большему уплотнению заторных масс; малая серия (5-6 бомб) в одном залете. Кроме того, стоимость вылета каждого самолета весьма высока. Применение военной авиации и бомбометания требует повышения его точности и дополнительных методических разработок. Необходимы бомбы, взрывающиеся на определенной глубине подо льдом, не достигая дна реки.

Однако отказываться от этого способа борьбы с мощными заторами нецелесообразно, особенно в условиях труднопроходимой местности и сжатого ресурса времени, необходимого для экстренного воздействия на заторы. Разумеется, использование такого способа нуждается в дальнейшем совершенствовании как самих боеприпасов, так и методов их применения [32].

8.3. Применение вертолетов при взрывных работах

При проведении предупредительных мер борьбы с заторами (очистке от ледяного покрова значительных участков рек с целью создания условий беззаторного пропуска льда) бывает необходимо производить подрыв льда одновременно на значительном протяжении реки. Осуществить это возможно при использовании вертолетов для доставки людей, оборудования и взрывчатки на пункты, через которые проходит трасса взрывов. Вывоз людей и переброску их на новые места также удобнее осуществлять с помощью вертолетов.

Наиболее эффективным средством ликвидации затора зачастую также является его подрыв зарядами, располагаемыми в определенных местах тела затора. Производство работ подобного рода сопряжено с опасностью для жизни людей, так как масса затора может находиться в состоянии неустойчивого равновесия и затор может прорваться в любое время, особенно после произведенных взрывов, на первый взгляд не давших результатов. В этих случаях вертолет может служить единственным средством повторного заложения зарядов и своевременной эвакуации персонала. Обычно подобного рода работы выполняются бригадой из 2-3 человек, высаживаемых в голове затора вместе с буровым оборудованием и взрывчаткой. После заложения зарядов, команда подрывников на вертолете эвакуируется в безопасное место. При производстве взрывов вдоль затора могут быть высажены одновременно несколько бригад.

Места заложения зарядов в тело затора можно определить путем визуальной оценки. Подобного рода наблюдения, особенно при образовании заторов на крупных реках, можно произвести лишь с помощью вертолетов. Также путем облета на вертолете оценивается эффективность произведенных взрывов, если они не разрушили затор, и определяются места расположения новых зарядов.

По сравнению с бомбометанием "вертолетный" способ отличается значительно большей точностью раскладки зарядов и, следовательно, большей эффективностью взрывных работ.

8.4. Новая вертолетная система борьбы с заторами

В настоящее время все настоятельнее возникает потребность в создании принципиально новых, более эффективных технологий, базирующихся на современных достижениях научно-технического прогресса, обеспечивающих защиту населения и территорий от всевозможных стихийных бедствий. Наиболее прогрессивными в области борьбы с заторами являются конверсионные оборонные технологии, в том числе дистанционные методы ликвидации заторов с помощью вертолетных систем [79, 80].

Под дистанционной вертолетной системой понимается вертолет, имеющий подвесное или фюзеляжное съемное оборудование, позволяющее выполнять ту или иную технологию на земной (водной) поверхности без выхода человека из вертолета.

Поэтому все дистанционные системы можно подразделять на два класса:

- балочные, в которых рабочее оборудование подвешено на балочные держатели наружных ферм вертолета;
- фюзеляжные, в которых рабочее оборудование крепится внутри фюзеляжа вертолета к полу.

Для оперативной борьбы с ледовыми заторами, представляющими серьезную угрозу целесообразно использовать модульные вертолетные системы, разработанные на основе штатной вертолетной системы ВСМ-1, характеристики которых приведены в таблице 8.1.

Вертолетная система с фюзеляжным раскладчиком зарядов ДВС-УЛЗ-ФРЗ является дистанционной механизированной системой, обеспечивающей выброс зарядов ВВ (устаревших зарядов противотанковых мин по одной штуке или ящиками; мешков). Она включает в себя: вертолет Ми-8Т (Ми-8МТ) и съемное оборудование, состоящее из фюзеляжного раскладчика, закрепленного внутри вертолета, пульта управления выбросом зарядов и комплекта зарядов.

Фюзеляжный раскладчик состоит из рабочего стола и лотка, угол наклона которого составляет 30 или 45 градусов. В 2000 году был выполнен эскизный проект ОКР по разработке этой системы. Проведенные в марте 2001 года полевые и летные испытания подтвердили работоспособность оборудования при выбросе зарядов противотанковых мин УИ-ТМ-62. В настоящее время продолжается дальнейшая разработка элементов этой системы – спроектирован более совершенный фюзеляжный раскладчик зарядов различного типа с высоты полета от 1 до 3 метров при скорости полета до 10 км/ч.

В качестве зарядов, в основном, планируется сброс мешков с ВВ, а также зарядов мин как по одному, так и ящиками. Для инициирования ВВ и обеспечения безопасности выкладки зарядов из раскладчика разрабатывается многоцелевой взрыватель замедленного действия (МВЗД) и промежуточное детонирующее устройство (ПДУ), способное «поднять» любой спускаемый по лотку заряд. Фюзеляжный раскладчик зарядов и материальная часть были изготовлены и испытаны в декабре 2001 года.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования дают основания надеяться на достаточную эффективность этой системы при дроблении льда и разрушении ледовых заторов толщиной до 1,2 м.

Простота системы, малая масса фюзеляжного раскладчика зарядов (не более 40 кг), надежность крепления оборудования имеющимися на вертолете швартовочными тросами, применение зарядов ВВ в штатной упаковке, возможность предварительной подготовки элементов системы на вертолетной базе - делают эту систему достаточно технологичной и экономичной.

К недостаткам системы следует отнести необходимость группы операторов из 4-5 человек для установки зарядов на рабочий стол и ручного запуска механизма дальнего взведения, обеспечивающего срабатывание заряда через 4 минуты.

Вертолетная модульная система дробления льда и уничтожения ледовых заторов ДВС-УЛЗ-М является наиболее эффективной и перспективной системой дробления льда, так

как позволяет производить установки зарядов (модулей) на поверхности льда при следующих режимах: скорость 30-60 км/ч и высота полета вертолета 30-300 м. Использование штатных контейнеров и пульта управления отстрелом модулей из кассет позволяет разрушать ледовые поля и заторы толщиной до 2 метров.

Система ДВС-УЛЗ-М включает в себя, кроме вертолета, четыре контейнера К-29Э (модифицированный по электрической схеме контейнер), в каждом из которых размещается по 29 кассет калибром 140 мм с взрывными модулями.

Контейнеры подвешиваются на балочных держателях наружных ферм вертолета. Пульт управления выбросом модулей ПУМ-1В устанавливается аналогично штатной системе ВСМ-1. Масса ВВ в модуле составляет 8-10 кг.

Разрабатывается вариант этой системы с 4-мя контейнерами, в которых размещаются по 16 кассет калибром 180 мм с модулями фугасного или кумулятивного действия.

Эти модули способны разрушать ледовые заторы толщиной до 3-х метров, так как их подрыв будет производиться в воде на глубине 1-2 м подо льдом с замедлением от 3-5 до 6-12 минут.

Вертолетная модульная система дробления льда снаряжается двумя операторами в течение 30-40 минут.

Ожидаемые характеристики разрабатываемых
вертолетных систем

Показатели	ДВС-УЛЗ			
	ВМР	ФРЗ и СЗ	ЗГ и СЗ	М1, М2
Оборудование вертолетов	ВМР-2	ОУПД М	Конт., лоток	Конт.К- 29 – 4 шт., К-16 – 4 шт.
Масса заряда ВВ, кг	ТМ-62	≤50	≤50	10-20
Время замедления мин, мин	6-9	6-12	0-12	3-5
Толщина дробления льда (затора), м	0,7	1,5(6)	1,5	1-3(3-5)
Площадь дробления льда (затора), м	800- 2000	400(20 0)	500(200)	1000(500)
Режим полета: высота, м скорость, км/ч	5-10 10-20	5-10 10-15	5-50 5-15	20-300 30-40
Обслуживаемый расчет, чел.	2	2-4	2-4	2
Время установки 1 БК, мин	3-5	5-15	3-10	1-3

МАНЕВР ПРОПУСКОМ ЛЬДА ЧЕРЕЗ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Строительство и наличие гидроузлов на реках изменяет их естественный режим. При этом, в зависимости от схемы производства работ, могут возникать условия, способствующие образованию заторов, приводящих к затоплению примыкающей к гидроузлу территории и сооружений. Поэтому, должны предусматриваться мероприятия, не допускающие таких затоплений.

Опыт возведения и эксплуатации гидроузлов на реках с тяжелыми ледовыми условиями показывает, что беззаторный пропуск льда через них может быть осуществлен при соблюдении необходимых мер режимного и инженерного характера [26, 27].

9.1. Общие принципы пропуска льда через гидротехнические сооружения

Проектирование гидроузлов на реках, где в зимний период образуется устойчивый ледяной покров, следует производить с учетом пропуска или задержания льда перед сооружениями в строительный и эксплуатационный периоды.

При необходимости пропуска льда указанные сооружения должны иметь ледосбросные отверстия, обеспечивающие беспрепятственный сброс льда.

В качестве ледосбросных отверстий могут рассматриваться открытые пролеты, донные отверстия, береговые траншейные водосбросы, суженные участки русел, туннели, обводные каналы и т.д.

Створ гидроузла, через сооружения которого в строительный или эксплуатационный периоды предполагается обеспечивать пропуск льда, желательно выбирать так, чтобы выше и ниже сооружений имелся прямой и длинный участок реки, удаленный от мест возможного заторообразования.

В непосредственной близости за гидроузлом нежелательно строительство мостовых переходов с пролетами малой ширины, а также отсыпки в русле или вдоль берегов, приводящие к сужению русла. В противном случае, необходимо предусматривать мероприятия по беспрепятственному пропуску льда и в нижнем бьефе.

В том случае, если гидроузел располагается в каскаде с другим гидроузлом, должна быть предусмотрена возможность сработки уровня воды на нижерасположенном гидроузле, чтобы не допускать скопления льда и обеспечить его транзит за сооружениями. На вышерасположенном гидроузле целесообразно уменьшать сбрасываемые в нижний бьеф расходы воды в весенний период, что позволит дополнительно задержать на некоторое время вскрытие реки перед защищаемым гидроузлом, приведет к снижению толщины и прочности льда на этом участке, и следовательно, обеспечит более благоприятные условия пропуска льда.

Ледосбросные отверстия сооружений в строительный период, а также в период их эксплуатации, когда попуски воды при ледоходе не ограничены, могут быть перекрыты затворами различной конструкции, которые при пропуске льда необходимо открывать на полную высоту и ширину.

Глубина потока перед сооружениями, в пределах сооружений и за ними должна обеспечивать беспрепятственный пропуск льда и предохранять различные конструктивные элементы сооружений вдоль ледосбросного тракта от разрушения льдом. Возвышение низа различных эстакад, мостов, временных конструкций, установленных над ледосбросными пролетами, должно быть назначено с учетом возможного подхода к пролетам нагромождений льда и его перевертывания в пределах пролетов, но не менее $3 \div 5$ м (в зависимости от мощности ледохода).

Инженерные мероприятия по обеспечению условий пропуска льда через сооружения должны быть направлены на возможно более длительное задержание льда в верхнем бьефе, приводящее к снижению толщины и прочности льда, уменьшению его общего объема, а также на более раннее вскрытие реки в нижнем бьефе в сравнении с верхним бьефом.

На гидроузлах с низкими (высотой менее 25 м) бетонными плотинами пропуск льда может осуществляться через суженные русла, гребенки с низким порогом (порог расположен на уровне дна реки) или с высоким порогом (порог приподнят над дном реки). В эксплуатационный период на гидроузлах с низкими бетонными плотинами может осуществляться частичное или полное задержание льда (в зависимости от размеров водохранилища и скоростей течения в верхнем бьефе).

На гидроузлах многоводных рек со средними (25-75 м) и высокими (более 75 м) бетонными плотинами пропуск льда может осуществляться через суженные русла, гребенки с низким или высоким порогом, глубинные водосбросы с порогом, расположенным на уровне дна реки, или с порогом, приподнятым над дном реки. В эксплуатационный период на гидроузлах со средними и высокими бетонными плотинами пропуск льда, как правило, не предусматривается, так как создаваемые перед такими гидроузлами крупные водохранилища позволяют полностью задерживать лед в верхнем бьефе.

На гидроузлах с каменно-набросными плотинами пропуск льда может осуществляться через суженное русло или затопленную недостроенную каменную наброску, а в последующем – через береговые траншейные водосбросы или тоннели. В эксплуатационный период на гидроузлах с каменно-набросными плотинами может осуществляться частичное или полное задержание льда, в зависимости от размеров водохранилища и скоростей течения в верхнем бьефе.

При разработке схем пропуска льда необходимо учитывать конструкцию гидроузла, схему его возведения, особенности вскрытия реки. При этом следует стремиться к тому, чтобы ледосбросные сооружения обеспечивали условия, при которых возможно задержание льда на некоторый срок, что приведет к снижению его толщины и прочности, или образованию на подходе к ледосбросам повышенных уклонов водной поверхности, под влиянием которых происходит дробление подходящих ледяных полей на отдельные льдины.

9.2. Пропуск льда через закрытые водосбросы (глубинные водосбросы, строительные туннели и трубы)

Глубинные водосбросы имеют два основных гидравлических режима работы: безнапорный и напорный, которые в существенной мере определяют гидравлические условия их работы. В случае безнапорного режима работы условия пропуска льда через глубинные водосбросы в основном такие же, как и в случае пропуска его через гребенку. Некоторые отличия в работе безнапорных глубинных водосбросов, по сравнению с гребенкой, могут иметь место при глубинах их наполнения, близких к высоте водосброса. В этом случае, при остановке льда у входного сечения в этом случае может произойти забивка верхней части поперечного сечения, что способно привести к резкому росту уровней воды.

Строительные туннели и трубы устраивают для пропуска паводковых или только меженных расходов рек. Строительные туннели находятся в береговых примыканиях плотины, а строительные трубы – у берега или в основании сооружений. Ледоход может пропускаться непосредственно через эти туннели, трубы или через другие сооружения строящегося гидроузла при их совместной работе (например, при одновременном переливе воды через гребень грунтовых перемычек).

Условия пропуска льда через строительные туннели или трубы существенным образом определяются гидравлическим режимом их работы и, особенно, режимом на входном участке. Как правило, входной участок строительных туннелей и труб, через которые производится пропуск льда, выполняют без порога, заподлицо с дном подводящего канала, а в некоторых случаях их дно располагается даже ниже отметок русла.

Оценки условий пропуска льда через строительные туннели или трубы, работающие в напорном и безнапорном режимах течения, следует производить аналогично глубинным водосбросам.

Для безопасного пропуска льда, при расположении дна входного участка туннелей или труб на отметках дна реки, должны быть приняты меры по предотвращению заторных подъемов уровней воды за этими сооружениями.

Перед пропуском льда через строительные туннели или трубы в ряде случаев следует подготавливать сооружения к этой операции: при необходимости ледовый покров, образовавшийся на тракте, должен быть разрушен.

9.3. Задержание ледохода перед гидротехническими сооружениями

Пропуск льда через гидротехнические сооружения в строительный и эксплуатационный периоды следует предусматривать в том случае, если скорость течения в верхнем бьефе, на прилегающем к плотине участке длиной 5 – 10 км достигает величины, способной создать подвижку ледяных полей, отделенных от берегов и соизмеримых с шириной реки.

Пропуск льда через сооружения не является обязательным, если средние скорости потока менее 0,4 – 0,5 м/с.

Для задержания льда перед сооружениями средняя скорость потока перед гидроузлом (на участке длиной до 15 значений ширины реки) должна быть меньше величины, определяемой по специальным формулам.

Более подробная информация о беззаторном пропуске льда через гидротехнические сооружения изложена в действующих «Методических указаниях по борьбе с заторами и зажорами льда» [27].

9.4. О гидравлическом способе разрушения заторов

На зарегулированных реках можно применять гидравлический способ разрушения заторов, образующихся ниже плотин гидроузлов. Попуски воды из водохранилищ способствуют разрушению ледяного покрова и заторных масс льда вследствие увеличения скоростей течения и урвней воды.

Эффективность этого метода зависит от мощности затора, объема и продолжительности попуска, ледовой обстановки и погодных условий.

Следует иметь в виду, что при таком попуске воды может произойти перераспределение заторных скоплений, их уплотнение, что способствует дополнительному подъему уровней и затоплению окружающей территории.

МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЗАЖОРОВ ЛЬДА

10.1. Основные положения о зажорах льда, факторы, причины и условия их образования

Зажор льда – сходное с затором льда явление. Оно также представляет собой скопление рыхлого ледового материала (шуги) в русле реки, вызывающее подъем уровня воды в месте его скопления и выше. Зажор происходит в начале зимы (при ледоставе).

Образование зажоров приводит к уменьшению пропускной способности русла, к повышению уровня воды выше зажора (что может вызвать затопление прилегающей местности) и к понижению уровня ниже зажора. Кроме того, зажоры льда являются причиной ледовых затруднений на водозаборах (обмерзание труб, сорозадерживающих решеток, забивка оголовков), что зачастую приводит к полному прекращению подачи воды.

Зажоры присущи большим рекам, текущим с юга на север, замерзающим в начале зимы путем перемещения кромки ледостава снизу вверх против течения; рекам, вытекающим из крупных озер (Нева, Ангара и т.п.), и нижним бьефам гидроузлов.

Зажоры характерны также для рек со значительной скоростью течения. Происходят зажоры, как правило, в период замерзания рек и в зимний период. В большинстве случаев на незарегулированных реках зажоры льда достигают опасных размеров в начале зимы. В нижних бьефах водохранилищ и на многих горных реках максимальный зимний (зажорный) уровень может иметь место в любое время.

Образование зажоров определяется двумя группами факторов:

- факторы, способствующие образованию шуги;
- факторы, способствующие остановке и смерзанию шуговых масс.

Факторы первой группы определяются скоростным режимом потока и климатическими (температурными) условиями в районе. При определенном сочетании скорости течения (обычно превышающей 1 м/с) и температуры воздуха происходит переохлаждение воды, ведущее к интенсивному образованию внутриводного льда и шуги.

Факторы второй группы определяются морфометрическими особенностями (строением) участка реки, создающими условия для задержки и смерзания шуги (повороты русла, переделы генерального продольного профиля, острова и отмели).

Таким образом, зазоры образуются, в основном, в тех же местах, где и заторы, если выше по течению происходят процессы интенсивного образования больших масс шуги. Это не исключает того, что имеются участки, где место образования зазоров от года к году меняется. Следовательно, условиями образования и развития зазоров являются:

- наличие незамерзающего участка реки (перекаты, участки с повышенными скоростями, полыньи и пр.) или открытой водной поверхности водохранилища;

- наличие отрицательной температуры воздуха ниже критической, вызывающей теплоотдачу с водной поверхности;

- наличие интенсивного турбулентного перемешивания в водотоке или сильного ветрового волнения на водохранилищах, способствующих переохлаждению водной массы и кристаллизации внутриводного льда;

- повышенная шугонасыщенность потока в целом;

- наличие орографических особенностей русла реки, способствующих задержанию ледяной массы (меандры, бифуркация и пр.), а также разные препятствия, в том числе гидротехнические сооружения, острова и пр.;

- изменение скоростей течения на реке (из-за чередования плёсов и перекатов, места выклинивания кривых подпора водохранилищ и др.).

Скоростные условия на реке, влияющие на зажорообразование, можно подразделить следующим образом:

а) при $V=0,4-0,5$ м/с и меньше замерзание реки происходит при образовании ледяного покрова. Если шуга уже образовалась выше по реке при скоростях $V>0,5$ м/с, то, попав в зону скоростей $V\leq 0,5$ м/с, шуга всплывает и движется в виде шугового ковра. При отрицательных температурах шуговой ковер быстро замерзает;

б) при $V=0,7-0,67H$ м/с, где H – глубина потока, м, шуговой ковер не будет подныривать;

в) при $V=1,5$ м/с шуга начинает распределяться по всему сечению, частично покрывая и поверхность потока;

г) при $V>1,5$ м/с происходит полное рассредоточение шуги. Водная поверхность очищается.

Устойчивость фронтальной кромки ледяного покрова зависит также от скоростных условий. При скорости, больше критической, кромка льда не будет устойчивой. Часть шуги уйдет под ледяной покров и будет служить материалом для формирования зазора.

10.2. Процесс формирования зазоров льда

В процессе формирования зазора выделяются три стадии его развития:

- вовлечение шуговых образований под кромку льда;
- движение и отложение шуги под ледяным покровом;
- перераспределение шуговых образований в зазоре и перемещение кромки льда вверх по течению.

В реальных условиях схема возникновения зазоров осложняется непрерывными колебаниями гидрометеорологических элементов. Так, при сильных морозах на реке образуется много льда, в особенности, если длина шугообразующего (т.е. незамерзающего) участка велика. Этот лед обладает значительной прочностью и, благодаря низкой температуре воздуха, легко смерзается; кромка продвигается быстро, зазорный подъем уровня оказывается небольшим. Напротив, при слабых

морозах к кромке подплывает шуга, смерзание её происходит медленно, время от времени происходит торошение. В результате кромка продвигается постепенно со значительным подъемом уровня воды, вследствие чего происходит затопление прибрежных территорий, населенных пунктов и объектов экономики. При этом максимальный зажорный уровень воды всегда превышает уровень при обычном ледоставе. Ниже по течению уровни понижаются.

Подъем уровня воды при зажоре меньше, чем при затоплении, так как зажоры образуются в период малой водности в реках (осень-зима).

В нижних бьефах гидроузлов процесс протекает аналогичным образом. Отличие состоит лишь в том, что со временем движение кромки замедляется (за счет уменьшения длины ледообразующего участка), а затем вовсе прекращается. Размер полыньи при стабильном положении кромки определяется многими факторами – теплопотерями, расходом воды и т.п.

Методы прогноза зажоров льда, как и затоплений, пока что разработаны очень слабо. Они возможны лишь в отдельных случаях, при более или менее постоянном месте образования зазора.

Прогнозирование максимального зажорного уровня осуществляется на основе его связи с водностью в предледоставный период, например, со средним расходом воды за ноябрь. Подобные связи получены для рек Ангара, Нева и Свирь (заблаговременность прогнозов 1-1,5 месяца). На реках, в которых расход воды в предледоставный период подвержен значительным колебаниям, строится связь максимального зажорного уровня с расходом воды в период замерзания. Заблаговременность прогноза при этом уменьшается до 3-5 суток.

Количественный расчет и прогноз изменения уровня воды в период зажоров льда пока невозможны. Лишь на основании многолетнего опыта удается в общем верно оценить тенденцию в изменении уровня.

Количественные характеристики зажорных подъемов и зажорных уровней воды на реках в 1976 г. были систематизированы и обобщены в «Каталоге затоплений и зажорных участков рек СССР» [4].

10.3. Распространенность зажоров льда на реках России

Территориальное распространение зажоров льда характеризуется повышенной зажорностью рек:

- на Северо-Западе России (бассейны рек Кольского полуострова, Карелии, Северной Двины, Печоры и их притоков);
- на Северном Кавказе (бассейны рек Кубань, Терек, Сулак и их притоков);
- в Восточной Сибири (бассейны рек Верхняя Обь, Енисей и их притоков);
- на Дальнем Востоке (бассейны рек Лена, Амур, Колыма и их притоков, рек полуострова Камчатка и острова Сахалин).

На рис. 10.1 представлена карта распространения зажоров льда на реках Российской Федерации, стран СНГ и Балтии [71].

На основании данных наблюдений в 1030 пунктах, расположенных на реках азиатской и европейской части России, на карте показаны зажорные участки по длине рек, указана повторяемость зажоров в процентах, зажорные уровни воды и их превышения над уровнями весеннего половодья. В таблице 10.1 дана характеристика основных показателей зажорности некоторых рек страны по данным [49, 50, 58, 61, 71].

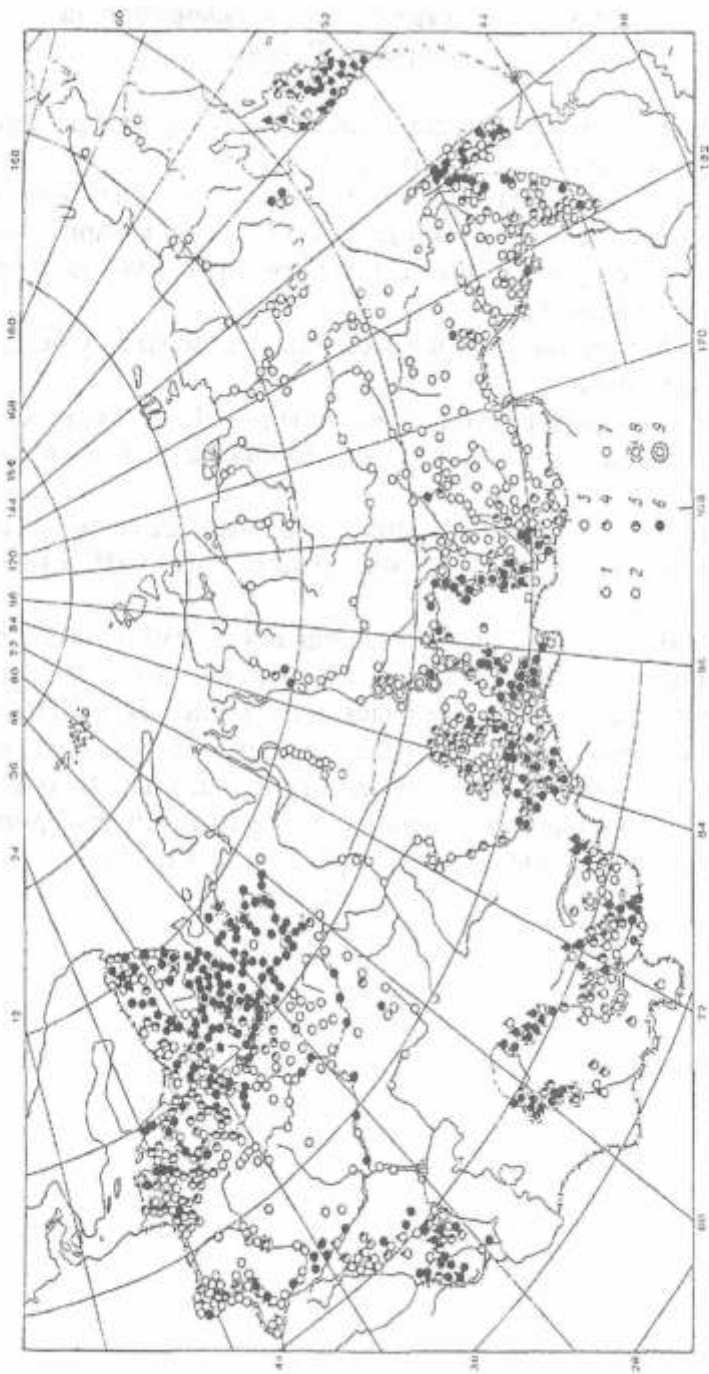


Рис. 10.1. Карта распространения зажоров на реках России, СНГ и Балтии:

- 1) $H_{\text{макс.эж}} > H_{\text{макс.п/эж}}$; 2) $H_{\text{макс.эж}} < H_{\text{макс.п/эж}}$; 3, 4, 5, 6 – повторяемостью соответственно: 0-40, 40-60, 60-80, 80-100, 7) $h < 300$ см; 8) $300 < h < 500$ см; 9) $h > 500$ см

Характеристика основных показателей зажорности
некоторых рек Российской Федерации

Регионы	Реки	Места, длина участков, км	Повторяемость, %	Наибольшие зажорные подъемы, м
Северо-Запад	Сев.Двина	5-25	90-100	5,1
	Сухона	вся река	90-100	4,6
	Пинега	— // —	80-90	2,6
	Вычегда	— // —	80-90	3,3
	Печора	средняя часть	60-80	3,5-4,2
	Ижма, Сула	— // —	60-80	2,5-2,7
	Цильма	— // —	90-100	2,5-2,7
	Стрельня	устье	80-100	3,3
	Поной	устье	80-100	3,1
	Нева	верховья	100	3,4; 6-7
	Нарва	ниже ГЭС	60-80	3,8
Северный Кавказ	Кубань	5-10	60-80	•
	Терек	верховья	60-70	•
Западная Сибирь	Иртыш	верховья	80-100	>3
	Бия	вся река	80-100	>3
	Катунь	— // —	80-100	3,6
	Томь	— // —	80-100	5,6
Восточная Сибирь	Енисей	10-25	70-100	6,3-6,7
	Ангара	вся река; ниже ГЭС	90-100	4-5
	Туба, Кан	вся река	80-100	3-3,5
	Лена	10-80	80-100	3,5-4
	Витим	-	80-100	3,5
Забайкалье	Селенга	низовья	60-80	•
	Шилка		40-60	•
	Аргунь		40-60	•
Дальний Восток	Амур			
	Зея	верховья	40-50	3,5-4,4
	Бурей	5-15	40-50	1,5-3
	Амгунь	вся река	40-50	1,5-3
	Реки	— // —	40-50	1,5-3
	о.Сахалин	— // —	60-80	1,5-2,5
	Реки п-ва Камчатка	— // —	60-80	1,5-2,5

Примечание: • – нет данных.

10.4. Методы предупреждения зажоров и борьбы с ними

Борьба с зажорообразованием на реках может вестись, как и борьба с заторами, двумя путями:

- путем принятия предупредительных мер;
- путем ликвидации образовавшихся зажоров.

При этом, поскольку процесс зажорообразования не мыслим без процесса шугообразования, необходимо воздействовать на оба эти процесса.

При разработке мероприятий по предотвращению образования зажоров и борьбы с их развитием необходимо на основании анализа гидрометеорологических особенностей, прогнозировать места и время образования зажоров.

Как отмечалось выше, основными факторами, определяющими ледовый процесс, являются скорость течения, температурные условия и морфология русла. Из перечисленных факторов можно в какой-то мере воздействовать только на скоростные условия в потоке и морфологию русла. Термические условия потока находятся в зависимости от метеорологических условий, на которые человек воздействовать еще не в силах, поэтому изменять термику потока возможно в ограниченных пределах.

Исходя из этого, определены гидравлические, термические и механические методы борьбы с зажорами.

Гидравлические методы – методы создания таких скоростных условий, при которых не будет происходить шугообразование и отложение шуги подо льдом. Это может быть достигнуто сооружением гидроузлов, устройством временных сооружений, проведением русловыправительных работ.

Термические методы – методы, основанные на внесении в поток дополнительного тепла, уменьшении теплоотдачи от воды, более рациональном использовании запасов тепла потока или водоема.

Гидравлические и термические методы регулирования наиболее легко и просто осуществить, если на реке имеются гидроузлы (путем установления надлежащего режима их эксплуатации).

Механические методы борьбы с зажорами связаны с ликвидацией уже образовавшихся зажоров. Они рассмотрены в разделе 7.

10.5. Гидравлическое и термическое регулирование зажорообразования

При гидравлическом регулировании потока необходимо выполнение следующих мероприятий:

- установление скорости в реке, при которой не происходит образования шуги;
- установление скоростного режима на данном участке реки, при котором не происходит образования зазора;
- искусственное создание условий, при которых образуется зазор и шуга аккумулируется в безопасном месте;
- увеличение расхода (и скорости) с целью прорыва или размыва зазора или смещения его вниз по течению (за плотинами гидроузлов).

Такие мероприятия возможны только в зоне водохранилищ с ГЭС.

Уменьшение скоростей течения обычно достигается путем уменьшения расхода воды, проходящего через створ ГЭС. Это мероприятие способствует:

- всплыванию шуги и ускорению образования ледяного покрова на реке, устраняющего переохладение воды и образование шуги;
- уменьшению зашугованности русла.

Уменьшение скоростей течения в поверхностном слое потока можно осуществить также перекрытием русла льдинами, устройством запаней и задержанием движущейся шуги ветками деревьев и т.д., что приводит к ускорению установления ледяного покрова и прекращению шугообразования в потоке.

В некоторых случаях, в целях уменьшения стока шуги в защищаемый район, целесообразно создавать искусственный зазор (или несколько зазоров) выше по течению от защищаемого участка. Это достигается путем уменьшения поверхностных скоростей и с помощью установки запаней, ряжей и т.п.

Увеличение скорости течения в местах обычного образования зажоров, опасных для затопления прилегающей местности, обеспечивает условия беззажорного движения шуги на нижние, менее опасные участки. При этом скорость течения в русле должна быть не менее 1 м/сек. Такое увеличение скорости может быть достигнуто увеличением расхода (при наличии плотины гидроузла выше рассматриваемого участка), стеснением сечения русла (завалы, береговые шпоры и т.п.), а также выправлением или очищением русла.

Увеличение скоростей течения за счет увеличения расходов на вышерасположенном гидроузле (созданием волны попуска) может служить и средством ликвидации зазора, так как образует условия, способствующие его всплытию, прорыву и частичному растоплению.

К гидравлическим методам регулирования, влияющим на перераспределение температур в потоке, можно отнести способ возбуждения в потоке вертикальной циркуляции, которая поднимает со дна более теплые массы воды, уменьшая переохлаждение потока и способствуя растоплению скопившейся шуги под телом зазора (см. раздел 11).

Термическое регулирование водоемов и водотоков для предотвращения образования зажоров и борьбы с ними заключается в проведении мероприятий, изменяющих тепловое состояние воды. Такой способ борьбы практикуется только в зоне гидроузлов (водохранилищ), в которые возможен выпуск подогретой воды из сооружений ГЭС или ТЭЦ.

При заторах и зазорах, для предотвращения затопления населенных пунктов и объектов экономики, расположенных в береговой зоне ниже плотин гидроузлов, при переполнении водохранилищ необходимы строго обоснованные и рассчитанные по времени и расходам попуски воды из них в нижний бьеф. Вода должна выпускаться в таком режиме, чтобы не допустить ледовые массы в населенные пункты, расположенные на берегах нижнего бьефа. Это необходимое условие строгой регламентации попусков воды не всегда выдерживается, что приво-

дит к катастрофическим последствиям для населения и прибрежной зоны нижнего бьефа, как это произошло в январе 2002 года в низовьях р. Кубань.

Однако необходимо отметить, что правильное маневрирование расходом воды через гидротехнические сооружения может быть эффективной мерой борьбы с ледовыми заторами и зажорами [34].

О возможных масштабах изменения ледового режима рек вообще и процесса зажорообразования в частности можно судить по материалам наблюдений, осуществляемых на Среднем и Нижнем Енисее. С возведением Красноярской ГЭС водность Среднего Енисея в зимний период возросла в 3,5 раза. Заметно увеличилась водность Нижнего Енисея между местами впадения рек Ангара и Подкаменная Тунгуска. За счет этого, а также за счет сброса через ГЭС сравнительно теплых вод с температурой 3–4°C, сроки замерзания у г. Енисейска сместились вперед на 25 дней, у с. Казачинского – на 35 дней. Зажорные уровни в начале ледостава у с. Казачинского повысились на 5 м, у г. Енисейска – на 2,6 м. В благоприятную для образования зажоров льда зиму 1984–85 гг. в районе г. Енисейска зажорный подъем составил 8,6 м. Оказались частично затопленными города Енисейск и Лесосибирск. [49].

10.6. Мероприятия по борьбе с шугообразованием

Основными мероприятиями по борьбе с шугообразованием являются:

- попуски воды из водохранилищ;
- сброс воды из притоков или вышерасположенных участков реки;
- выпуск подогретых вод (ТЭЦ и т.п.);
- подъем теплых глубинных вод путем применения специального оборудования;
- снижение теплоотдачи с водной поверхности;
- ускорение образования ледяного покрова.

Эти мероприятия возможны только в зоне гидроузлов.

10.7. Мероприятия по ликвидации зажоров

Ввиду ограниченности сведений о практическом применении термического регулирования для борьбы с образовавшимся зазором, излагаемые ниже мероприятия должны рассматриваться как опытные.

Ликвидация образовавшихся зажоров путем подачи тепла в тело зазора должна сочетаться с применением взрывов, которые при их индивидуальном применении малоэффективны. Многочисленные попытки борьбы с зазорами льда посредством взрывов положительного эффекта не дают [49]. Чаще всего после взрывов наступает небольшой спад уровня, а затем начинается еще больший его подъем. Единственное радикальное средство – это управление расходом воды на реках, зарегулированных водохранилищами [49].

В начале зимы зазоры чаще всего формируются под ледяным покровом и ликвидировать их в момент формирования можно только взрывами подледных зарядов, опускаемых через поверхностный ледяной покров. Заряды следует закладывать продольными рядами так, чтобы в результате сразу образовался проход для воды по всей длине зазора.

Зазоры необходимо ликвидировать своевременно, так как после формирования их очень трудно разрушить. Известны случаи расхода до 10 и более тонн ВВ на подрыв одного зазора, а некоторые зазоры практически не поддаются действию взрывов.

Борьба с зазорами в техническом отношении иногда бывает более сложной, чем ликвидация заторов льда. Объясняется это большой площадью их сцепления с руслом реки и плохой взрываемостью вязкого и рыхлого тела зазорной массы. Поэтому применение взрывов может быть рекомендовано только для ликвидации небольших зажоров, когда имеется свобода передвижения внутри водного льда ниже зазора. Мощные зазоры практически не поддаются ликвидации [47].

В случае непостоянных мест загорообразования для разрушения тела загора может быть предложен мобильный аэрогидродинамический способ борьбы с зазорами (см. раздел 11 настоящих рекомендаций).

К сожалению, малый опыт борьбы с зазорами лишает возможности рекомендовать какие-нибудь более подробные данные о применении различных методов.

О НОВЫХ СПОСОБАХ И СРЕДСТВАХ БОРЬБЫ С ЗАТОРАМИ ЛЬДА

Безусловно, в настоящее время необходимы поиск и разработка новых, перспективных технических средств для борьбы с заторами и способов их применения. Следует продолжать разработку новых, более совершенных видов взрывных средств и способов их применения. Кроме того, катастрофические заторы, произошедшие в г. Ленск (2001 г.) и низовьях р. Кубань (2001-2002 г.г.), указали еще раз на необходимость повышения уровня защищенности населения и территорий прибрежных зон, необходимость строительства новых и укрепления имеющихся защитных дамб, обваловок, отводных каналов и других защитных противопаводковых сооружений [33].

Примером новаций в этом направлении может служить устройство для подачи в подледное пространство и подрыва затора взрывчатых газов («тремучей смеси» ацетилена с кислородом). Для инициации взрыва используется окись фтора. При разрушении льда толщиной 0,4 м (на площади 200 кв. м) требуется 13 л ацетилена, 6 л кислорода и 1 л фтора.

Наиболее перспективным способом борьбы с заторами и зажорами льда на реках следует считать применение судов на воздушной подушке (СВП). Они могут передвигаться по всем видам поверхности (вода, грунт), обладают высокой проходимостью (по болоту и т.п.) и скоростью до 100-200 км/ч, разрушают лед толщиной до 1,2 м, за день работы могут очистить ото льда большие участки реки и т.п. Однако этот способ требует проведения научно-исследовательских разработок и опытных работ.

Кроме новой вертолетной системы, указанной в подразделе 8.4, разрабатываются иные средства и способы борьбы с заторами, например, аэрогидродинамический способ, предложенный ЗАО «Кировский завод», ВНИИ Гидротехники

им.Веденева и НИИ Арктики и Антарктики и запатентованный в 2001 году. Этот способ заключается в импульсной попеременной подаче под лед затора (зажора) больших масс сжатого воздуха от специальной компрессорной установки в трубопроводы, расположенные на дне русла реки. По мнению авторов способа и оборудования, с помощью создания режима аэрогидродинамического резонанса будут разрушаться и разгоняться ледовые образования затора.

В настоящее время указанный способ применяется в стационарных условиях и на ограниченных акваториях речных портов, у причалов, водозаборов и т.п. Однако возможность, эффективность целесообразность применения аэрогидродинамического способа для разрушения ледовых заторов на необорудованных заблаговременно участках рек, в условиях движения придонного льда, наличие отличительных способностей особенностей структуры ледового затора от сплошного ледового покрова и т.д. требует серьезных теоретических и экспериментальных исследований.

Принцип действия и предполагаемый состав оборудования аэрогидродинамического способа борьбы с заторами показан на рис. 11.1, а основные параметры режимов работы оборудования приведены в таблице 11.1.

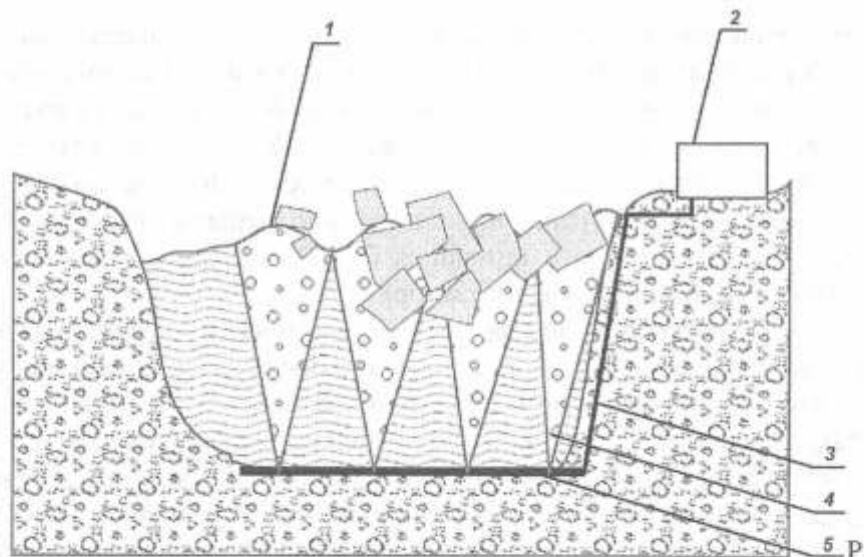


Рис.11.1. Принцип действия и состав оборудования для борьбы с заторами льда

1 – гребень волны; 2 – контейнер с компрессором; 3 – соединительные трубопроводы; 4 – водяной конус; 5 – перфорированный трубопровод

Ориентировочные параметры режимов работы аэрогидродинамического оборудования в зависимости от глубины погружения перфорированных трубопроводов при принятой атмосферной температуре -13°C

№ п/п	Наименование	Числовое значение		
		Разрушение затора площадью 250 м^2 и средней толщиной 1 м	Разрушение затора площадью 4000 м^2 и средней толщиной 4 м	Разрушение затора площадью 10000 м^2 и средней толщиной 10 м
1.	Глубина погружения перфорированных трубопроводов, м	2	10	15
2.	Давление нагнетания компрессора, МПа (абс)	0,12	0,2	0,25
3.	Производительность компрессора (по параметрам на выходе), $\text{м}^3/\text{с}$	8,3	13,4	14
4.	Мощность, потребляемая компрессором, кВт	200	2000	3200
5.	Расход дизельного топлива, кг/ч	50	425	680
6.	Ресурс оборудования до заводского ремонта, ч	50000	50000	50000
7.	Примерная средняя толщина разрушаемого ледообразования, м	1	4	10
8.	Примерная площадь поверхности разрушаемого ледообразования, кв.м	250	4000	10 000

МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЯХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАТОРНЫХ И ЗАЖОРНЫХ ПОДЪЕМОВ УРОВНЯ ВОДЫ

В местах постоянно образующихся заторов или зажоров необходима защита территорий от затопления и подтопления в результате заторного или зажорного подъема уровня воды.

Выбор способа защиты затопляемых территорий зависит от таких факторов как гидрологический режим реки, рельеф местности, инженерно-геологические и гидротехнические условия, наличие инженерных сооружений в русле и на пойме (водохранилищ, дамб, мостов, водозаборов и др.), расположение карьеров строительных материалов, населенных пунктов и объектов экономики, которые могут быть подвергнуты затоплению.

В первую очередь, застройка вдоль берегов рек должна проводиться на высотных отметках, превышающих максимальные заторные подъемы воды 1%-ной обеспеченности (то есть 1 раз в 100 лет).

Классы сооружений инженерной защиты назначаются, как правило, в соответствии со СНиП 2.06.15-85 [25], не ниже классов защищаемых объектов.

Допускается при строительном технико-экономическом обосновании защитных сооружений класс инженерной защиты территории повышать на единицу.

Классы постоянных гидротехнических сооружений инженерной защиты водоподпорного типа следует назначать также в соответствии со СНиП 2.06.15-85.

Превышение гребня водоподпорных сооружений над расчетным уровнем воды следует назначать в соответствии со СНиП 2.06.15-85 в зависимости от класса защитных сооружений, с учетом высоты наката расчетной волны и необходимого запаса, равного 0,5 м. Гребень и откосы защитного сооружения должны быть рассчитаны на действующие ледовые нагрузки, в т.ч.:

- от навала и динамического удара заторного льда;

- от примерзшего к откоосу льда;
- от статических нагрузок при температурном расширении тела затора и т.д.

Защиту территорий от затопления в результате подъема заторных или зажорных уровней воды следует осуществлять:

- обвалованием территорий со стороны реки;
- искусственным повышением прибрежной территории;
- отводом вод с временно затопляемых территорий;
- созданием искусственных заторов вне зоны охраняемых от затопления территорий.

В состав средств инженерной защиты территорий от затопления могут входить: дамбы обвалования, обводные каналы, быстротоки и перепады, туннели, трубопроводы, запруды и полузапруды для образования искусственных заторов.

Проекты инженерной защиты по предотвращению затоплений от подъема заторных (зажорных) уровней воды необходимо увязывать с проектами водохозяйственного комплекса в районе постоянного образования затора или зажора.

В случае искусственного повышения высотной отметки прибрежной территории желательно использовать ее для благоустройства береговой черты.

За расчетный уровень при проектировании искусственного повышения поверхности территории от затопления и объектов инженерной защиты на берегах рек и водоемов всегда следует принимать отметку максимального заторного или зажорного уровня воды в реке с вероятностью превышения в зависимости от класса инженерной защиты.

При выборе технологии работ по искусственному повышению поверхности территории путем отсыпки грунта или его намыва необходимо предусматривать перемещение грунтовых масс с незатапливаемых участков коренного берега или поймы на затапливаемые. При дефиците грунтов надлежит использовать полезные выемки при углублении русел рек для целей судоходства, расчистки и благоустройства стариц, протоков и других водоемов, расположенных на защищаемой территории, либо вблизи ее.

В зоне распространения вечномерзлых грунтов при возведении сооружений инженерной защиты местности от подтопления из-за заторных или зажорных подъемов уровня воды необходимо соблюдать особые требования.

Кроме того, в соответствии со СНиП 2.06.15-85, при проектировании инженерной защиты необходимо соблюдать следующие основные требования:

- при размещении средств инженерной защиты на мерзлых основаниях, особенно при наличии в них сильнольдистых грунтов и погребенных льдов, не допускать нарушения растительного покрова; вертикальную планировку следует осуществлять только подсыпками;

- не допускать сосредоточенный сброс поверхностных вод в пониженные места, приводящий к нарушению естественного гидротермического режима водотока и режима грунтовых вод;

- в зоне раздела талых и мерзлых грунтов учитывать возможность развития криогенных процессов (пучение при промерзании, термокарст при оттаивании, развитие наледей с формированием напорных вод с большими давлениями и т.п.);

- не допускать нарушения гидроизоляции и теплоизоляции водопроводящих систем, особенно систем теплоснабжения.

Необходимость и целесообразность защиты берегов рек от временного затопления и подтопления в зоне распространения вечномерзлых грунтов следует обосновывать с учетом ожидаемого ущерба и термокарстовой переработки берегов.

Материалы исходных инженерных изысканий в условиях подтопления территорий из-за заторных или зажорных подъемов уровня воды должны обеспечивать возможность:

- оценки существующих природных условий на защищаемой территории;

- прогноза изменения инженерно-геологических, гидрогеологических и гидрологических условий на защищаемой территории с учетом техногенных факторов, в том числе:

- возможности развития и распространения опасных геологических процессов;

- оценки подтопляемости территории;
- оценки масштабов затопляемости территории;
- выбора способов инженерной защиты территорий от подтопления и затопления;
- расчета сооружений инженерной защиты;
- оценки водного баланса территории, а также уровня, химического и температурного режимов поверхностных и подземных вод (на основе режимных наблюдений на створах, балансовых и опытных участках);
- оценки естественной и искусственной дренированности территорий;
- составления рекомендаций по функциональному зонированию территории.

Материалы инженерных изысканий должны отражать опасность сопутствующих затоплению и подтоплению геологических процессов: оползней, переработки берегов, карста, просадки лессовых грунтов, суффозии и т.п.

Материалы инженерных изысканий необходимо дополнять результатами многолетних наблюдений за режимом подземных вод и экзогенных геологических процессов, а также гидрологическими и гидрогеологическими расчетами.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ВЫЗВАННЫХ
НАВОДНЕНИЯМИ ОТ ЗАТОРОВ И ЗАЖОРОВ ЛЬДА**

13.1. Общие положения по действиям органов управления РСЧС при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных заторами (зажорами)

При угрозе наводнения от ледовых заторов или зажоров с затоплением территории основной задачей органов управления РСЧС всех уровней является предотвращение или минимизация ущерба от затопления, а также обеспечение защиты населения и объектов экономики.

Основными направлениями действий указанных органов целесообразно считать:

- анализ обстановки, выявление источников опасности;
- прогнозирование видов (типов), сроков и масштабов возможного затопления;
- планирование и подготовка комплекса мероприятий по предупреждению затопления;
- планирование и подготовка к проведению аварийно-спасательных работ в зонах возможного затопления.

Меры защиты от наводнения подразделяются на оперативные (срочные) и технические (предупредительные).

Оперативные меры не решают в целом проблему защиты от наводнений и должны осуществляться в комплексе с техническими мерами.

Технические меры носят предупредительный характер и для их осуществления необходимо заблаговременное проектирование и строительство специальных сооружений, предполагающее значительные материальные затраты.

Заблаговременными (техническими) мерами борьбы с наводнениями от заторов (зажоров) льда являются: регулирование стока в русле реки, отвод паводковых вод, регулирова-

ние поверхностного стока на водосборах, обвалование пониженных участков территории, спрямление русел и дноуглубление, строительство берегозащитных сооружений, подсыпка пониженных мест, ограничение (запрещение) строительства в зонах возможных затоплений и др.

На федеральном уровне МЧС России, при активном участии Росгидромета, Минприроды России, Минсельхоз России, Минэнерго России, осуществляет планирование и подготовку мероприятий общегосударственного масштаба, направленных на снижение риска возникновения ЧС, обусловленных возникновением заторов (зажоров) на реках.

На региональном уровне региональным центрам МЧС России необходимо планировать и осуществлять мероприятия, входящие в их компетенцию. В период возникновения угрозы заторно-зажорного затопления деятельность региональных центров должна осуществляться в режиме «повышенной готовности».

На уровне области, края, республики должны планироваться и осуществляться мероприятия, входящие в компетенцию субъектов РФ. При этом большая доля ответственности ложится на территориальные подразделения Росгидромета, Минсельхоз России, Минэнерго России и Минприроды России (бассейновые, водохозяйственные управления, органы водного хозяйства и т. д.). В период угрозы затопления органы управления РСЧС субъектов РФ должны функционировать в режиме «повышенной готовности».

Как правило, на всех указанных уровнях решением руководителей органов исполнительной власти должны создаваться противопаводковые комиссии, представителями которых обычно назначаются первые заместители глав администраций.

Противопаводковые комиссии при угрозе возникновения затопления должны проводить следующие мероприятия:

- организовывать круглосуточный контроль за паводковой обстановкой в зоне своей ответственности, используя посты Росгидромета и своих наблюдателей;

- уточнять и корректировать планы противопаводковых мероприятий с учетом складывающейся обстановки;
- уточнять (предусматривать) места (районы) временного отселения пострадавших жителей из подтопленных (разрушенных) домов, организовывать подготовку общественных зданий (школ, клубов и т. п.) или палаточных городков к размещению эвакуируемых;
- поддерживать постоянную связь и обмениваться информацией с комиссиями по ЧС и оперативными дежурными органов управления ГОЧС;
- проводить учения (тренировки) по противопаводковой тематике и организовывать обучение населения правилам поведения и действиям во время наводнений;
- отправлять донесения в вышестоящие органы управления;
- решением глав администраций территорий организовать круглосуточные дежурства спасательных сил и средств;
- предусматривать первоочередное жизнеобеспечение пострадавшего населения всем необходимым;
- согласовывать с местными органами МВД РФ и органами местного самоуправления порядок охраны имущества, оказавшегося в зоне затопления;
- участвовать в организации и оборудовании объездных маршрутов подтопленных участков дорог;
- организовывать (контролировать) укрепление имеющихся сооружений и новых дамб обвалования;
- организовывать и поддерживать взаимодействие с органами управления Минобороны России, МВД России, территориальными управлениями (отделами) Росгидромета, территориальными подразделениями Всероссийской службы медицины катастроф.

При наводнениях любого вида на масштабы потерь населения и величину экономического ущерба безусловно влияют тщательность, регулярность наблюдений за часто и резко меняющейся (особенно это проявляется в последние годы) метеорологической и гидрологической обстановкой в различных районах нашей страны, а также своевременность и качество

гидрометеорологических прогнозов. С этой целью необходимо развивать и совершенствовать систему мониторинга гидрометеорологической обстановки одновременно с мониторингом состояния гидротехнических сооружений.

При совершенствовании системы мониторинга и прогнозирования, безусловно, крайне необходимо расширять и развивать сеть гидрометеорологических станций и постов и улучшать их оснащенность.

Совершенствование системы мониторинга должно включать применение и развитие новейших современных геоинформационных технологий (ГИС-технологий), использование для наблюдений современных аэрокосмических средств, развитие методов и способов дешифрирования космических снимков и других достижений науки и техники. Наибольших достижений в этой области достиг Федеральный центр науки и высоких технологий «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» МЧС России.

ГИС с точки зрения решения информационных задач – это пространственно-распределенная, координатно-ориентированная база данных, представляющая собой программную систему для обработки картографических (географических) и атрибутивных (семантических) данных об объектах и явлениях окружающего мира. Главным преимуществом ГИС является наиболее «естественное» для человека визуальное представление как пространственной, так и любой другой информации, имеющей отношение к объектам и явлениям, расположенным в пространстве.

Усилиями организаций, являющихся членами ФЦ ВНИИ ГОЧС, с целью аналитического и информационного обеспечения решения задач по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (в т.ч. и от ЧС, инициированными ледовыми заторами и зажорами), для оценки последствий опасных явлений природного и техногенного характера, подготовки эффективных сценариев реагирования создана и эффективно применяется на практике глобальная (мировая) географическая информационная система «Экстремум».

В основу моделирования ЧС положена причинно-следственная связь двух процессов: воздействия поражающих факторов на объект и сопротивления самого объекта этому воздействию. Принято, что оба процесса носят случайный характер. Сопротивление объектов внешнему воздействию учитывается законами разрушения сооружений и поражения людей. Законы разрушения сооружений представляются зависимостями между вероятностями их разрушения и значениями поражающих факторов. Законы поражения людей представляются аналогичными зависимостями.

Для математического обеспечения функционирования ГИС разработаны прогнозные, оптимизационные и оперативные модели. При этом использовались такие классические методы математики как теория вероятности; линейное, нелинейное и динамическое программирование; теория игр и статистических решений; теория графов и т.п.

Прогнозные модели дают возможность оценить последствия первичного и вторичного воздействия, включая медицинскую, инженерную, пожарную и химическую обстановку в районе воздействия i -го поражающего фактора, а также оценить индивидуальный риск для населения.

Оптимизационные модели используются для решения задач по заблаговременному выбору районов дислокации сил и средств, распределению сил и средств на локальном и региональном уровнях, по обоснованию технологии ведения аварийно-спасательных работ. С помощью *оптимизационных моделей* определяются требуемая численность спасателей, медицинского персонала, личного состава аварийно-технических команд, инженерной техники, а также показатели жизнеобеспечения.

Чаще всего входными данными для проведения расчетов являются координаты источников опасности, сила их воздействия, климатические условия, время года и суток. Обобщенная технологическая структура ГИС «Экстремум» включает следующие основные блоки (рис. 13.1):

- блок базы данных, состоящий из структурированных массивов цифровой картографической и предметно-ориентированной (семантической) информации;
- блок математических моделей;
- пользовательский интерфейс – средство эффективного управления всеми блоками ГИС;
- блок документирования и подготовки тематической и картографической продукции к тиражированию.

Массивы цифровой картографической информации ГИС «Экстремум» содержат картографические материалы («электронные карты») четырех уровней детальности:

- обзорные – для всего мира (М 1:5000000; М 1:1000000);
- регионов (М 1:200 000);
- городов с изображением их структуры и кварталов (М 1:100 000);
- объектов с изображением отдельных строений (М 1:10 000 и М 1: 2 000).



Рис. 13.1. Структурная схема ГИС «Экстремум»

Средства, входящие в блок базы данных, обеспечивают ввод и редактирование картографической информации; импорт готовых цифровых (векторных и растровых) карт; просмотр и документирование картографической информации, включая выбор территории для ее отображения на экране дисплея произвольно или по адресным признакам; включение-выключение слоев векторной карты; уменьшение-увеличение рассматриваемых карт; вывод на принтер любого рассматриваемого на экране фрагмента; возможность запроса в семантическую базу данных и отображение выбранных из нее объектов; картографическое представление информации, полученной при использовании расчетных моделей. Картографические объекты всех уровней связаны единым координатным пространством (В, L, Н) и единой системой мер.

Массивы семантической информации содержат сведения о климатических условиях на всей территории Земли; данные о характеристике застройки и количестве проживающего населения более чем в 2 млн. населенных пунктов; характеристику объектов, являющихся вторичными источниками опасности; сведения о силах и средствах ликвидации ЧС и опыте их применения. Только по территории России массив семантической информации представлен данными о населении и застройке по 89 субъектам РФ, 2800 административным районам, более 300 000 населенным пунктам, сведениями о техногенных опасностях, исходящих от 1800 химически опасных объектов, 1120 взрыво-пожароопасных объектов, 10 атомных электростанций и 30 плотин гидроузлов, магистральных нефте- и газопроводов и др.

Элементы риска, представленные в картографической базе данных контуром, линией или точкой (картографические объекты), имеют ссылку на запись в таблице, содержащей параметры, необходимые для расчета возможных степеней повреждения зданий, количества погибших и раненых, относительного экономического ущерба и т.д.

В ГИС включена следующая информация о застройке, используемая в расчетах:

- «обобщенная» - по региону, с учетом типовых примеров для крупных, малых городов и сельских населенных пунктов;
- «уточненная» по материалам дистанционного зондирования;
- «детальная», полученная на основе данных паспортизации отдельных зданий и сооружений.

Наиболее важными элементами риска являются люди. В ГИС «Экстремум» они, в зависимости от уровня детальности, «закрепляются» за зданиями и сооружениями различного назначения, за кварталами или за территорией в пределах границ населенного пункта.

Блок математических моделей содержит процедуры, которые можно разделить на пять групп: модели воздействия; модели, описывающие сопротивление объектов воздействию; прогнозные; оптимизационные и оперативные модели. Каждая модель дает возможность решать определенные типы задач как до события, так и по факту его возникновения.

Поля поражающих факторов, получаемые в ходе расчетов, представляются сетями (матрицами). Расстояние между узлами сети определяется величиной аномалий поля поражающих факторов. Для отображения минимально значимой аномалии необходимо не менее трех узлов сети. Пространственное наложение поля поражающих факторов и слоев, содержащих элементы риска, позволяет определить параметры поражающих воздействий на рассматриваемые элементы риска.

Пользовательский интерфейс конфигурирует систему в соответствии с выбранной задачей, делая доступными карты соответствующего содержания и детальности, открывает процедуры ввода необходимых исходных данных, активизирует математические модели и программные модули.

Результаты расчетов в ГИС «Экстремум» оформляются в *блоке документирования и подготовки продукции к тиражированию* в виде карт, таблиц, графиков. Выходными данными являются:

- границы возможных зон воздействия поражающих факторов ЧС на население и территории;
- численные оценки последствий ЧС;

- оптимальные маршруты выдвижения сил и средств ликвидации ЧС в зоны чрезвычайных ситуаций, места их дислокации;
- оценки индивидуального и комплексного риска;
- карты распределения объектов на рассматриваемой территории по степени повреждения.

Карты сопровождаются пояснительными записками, где в табличной форме приводятся результаты расчетов для каждого населенного пункта (квартала или строения), объекта экономики.

Основу прогнозирования затопления территорий РФ (в том числе в результате возникновения ледовых заторов и зажоров) с использованием ГИС «Экстремум» составляют данные, поступающие от Федеральной сети водомерных постов наблюдения за паводковой обстановкой (рис. 13.2).

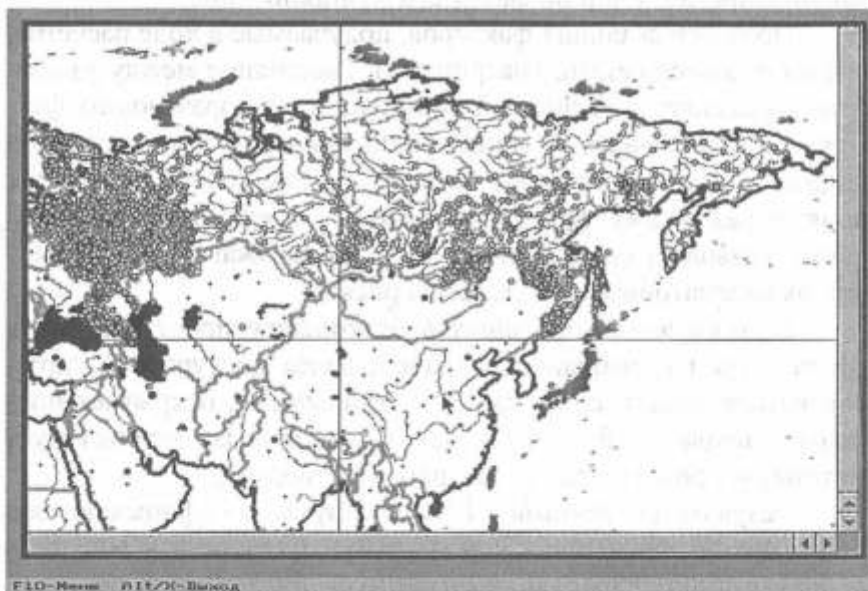


Рис. 13.2. Сеть водомерных постов наблюдения за паводковой обстановкой на территории РФ

На основании данных, поступивших от водомерных постов, используя картографическую и семантическую базу данных, а также специализированные математические модели, оператор ГИС «Экстремум» способен осуществить прогноз паводковой обстановки на всей территории России с отображением результатов прогнозирования на электронной карте (рис. 13.3).

Кроме того, база данных ГИС «Экстремум», характеристика которой приведена выше, позволяет прогнозировать обстановку на искомым территориях и в i -х населенных пунктах России, идентифицировать районы, подвергшиеся затоплению, а также определять ожидаемую (а в последующем и фактическую) площадь затопления, количество населения попадающее в зону затопления и подлежащую отселению (эвакуации), вид, количество и месторасположение объектов (зданий, сооружений и др.), подвергшихся подтоплению (рис. 13.4, 13.5).

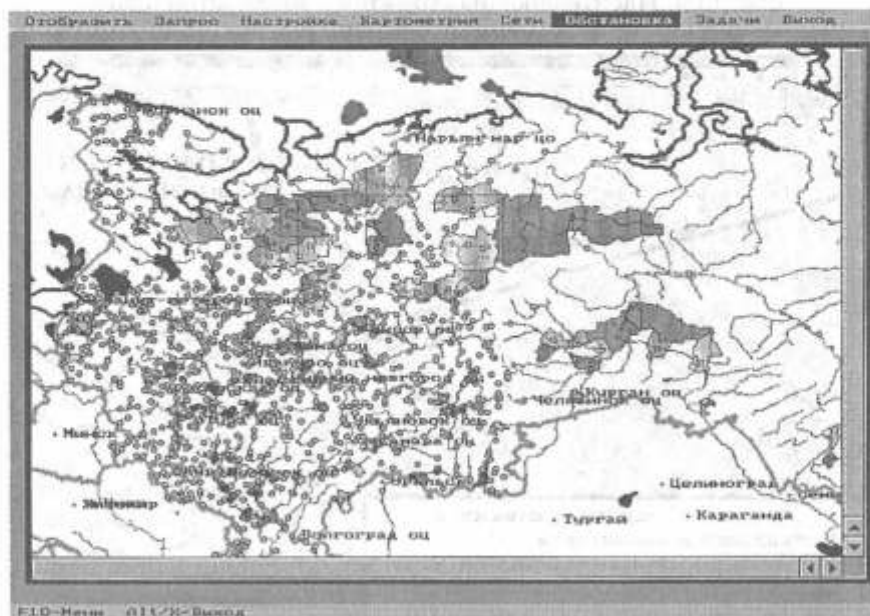


Рис. 13.3. Картографическое отображение результатов прогнозирования паводковой обстановки

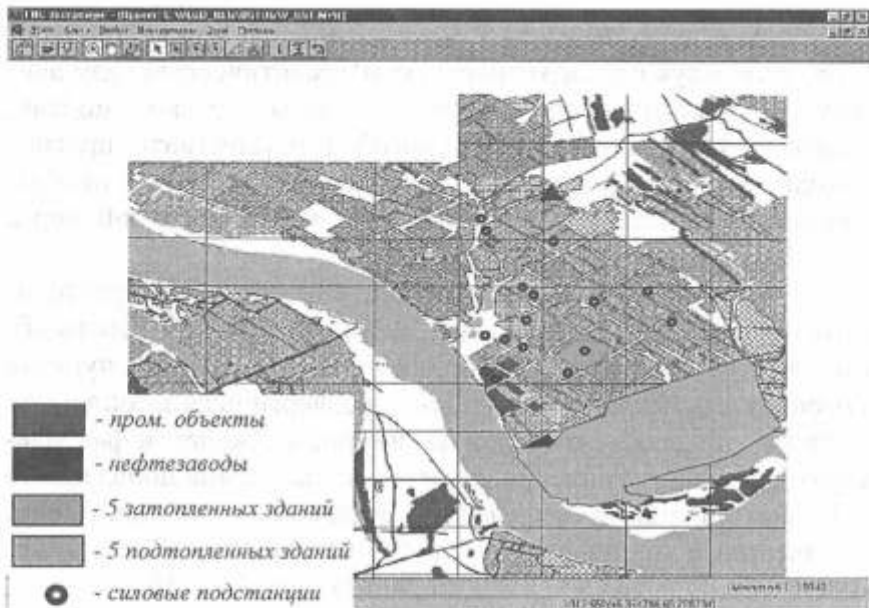


Рис. 13.4. Идентификация объектов в зонах затопления городской застройки



Рис. 13.5. Результаты прогнозирования последствий затопления с помощью ГИС «Экстремум»

Возможности ГИС «Экстремум» по прогнозированию ЧС природного и техногенного характера (в т.ч. и заторно-зажорных наводнений) были значительно расширены, после того как МЧС России создало на базе ФЦ ВНИИ ГОЧС территориально-распределенную систему приема и обработки космической информации (рис. 13.6, 13.7).



Рис. 13.6. Структура территориально-распределенной системы приема и обработки космической информации ФЦ ВНИИ ГОЧС



Рис. 13.7. Схема функционирования системы приема и обработки космической информации ФЦ ВНИИ ГОЧС

Фотоснимки, поступающие со средств дистанционного зондирования поверхности Земли в Региональные пункты приема и обработки космической информации (гг. Москва, Красноярск, Владивосток), проходят предварительную обработку, в дальнейшем направляются для окончательной математической обработки (дешифрирования) в Центр сбора данных космического мониторинга и анализа обстановки ФЦ ВНИИ ГОЧС, а уже результаты дешифрирования представляются в Центр мониторинга и прогнозирования ЧС ФЦ ВНИИ ГОЧС для пополнения базы данных ГИС «Экстремум» и последующего их использования для выявления и дальнейшего прогнозирования развития заторно-зажорных наводнений (рис. 13.8).



Рис. 13.8. Технология использования космических снимков для выявления заторно-зажорных наводнений

Неоценимую помощь в быстром, правильном и научно обоснованном принятии решений по борьбе с заторами и зажорами (да и вообще с любыми видами наводнений) могут оказать разработки новейших компьютерных программ и алгоритмов, учитывающих все разнообразие условий образования заторов и зажоров, их характеристики, а также учитывающих возможность и целесообразность применения для борьбы с ними тех или иных средств и методов из всего их арсенала, имеющихся к настоящему времени.

Так специалисты ФЦ ВНИИ ГОЧС разработали комплекс прикладных программных продуктов для ПЭВМ, позволяющий прогнозировать широкий спектр чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в т.ч. ЧС, инициированных возникновением заторов (зажоров) (рис. 13.9).

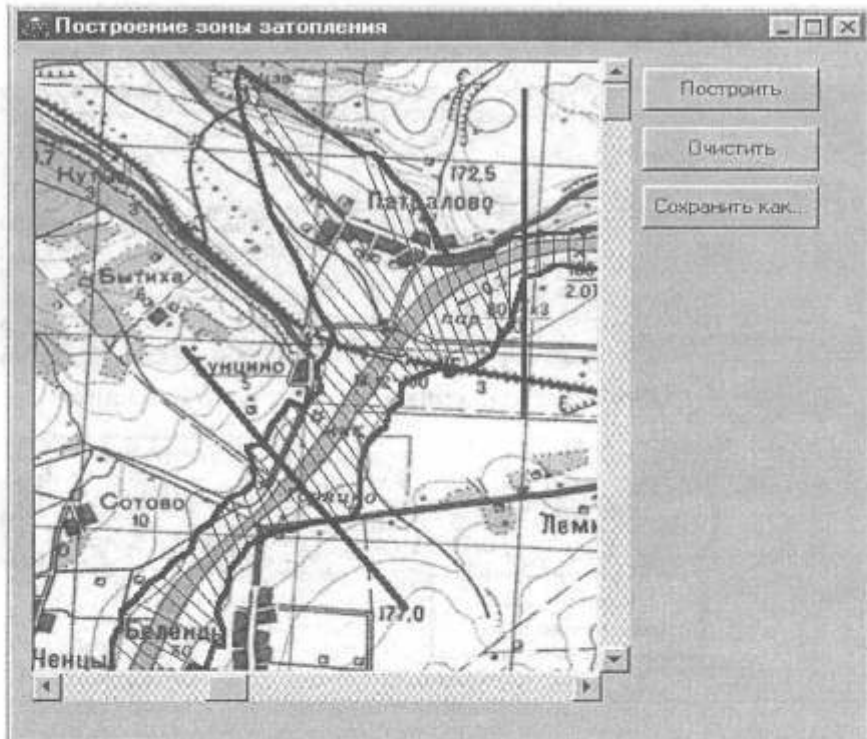


Рис. 13.9. Пример прогнозирования катастрофического затопления местности при помощи программного продукта «Волна»

Однако в деле предотвращения и всемерного снижения возможных масштабов чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями любого вида, ведущую роль продолжают выполнять традиционные предупредительные противопаводковые мероприятия, как организационного, так и технического характера.

К мероприятиям организационного характера относятся:

- организация хорошо налаженной системы мониторинга и прогнозирования наводнений, а также их возможных последствий;
- налаживание информационно-предупредительной системы, способной в короткие сроки предупреждать соответствующие организации и население об угрозе наводнений;

– четкая организация и своевременное проведение отселения и эвакуации населения с затопляемых территорий, а также эвакуации материальных ценностей;

– осуществление своевременных мероприятий по выводу сельскохозяйственных животных на незатапливаемые территории;

– осуществление мероприятий по контролю состояния гидротехнических сооружений;

– подготовка сил и средств, необходимых для эвакуации населения, оборудование маршрутов эвакуации, а также территорий для размещения эвакуируемого и отселяемого населения;

– подготовка средств жизнеобеспечения населения, подвергающегося воздействию наводнения (продуктами, водой, теплой одеждой, палатками и др.);

– подготовка сил и средств для поисково-спасательных работ и оказания медицинской помощи пострадавшим;

– подготовка резервных источников обеспечения пострадавших электроэнергией, средствами связи и др.

Хорошо спланированные, четко и своевременно проведенные организационные предупредительные мероприятия обеспечивают возможность избежать больших потерь населения и значительно снизить экономический ущерб при чрезвычайных ситуациях, вызванных наводнениями любых видов, в т.ч. и заторами (зажорами).

Предупредительные противопаводковые мероприятия технического характера обычно требуют заблаговременного строительства специальных инженерных сооружений с расходом значительных материальных и финансовых ресурсов.

Для борьбы с наводнениями могут быть использованы: регулирование стока в русле реки, отвод паводковых вод, регулирование поверхностного стока на водосборах, строительство защитных дамб, обвалование, спрямление русел, дноуглубление, берегозащитные сооружения, подсыпка территорий.

Опыт осуществления мероприятий по уменьшению последствий заторо-зажорных наводнений показывает, что наибольший экономический эффект и надежная защита территорий от наводнения могут быть достигнуты при использовании всего комплекса мероприятий и, прежде всего, активных методов защиты (регулирование стока как в русле, так и на водосборной площади речного бассейна и т.п.) в сочетании с пассивными методами (обвалование, спрямление русел, дноуглубление, берегозащитные сооружения, подсыпка территорий и т.п.).

13.2. Превентивные мероприятия органов управления РСЧС в подготовительный период (непосредственно перед наводнением)

В подготовительный период (непосредственно перед наводнением) важную роль играет анализ обстановки и прогнозирование возможного затопления населенных пунктов и территорий хозяйственной деятельности.

Анализ обстановки должен предусматривать выявление возможных причин и условий возникновения угрозы затопления от ледовых заторов (зажоров). При этом выявляются возможные сценарии развития чрезвычайных ситуаций.

По выявленным причинам и по вторичным факторам необходимо осуществлять прогнозирование вероятности возникновения ЧС и оценку ее масштабов.

Результаты анализа обстановки служат основой для принятия решения на проведение первоочередных мероприятий по предотвращению ЧС, обусловленных возникновением заторов (зажоров).

Типовой порядок планирования мероприятий по предупреждению ЧС, вызванных заторными затоплениями, должен включать:

- выявление организаций и учреждений, которые могут быть задействованы в выполнении мероприятий по предупреждению ЧС;

- разработку и технико-экономическое обоснование организационных и инженерно-технических мероприятий по предотвращению или снижению риска возникновения ЧС;

- разработку и технико-экономическое обоснование мероприятий по снижению тяжести последствий воздействия ЧС на население, объекты экономики и окружающую среду.

Разработанные планы должны согласоваться с заинтересованными органами и ведомствами, утверждаться соответствующими органами исполнительной власти и направляться исполнителям. Контроль за реализацией планов осуществляет исполнительная власть территории через территориальные органы управления РСЧС.

На период возможного (заторно-зажорного) наводнения на реках противопаводковые комиссии должны предусматривать выполнение следующих мероприятий:

- определение сроков, границ и размеров (площади) зон возможного затопления, количества административных районов, населенных пунктов, объектов экономики, мостов, протяженности дорог, линий связи и электропередачи, трубопроводов, площади сельскохозяйственных угодий и других объектов, попадающих в зоны возможных подтоплений и затоплений;

- определение возможного количества пострадавшего населения, а также временно отселяемых из зоны затопления;

- выявление аварийных построек, жилых домов и т.п., которые могут быть разрушены в первую очередь;

- определение объемов воды, которую необходимо будет откачать, из затопленных сооружений;

- прогнозирование количества голов пострадавших (погибших) сельскохозяйственных животных;

- определение местоположения, размеров и состояния паводкозащитных сооружений (дамб, запруд, обвалований, креплений откосов берегов, водоотводных каналов, ям (сифонов)), их противопаводковых возможностей;

- выявление местоположения и состояния водохранилищ, прудов и оценка их противопаводковых возможностей;

- определение предварительного размера материального ущерба от возможного наводнения;

- определение количества привлекаемых сил и средств, необходимых для предупреждения и ликвидации ЧС (личного состава, техники, и т.п.);
- составление плана мероприятий по защите населения и территорий в зонах возможного затопления.

13.3. Особенности действий органов управления РСЧС при угрозе затоплений, вызванных заторно-зажорными явлениями

Основная опасность затора (зажора) льда, как было отмечено, заключается в резком и значительном подъеме уровня воды в реке, при котором вода выходит из берегов и затапливает прилегающую местность.

Разнообразие возможных вариантов заторно-зажорных явлений в паводковый период, неопределенность характера их развития в каждом конкретном случае требует от территориальных органов управления по делам ГОЧС принятия нестандартных решений, с целью устранения угрозы возникновения наводнения.

В настоящее время известны и применяются на практике несколько способов борьбы с заторно-зажорными явлениями и ликвидации ЧС, вызванных ими: взрывной; химический; авиационное бомбометание; артиллерийско-минометный обстрел; разрушение льда ледоколами и судами обычных типов, судами на воздушной подушке; маневрирование попусками воды из водохранилищ. Перечисленные способы подробно описаны в предыдущих разделах.

В связи с этим, в данном разделе будут рассмотрены только некоторые специфические особенности действий органов управления и специалистов аварийно-спасательных формирований при угрозе затопления, вызванного заторно-зажорными явлениями.

Специалисты считают [15], что в общем случае заторы нельзя ликвидировать, их можно лишь несколько ослабить или

переместить в другое место способом регулирования стока ледового материала.

С учетом трагического опыта заторных, зажорных, да и других видов наводнений целесообразно еще раз подчеркнуть необходимость строгого соблюдения норм застройки пойменных территорий и территорий, подверженных воздействию наводнений, а также необходимость переноса уже существующих населенных пунктов с затопляемых площадей. В связи с этим видится необходимым реестра населенных пунктов, подверженных частому и значительному затоплению (с указанием степени риска затопления, причиняемого материального ущерба, экономической оценки и рекомендуемых сроков переноса).

На масштабы и величину потерь населения и экономического ущерба при наводнениях любого вида безусловно влияют тщательность, регулярность наблюдений за часто и резко меняющейся (особенно это проявляется в последние годы) метеорологической и гидрологической обстановкой в различных районах нашей страны, а также своевременность и высокое качество гидрометеорологических прогнозов этих изменений. С этой целью необходимо развивать и совершенствовать систему мониторинга гидрометеорологической обстановки одновременно с мониторингом состояния гидротехнических сооружений.

Ниже проводится обобщенный перечень основных превентивных (предупредительных) мероприятий, осуществляемых органами управления по делам ГО и ЧС субъектов РФ по снижению риска возникновения ЧС, вызванных заторами, зажорами и затоплениями:

- разработка возможных сценариев возникновения и развития ЧС, а также планов действий по их предупреждению и ликвидации;
- подготовка руководящего состава, комиссий по ЧС и др.;
- оповещение населения о возможной опасности;
- организация взаимодействия сил и средств различных ведомств;

- обеспечение готовности транспорта к проведению эвакуации населения и доставки необходимого оборудования, материалов;
- обследование транспортных коммуникаций, кабельных линий, мостов, дюкеров, шлюзов, закрытых водоемов, водопропускных труб, канализаций и т.д., попавших в зону возможного затопления;
- эвакуация населения и домашнего скота из зон возможного затопления;
- обеспечение готовности медицинских сил и средств, а также сил и средств первоочередного жизнеобеспечения населения в зоне ЧС;
- создание запасов материально-технических средств для ликвидации ЧС;
- обеспечение готовности спасательных сил и средств;
- проектирование и осуществление мероприятий по защите хозяйственных и других объектов;
- подготовка, ремонт и реконструкция насыпей, дамб, обвалований, подсыпка пониженных участков территорий;
- выполнение берегоукрепительных и дноуглубительных работ русел рек, дноочистительных работ;
- контроль за состоянием зданий и сооружений, подземных переходов и транспортных коммуникаций;
- корректировка транспортной схемы, проектирование обходов затапливаемых зон;
- подготовка команд специалистов для ликвидации ледовых заторов различными способами;
- определение карьеров выемки грунта и транспорта для его перевозки;
- предотвращения возможности смыва ГСМ, удобрений и других загрязнителей;
- защита сельхозугодий, кормов для скота;
- выполнение противоэпидемических мероприятий;
- обеспечение охраны общественного порядка и имущества пострадавших.

13.4. Основные задачи в области борьбы с заторно-закорными наводнениями

Международный и отечественный опыт показывает, что основными задачами в области борьбы с наводнениями в Российской Федерации должны быть [16]:

1. Разработка единой государственной политики в области борьбы с наводнениями всех видов, механизмов ее реализации, определение задач и ответственности, регламентация соответствующей деятельности всех уровней государственной власти.

2. Создание и развитие механизма регулирования хозяйственного использования территорий, подверженных опасности затоплений.

3. Осуществление комплексных защитных мероприятий, основанных на сочетании трех их основных типов: предупредительных (превентивных), адаптационных и инженерно-технических. Предупредительные мероприятия – это гидрометеорологические наблюдения, качественный прогноз и своевременное оповещение; совершенствование системы мониторинга и прогнозирования наводнений всех видов и чрезвычайных ситуаций, связанных с ними; восстановление и расширение сети гидрометеонаблюдений; принятие адекватных оперативных мер со стороны всех участников РСЧС. Адаптационные мероприятия – это перенос объектов экономики и населенных пунктов из зон периодического затопления; трансформация сельхозугодий и т.п. Инженерно-технические мероприятия – это проектирование, строительство новых и реконструкция существующих защитных сооружений, регулирования сброса воды водохранилищ и т.д.

4. Совершенствование методов прогноза и оценки наносимых ущербов.

5. Проведение зонирования и мониторинга паводкоопасных территорий с разработкой карт риска наводнений.

6. Создание в МЧС России, Минприроды России, Министерстве энергетики России и других ведомствах банка информационных данных по наводнениям и состоянию инженерной защиты от них.

7. Создание государственного Кадастра паводкоопасных территорий.

13.5. Алгоритм (порядок) действий органов управления РСЧС при угрозе возникновения ледовых заторов и борьбе с ними

13.5.1. Сущность алгоритма (порядка) действий органов управления

Алгоритм - это точное предписание, определяющее последовательность логических и вычислительных операций для решения поставленной задачи во всех возможных вариантах, предусмотренных её оперативно-тактическим описанием чрезвычайной ситуации (например, наводнения), при которых должны осуществляться мероприятия и работы каких-то сил и средств (например, аварийно-спасательных формирований МЧС России) по заранее составленной программе действий этих сил.

Основными свойствами такого алгоритма являются:

- определенность, исключающая возможность различного толкования;
- массовость, позволяющая, использовать любую исходную информацию о данном классе задач;
- результативность (достижение искомого результата при любых исходных данных, предусмотренных описанием задач).

Алгоритмы решения задачи разрабатываются на основании ее оперативно-тактического описания в соответствии с математической моделью исследуемого явления (процесса, события) и включает:

- составление общей структурной схемы алгоритма;

- разделение алгоритмизируемого процесса на отдельные блоки, описываемые самостоятельными математическими зависимостями;
- определение содержания и вида входной и выходной информации по каждому блоку;
- объединение всех видов в единое целое и разработку общей последовательности вычислений с определением всех логических связей.

Самые распространенные формы алгоритмов - текстовая и структурная (в виде структурной схемы).

13.5.2. Методологически предпосылки создания алгоритмов (порядка) действий органов управления РСЧС и поддержки принятия решения при угрозе возникновения ледовых заторов и зажоров

Алгоритм (порядок) действий органов управления РСЧС при угрозе возникновения ледовых заторов и борьбе с ними разработан на основании нескольких Постановлений Правительства Российской Федерации [8,9]:

от 5 ноября 1995 г. №1113 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации ЧС» (с изменениями от 22 апреля 1997 г.);

от 13 сентября 1996 г. №1094 «О классификации ЧС природного и техногенного характера»;

от 10 ноября 1996 г. № 1340 «О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС природного и техногенного характера»;

от 24 марта 1997 г. №334 «О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера».

На основе этих документе коллективом специалистов ФЦ ВНИИ ГОЧС разработаны и изданы:

«Производство взрывных работ по предупреждению и ликвидации ледовых заторов» (методические пособие). – М.: ВНИИ ГОЧС, 1999 [26];

«Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий при угрозе затопления населенных пунктов и территорий» (научно-методическое пособие). – М.: ВНИИ ГОЧС, 1999) [28];

«Методическое руководство по созданию, хранению, использованию и восполнению резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС природного и техногенного характера». – М.: ВНИИ ГОЧС, 1999;

«Справочник спасателя. Книга 4. Спасательные работы при ликвидации последствий наводнений, затоплений и цунами» – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995[36];

«Справочник спасателя. Книга 8. Надводные и подводные спасательные работы» – М.: ВНИИ ГОЧС, 1996 [36];

«Наставление по организации и технологии ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при чрезвычайных ситуациях». Часть 3. «Организация и технология ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при наводнениях, катастрофических затоплениях местности» – М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2001.

Рекомендации данных пособий, наставлений и руководств предназначены в основном для региональных центров МЧС России, для командиров соединений и воинских частей войск гражданской обороны центрального подчинения, а также руководителей организаций в порядке, установленном приказом МЧС России от 6.10.97 №590.

На основании основных положений указанных выше руководящих документов во всех Региональных центрах разработаны свои методические рекомендации по действиям органов управления территориальной подсистемой РСЧС при угрозе возникновения ЧС, вызванных наводнениями.

Опыт борьбы с ледовыми заторами последних лет показывает, что катастрофических последствий наводнений можно было бы избежать, если бы исполнительные власти всех уровней в нужные сроки выполняли запланированные предупреди-

тельные мероприятия и были способны, используя маневренно свои собственные силы и средства, устранить угрозу возникновения ледовых заторов и зажоров. Этот недостаток управления необходимо исправить усилением контроля Региональными центрами МЧС России за выполнением Планов мероприятий и работ в паводковый период администрациями и руководителями, ответственными за производство запланированных работ в предпаводковый период.

Предлагаемый алгоритм направлен, прежде всего, на решение этой задачи.

13.5.3. Основы разработки алгоритмов

В МЧС России накоплен некоторый опыт борьбы с наводнениями, на основе которого планируются и проводятся мероприятия, направленные на снижение негативных последствий этих опасных природных явлений. Так, на специальных учениях 1996 г. в г. Пензе [75] и 1999 г. в Вологде [76] с органами управления, силами и средствами территориальных подсистем РСЧС Пензенской и Вологодской областей отработывались действия при угрозе затопления населенных пунктов при заторах.

Опыт, полученный в ходе указанных специальных учений, а также приобретенный органами ГОЧС на практике, свидетельствует о том, что затраты на предупредительные мероприятия по защите от наводнений в десятки раз меньше, чем ущерб от них и затраты на ликвидацию ЧС [13]. Это положение учтено при разработке предлагаемых алгоритмов.

На рис. 13.10 представлен алгоритм (порядок) действий органов управления РСЧС при угрозе возникновения ледовых заторов. Алгоритм предназначен для:

- контроля выполнения подчиненными органами исполнительной власти плановых мероприятий и работ, предписанных органами власти федерального и субъектового уровней;

- оценки обстановки и принятия решений на реализацию превентивных мер;

- определения потребности в создании группировки сил и средств для оказания помощи при осуществлении мероприятий и работ, направленных на снижение риска возникновения ледовых заторов (зажоров) и смягчения их возможных последствий;

- подготовки предложений по рациональному использованию имеющихся ресурсов для выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР);

- оценки соответствия имеющихся сил и средств по выполнению АСДНР их требуемому количеству;

- планирования предстоящих действий и подготовки к ним подчиненных органов управления, сил и средств;

- поддержки решения на проведение АСДНР.

Алгоритмы действий органов управления по делам ГО и ЧС всех уровней, в полномочия которых входит решение вопросов защиты населения и территорий от наводнений, фактически имеют единую структуру, различающуюся только по уровням управления (федеральный, региональный, территориальный, местный и объектовый уровни) и выполняемым задачам.

Алгоритм поддержки принятия решения указанных органов РСЧС для разных уровней в общем виде представлен в приложении 5.

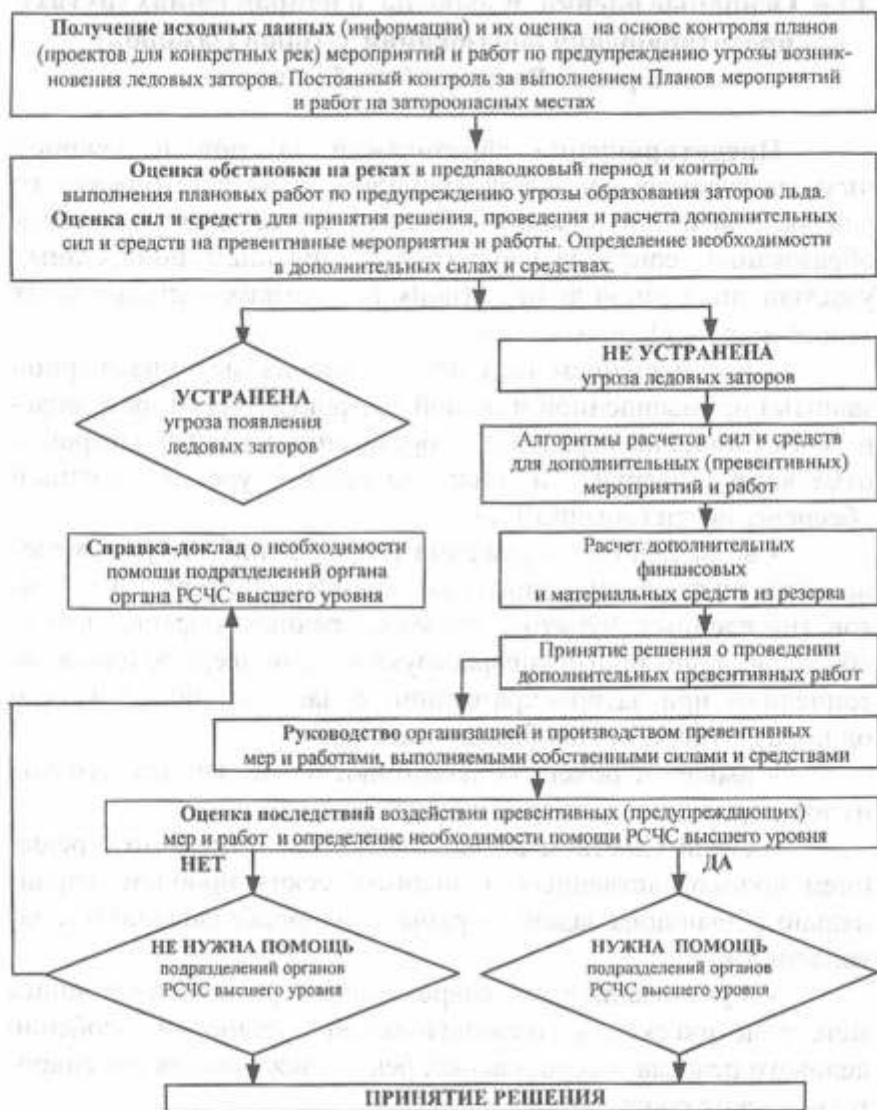


Рис. 13.1. Алгоритм (порядок) действий органов управления РСЧС при угрозе возникновения ледовых заторов

¹ Примечание: Алгоритм (порядок) действий органов управления РСЧС содержит 2 алгоритма расчетов: -алгоритм расчета рационального оснащения техническими средствами аварийно-спасательных формирований МЧС России и подразделений других органов РСЧС; -алгоритм расчета численности сил (привлекаемых к проведению дополнительных (или превентивных) мероприятий и работ) и определения технологий их выполнения

13.6. Основные оценки и выводы о направлениях (пути) предотвращения образования заторов (зажоров) на реках России и борьбе с ними

Предотвращение образования заторов и зажоров льда на участках рек и водохранилищ, снижение вероятного ущерба при возникновении ЧС в результате заторо-, зажорообразования, сопровождающегося затоплением пониженных участков дна речной долины (пойм рек, низких надпойменных террас и других), достигается:

- недопущением (без осуществления мер инженерной защиты) промышленной и жилой застройки территорий, опасных в отношении вероятного образования мощных заторов, с отметками поверхности ниже заторного уровня заданной обеспеченности (обычно 1%);

- возведением сооружений и проведением других мероприятий инженерной защиты освоенной территории и объектов (населенных пунктов, промзон, речных портов, других объектов экономики и инфраструктуры), подвергающихся затоплениям при заторообразовании с частотой большей, чем один раз в 100 лет (1% обеспеченности);

- выводом объектов экономики и населенных пунктов из зон периодического затопления;

- строительством каскада гидроузлов, попутно с решением водохозяйственных и энергетических проблем, кардинально решающим задачу борьбы с заторообразованием и затоплениями;

- организацией на современном уровне мониторинга метеорологической и гидрологической обстановки, особенно ледового режима затороопасных рек, а также состояния гидротехнических сооружений;

- заблаговременным предсказанием (прогнозом) мест образования в первую очередь мощных заторов и зажоров и максимального подъема заторно-зажорных уровней;

- созданием информационно-предупредительной системы для своевременного оповещения организаций и населения об угрозе затопления;

- осуществлением предупредительных мероприятий по регулированию водного режима, управлению процессом образования льда и его стоком, то есть по устранению или ослаблению причин и условий возникновения заторов, зажоров и обусловленных ими затоплений;

- путем непосредственной борьбы с уже образовавшимися заторами и зажорами и заторо-зажорными подъемами уровня воды;

- проведением других предупредительных мероприятий органами управления по делам ГО и ЧС субъектов РФ по снижению риска и возможного ущерба возникновения ЧС, вызванных образованием заторов (зажоров) и заторо-зажорными подъемами уровня;

- проведением органами управления по делам ГО и ЧС и субъектов РФ мероприятий по ликвидации ЧС, связанных с заторо-, зажорообразованием и затоплениями территорий.

Таким образом, предотвращение или снижение вероятных последствий возникновения ЧС, обусловленных образованием заторов и зажоров на реках и водохранилищах РФ и вызываемыми ими затоплениями, достигается на основе системного подхода осуществлением целого комплекса мероприятий: управленческих, организационных, организационно-хозяйственных, организационно-технических, инженерно-технических, строительных и эксплуатационных (в первую очередь, гидротехнических). По срокам выполнения эти мероприятия делятся на заблаговременные (предупредительные), осуществляемые непосредственно в процессе борьбы с образовавшимися заторами (зажорами) и затоплениями местности, а также мероприятия, выполняемые при ликвидации последствий ЧС, инициированных ледовыми заторами.

Оценка затопляемости территорий при заторообразовании производится по данным региональных наблюдений на сети гидрологических станций и постов речного бассейна; по данным, опубликованным в Каталоге заторных и зажорных участков рек; по картам заторов на реках РФ и гидрологическим ежегодникам.

По величинам превышения максимального заторного уровня над отметками поверхности прилегающей территории, определяемым по крупномасштабным картам, топо- или аэро- съемкам, выделяются зоны вероятных затоплений. Зоны затоплений в реальном времени развития заторообразования фиксируются по данным авиационной разведки (визуальной и аэрофотосъемки).

Регламентация освоения прибрежных участков рек, затопляемых при заторообразовании, решение проблемы вывода объектов экономики и населенных пунктов из зон периодического затопления или их инженерной защите относятся к компетенции органов управления субъектов РФ (при возникновении гидрологических катастроф).

Сооружение каскада гидроузлов относится к разряду важнейших хозяйственных задач, является крайне капиталоемким и трудоемким, определяется соответствующими постановлениями Правительства РФ и в настоящих рекомендациях не рассматривается.

Методы регулирования ледового режима водохранилищ, пропуска льда через гидротехнические сооружения (строящиеся и эксплуатируемые); инженерной защиты территории выделены в отдельный блок настоящих «Методических рекомендаций ...» (см. раздел 10).

Мониторинг гидрометеорологической обстановки, в первую очередь ледового режима рек, заблаговременное предсказание места образования затора и максимального заторного уровня, своевременное научно-обоснованное и четко организованное проведение предупредительных мероприятий может на отдельных, в т.ч. ответственных (опасных) участках рек, исключить заторообразование, снизить мощность образующихся заторов или облегчить борьбу с образовавшимися заторами.

Мониторинг ледовой обстановки на заторо-, зажороопасных участках рек осуществляется для:

- сбора и обобщения данных систематических наблюдений за водным и ледовым режимом рек в сети гидрометеорологических (гидрологических) станций и водомерных по-

стов Росгидромета, служащих основой для разработки гидрологических прогнозов по территории РФ, субъектов РФ и отдельных регионов и публикуемых в Гидрологических ежегодниках и Каталогах заторов и зажоров рек на территории РФ (ранее - СССР);

- сбора дополнительной систематической и оперативной информации о заторообразовании и катастрофических затоплениях подпорными водами опасных защищаемых участков рек для обоснования и проведения предупредительных мероприятий, борьбе с образовавшимися заторами и их последствиями.

На основе заблаговременно собранной и полученной оперативной информации уточняются места формирования заторов (зажоров) и зоны их распространения, прогнозируются или уточняются максимальные заторные уровни и параметры затоплений местности.

По данным наблюдений за водным и ледовым режимом рек, процессом заторообразования, метеообстановкой, выполненными расчетами, разработанными и оперативно уточненными прогнозами принимается решение на проведение предупредительных мероприятий.

К предупредительным мероприятиям по регулированию водного и ледового режима рек, выполняемым с целью предотвращения образования заторов на участках рек или минимизации ущерба от их возникновения, относятся:

- мероприятия по регулированию поверхностного стока с водосборного бассейна (лесохозяйственные, гидромелиоративные, гидротехнические и пр.), выполняемые соответствующими природоохранными органами и организациями (Минприроды, Минсельхоз, Минэнерго и т.п.);

- русловыправительные, дноуглубительные и днорасчищенные работы на затороопасных участках рек, выполняемые регулярно для обеспечения беззаторного пропуска льда, в том числе с возведением капитальных или сезонных русловыправительных сооружений (Минтранс и др.);

- мероприятия по регулированию стока льда активным воздействием на процесс вскрытия реки с целью ускорения

вскрытия на заторооопасном участке реки, его замедления и образования искусственных заторов на других участках рек, где затопления при заторообразовании не связаны с угрозой причинения значительного ущерба.

Регулирование ледового режима рек с целью предупреждения заторов может осуществляться следующими методами и способами:

- а) ослаблением ледяного покрова:
 - зачерпыванием поверхности льда;
 - внесением химических реагентов;
 - применением теплоизоляции для ограничения роста ледяного покрова;
- б) взламыванием ледяного покрова механическим способом:
 - ледоколами;
 - ледорезными машинами;
 - взрывным способом;
 - подрывом снарядов ВВ;
 - минометным обстрелом;
 - авиационным бомбометанием;
- в) искусственным заторообразованием на участках реки выше защищаемого участка:
 - усилением ледяного покрова;
 - намораживанием льда;
 - созданием препятствий, обеспечивающих остановку или задержку льда.
- г) новыми разрабатываемыми способами и средствами при условии их успешного испытания и внедрения в эксплуатацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заторно-зажорные опасные ледовые явления и обусловленные ими затопления местности широко распространены почти по всей территории Российской Федерации. Они происходят ежегодно и причиняют значительный материальный ущерб населению и экономике страны, особенно на реках азиатской и на севере европейской части России. Затопления и зажоры – неотъемлемая часть жизни реки, природы, поэтому борьба с их возникновением является малозффективной. Однако превентивные (предупредительные) меры могут быть эффективными и значительно смягчать последствия этих явлений.

В последние годы большинство катастрофических наводнений на реках России связаны с формированием опасных ледовых заторов в период весеннего вскрытия рек ото льда: 1997 г. – р. Северная Двина у г. Великий Устюг, 1998 г. – р. Лена у г.г. Ленск и Якутск, 2001 г. – р. Лена у г. Ленск, 2002 г. – р. Кубань в нижнем течении.

Являясь своеобразными динамичными ледяными плотинами, заторы и зажоры создают иногда очень высокие подпорные уровни воды, на много превышающие максимальные уровни весенних половодий и паводков.

Значительный материальный ущерб усугубляется резко выраженной стихийностью заторов, их большой динамичностью и кратковременностью процесса заторообразования, непостоянством из года в год как мест формирования, так и величины подпорного уровня воды, а также тем обстоятельством, что они происходят в холодное время года.

Основными факторами образования заторов являются: геоморфологические (форма и строение долины реки); метеорологические (определяющие объемы льда, запас воды и динамику вскрытия рек ото льда весной); гидрологические (обуславливающие режим водности и пропускную способность русел рек в периоды ледостава и ледохода); техногенные (сооружения, стимулирующие формирование заторов вблизи населенных пунктов, а также неправильно проведенные противозаторные мероприятия).

Анализ показывает, что современный уровень знаний о существовании заторно-зажорных явлений недостаточен для организации всесторонней и результативной борьбы с ними.

Существует мнение, что повышение частоты и масштабов катастрофических заторных наводнений на реках России в последние годы (1997-2002 г.г.) связано с общей тенденцией повышения водности рек и суровости зим в этот период. Тем не менее, каждый отдельный участок формирования мощных заторов льда характеризуется отчетливой индивидуальностью факторов, обуславливающих заторообразование.

Большое значение в снижении негативных последствий от катастрофических заторных наводнений на реках России имеют научно-исследовательские и производственно-экспериментальные работы по комплексному изучению водного, ледового и руслового режима рек, участков формирования заторов льда, динамики их образования и разрушения, разработки современных методов прогноза заторообразования, эффективных противозаторных мероприятий. Однако этим актуальным вопросом в нашей стране уделяется недостаточное внимание.

В последние годы практически прекратились изыскательские путевые работы на реках России, а также существенно сократились объемы дноуглубительных и русловыпрямительных работ.

Критической является ситуация с состоянием гидрометеорологической сети наблюдений России. Сеть станций и постов сократилась в два-три раза, что не позволяет проводить своевременные и качественные прогнозы опасных явлений на реках.

В России не ведется работа по переносу населенных пунктов, постоянно подвергающихся подтоплению, на незатопляемые участки.

В настоящих «Методических рекомендациях ...» принята попытка на основе накопленной, собранной, переработанной и обобщенной информации об опасных заторно-зажорных явлениях, их последствиях и опыте борьбы с ними, обоснования эффективного комплекса мер, методов, способов и рекомендаций и т.п., позволяющих более качественно про-

гнозировать, предупреждать, предотвращать, бороться с заторно-зажорными наводнениями, снижать уровень их последствий и даже ликвидировать чрезвычайные ситуации, обусловленные указанными явлениями на реках Российской Федерации.

Проведенный анализ показал, что борьба с природными катастрофами (в том числе с заторно-зажорными) должна стать одной из стратегических задач государства и общества в целом. В основе решения этой задачи по снижению природных и техногенных рисков должно быть всестороннее изучение физической природы опасных процессов и явлений, их физическое и математическое моделирование, и на этой основе – научно-обоснованный прогноз предстоящих катастроф. Важное значение в этой связи имеет создание государственной многофункциональной геоинформационной системы мониторинга природной среды, тесно увязанной с глобальной международной наблюдательной сетью, в том числе со спутниковыми технологиями. Для этих целей необходимо шире привлекать современные технические средства, в первую очередь спутниковые технологии.

Необходимо значительно повысить густоту сети гидрометеорологических наблюдений в стране и кардинально обновить приборную и материально-техническую базу существующих станций и постов Росгидромета.

Необходимо активизировать системные и целенаправленные научно-исследовательские и экспериментальные работы по комплексному изучению участков образования опасных заторов и их динамики, общего водного, ледового и руслового режимов рек страны по прогнозной оценке риска возникновения и развития ЧС, обусловленных заторо-зажорными наводнениями, исследования по предупреждению и регулированию заторообразования, а также по предотвращению и смягчению последствий связанных с ними ЧС.

Необходимо создание Всероссийского реестра населенных пунктов и объектов экономики, постоянно подвергающихся катастрофическим наводнениям, в том числе заторно-зажорным. Необходимо также пересмотреть государственную

политику в деле организации и проведения путевых изыскательских, дноуглубительных и русловыправительных работ на крупных реках страны.

При организации борьбы с опасными заторами и зажорами льда в руководство противопаводковых комиссий (КЧС) должны включаться опытные специалисты, профессионально владеющие гидрометеорологической информацией и методами борьбы с заторообразованием на реках России (Росгидромета, Минприроды, Минтранс, Минсельхоза, МЧС России и других ведомств). В противном случае затраты средств могут оказаться бесполезными и даже будут способствовать усилению отрицательных последствий.

Существенно важно повышение информированности населения и ведомств, ответственных за безопасность населения и территорий, путем создания надежной системы оперативного оповещения и развития страхования.

Мировой опыт показывает, что в настоящее время ни одна страна в мире не обладает системой прогнозирования и заблаговременной подготовки к мощным природным воздействиям, которая бы обеспечивала предельно допустимый уровень безопасности людей, территорий и объектов экономики [54]. Поэтому все цивилизованные страны вынуждены развивать и совершенствовать методы и средства по борьбе с последствиями природных катастроф, создавая разветвленную государственную структуру в виде министерств или специальных агентств. В нашей стране эти функции выполняет Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).

Заторы и зажоры льда невозможно запретить и предотвратить. Поэтому при борьбе с ними наиболее эффективными являются те превентивные (предупредительные) мероприятия, которые позволяют быстрый и беспрепятственный пропуск воды и льда через место образования затора (зажора).

На территории России при борьбе с заторами чаще всего применяется взрывной способ, авиационное бомбометание, минометно-артиллерийский обстрел, а также ледокольный

способ. Все они применялись и при ликвидации катастрофических заторных явлений в последние годы на реках Сухона и Северная Двина (1997 г.), Енисей и Лена (1998-2001 гг.) и Кубань (2001-2002 гг.).

Разнообразие возможных вариантов проявления заторов льда в паводковый период, неопределенность характера их развития в каждом конкретном случае требует от органов исполнительной власти, органов управления РСЧС всех уровней принятия нестандартных решений для того, чтобы своевременно устранять угрозы возникновения наводнений.

Исходя из вышеизложенного, следует отметить, что только полнокровное финансирование, компетентная деятельность органов управления всех систем и уровней, наличие заблаговременных резервов материальных и финансовых средств, а также нормальное научное сопровождение способны создать условия, при которых возможно обеспечение надежной защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что существующая в России организации мер и работ по предупреждению возникновения ледовых заторов и зажоров и по их ликвидации крайне нуждается в развитии и совершенствовании.

Полагаем, что активное использование органами РСЧС представленных в настоящем пособии путей, методов и способов борьбы с заторами и зажорами и инженерно-технических решений по выполнению отдельных задач, позволят в какой-то мере улучшить защиту населения и территорий от наводнений и сократить экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций, вызванных ими.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальные документы

1. Конституция Российской Федерации. – М.: Юридическая литература, 1993.
2. О безопасности. Закон Российской Федерации от 5 марта 1992 г. №2446-1.
3. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №68-ФЗ.
4. Положение о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайной ситуации. Постановление Правительства РФ №1113 от 5 ноября 1995 года.
5. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 сентября 1996 г. №1094.
6. О безопасности гидротехнических сооружений. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №117-ФЗ.
7. О гражданской обороне. Федеральный закон от 12 февраля 1998 г. №28-ФЗ.
8. О гидрометеорологической службе. Федеральный закон от 19 июля 1998 г. №113-ФЗ.
9. Классификация чрезвычайных ситуаций и полномочия исполнительных органов государственной власти по их ликвидации: Общероссийский классификатор чрезвычайных ситуаций. Приказ МЧС России от 9 февраля 1997 г. №66.
10. Руководство по действиям органов управления и сил РСЧС при угрозе и возникновению ЧС. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1996.
11. Руководство для инженерных войск. Подрывные работы. – М.: Воениздат, 1959.
12. Единые правила безопасности для взрывных работах. – М.: НПО ОБТ, 1993.
13. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных

- ситуаций природного и техногенного характера в 1995-2002 годах». – М.: МЧС России.
14. ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. Госстандарт СССР. – М.: 1973.
 15. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. Госстандарт СССР. – М.: 1988.
 16. ГОСТ Р 22.0.02-94. БЧС. Термины и определения основных понятий. Госстандарт России. – М.: 1995.
 17. ГОСТ Р 22.0.03-95. БЧС. Природные ЧС. Термины и определения. Госстандарт России. – М.: 1995.
 18. ГОСТ Р 22.0.05-94. БЧС. Техногенные ЧС. Термины и определения. Госстандарт России. – М.: 1995.
 19. ГОСТ Р 22.0.08-96. БЧС. Техногенные ЧС. Взрывы. Термины и определения. Госстандарт России. – М.: 1996.
 20. ГОСТ Р 22.1.01-95. БЧС. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения. Госстандарт России. – М.: 1995.
 21. ГОСТ Р 22.1.08-99. БЧС. Мониторинг и прогнозирование опасных гидрологических явлений и процессов. Общие требования. Госстандарт России. – М.: 1999.
 22. ГОСТ Р 22.1.11-2002. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования (Безопасность в ЧС). Госстандарт России. – М.: 2002.
 23. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М.: 1982.
 24. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой СССР, 1983.
 25. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территорий от затопления и подтопления. Госстандарт СССР. – М.: 1986.

2. Методические рекомендации, пособия

26. Наставление по производству взрывных работ при пропуске ледохода из инженерных сооружений, железных дорог. – М.: Трансжилдориздат, 1966.

27. Методические указания по борьбе с заторами и зазорами льда. ВСН-028-70. – Л.: Энергия, 1970, 156 с.
28. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий при угрозе затопления населенных пунктов и территорий (научно-методическое пособие). – М.: ВНИИ ГОЧС, 1999, 100 с.
29. Временное руководство по организации работ территориальных подсистем РСЧС в области предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995.
30. Организационные указания по подготовке населения Российской Федерации в области защиты от чрезвычайных ситуаций на 1996-1997 годы. – М.: МЧС России, 1995.
31. Методическое пособие «Производство взрывных работ по предупреждению и ликвидации ледовых заторов». – М.: ВНИИ ГОЧС, 1999. – 120 с.
32. Пчелкин В.И., Филатов Ю.А. и другие. Методические рекомендации по предупреждению ЧС, связанных с паводками (по результатам катастрофических наводнений в Якутии – 2001 г. и в Краснодарском крае – 2002 г.). – М.: ВНИИ ГОЧС, 2002, 35 с.
33. Пчелкин В.И. Опыт применения современных технологий для разрушения ледовых заторов при возникновении ЧС. Доклад для Первого заместителя Министра МЧС РФ Воробьева Ю.А. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2002, 22 с.
34. Пчелкин В.И., Филатов Ю.А. и другие. Анализ причин и тенденций в части ЧС, обусловленных наводнениями в 1999-2002 гг. Проект доклада в Правительство РФ. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2002, 22 с.
35. Руководство по действиям органов управления и сил РСЧС при угрозе и возникновении ЧС. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1996.
36. Справочник спасателя. Книги 1-8. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995-1998.

3. Гидрология, гидротехника

37. Наставление по гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1968.
38. Гидрологический ежегодник. – Л.: Гидрометеиздат.
39. Прогнозы Гидрометцентра РФ в 1996-2002 гг.
40. Каталог отметок наивысших уровней воды рек и озер СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 148 с.
41. Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Том 1 и 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 548 с.
42. Каталог основных понятий РСЧС в ЧС. ГКЧС РФ. – М.: 1993. – 76 с.
43. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 247 с.

4. Монографии, справочники, статьи

44. Степанов П.М. и др. Основы гидротехники и гидрологии. – М.: Колос, 1977. – 127 с.
45. Михно Е.П. Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий. – М.: Атомиздат, 1979. – 288 с.
46. Богородский В.В. и др. Разрушение льда. Методы, технические средства. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 232 с.
47. Тавризов В.М. Взрывание льда. – М.: Недра, 1986. – 136 с.
48. Алексеев Н.А. Стихийные явления в природе. – М.: Мысль, 1988. – 256 с.
49. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 184 с.
50. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: ГИМИЗ, 1990. – 230 с.
51. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Книга 1. Учебное пособие для строительных ВУЗов. – М.: 1995.- 250 с.
52. Шойгу С.К., Воробьев Ю.Л. Катастрофы и государство. – М.: Энергоатомиздат, 1997.

53. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие для ВУЗов. Под общей редакцией Фалеева М.И. – Калуга, Облиздат, 2001, 480 с.
54. Природные опасности России. Том 5. Гидрометеорологические опасности. – М.: 2001, 269 с.
55. Большая Советская энциклопедия. 3-е издание в 30-ти томах. – М.: 1970-1978.
56. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. 3-е издание. – М.: «Азъ», 1996, 908 с.
57. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1964, 224 с.
58. Борисов Ю.Н., Филатов Ю.А., Шахраманьян М.А. и другие. Справочные данные о чрезвычайных ситуациях техногенного, природного и экономического происхождения. – М.: ШГО СССР, 1990.
59. Калиберда И.В. Оценка параметров внешних воздействий природного и техногенного происхождения. – М.: Госатомнадзор, «Логос», 2002, 536 с.
60. Термины в водном хозяйстве. Справочник. Госкомводхоз РФ. – М.: 1994, 101 с.
61. Справочные данные о чрезвычайных ситуациях невоенного характера. НИР «Емкость-88». – М.: В/ч 52609, 1989, 379 с.
62. Гражданская защита. Понятийно-терминологический словарь. – М.: Геополитика, 2001, 240 с.
63. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1996, 980 с.
64. Горошников Е.А. Мероприятия по борьбе с заторами льда на реках. Военно-инженерный журнал №2. – М.: Воениздат, 1959.
65. Борьба с заторами льда. Труды Ленинградского института водного транспорта. Вып.30. – Л.: Речиздат, 1962.
66. Коновалов И.М. и др. Мероприятия по предупреждению заторов на Малой и Большой Северной Двине. – М.: Речной транспорт №2, 1962.

67. Тавризов В.М. Защита мостов и других объектов от ледохода. – М.: Литература по строительству, 1971.
68. Тавризов В.М. Ликвидация заторов льда с использованием вертолетов. – М.: Гидротехническое строительство, 1972, 50-52 с.
69. Образование заторов и зажоров льда на реках. Труды ГТИ, выпуск 201. – Л.: Гидрометеиздат, 1973, 3-111 с.
70. Изучение методов и средств предотвращения, искусственного создания и разрушения заторов на реках, ледниковых и снежных оползней, селей и горных обвалов. Отчет по НИР. – М.: Институт гидрофизики АН СССР, 1974.
71. Нежиховский Р.А., Бузин В.А. Условия образования и прогнозы заторов льда на реках. – М.: Метрология и гидрология, 1977, 70-75 с.
72. Донченко Р.В. и др. Закономерности формирования и распространения заторов льда на реках СССР. Труды ГТИ, вып.287. – Л.: Гидрометеиздат, 1982, 3-15 с.
73. Обобщенный материал по организации и ведению специальной операции МЧС России по оказанию помощи пострадавшим в г.Ленск (паводок в Республике Саха (Якутия) в 1998 году. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1998.
74. Ликвидация последствий паводков и наводнений. Катастрофическое затопление г.Ленск Республики Саха (Якутия) 17-21 мая 1998 года. Научно-методический материал. – М.: Новогорск, 1998.
75. Материалы по итогам специального учения в г.Пенза в марте 1996 г. – М.: Гражданская защита №7, 1996, 16-21с.
76. Материалы по итогам специального учения в Вологодской области (район г.Великий Устюг) в марте 1999 г. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1999, 35 с.
77. Материалы и оперативная информация по катастрофическим затоплениям в г.Ленск и Якутск (1998 и 2001 гг.). Агентство по МП ЧС, ВЦМП, ЦУКС, ДПЛЧС, Интернет, СМИ.
78. Бузин В.А. О наводнениях на реках, вызванных заторами льда. Водные ресурсы, том 27. – СПб.: ГТИ, 2000, 524-530 с.

79. Основные итоги деятельности МЧС России по ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями в Республике Саха (Якутия). Отчет под редакцией Салова С.С. – М.: 2001, 36 с.
80. Оперативная информация по ЧС в Краснодарском крае и Республике Адыгея (катастрофическое наводнение в 2001-2002 гг.). Министерство Природных ресурсов РФ, прогнозы ВЦМП, донесения оперативной группы и Южного регионального центра МЧС, справки ЦУКС МЧС России.
81. Предложения по снижению влияния природных и техногенных факторов при наводнениях в г.Ленск и бассейнах рек республики Саха (Якутия). Аналитическая записка. – Якутск: 2001, 115 с.
82. Влияние температуры воздуха на формирование, разрушение заторов льда и заторные уровни на р.Лена у г.Ленск. – СПб.: Метеорология и гидрология №4, 2001, 69-76 с.
83. Материалы мониторинга гидрологически опасных явлений и прогнозов последствий ЧС за 1999-2002 гг. ВНИИ ГОЧС, Центр мониторинга и прогнозирования ЧС.
84. Сообщения о наводнении на Северном Кавказе в июне-июле 2002 г. (хроника средств массовой информации). – М.: 2002.
85. Прогнозы Гидрометцентра РФ в 1995 – 2002 г.г.
86. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
87. Руководство по гидрологическим прогнозам. Л.: Гидрометеиздат, 1963.
88. Филатов Ю.А. Экспресс-методика прогнозирования последствий наводнений. – М.: В/Ч 52609, 1993.
89. Борец С.В., Филатов Ю.Д. Анализ и обработка статистических данных о последствиях наводнений на реках Российской Федерации. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995.
90. Филатов Ю.А., Юзбеков Ю.Д. Анализ и обработка статистических данных о последствиях наводнений на реках Российской Федерации. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Бифуркация реки – раздвоение русла на относительно самостоятельные рукава, которые могут снова вливаться в основное русло или образовывать самостоятельное устье (р. Дон – р. Аксай, р. Волга – р. Ахтуба и т.п.).

Внутриводный лед – скопление ледяных кристаллов, находящихся в толще воды или на дне реки (озера, водохранилища, моря). Представляет собой губчатую непрозрачную массу. Образуется в начале зимы в водоемах и водотоках перед ледоставом при охлаждении воды ниже температуры замерзания и наличия ядер кристаллизации. При значительных скоплениях внутриводного льда нередко возникают зажоры.

Водомерный пост – пост, оборудованный специальными устройствами для систематического измерения уровня воды.

Вскрытие реки – процесс разрушения ледяного покрова реки.

Дамба – гидротехническое сооружение для защиты территории от затопления.

Забереги – полоса неподвижного льда вдоль берегов; возникают в период замерзания реки.

Зажор – скопление шуги в русле реки, сопровождающееся забивкой некоторой части его живого сечения и связанным с этим повышением уровня воды выше данного скопления. Частично в состав зазора могут входить отдельные льдины, снежура. «Голова» зазора – участок зазора на месте его первоначального образования, расположенный ниже по течению; «хвост» зазора – участок в конце его, расположенный выше по течению.

Закраины – полосы открытой воды между ледяным покровом и берегом, появляющиеся весной перед вскрытием реки.

Замерзание реки – процесс образования на реке неподвижного ледяного покрова.

Запань – плавучее устройство для отклонения шуги, плавника и задержания сплаваемого леса.

Запруда – поперечное водоподпорное сооружение из различных материалов, перегораживающее русло водотока и образующее ступень на дне водотока с целью уменьшения продольного уклона водотока на вышерасположенном участке.

Затор льда – скопление и нагромождение поверхностного битого льда в русле реки преимущественно во время весеннего ледохода, вызывающее уменьшение живого сечения русла и связанное с этим повышение уровня воды в водотоке выше данного нагромождения.

«Голова» затора – участок на месте первоначального образования затора, расположенный ниже по течению; нижняя точка «головы» затора называется «замком» затора; «хвост» затора – концевой участок затора, расположенный выше по течению.

Затопление – образование свободной поверхности воды на участке территории в результате повышения уровня водотока, водоема или подземных вод.

Зона подтопления – территория, подвергающаяся подтоплению в результате заторных подъемов уровня воды.

Инженерная защита территории и населения – комплекс заблаговременно проводимых инженерных мероприятий, направленных на предотвращение (смягчение последствий) поражающих воздействий на население, объекты экономики и окружающую природную среду.

Катастрофический паводок – выдающийся по величине и редкий по повторяемости (паводок, половодье), могущий вызвать жертвы и разрушения.

Кромка льда – граница неподвижного ледяного покрова и открытой водной поверхности на водотоке и водоеме.

Лед – твердая фаза воды, образующаяся при отрицательных температурах воздуха в природных условиях.

Ледостав – установление, а также существование на водоемах и водотоках неподвижного ледяного покрова.

Ледоход – движение по реке плотного (кристаллического) льда. Различают весенний и осенний ледоход.

Ледокол – судно, предназначенное для плавания во льдах с целью поддержания навигации в замерзающих бассейнах, прокладки канала во льду, проводки караванов судов. Ледокольные приставки - вибрационные (с раскачивающим устройством), вызывающие колебательные движения корпуса во льдах, повышающие эффективность разрушения льда и проходимость речного ледокола или ледокольного судна.

Ледяная (ледоставная) перемычка – короткий участок ледяного покрова на реке, образующийся в местах смыкания заберегов или вследствие остановки и смерзания плывущих льдин и шути.

Ледяной мост – участок ледяного покрова реки, отделившийся от водной поверхности при понижении уровня воды и опирающийся на берега. Образуется в тех случаях, когда после ледостава происходит резкое падение уровня воды.

Ледяной покров – неподвижный, смерзшийся с берегами лед.

Навалы льда – нагромождение льдин на берегах рек, озер, водохранилищ, образующиеся в период весеннего ледохода, а при заторах и у гидротехнических сооружений под влиянием ветра и течения.

Очищение ото льда – процесс освобождения водной поверхности рек и водоемов ото льда, наступающий по окончании ледохода или после таяния льда на месте.

Объекты инженерной защиты – отдельные сооружения инженерной защиты территории, обеспечивающие защиту хозяйственных объектов, населенных пунктов, сельскохозяйственных земель и природных ландшафтов от затопления и подтопления.

Паводок – многократно повторяющиеся в различные сезоны года кратковременные увеличения расхода и уровня воды, вызываемые стоком дождевых вод и интенсивным снеготаянием во время оттепелей.

Продольный профиль реки – график, на котором изображен продольный вертикальный разрез реки с нанесением высотного положения водной поверхности и линии дна (по стержню или фарватеру).

Продольный профиль водной поверхности реки – график, на котором показано высотное положение водной поверхности по длине реки.

Перекат – участок русла реки с малыми глубинами и большими скоростями течения.

Плѣс – участок русла реки с большими глубинами и малыми скоростями течения.

Половодье – многоводная фаза водного режима рек, характеризующаяся длительным и высоким подъемом уровней и увеличением расходов воды и еще более длительным их спадом.

Полузапруда – сооружение, перегораживающее часть русла водотока и примыкающее к береговому откосу, осуществляемое с целью создания нужного режима течения.

Расход воды (льда) – количество воды (льда), протекающее (проходящее) через поперечное сечение реки (потока) в одну единицу времени; обычно выражается в м³/с.

Ряж – коробчатая конструкция из бревен, брусков или железобетонных брусьев, заполняемых камнем или грунтом.

Снежура – снег, плавающий в воде в виде комковатых скоплений, внешне похожих на намокшую в воде вату; образуется при выпадении значительного количества снега на охлажденную водную поверхность.

Торосы – беспорядочное нагромождение смерзшихся льдин, характеризующиеся большой неровностью ледяного покрова. Торосы возникают при остановке ледяных полей, а также в результате подвижек и сжатия ледяного покрова.

Уровень воды – высота водной поверхности над условной горизонтальной плоскостью (нулем графика) в см. Если этой плоскостью является поверхность моря, то уровень обычно выражается в метрах и называется абсолютной отметкой.

Шуга – находящийся в глубине потока или всплывший на поверхность внутриводный лед в виде отдельных зерен и их скоплений, комьев, венков; может находиться в состоянии движения (шугоход) или в виде скоплений масс под ледяным покровом. Содержание понятий «шуга» и «внутриводный лёд» мало различается.

Шуговой лед – лед, образовавшийся в результате смерзания шуги.

Шуговой ковер – поверхностный, различной плотности слой шуги с более или менее выраженной границей от расположенной ниже водной массы потока.

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

В «Методических рекомендациях ...» приняты международная система единиц СИ и следующие основные обозначения:

- Q - расход воды, м³/с;
- Q_л - расход льда, м³/с;
- h_л, h_ш - средняя толщина пльвущего льда, слоя шуги, м;
- v, v_ш - средняя скорость движения льда, шуги, м/с;
- η - густота ледохода (шугохода);
- l - длина льдины, м
- γ_л - объемный вес льда, кг/м³;
- ε_ш - пористость шуги;
- B, b - ширина реки и суженного русла, м;
- H - глубина реки, м;
- F - площадь живого сечения потока, м²;
- H_з - заторный подъем уровня воды, м;
- h_з - глубина перед затором, м;
- z - перепад уровня воды, м;
- γ_с - показатель полноты сечения;
- K_{зтр} - критерий заторообразования;
- K_{ВВ} - удельный расход взрывчатых веществ, кг/м³;
- Q_з - вес заряда взрывчатых веществ, кг;
- W_з - глубина опускания заряда в воду, м;
- L_з - длина безопасной зоны по условиям действия воздушной волны, м;
- t_л - температура льда на границе воздух – лед (снег), °С;

Остальные обозначения приведены по тексту «Методических рекомендаций ...».

ХАРАКТЕР СВЕДЕНИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В «КАТАЛОГЕ ЗАТОРНЫХ И ЗАЖОРНЫХ УЧАСТКОВ РЕК СССР», 1976 г.

До 1976 года в технической отечественной (а также зарубежной) литературе отсутствовали обобщения по заторам и зажорам льда, основанные на массовом фактическом материале. В 1976 году Государственный гидрологический институт Гидрометслужбы СССР впервые в мире разработал и издал «Каталог заторных и зажорных участков рек СССР» в двух томах. (далее – «Каталог...»).

В «Каталоге ...» впервые была систематизирована имеющаяся информация о заторно-зажорных явлениях на 2438 участках 1167 рек страны.

На многих реках севера европейской части России и, особенно, азиатской части страны опасные заторы и зажоры происходят часто, но часть их не учитывается по причине неохваченности пунктами наблюдения. Поэтому данный «Каталог ...» не исчерпывает всего многообразия указанных явлений и не претендует на полное освещение информацией обо всех заторно-зажорных участках всех рек страны.

Следует также иметь в виду и то, что местоположение участков может со временем сдвигаться в связи с постоянным перемещением русловых образований реки – островов, мелей, кос и т.п., а также в связи с сооружением водохранилищ, гидротехнических сооружений и т.п.

В описаниях участков приведены следующие сведения:

- плановые очертания русла реки, поймы и уклоны;
- влияние на уровенный и ледовый режим реки гидротехнических сооружений;
- гидрометеорологические условия и ледовая обстановка, способствующие образованию заторов и зажоров;
- протяженность зоны подпора, вызванного заторами и зажорами;

- наличие ущерба, причиняемого народному хозяйству опасными ледовыми явлениями, и меры борьбы с ними.

В описания участков включены также сведения о факторах, способствующих возникновению на участке заторов и зажоров, а именно:

- наличие переломов продольного профиля, русла;
- наличие крутых поворотов, резких сужений русла, островов, перекатов, отмелей, порогов, а также искусственных препятствий, затрудняющих свободное перемещение масс льда;

- наличие ниже по течению кромки льда, способствующей задержанию ледового материала.

«Каталог...» содержит: а) сведения о заторах льда, образующихся на реках с устойчивым ледовым режимом, выбранные по материалам наблюдений на гидрологических постах за весенние сезоны. Основными здесь являются сведения о повторяемости и о величине высших заторных уровней воды, а также о высоте заторных подъемов. Кроме того, для сравнения приводятся сведения о высших незаторных (незажорных) уровнях, наблюдавшихся в период открытого русла. Приводятся сведения о ледовых явлениях, в условиях которых происходило формирование заторов: сроки начала весеннего ледохода на реках, характеризующие наиболее вероятный затороопасный период; наибольшая и средняя толщина льда перед вскрытием рек;

б) сведения о зажорах, образующихся на реках с устойчивым ледовым режимом, выбранные по материалам наблюдений на гидрологических постах за осенне-зимние периоды о повторяемости и высших зажорных уровнях воды, а также о высоте зажорных подъемов уровня. Приводятся также сведения о периодах времени, в пределах которых обычно наблюдаются высшие уровни при зажорах и о наибольшей и средней толщине слоя скоплений шуги и льда;

в) сведения о заторно-зажорных явлениях, происходящих на реках с неустойчивым ледовым режимом, выбранные за осенне-зимне-весенние сезоны. Основными являются све-

дения о повторяемости высших заторно-зажорных уровней и высоте заторно-зажорных подъемов.

При частых повторяемостях заторных и зажорных явлений и тогда, когда их мощность была значительной, в «Каталог...» вносятся данные:

- о зажорах и заторах льда, наблюдавшихся в условиях естественного или искусственно измененного режима независимо от периода наблюдений;

- о заторах или зажорах льда за период строительства гидротехнических сооружений, изменивших в той или иной мере естественный режим реки.

«Каталогом ...» снабжена система Росгидромета. При необходимости этим «Каталогом ...» всегда могут воспользоваться в своей работе органы управления по делам ГО и ЧС всех уровней.

Статистические и расчетные данные об основных заторных участках некоторых рек России
и о возможных последствиях опасных заторно-зажорных явлений на них [31]

№ п/п	Заторный участок. Водомерный пост	Река	Повторяемость заторов, %	Отметка начала затопления объектов, см над нулем поста	Отметка опасного затопления объектов, см над нулем поста	Последствия превышения отметки опасного затопления	Последствия превышения отметки опасного затопления
1	Абаза	Абакан	51	470			
2	Абалдуевка	М. Черемшан	23	895		С/х угодья	
3	Абрамково	Сев. Двина	44	840		Лесобиржа, жилые дома	
4	Азово	Инзер	38	343			
5	Александрийская	Кума	37	820		Подтопление станций, садов, огородов	
6	Александровское	Обь	17	1050			
7	Алексеевка	Самара	23	924	950	Подтопление сел	Нефтяные месторождения
8	Алешки	Карачан	74	412		Подтопление 4-х улиц	
9	Амга	Амга	89	925		Начало затопления поселка	

Продолжение прил. 4

10	Анива	Лютюга	54	150		Подтопление домов, огородов
11	Аркуль	Вятка	25	581	720	
12	Арский Камень	Белая	12	384		Подтопление населенных пунктов
13	Баламугов-ская	Вель	70	420		Жилые дома
14	Барнаул	Обь	23	526	615	
15	Батагай	Яна	46			
16	Батамай	Алдан	59	1140		Начало затопления
17	Белая Калитва	Северский Донец	11	744	750	Угроза затопления города
18	Белёв	Ока	17	1155		Жилые дома города
19	Белоусово	Куленга	33	1200		Начало затопления
20	Беляевский	Дон	45	820	1090	Подтопление строений нижней части города
21	Березовский	Урал	83	915		Затопление части поселка
						Затопление площадки 2 нефтебазы

Продолжение прил. 4

22	Бийск	Бия	38	530				
23	Бирюсинск	Бирюса	30	400	500			
24	Благовещенск	Амур	20	580	580-857	Зат. дамбы и нефтебазы	Зат. судорем. и судостр. заводы	
25	Большой Порог	Ниж. Тунгуска	88	3430				
26	Бугуртук	Туба	31	970				
27	Бугурлиновка	Осерель	28	520	540	Затопленные улицы Фрунзе, Декабристов, Коминтерна, Набережная и др.	Затопление еще ряда улиц	
28	Буяга	Амга	85	520		Начало затопления поселка		
29	Веленка (Приморский край)	Малиновка	43	727	748	Начало подтопления окранных	Подтопление с. Веленка и Соловьевка	
30	Великий Устюг	Сухона	72	880	960	Села	Часть города	
31	Вендига	Вашка	24	480		Жилые дома		
32	Венюково	Усури	26	300	420			
33	Верхнеимбатское	Енисей	74	1900	1950			

Продолжение прил. 4

34	Верхняя Бреевка	Усури	12	530		Подтопление Дальзверотрест
35	Верхоянск	Яна	53			
36	Верхоянский Перевоз	Алдан	72	520		Начало затопления поселка
37	Весляна	Вымь	32	850	Склад	
38	Виллойск	Виллой	47	1000		1000-начало затопления ВПП, 1050-начало зат. авианорты, 0-частичное прекр.судоходства
39	Вичмарь	Кильмезь	25	560		Подтопление ос.Максимовский
40	Вятские Поляны	Вятка	16	600	858	Начало подтопления Жилые дома и вокзал
41	Гаврино	Юг	48	510		Жилые дома
42	Горбица	Шилка	58	675	675-722	Подт. жилых домов
43	Горелуха	Тихвинка	42	590		
44	Гродеково	Амур	16	1050	1050-1150	Частичное затопление села Затоплен ряд сел, шоссе
45	Гуйтово	Великая	63	950	975	
46	Двинский Березник	Сев.Двина	39	1000	1020	Жилые дома рабочего поселка Двинский Березник
47	Дебин	Колыма	54	700		Подтопление пищекомбината

48	Демьянское	Иртыш	30	1000	1079		
49	Дешулан	Ингода	50	336	336-356	Подтопление с. Доронинское	Подт. фермы в с. Стародоронинское
50	Джалинда	Амур	63	800	870-900	Подтопление села	Подт. села, нарушение связи
51	Джангкы	Яна	58	2800			
52	Джекемдэ	Олеюма	86	1454		Начало затопл. гидрометеостанции	
53	Екатерино-Никольское	Амур	13	1000	800-1097	Начало затопления сел	Зат. ряда сел, прекращено движение
54	Елец	Сосна	19	975	1050	Подтопление ж/д моста	Подтопление карт. фабрики, города
55	Елшанка	Самара	37	946		Ж/д полотно	
56	Енисейск	Енисей	87	1170			
57	Жигалово	Лена	77	380		380-частичное затопление села, 506-затопливается большая часть села	
58	Жиганск	Лена	70	1250		1250-Бестяхская звероферма, 1430-пос. Жигалово, 20-частичное прекращение судоходства	

Продолжение прил. 4

59	Задонск	Дон	21	1250	1457	Повреждение опор и воздушных линий	Затопление домов, магазинов, с/х строений
60	Заполье	Шелочь	23	728	746		
61	Заречная Слобода	Зая	50	850	880	Начало затопл. низких участков села	Выход воды на территорию города
62	Заречное	Урхан	31	560	600-626	Подтопление с.Заречное	Полное зат. ряда сел, прорыв дамбы
63	Звенигород	Москва	39	710		Дома у В. Посада	
64	Звоньевой	Бикин	44	460-557	560	Затопление улиц и предприятий	Прорыв дамбы, зат. с/х угодий и домов
65	Зменново	Лена	74	850			
66	Зубцов	Волга	38	980	1100	Льнозавод, лет-дом	Территория города
67	Зырянка	Колыма	67	850	900	Начало подтопления пос. Зырянка	Затопление пос. Зырянка на 30%
68	Зырянское	Чулым	63	680			
69	Зюльзя	Нерча	17	836	550-836		
70	Игарка	Енисей	77	1800	2200	Подт. с/х угодий	Подт. ряда сел
71	Имисское	Кизир	13	935			

72	Иннокентьев- ка	Амур	22	930	930-1088	Подг. огороды, ряд сел и а/д	Зат. дома, раз- рушены мосты и шоссе
73	Ирбейское	Кан	38	500			
74	Калышево (Сурское)	Сура	42	1150		Строения и склады	
75	Казачинское	Енисей	62	800	960		
76	Калач	Подгорная	24	630	640	Затопление ул. Зеленый Клен, набережная	Затопление ул. Гагарина, Шев- ченко, 1 Мая, Кольцевая и др.
77	Калуга	Ока	12	1100		Жилые дома техучилища	
78	Каменка	Буряя	23	700	800-865	Начало затопления ряда сел	Угроза разру- шения ж/д мос- та, ж/д полотно Москва- Владивосток
79	Кангалассы	Лена	89	818		818-дамба уголь- ной шахты, 910- пос. Кангалассы, 1000- пос. Граф- ский берег	
80	Канск	Кан	12	400	470		

Продолжение прил. 4

81	Карагай	Обва	22	450		Подтопление сел
82	Кашира	Ока	19	650		Жилые дома ГРЭС-4
83	Кингисепп	Луга	43	686		
84	Кировский	Уссури	63	520		Нач. зат. населенных пунктов
85	Койнас	Мезень	22	390		Жилые дома
86	Колпашево	Обь	34	880	945	
87	Константиновка	Амур	8	558	620-930	Перелив воды через шоссе Зат. ряд сел и размыта а/д
88	Корсаковка	Большая Александровка	65	520		Жилые дома и постройки с. Корсаковка
89	Котлас	Сев. Двина	76	680	720	Ремонтные мастерские Склады
90	Красноуфимск	Уфа	48	428		Затопление промкомбината
91	Красный Яр	Бикин	25	428	519	Затоплены с. Красный Яр и Н. Село г. Бикин
92	Куду-Кюель	Олекма	91	1250		1250-начало затопления ВПП, 1480-затопление пониженной части селения
93	Кудымкар	Иньва	33	550		Льнозавод

Продолжение прил. 4

94	Кумара	Амур	25	783	783-830	Заг. деревень	Заг. жилых построек
95	Куракино	Суда	17	300		Разнос древесины	
96	Кызыл	Малый Енисей					
97	Кюсюр	Лена	100	3000			
98	Лазо	Лазовка	18	485		Нач. заг. с. Лазо и других	
99	Лаклы	Ай	63	742		Затопление автодорог и с/х угодий	
100	Леннск	Амур	57	735	735-935	Частичное затопление сел	Подт. дома, нефтебаза, а/д
101	Ленск	Лена	97	1350	1553	г. Ленск, 30-прекращение судорождства	г. Ленск
102	Лентьево	Молога	45	750		Жилые дома	
103	Лесозаводск	Усури	42	405	800	Заг. сев.-зап. окранный города	Полное затопление города
104	Лысье горы	Медведица	22	1090	1185	Начало подтопления	Подтопление ж/д моста
105	Лямино	Чусовая	30	600	660	Леспромхоз	г. Чусовой

Продолжение прил. 4

106	Мазаново	Зоя		9	550	700	Начало затопления отдельных участков а/д	Угроза нарушения связи, город затоплен на 45%
107	Макаров	Макарова		33	500			
108	Макарьев	Унжа		20	390	490	Подтопление жилых домов, заготзерно	Подтопление жилых домов города
109	Максимово	Кута		69	500		500-нач. подт. причалов, 580-складов, 850-улиц, 115-частичное прекращение судохозяйства	
110	Малонисогорская	Мезень		56	700		Жилые дома	
111	Мангурово	Унжа		24	665	800	Подтопление жилых домов лесозавода	Подтопление жилых домов города
112	Мача	Лена		97	1290			
113	Медведки	Сев.Двина		52	675		Судоремонтные мастерские	
114	Миньярово	Сюнь		39	598			

Продолжение прил. 4

115	Михайловск	Уфа	19	404		Подтопление мех. завода	
116	Муха	Кула	31	1150			
117	Нагибово	Амур	33	1000	1100-1162	Затоплены с/х угодья	Затоплен ряд сел
118	Невинно-мыск	Кубань	16	600	720	Подтопл. моста через Кубань	СГЯ
119	Новотулка	Чагра	5	563		Села	
120	Новохоперск	Хопер	31	644	900	Разрыв дамбы, плотины, ж/д моста	Разрушение конструкций ж/д моста
121	Новомраново	Чермасан	48	575			
122	Норск	Селемджа	20	500	550	Начало подтопления г. Норска и 650 других сел	Норск затоплен почти полностью
123	Ныш	Тынь	67	620	660	Подтопление ГСМ, лесопилка, столлярка	Жилые дома пос. Ныш
124	Нюрба	Виллой	65	1280		Начало затопления нефтебазы; 50-частичное прекращение	судоходства

Продолжение прил. 4

125	Нюя	Лена	97	1300			
126	Оймякон	Индигирка	36	400			Начало загопления н.п.
127	Олекминск	Лена	98	1150			1150-детский сад, передвижная мехколонна, городской парк, аэрологическая станция, больница, склады сельхозтехники, 25-частичное преобразование судостроения
128	Оленек	Оленек	58	1200			1200-нач. зат. поселка, 1390-нач. затопл. жилых домов к-за «Коммунизм»
129	Оловянная	Онон	6	280	280-400		Подт. жилые дома, а/д, мосты
130	Олоча	Аргунь	49	339	339-620		Подт. постройки Загопление ж/д, и огородов в по-ряде сел, по-ниженных местах гранзаставы
131	Орел	Ока	82	880			Жилые дома г.Орла
132	Орлингга	Лена	88	690			690-часть деревни, 900-значительная часть деревни

Продолжение прил. 4

133	Охотский Перевоз	Алдан	66	1100		1100-нач.зат. причалов пос.Джебарики, 1272-нач.затопл. села, 1420-нач.затопл. гидроме- теостанции, 140-низкая межень
134	Пашково	Амур	30	1500	1500-1803	Зат. нефтебаза и ферма
135	Пашский Перевоз	Паша	22	419	471	
136	Пелелуй	Лена	94	955		955, 1060-склады; 1283-село
137	Пермятская	Молома	16	690		Затопление жильных домов
138	Петропавлов- ка	Агул	56	600		
139	Подкаменная Тунгуска	Енисей	56	1900		
140	Подкаменное	Сылва	31	800	1050	Завод строймате- риалов
141	Подосиновец	Юг	48	600		Населенные пункты
142	Подсинее	Енисей	14	400	470	Жилые дома
143	Подымахино	Лена	90	725		
144	Подьем- Михайловка	Чапаевка	29	850	980	Поселки
						Значительные подтопления

Продолжение прил. 4

145	Покровка	Маревка	36	420		Нач. затопления нас. пункта	
146	Покровка	Амур	50	747	829-1000	Подтопление огородов и домов	Начало зат. нас. пунктов и раз- рушение линий связи
147	Покровск	Лена	88	1370		Начало затопления нас. пункта	
148	Поломошное	Томь	67	720	1270		
149	Поярково	Амур	10	700	700-863	Затоплены нас. пункты	Зат. фермы, раз- рушен мост на шоссе
150	Предпорож- ная	Индигирка	61	780		Начало затопле- ния ВПП	
151	Раздорская	Дон	37	370		Подт. цеха №6, свх. №10 Сель- хозтреста	
152	Рельевка	Сызрань	67	320		Населенные пункты	
153	Решельская	Вашка	40	500		Жилые дома	
154	Романовка	Витим	9	280		Прекр. судоход- ства (наблюдает- ся ежегодно)	

Продолжение прил. 4

155	Ручей	Куга	59	818		818-дамба угольной шахты, 910-пос. Кангаласы, 1000- пос. Графский берег
156	Сангар	Лена	91	1150		
157	Саскылах	Авабар	44	1300		Начало затопления поселка
158	Селиваниха	Енисей	59	2300	3300	
159	Сергиевское 1-е	Красивая Меча	22		600	Затопление здания Воскресенской ГЭС
160	Серлухов	Ока	18	900		Материальный склад
161	Синктээх	Лена	95	2800		
162	Слободской	Вятка	10	520		Населенные пункты
163	Снежное	Анадырь	72	837	950	Подтопление свх. Снежное и пос. Усть-Белая
164	Солянка	Лена	100	1559		Сельхозугодья

Продолжение прил. 4

165	Средняя Олёкма	Олекма	60	820		820-нач. затопле- ния, 880-частично затопл., 960-значит затопл., 130-частич прекр. судоходства	
166	Сретенск	Шилка	55	395	395-844	Подтопление территории затона	Подт. пристани, улицы городов, обувной фабри- ки
167	Старосубханг улово	Белая	18	490			
168	Стойба	Селемджа	11	340	360-488	Нач. подт. нас. пунктов	Зат. огороды и жилые дома
169	Сунгар	Виллой	53	834		834-зат. с/х угодий, 1350-нач. зат. поселка, 200-прекращение судо- ходства	
170	Сыргланово	Белая	39	461		Подтопление сельхозугодий	
171	Тара	Иртыш	11	620			
172	Тверь	Волга	46	900	1100		
173	Тира	Большая Тира	50		577		
174	Тит-Ары	Лена	100	2800			
175	Тобольск	Иртыш	38	600	800		

Продолжение прил. 4

176	Томмот	Алдан	43	820		820-нач. затопл., 880-частичное затопление, 960-значительное затопление; 130-частичное прекращение судоходства
177	Тотьма	Сухона	25	650		Жилые дома
178	Троицко-Печорск	Печора	27	750		
179	Тура	Ниж. Тунгуска	48	1600	2000	
180	Турчасово	Онега	26	950		Склады леса
181	Тында	Тында	31	270	300-400	Частичное затопление улиц Зат. огородов, стадиона, врем. пос. Главмосстрой
182	Урюпино	Аргунь	80	1100	700-1100	Подтопление села Продолжается подтопление села
183	Усатьевская	Вятка	13	700	770	Подтопление нас. пунктов Значительные затопления
184	Уссурийск	Раздольная	8	600	750	Начало затопления г. Уссурийск Зат. г. Уссурийска и насосной станции
185	Усть-Кожва	Печора	77	700		
186	Усть-Курье	Сев. Двина	49	750	850	Мосты, поселки

Продолжение прил. 4

187	Усть-Миль	Алдан	61	1340		Леспромхоз, 200-частичное прекращение судоходства
188	Усть-Цильма	Печора	44	1050	1150	
189	Усть-Юдома	Мая	91	780		Начало затопления ВПП
190	Устюжна	Молога	12	780		Подтопление города
191	Филинская	Вага	61	800	850	Сёла
192	Хабаровск	Амур	43	470	470-650	Начало подт. пос. Уссурийский
193	Халкидон	Илистая	30	430	533-593	Зат. полей свх. Сибирцево и Погранчик
194	Хатынг-Тумул	Лена	100	1200		Начало затопления
195	Хатырык-Хомо	Вилой	69	1060		Начало затопления гидрометеостанции, 1170-начало затопления поселка
196	Чабла	Мая	80	500		Начало затопления н.п.

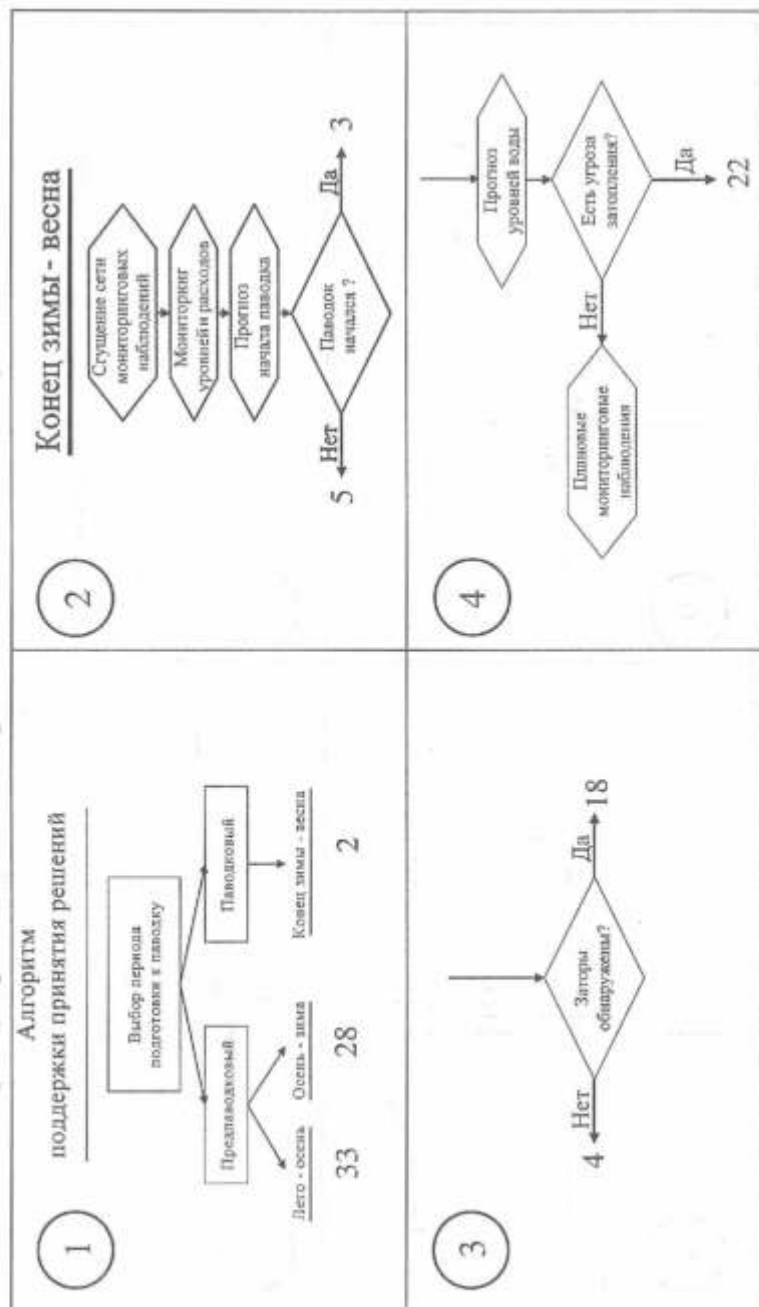
Продолжение прил. 4

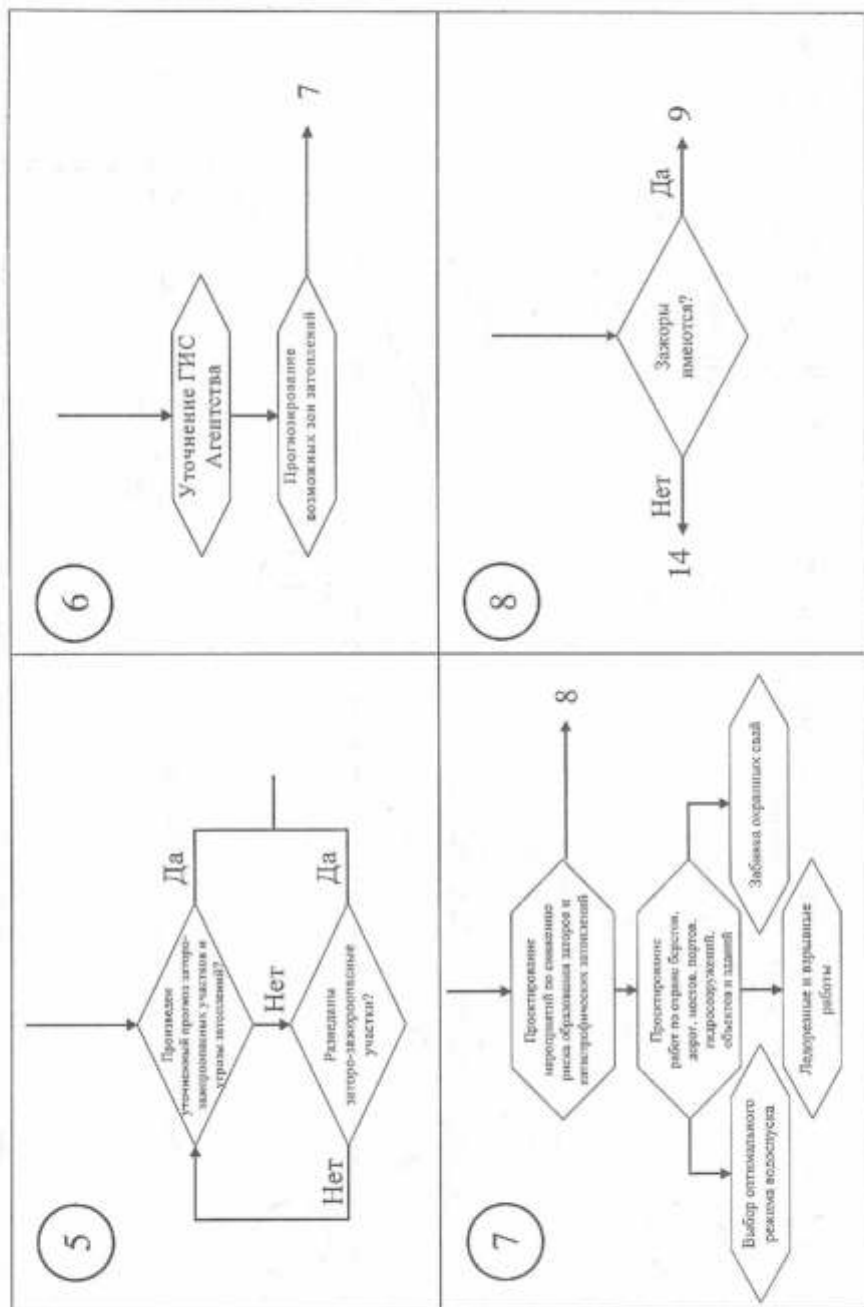
197	Чагла	Алдан	70	1430		1430-нач. зат. пос., 1500-1526-частичное зат. пос., 1610-1660-значит. зат. пос.
198	Часовенское	Паша	56	791		
199	Цепланово	Льотога	55	420	530	
200	Черняево	Амур	30	650	750-884	Подтопление огородов и колхоза, эл.станции
201	Чита	Ингода	12	340	380-519	Подтоплены улицы г. Чита
202	Чольбо	Учур	88	1000		Начало затопления
203	Шамары	Сылва	56	507		Лесозавод
204	Шенкурск	Вага	60	550		Жилые дома
205	Шитицино	Быстрица	13	500	612	Жилые дома
206	Экимчан	Селемджа	11	531		Зат. огороды
207	Эльдикан	Алдан	85	1520		1520-нач.зат. складов, 1600-нач.зат. прииска, 1610-1660-затопление больницы, магазинов, авторем. мастерских

Продолжение прил. 4

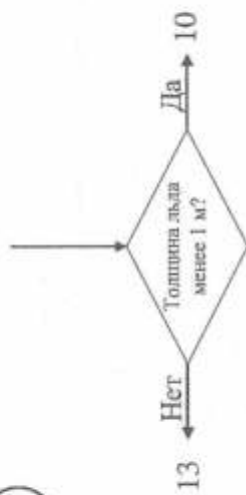
208	Югаренок	Юдома	69	1160		1160-нач.загопл., 1215-1225- значительное за- топление
209	Ялрин	Сура	33	1000		Жилые дома
210	Яковлевка	Арсеньевка	52	370	557	Подг. дороги, телегр. связь Зат. окраины села
211	Якутск	Лена	84	500		500-нач. загопл. причалов, 580- складов, 850-улиц, 115-частичное прекращение судоходства
212	Явский	Яна	61			
213	Ярцево	Енисей	97	1500		

Алгоритм поддержки принятия решений органами управления РСЧС при угрозе возникновения ледовых затворов (в предпаводковый период подготовки к паводку «конец зимы - весна»)

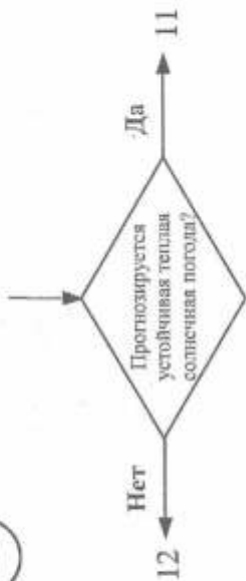




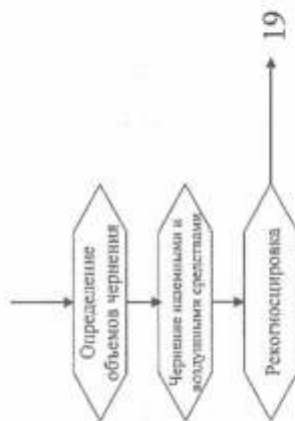
9



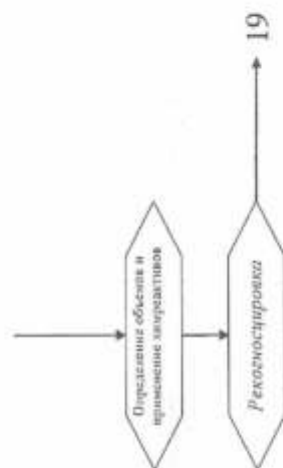
10

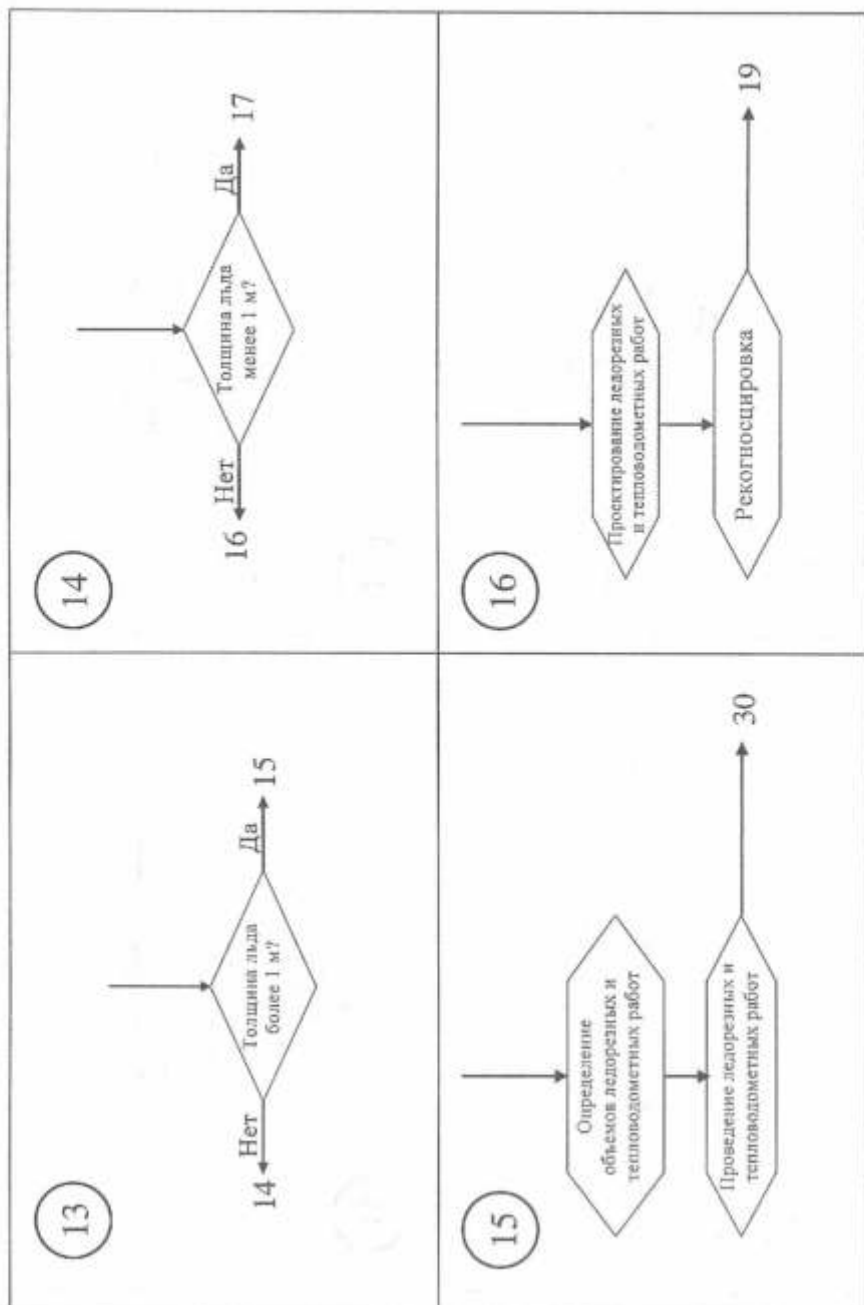


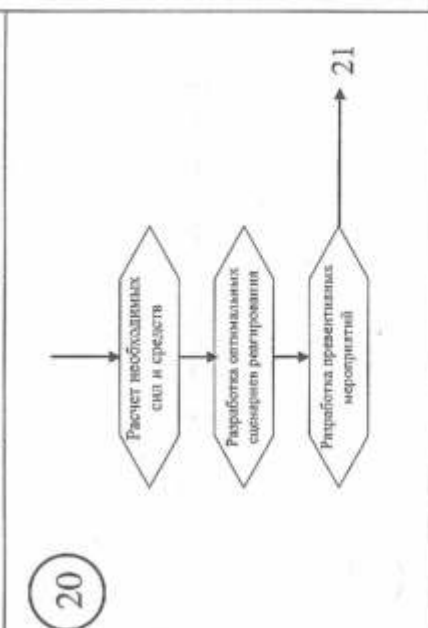
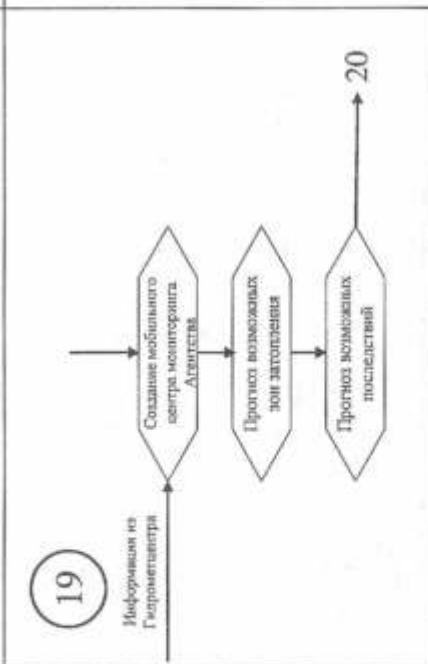
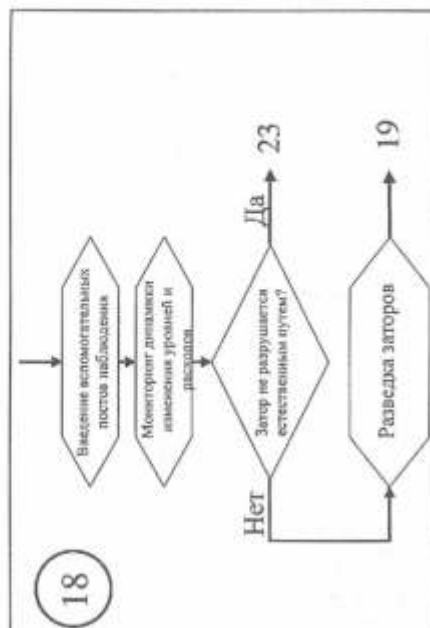
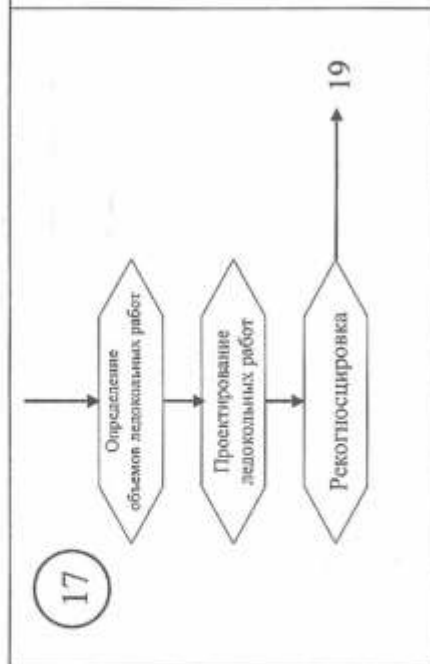
11

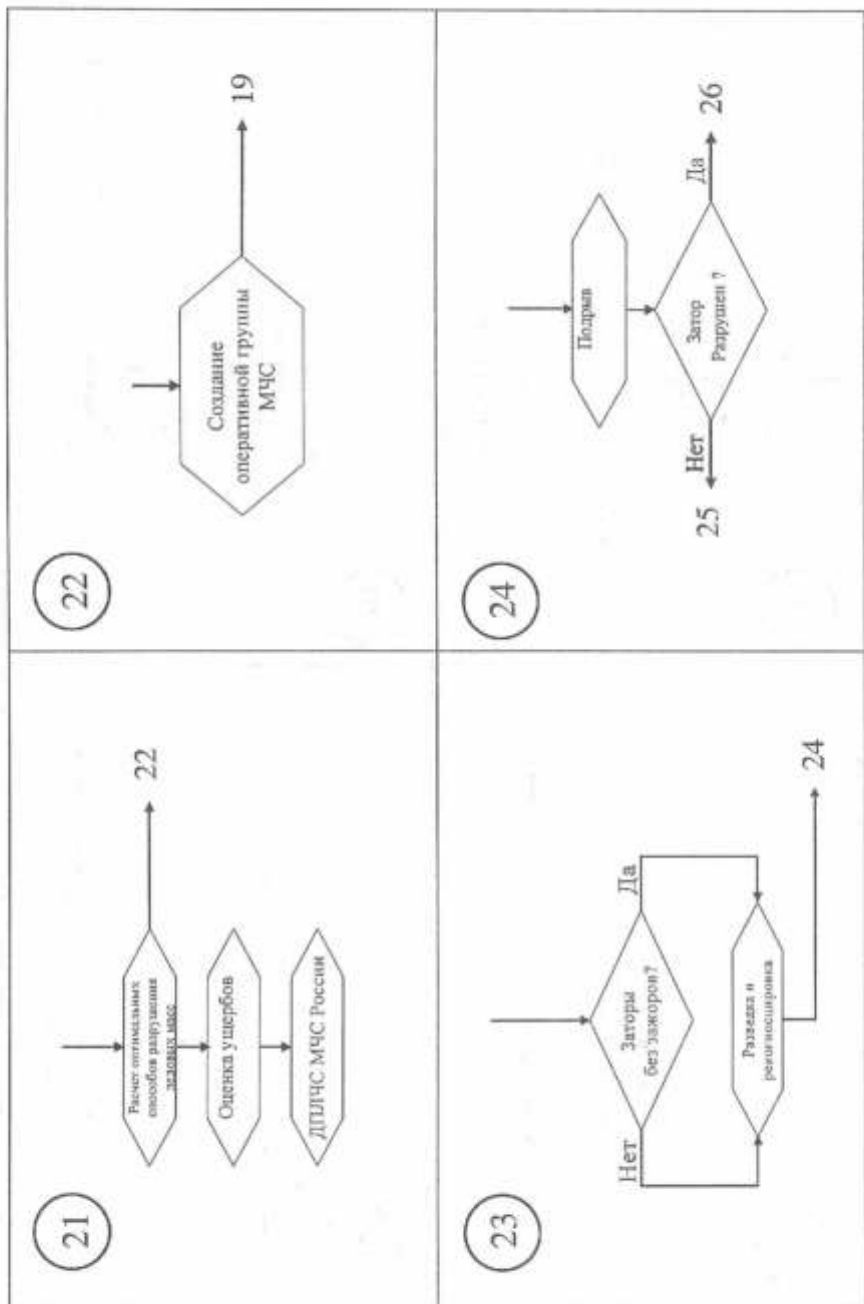


12

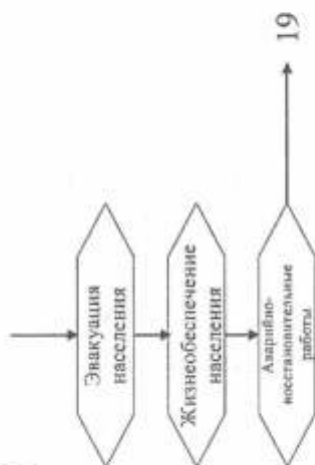






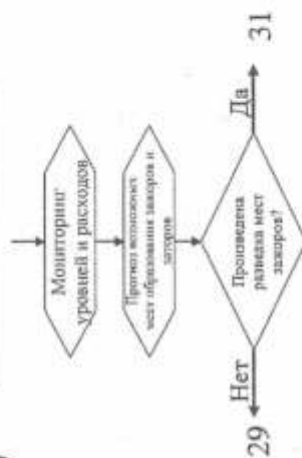


25

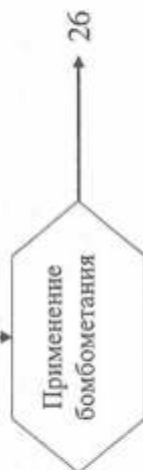


26

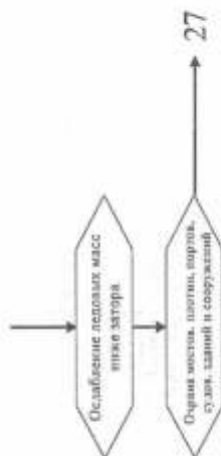
Осень - зима

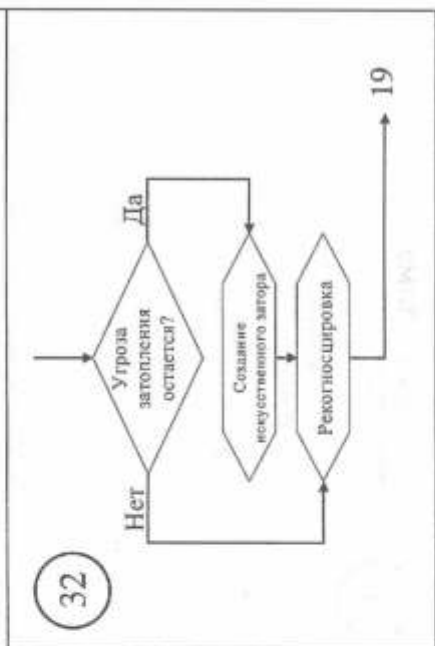
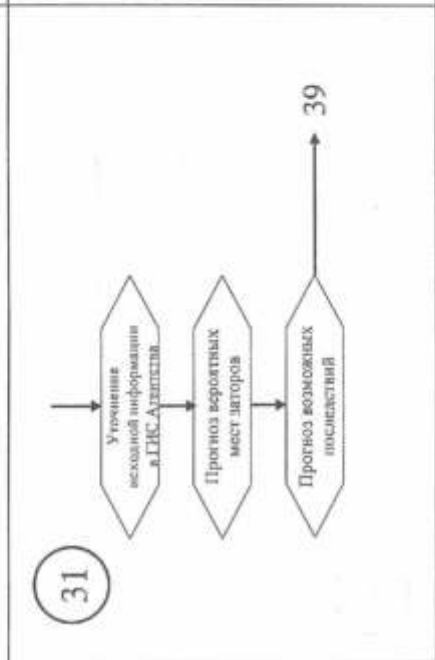
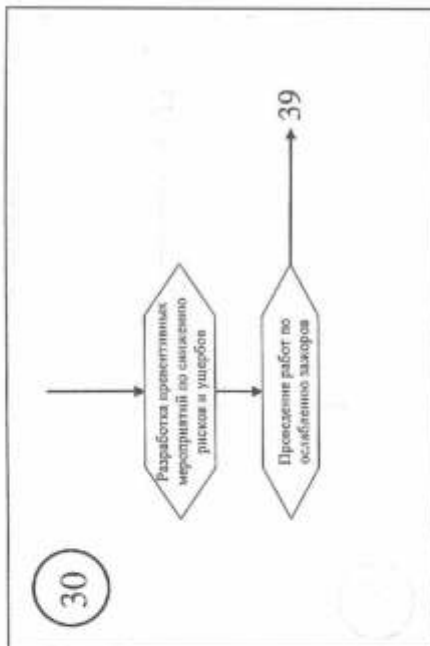
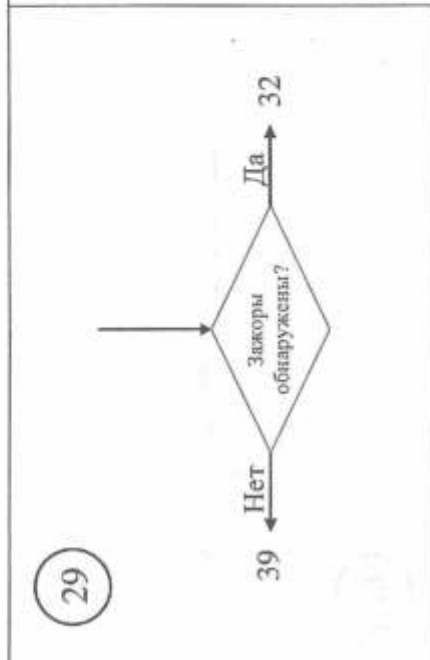


27

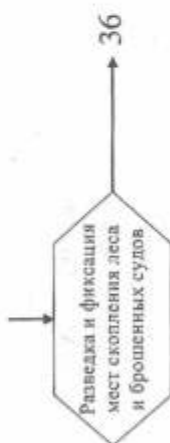


28

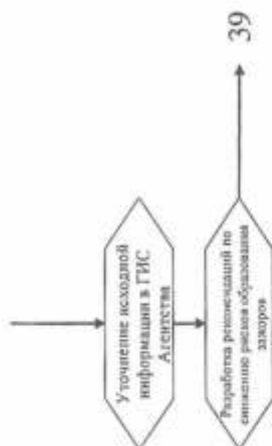




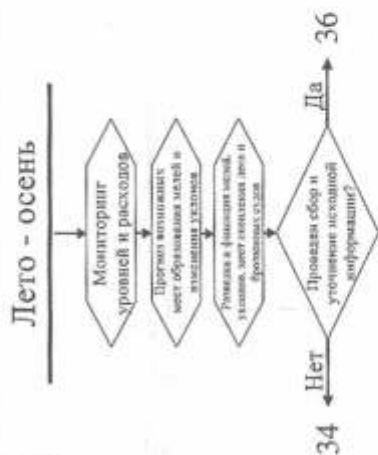
33



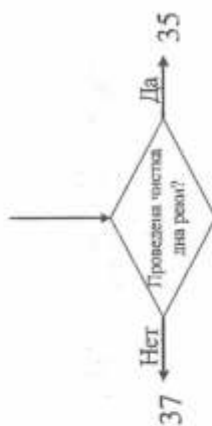
34



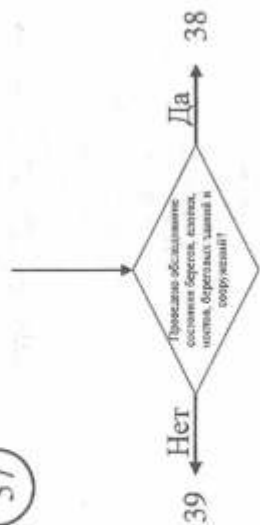
35



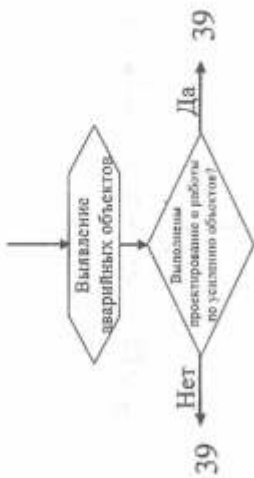
36



37



38



39



Схематизация типов заторообразования по гидравлическим условиям

Тип затора	Время образования затора	Гидрологические характеристики	Фазы заторообразования		
			Формирование затора	Стабилизация затора	Разрушение затора
I	2 Осень	3 Уровень воды	4 Минимальный зимний уровень H_{\min}	5 $H_{\min} < H \leq H_{\max}$ Подъем уровня до максимальной отметки	6 H_{\max} Длительное стояние высоких уровней с постепенным снижением к весне
II	Весна	Расход воды	Минимальный расход Q_{\min}	Расход, постепенно повышающийся по мере размыва и таяния затора	$Q = \text{const}$
		K_1	$K_{1,\min}$ на дату начала роста уровня	Медленно растущие зимние коэф-фициенты	$K_2 = \text{const} < 1$
		Уровень воды	H_{\min} Начало подъема уровня воды	Пик уровня воды через 8-10 дней после формирования затора	Уровень постепенно снижается
		Расход воды	Слабое изменение расхода $Q = \text{const}$	Меняется мало, $Q = \text{const}$	Меняется мало, $Q = \text{const}$
		K_3	$1 > K_3 > K_{1,\min}$ Уменьшение зимних коэффициентов	Наступление пика уровня воды совпадает по дате с $K_{1,\min}$	$K_3 < 1$

Продолжение прил. 6

Тип затора	Время образования затора	Гидрологические характеристики	Фазы заторообразования		
			Формирование затора	Стабилизация затора	Разрушение затора
I	2	3	4	1	2
III	Весна	Уровень воды	$H_{\text{нал}}$ Начало подъема уровня воды	$H_{\text{нал}} < H \leq H_{\text{нал}}$ Подъем до $H_{\text{нал}}$ и медленное снижение	Прорыв затора с резким падением уровня
		Расход воды	$Q = \text{const}$	Снижение до $Q_{\text{мин}}$	Увеличение расхода воды
		K_3	$1 > K_3 > K_{3,\text{мин}}$	$K_{3,\text{мин}}$ совпадает по дате с $H_{\text{нал}}$	-
IV	Весна	Уровень воды	$H_{\text{нал}}$ Начало подъема уровня воды	Подъем до $H_{\text{нал}}$ и снижение	Интенсивность снижения уровня воды выше, чем интенсивность снижения расхода
		Расход воды	$Q = \text{const}$	Увеличение расхода после установки максимального заторного уровня	
		K_3	$1 > K_3 > K_{3,\text{мин}}$	Дата наступления $K_{3,\text{мин}}$ совпадает с датой наступления $H_{\text{нал}}$. Медленное увеличение K_3	

Тип затора	Время образования затора	Гидрологические характеристики	Фазы заторообразования		
			Формирование затора	Стабилизация затора	Разрушение затора
I	2	3	4	1	2
V	Весна	Уровень воды	$H_{\text{мин}}$ Начало подъема уровня воды	$H_{\text{мин}} < H \leq H_{\text{макс}}$ Подъем до $H_{\text{макс}}$ и медленное снижение	Снижение уровня воды
		Расход воды	$Q = \text{const}$	Снижение до $Q_{\text{мин}}$	Интенсивность увеличения расхода воды выше, чем интенсивность подъема уровня
		K_2	$1 > K_2 > K_{2,\text{мин}}$	$K_{2,\text{мин}}$ совпадает по дате с $H_{\text{макс}}$, затем - медленное увеличение K_2	-

**Методические рекомендации по предотвращению
образования ледовых заторов на реках
Российской Федерации и борьбе с ними**

Редактор И.В. Сосунов

Компьютерная верстка А.О. Распутин, Н.В. Сахнова

Лицензия ИД № 00895 от 31 января 2000 г.

Подписано в печать 24.06.04 г.

Формат 60x90 1/16 Заказ № 74*рпт*

Объем 14,6 усл.-печ л. Тираж 160 экз.

Информационно-издательский центр ФЦ ВНИИ ГОЧС

121352, Москва, ул. Давыдовская, 7

Тел.: (095) 449-90-20, 449-90-45

E-mail: ijicenter@ampe.ru

Типография ордена «Знак почета» издательства МГУ

117234, Москва, Ленинские горы

Заказ № 1391