



ПК «ИНСТИТУТ КАЗГИПРОВОДХОЗ»

Алибаев К.У.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКАХ
КАЗАХСТАНА И
БЕЗОПАСНОСТЬ ГТС В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ
(Ледовые явления на реках. Выпуск №1)**

АЛМАТЫ 2020 г.

Брошюра подготовлена ПК «Институт Казгипроводхоз» в целях обсуждения актуальных вопросов ледовых явлений на реках Казахстана, а также их влияния на безопасность и условия эксплуатации гидротехнических сооружений.

Свои замечания и предложения просим направлять в ПК «Институт Казгипроводхоз» , по адресу г.Алматы, пр.Сейфуллина д.434, эл.адрес: kazgipro@mail.ru.

Выпуск подготовил: Алибаев К.У. – Главный инженер проектов (моб. +77717663367, +77012290987) эл.адрес: karimalibaev@mail.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Заторы и зажоры льда - неотъемлемые явления годового цикла жизни большинства рек Казахстана. Заторы и зажоры свойственны большинству рек. Они представляют серьезную опасность для гидротехнических сооружений и мостов по двум причинам: в связи с наводнениями, которые они вызывают, и возможностью разрушения льдом гидротехнических сооружений.

Наводнения, вызываемые заторами и зажорами, требуют переноса в безопасные места народнохозяйственных объектов, усложняют и удорожают строительство гидротехнических и других сооружений.

Для выработки эффективных практических мероприятий борьбы с заторами и зажорами, необходимо хорошо знать основные причины, способствующие их образованию.

В настоящее время процессы заторо и зажорообразования на реках Казахстана еще изучены недостаточно. В частности, не разработаны основы теории образования, устойчивости и разрушения заторов и зажоров, недостаточно изучены физико-механические свойства льда в различных условиях, отсутствует общепринятая классификация заторных и зажорных явлений и каталог заторных и зажорных участков рек, не установлена в полной мере эффективность тех или иных средств борьбы с заторами и зажорами в различных условиях их формирования.

2. ТЕРМИНЫ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Замерзание реки - процесс образования на реке неподвижного ледяного покрова.

Ледостав - установление, также существование на водоемах и водотоках неподвижного ледяного покрова.

Подвижка льда - небольшое перемещение ледяного покрова на отдельном участке реки.

Вскрытие реки - процесс разрушения ледяного покрова реки.

Ледоход - движение по реке плотного (кристаллического) льда. Различают весенний и осенний ледоход.

Шуга - различные образования неплотного льда в виде комьев, венков и пр. Может находиться в движении (шугоход) или существовать в виде скоплений под ледяным покровом.

Донный лед - форма внутриводного льда; образуется на дне рек.

Закраины - полосы открытой воды вдоль берега; появляются перед вскрытием реки.

Забереги - полоса неподвижного льда вдоль берегов; возникают в период замерзания реки.

Полынья (майна) - участок открытой водной поверхности среди ледяного покрова.

Кромка льда - граница неподвижного ледяного покрова и открытой водной поверхности.

Затор льда - скопление льда в русле, стесняющее поперечное сечение реки и вызывающее подъем уровня в месте скопления и на некотором участке выше его. Как правило, заторы образуются весной при вскрытии реки. Скопление льда в заторе состоит преимущественно из крупно и мелко битых льдин. Зажоры льда формируются в период замерзания реки и в зимний период.

Зажор льда - скопление шуги в русле реки, сопровождающееся забивкой некоторой части живого сечения и повышением уровня воды. Скопление льда в зажоре в основном состоит из шуги и отчасти мелко битых льдин.

Лёд — вода в твердом состоянии. Известны 11 кристаллических модификаций льда и аморфный лед. В природе обнаружена только одна форма льда — с плотностью 0,92 г/см³, теплоемкостью 2,09 кДж/(кг.К) при 0°C, теплотой плавления 324 кДж/кг, которая встречается в виде собственно льда (материкового, плавающего, подземного), снега и инея.

Лёд — вода в твердом состоянии. Обыкновенный лед легче воды, удельный вес при 0° — 0,9175. Сто объемов льда образуются из 92 объемов воды, этим объясняется разрушительное действие воды при замерзании в закрытых сосудах, трубопроводах, отсеках и т. п.

Лёд образуется и переходит в твердое состояние при температуре равной 0 °С (при условии атмосферного давления равного 760 мм рт.ст. / 1 атм).

Замерзая вода увеличивается в объеме. Плотность льда меньше плотности жидкой воды, удельный вес льда при 0°=0,917 и соответственно удельный вес воды при 0°= 0,9999. Именно поэтому лед и не тонет. Это свойство воды является аномальным. При дальнейшем понижении температуры, лёд сжимается, чем и объясняются трещины на больших ледовых пространствах.

На температуру замерзания воды влияет количество растворенных в ней солей. Морская вода замерзает при температуре в районе -1,8 °С, а таяние льдов мирового океана начинается при температурах, превышающих 2,3 °С.

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1. Особенности заторов и зажоров

Заторы образуются при вскрытии реки и вызываются неодновременностью вскрытия и недостаточной ледотранспортирующей способностью реки. Наиболее мощные заторы образуются в период весеннего ледохода, зажоры обычно имеют место в предледоставный период, а также в течение зимы при наличии больших незамерзающих участков реки.

Процессы заторо и зажорообразования часто оказывают влияние друг на друга. Так, ледяной покров значительной толщины, образовавшийся в результате смерзания зажорных масс шуги в предледоставный период, во время весеннего ледохода может служить причиной задержки льда и стать очагом весеннего затора.

Обычно в местах, где осенью наблюдались зажоры, уровень при установлении ледостава бывает высоким, поэтому здесь происходит задержка вскрытия реки и ледяной покров служит причиной образования затора. Осенние же заторы, которые обычно не отличаются мощностью, могут создавать условия для всплывания и смерзания шуги, обуславливая образование осенних зажоров.

Зажоры льда создают опасные последствия гораздо реже, чем заторы. Хотя процессы заторо- и зажорообразования во многих отношениях аналогичны, способы борьбы с зажорами носят специфический характер, связанный с регулированием процесса шугообразования.

3.2. Процесс формирования заторов льда

Заторы льда наблюдаются в весенний период при вскрытии реки. Образование затора имеет место тогда, когда возникают затруднения в транспорте льда вниз по течению реки. Причины подобных затруднений многообразны. В одних случаях это большие объемы транспортируемого льда при малых расходах воды, в других случаях - наличие преграды в виде прочного ледяного покрова и т.д.

Весной с наступлением положительных температур воздуха начинается таяние снега в бассейнах рек. Расход воды в реках увеличиваются, 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, т.е. **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, которой может быть еще не вскрывшийся участок 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 находится голова, или основание затора льда. Преградой движущимся ледяным полям могут быть также различного рода стеснения русла (острова, резкие сужения, повороты и т.п.).

К остановившимся у взломанного края 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 стеснения русла льдом уровень воды в реке повышается. Повышение уровня происходит также на некотором участке реки выше места стеснения, т.е. в зоне подпора. Скорость течения в зоне подпора уменьшается, а подплывающие сверху льдины уже обладают меньшей живой силой. Торошение льда постепенно ослабевает и затем прекращается. Процесс формирования затора льда на этом заканчивается.

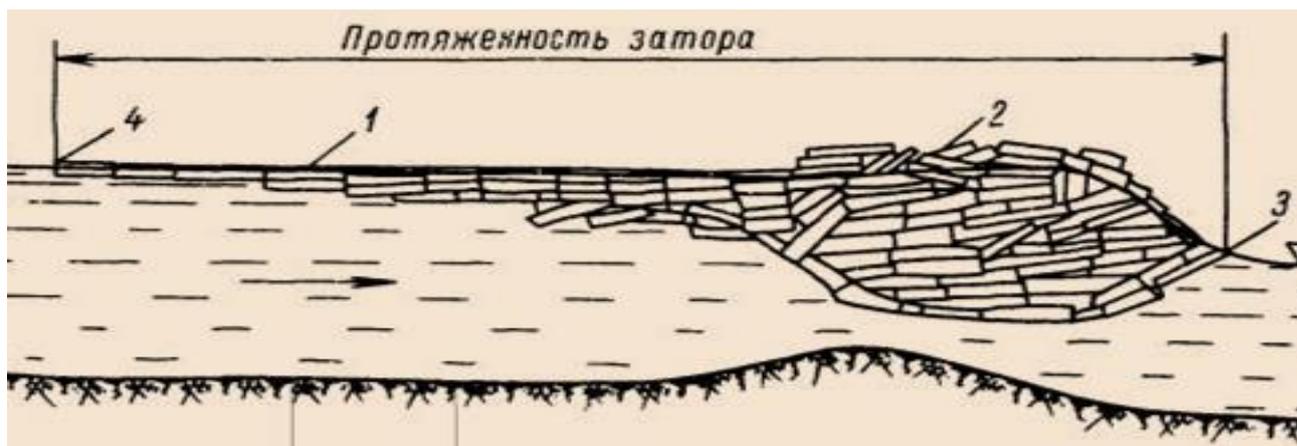


Рис. 3.1. Продольный разрез затора льда на реке.

1 - хвостовая часть затора (хвост затора); 2 - головная часть затора (голова затора); 3 - нижняя кромка (нижняя граница затора); 4 - верхняя кромка (верхняя граница затора).

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

3.3. Места образования заторов льда

Заторы льда свойственны средним и в особенности крупным равнинным и полугорным рекам. На малых реках заторов почти не бывает. Для образования затора нужно сочетание определенных условий, главными из которых являются: участие в ледоходе больших масс льда и наличие препятствий движению льда.

Препятствием для движения льда, обычно являются большие участки реки со сплошным и достаточно прочным ледяным покровом. Поэтому мощные и частые заторы льда имеют место на тех реках, где вскрытие происходит сверху вниз по течению. Такой последовательностью вскрытия обладают разные реки, а именно:

а) крупные реки, текущие с юга на север (Аму-Дарья, Сырдарья). В южных (верхних) районах эти реки вскрываются раньше, чем в северных (нижних), и движущийся лед встречает неподготовленный к вскрытию ледяной покров;

б) реки, верховья которых являются горными и полугорными, а низовья равнинными. В верховье из-за большой скорости река вскрывается раньше, чем в низовье;

в) реки, где за большим участком со значительной скоростью течения следует участок с малой скоростью. На первом участке вскрытие происходит на много раньше, чем на втором.

Последовательностью вскрытия реки (сверху вниз по течению) определяется лишь сама возможность затора льда. Место же возникновения затора обуславливается морфометрическими особенностями реки, а также гидрометеорологическими условиями того или иного года.

Следует отличать постоянное место образования заторов льда и участки с непостоянными очагами заторов.

Известны два типа постоянных мест образования заторов.

1. Место перелома генерального продольного профиля реки от участка с большим уклоном (а значит и большой скоростью течения) к участку с малым уклоном (следовательно, малой скоростью).

К этому типу относятся:

- а) зона выклинивания подпора водохранилища;
- б) устье реки при впадении в море или озеро;

Характерные места образования весенних заторов льда:

- затор льда в однорукавном русле на крутом повороте реки;
- затор льда в многорукавном русле до вскрытия реки ниже затора льда;
- затор льда в многорукавном русле после вскрытия реки ниже затора льда;
- затор льда при расширении реки;
- затор льда на притоке;
- затор льда на водохранилище.
- затор из вышележащего участка, в сужении между островами;
- затор льда в рукавах дельты реки;
- затор льда перед сужением русла реки;

Непостоянные места образования заторов льда бывают очень разными - резкие сужения, крутые повороты, 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 зажоры.

3.4. Факторы образования заторов льда

Важнейшей характеристикой затора, кроме места его образования, является его мощность, характеризуемая высотой подъема уровня воды.

К главным факторам заторообразования относятся:

- а) количество и интенсивность поступления льда к затору;

б) интенсивность паводка, в частности, максимальная (из средних суточных величин) интенсивность подъема уровня воды в период ледохода;

в) наличие препятствий движению льда.

Немалую роль играют и другие факторы - расход воды, температура воздуха, мощность снежного покрова в бассейне реки, суммарная солнечная радиация, последовательность вскрытия рек в бассейне и пр.

Наиболее просто выявляется роль отдельных факторов в случае, когда затор образуется в постоянном месте. Мощность затора, а, следовательно, и подъем уровня находятся в прямой зависимости от количества льда, поступающего к затору.

Поэтому после суровой малоснежной зимы со значительным объемом льда в руслах рек к началу весны максимальный заторный уровень намного превышает максимальный уровень после мягкой многоснежной зимы со сравнительно малыми объемами льда.

Количество и интенсивность подносимого течением льда связано, помимо прочего, с дружностью вскрытия рек. При одновременном вскрытии всех главных рек бассейна сток льда большой, в результате чего формируется мощный затор. При неодновременном вскрытии рек сток льда и интенсивность ледохода невелика, соответственно и затор небольшой.

Влияние расхода воды в период вскрытия реки, при постоянном месте образования затора льда, проявляется в том, что чем больше расход, тем интенсивнее весенний ледоход и выше максимальный заторный уровень. В то же время при большем расходе воды голова затора смещается вниз по течению, поэтому в хвосте затора и в зоне выклинивания подпора влияние расхода воды может не ощущаться.

Высокая температура воздуха после формирования затора льда благоприятствует его быстрому разрушению - главным образом за счет воздействия теплых талых вод. Однако интенсивное потепление до вскрытия способствует образованию затора льда. При этом в связи с резким увеличением расхода воды, неподготовленный к вскрытию ледяной покров взламывается механическим путем.

Между тем, из-за колебания температуры воздуха и расхода воды в осенний период установление ледостава происходит на различных участках реки при неодинаковом превышении уровня над меженным. В местах, где осенью наблюдались подвижки льда и зажоры, уровень при установлении ледостава высокий, поэтому здесь происходит задержка вскрытия. Причиной задержки служит и то, что в указанных местах ледяной покров более толстый

и прочный, чем в целом на реке. Таким образом, места осенних подвижек и зажоров часто являются местами образования весенних заторов.

Вскрытие реки обычно сопровождается возрастанием расхода воды. При этом на рассматриваемом участке реки возникают с небольшими интервалами во времени цепочки заторов льда. Прорыв одного затора приводит к вскрытию некоторого участка реки и завершается образованием ниже по течению другого затора и т.д. Длительность существования таких заторов исчисляется часами (самое большее 12 - 18 часов).

Иначе протекает процесс, когда расход воды сравнительно небольшой и более или менее постоянный. При этом подплывающие к затору массы льда обладают небольшой живой силой; влекущее усилие потока под затором также невелико. Прорыва затора не происходит, имеет место лишь торошение льда у верхней границы затора, а сам затор распространяется вверх по реке.

Длина затора достигает 10 - 15 км. Такие большие по протяженности заторы льда обладают большой устойчивостью. Длительность их существования на реках достигает иногда 3-5 суток. Искусственное разрушение подобных заторов льда практически невозможно.

3.5. Классификация заторов

Заторы льда на реках можно разделить на два типа.

1. Русловые заторы

- а) непосредственно у кромки ледостава при неодновременном вскрытии реки, обычно текущей с юга на север;
- б) в местах уменьшения ледопропускной способности реки (всякого рода стеснения, места резкого уменьшения уклона и скорости);

2. Подпорные заторы

- а) в зонах выклинивания подпора водохранилищ и гидроузлов;
- б) в дельтах и устьях рек, впадающих в моря и озера, или в более поздно вскрывающиеся реки.

Русловые заторы, могут возникать в самых различных местах по длине реки, в зависимости от предшествующих гидрометеорологических условий. Это обстоятельство часто делает проведение предупредительных мер борьбы весьма затруднительным.

4. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗАТОРАМИ

4.1. Основные принципы проектирования мероприятий борьбы с заторами

Основной задачей при проектировании борьбы с заторами является установление наиболее оптимального сочетания предупредительных мер с учетом местных условий и климатических особенностей данного года.

Поэтому, проектирование мероприятий по предупреждению заторов следует осуществлять исходя из рассмотрения условий беззаторного пропуска ледохода по всей длине реки или на значительных ее участках и, во всяком случае, с учетом возможного влияния намечаемых в данном пункте мероприятий на условия ледохода ниже по реке.

Разработка наиболее оптимального сочетания предупредительных мер для данных условий должна вестись путем такого же процесса проектирования, какой применяется для гидротехнических сооружений.

4.2. Методы борьбы с заторами на реках

Борьба с заторами льда может решаться тремя путями:

- 1) путем принятия предупредительных мер по управлению процессом образования льда и его стоком, т.е. по устранению или ослаблению причин и условий возникновения заторов и зажоров;
- 2) путем непосредственной борьбы с уже образовавшимися заторами и зажорами;
- 3) путем заблаговременного предсказания места образования затора или зажора и его мощности.

Эти пути борьбы могут применяться как каждый в отдельности, так и в любом сочетании, в зависимости от обстоятельств.

Наиболее эффективным, надежным и желательным способом является проведение предупредительных мероприятий. Заблаговременное предсказание места и максимального подъема уровня от затора или зажора уже позволяет значительно уменьшить убытки от этих явлений путем принятия соответствующих мер по подготовке к борьбе с ними.

4.3. Предупредительные мероприятия по борьбе с заторами

Основой всех предупредительных мероприятий, проводимых практически ежегодно, является регулирование стока льда посредством воздействия на процесс вскрытия реки, а именно: ослабление с разрушением

ледяного покрова с целью ускорения вскрытия на одном участке, усиление ледяного покрова и задержание вскрытия на другом.

Ослабление и расчленение ледяного покрова должно, как правило, проводится непосредственно в районе образования затора и на сравнительно значительном расстоянии ниже его для того, чтобы облегчить пропуск приходящего с верховьев льда. Длина участка, на котором производится ослабление льда, должна определяться в каждом конкретном случае в зависимости от суровости зимы, характера ледостава, прогноза погоды и хода паводка в период ледохода.

Для ускорения вскрытия эффективнее всего применять ледорезные машины. Ускорения вскрытия рек можно достигнуть путем применения взрывов. Ледорезные трассы и расположение зарядов при этом необходимо планировать, учитывая течения на участке, расположение островов, поворотов русла, отмелей и т.п. таким образом, чтобы в момент подвижки ледяной покров оказался разделенным на продольные полосы.

Ослабление ледяного покрова может быть достигнуто также при помощи мероприятий, способствующих менее интенсивному нарастанию льда в течение зимы. Для этой цели следует проводить искусственное регулирование толщины снежного покрова на льду.

В качестве профилактической меры для задержания вскрытия может быть рекомендовано искусственное усиление ледяного покрова выше по течению от предполагаемого места образования затора. Подобная мера частично или полностью прекращает сток льда на нижерасположенный участок, создавая затор в неопасном месте.

Для усиления льда могут быть применены: удаление снега с поверхности ледяного покрова, выморозочные работы и намораживание льда. Первый метод может быть механизирован с помощью бульдозеров и снегоочистителей. Механизация же намораживания затруднений не встречает. Усиление ледяного покрова может сопровождаться в некоторых случаях заанкериванием его в берега путем вмораживания тросов, бревен и т.п.

Таким образом, для регулирования ледяного режима с целью предупреждения заторов, могут применяться следующие средства:

- взламывание льда ледорезными машинами;
- взламывание льда взрывами;
- искусственное усиление ледяного покрова с целью создания заторов льда выше по течению от защищаемого участка;

4.4. Ликвидация заторов

Задача состоит в ускорении прорыва затора, так как резкое снижение уровня может произойти только в этом случае.

Затор льда в естественном состоянии разрушается, в основном, под влиянием гидростатического давления воды, скапливающейся выше затора, тепловых факторов и влекущего течения потока, проходящего через затор.

Сущность борьбы с заторами льда поэтому должна заключаться в усилении влекущего течения потока, проходящего через затор. Это способствует выносу отдельных льдин из затора, уменьшает сопротивление тела затора потоку, что, в свою очередь, увеличивает пропускную способность и снижает подпорный горизонт воды.

Развитие этого процесса может быть достигнуто путем создания в нижней части головы затора отверстия в виде канала, свободного ото льда. Вода, фильтрующаяся через затор, устремляется в образовавшийся канал и начинает размывать его, унося лед из канала. При углублении канала внутрь затора (снизу-вверх по реке) скорость течения в канале возрастает, и, наконец, наступает момент, когда давление воды в заторе и влекущая сила потока в канале начинают превосходить силы сцепления льдин между собой и с берегами.

В этот момент начинается прорыв затора. В движение приходит лед, находящийся в средней части затора (по ширине реки), а затем в движение вовлекаются все новые массы льда от середины к берегам, пока не приходит в движение вся масса льда, находящаяся в заторе. Происходит прорыв затора.

Прорыв затора 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.

Прежде чем приступить к разрушению затора необходимо в первую очередь выявить его особенности, а затем намечать наиболее рациональные методы разрушения.

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

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 первого необходимо систематическое наблюдение на участке, где возможно образование затора. Ликвидация образующегося затора лучше всего может быть осуществлена взрывом.

Разрушение затора необходимо начинать с нижней его кромки вверх по реке. При многорукавном русле 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 приступить 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 приступить с нижнего по течению, в противном случае прорыв вышерасположенного затора может привести к усилению нижерасположенного.

5. НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ РАЗРУШЕНИЯ ЛЬДА

5.1. Механические способы разрушения льда

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

Механическое разрушение льда производится ледорезными машинами.

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

Ледорезные машины с цепями или барами имеют довольно простую конструкцию и высокую производительность.

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.

5.2. Образование искусственных заторов льда

Одной из активных мер борьбы с заторами является искусственное образование заторов в тех местах, где вызываемые ими затопления не вызывают вреда.

Прекращение стока ледового материала дает возможность нормальному вскрытию и очищению ото льда защищаемого участка, способствует таянию и ослаблению задержанного льда, что облегчает в дальнейшем его беспрепятственный сплав вниз по течению.

Местом образования искусственного затора льда обычно служит участок реки в районе разделения реки на рукава. Многорукавный участок должен находиться выше по течению от затороопасного (защищаемого) участка и ниже 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 реки при низких уровнях воды, вследствие чего возрастает сопротивление продвижению ледохода вниз по реке;

увеличение толщины и прочности ледяного покрова к периоду вскрытия;

уменьшение ледопропускной способности русла реки путем искусственного сужения русла реки.

5.3. Применение выправительных работ для предупреждения заторов

Выправление русла с помощью капитальных постоянных сооружений является эффективным способом предупреждения заторов, главным образом, для рек, текущих на юг, т.е. в тех случаях, когда причиной образования затора является недостаточная ледопропускная способность русла на рассматриваемом участке.

Проведение выправительных работ с помощью устройства временных, главным образом, ледяных, сооружений может оказаться целесообразным при соответствующих климатических условиях, обеспечивающих быстрое и надежное возведение указанных сооружений.

Основное направление в проектировании выправительных работ для предупреждения заторов состоит в создании, прямолинейного или слабо изогнутого русла, обеспечивающего беспрепятственный пропуск льда. При выправлении русла в целях предотвращения заторообразования, желательно применение запруд, продольных дамб, берегоукреплений и других аналогичных сооружений, которые создают плавную трассу без отдельных выступающих элементов, препятствующих движению льдин, в противном случае возникает опасность образования заторов.

Применение поперечных сооружений, являющихся более дешевыми и, в ряде случаев, более эффективными в отношении влияния на руслоформирующие процессы, допустимо только у выпуклых берегов, причем сооружения должны быть ориентированы в направлении по течению реки. Гребни сооружений должны быть подняты выше уровня ледохода, должны иметь надлежащее крепление.

5.4. Применение взрывных методов ликвидации заторов

Одним из способов предупреждения и борьбы с заторами и зажорами является применение взрывов. Появление мощных водоустойчивых и менее опасных в обращении взрывчатых веществ, а также современной 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.

Взрывные работы могут применяться:

- 1) для проведения предупредительных мероприятий, обеспечивающих беззаторный пропуск льда на данном участке реки;
- 2) для проведения предупредительных мероприятий по защите мостов и гидротехнических, сооружений в период ледохода;
- 3) для оперативной борьбы с заторами в момент их образования с целью немедленной ликвидации причин (больших полей, их первоначальных скоплений и т.п.);
- 4) для ликвидации уже сформировавшихся заторов;
- 5) для борьбы с зажорами льда.

Однако кажущаяся заманчивость использования взрывных методов не должна закрывать глаза на огромный вред, приносимый взрывами рыбному хозяйству страны (особенно в последние годы в связи с общим сокращением рыбных запасов и по целому ряду других причин). Исходя из этого, применение взрывов для работ по предупреждению заторов (очищение ото льда значительных площадей, создание майн, каналов и т.п.) следует считать нецелесообразным и запретить в законодательном порядке.

Только в исключительных случаях проведение таких работ должно вестись по разрешению вышестоящих организаций. К таким случаям могут относиться случаи, когда заранее можно видеть, что вероятность образования затора в данном году велика, и он может принести убытки, значительно превышающие убытки, которые может потерпеть рыбное хозяйство.

Взрывные работы рекомендуется начинать с первыми признаками таяния снега и подъема воды. При расчете веса зарядов для рыхления льда в пойменных озерах и стоячих водоемах удельный расход ВВ принимается равным $0,5 \text{ кг/м}^3$.

Учитывая трудоемкость работ по затоплению льда при отсутствии закраины или полыньи, майны обычно образуют за счет выброса льда на поверхность ледяного покрова, используя для этого массовые взрывы зарядов. Максимальный выброс льда достигается при однорядном расположении зарядов на расстоянии друг от друга на $1,5 - 2,0$ м глубины опускания заряда и удельном расходе ВВ равном $0,9 - 1,5 \text{ кг/м}^3$. Однако в этом случае ширина образуемой майны, как правило, не превышает 15 м. Для получения более широких майн применяют $2 - 3$ -рядное расположение зарядов.

Размеры льдин после раскалывания ледяного покрова должны обеспечивать свободный проход их под пролетами моста. Ледяной покров вблизи гидротехнических сооружений дробят по всей ширине водоема. Площадь ледяного покрова, подлежащая раскалыванию, зависит от толщины льда, характера ледохода на данной реке, надежности защищаемого сооружения и т.д. Раскалывание ледяного покрова служит профилактическим мероприятием против напора больших ледяных полей на гидротехнические сооружения и для предупреждения образования заторов.

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.

6.БОРЬБА С ЗАЖОРАМИ НА РЕКАХ.

6.1. Формирование зажоров.

Образование зажоров приводит к уменьшению пропускной способности русла, к повышению уровня воды выше зажора, что может вызвать затопление прилегающей местности, и понижению уровня ниже зажора. Образование шуги в русле реки и водохранилище является причиной серьезных ледовых затруднений на водозаборах (обмерзание труб, сорозадерживающих решеток, забивка оголовков), что часто может приводить к полному прекращению подачи воды.

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

Процесс зажорообразования определяется комплексом факторов, которые можно разделить на две группы:

1. Факторы, способствующие образованию шуги.
2. 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/сек) и температуры воздуха происходит переохлаждение воды, ведущее к интенсивному образованию внутриводного льда и шуги.

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

Таким образом, зажоры 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 зажоров от года к году меняется. Таким образом, условиями образования и развития зажоров являются:

- а) наличие незамерзающего участка реки (перекаты, участки с повышенными скоростями, полыньи и пр.) или открытой водной поверхности водохранилища;
- б) наличие отрицательной температуры воздуха ниже критической, вызывающей теплоотдачу с водной поверхности;

в) наличие турбулентного течения в водотоке или сильного ветрового волнения на водохранилище, способствующих переохлаждению водной массы и кристаллизации внутриводного льда;

г) повышенная шугонасыщенность потока в целом;

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

е) изменение скоростей течения на реке (плесы-перекаты, места выклинивания кривых подпора водохранилищ и др.).

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

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

б) при $v = 0,7 - 0,067H$ м/сек, где H - глубина потока, м; шуговой ковер не будет подныривать;

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

г) при $v > 1,5$ м/сек происходит полное взвешивание шуги. Водная поверхность обнажается.

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

В реальных условиях схема явления осложняется непрерывными колебаниями гидрометеорологических элементов. Так, при сильных морозах на реке образуется много льда, в особенности, если длина шугообразующего (т.е. незамерзшего) участка велика. Этот лед обладает значительной прочностью, и благодаря низкой температуре воздуха легко смерзается; кромка продвигается быстро, зажорный подъем уровня оказывается небольшим. Напротив, при слабых морозах к кромке подплывают тонкие непрочные льдинки и шуга; смерзание их происходит медленно, время от времени происходит торошение. В результате кромка продвигается постепенно со значительным подъемом уровня.

В нижних бьефах ГЭС процесс протекает аналогичным образом. Отличие состоит 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, температурой воды и т.п.

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

Предсказание максимального зазорного уровня осуществляется на основе связи его с водностью в предледоставный период, например, со средним расходом воды за ноябрь.

Мощность зазора, образующегося в нижнем конце незамерзающего участка реки, находится в прямой зависимости от объема льда. Соответственно, для целей прогноза можно установить связь максимального зазорного уровня со стоком льда.

6.2. Методы предупреждения зажоров и борьбы с ними

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

- 1) путем принятия предупредительных мер;
- 2) путем ликвидации образовавшихся зажоров. При этом, поскольку процесс зажорообразования не мыслим без процесса шугообразования, необходимо воздействовать на оба процесса.

При разработке мероприятий, которые необходимы для предотвращения образования зажоров и борьбы с их развитием необходимо:

- 1) на основании анализа возможного сочетания главных факторов, определяющих образование и развитие зажоров, дать прогноз мест и времени образования зазора, рассмотрев гидрометеорологические особенности системы с точки зрения скоростей течения, температуры воздуха, направления и скорости ветра и морфологии;
- 2) в случае достаточной изученности системы и наличия данных о времени и месте образования зажоров за предшествующий период можно базироваться на фактических данных.

Как отмечалось выше, основными определяющими ледовый процесс факторами являются скорость течения, температурные условия и морфология русла. Из перечисленных факторов, можно воздействовать в более или менее полной мере на скоростные условия в потоке и морфологию.

Исходя из этого, выделяют следующие группы методов регулирования потоков в целях борьбы с зажорами:

- а) гидравлические,
- б) механические.

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 выправительных работ.

6.3. Гидравлическое регулирование потока в целях борьбы с зажорообразованием

При гидравлическом регулировании потока необходимо следующее:

а) установить скорости в реке, при которых не происходит образования шуги;

б) установить скоростной режим в данном створе, при котором не происходит образования зажора;

в) создать условия, при которых образуется зазор и аккумулируется шуга в неопасном месте;

г) увеличить расход (и скорости) с целью прорыва или размыва зажора, или смещения его вниз по течению.

Уменьшение скоростей течения обычно может быть достигнуто путем уменьшения расхода воды, проходящего через створ ГЭС, при наличии на реке гидростанций. Это мероприятие способствует:

а) ускорению образования ледяного покрова на реке, устраняющего переохладение воды и образование шуги;

б) уменьшению зашугованности русла. Уменьшение скоростей течения в поверхностном слое потока можно осуществить перекрытием русла льдинами, устройством запаней и задержанием движущейся шуги ветвями 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, бывает целесообразно создавать искусственный зазор (или

несколько зажоров) 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 прилегающих

Уменьшение шугообразования производится путем уменьшения размеров зоны или длительности периода шугообразования. Иногда удается полностью предотвратить переохлаждение воды и, следовательно, образование шуги.

Практически это достигается путем уменьшения теплоотдачи с поверхности воды или увеличения теплосодержания водной массы. В последнем случае надо различать мероприятия, в которых используется тепло, содержащееся в самом водоеме (тепло глубинных слоев воды, соседних участков водоема, притоков и т.п.), и мероприятия, в которых используется тепло специально нагретой воды, подаваемой в водоем, или тепло грунтовых вод.

7. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКЕ СЫРДРЬЯ (НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА).

7.1. Климатические характеристики реки.

Среднегодовая температура воздуха рассматриваемой территории колеблется от +7,2⁰С (м/ст. Аральское море) до +13,4⁰С (м/ст. Шардара).

Холодный период начинается в ноябре и заканчивается в конце марта. Самым холодным месяцем является январь, средняя температура воздуха изменяется от – 2,1⁰С (м/ст. Шардара) до – 13,1⁰С (м/ст. Аральское море). Абсолютный минимум достигает - 40⁰С (м/станции Казалинск).

Устойчивый переход температуры от отрицательных значений к положительным происходит в феврале-марте, средняя дата перехода температуры через 0⁰С – 15/II – 26/III (м/ст. Шардара, м/ст. Аральское море). Осенью переход температуры через 0⁰С отмечается в среднем 8/XI - 4/XII (м/ст. Аральское море, м/ст. Шардара).

Средняя дата весеннего заморозка 16/IV по м/ст. Аральское море, 11/IV по м/ст. Шардара осеннего 8/X – 13/X (м/ст. Аральское море, м/ст. Шардара). Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 174 – 184 дня (м/ст. Аральское море, м/ст. Шардара).

Годовое количество осадков по м/ст. Аральское море и Шардара составляет 137 - 242 мм. Наибольшая месячная сумма осадков приходится на весенний период (март), наименьшее количество осадков выпадает обычно в августе - сентябре. Летний период характеризуется ясной сухой погодой.

Осадки за теплый период года по м/ст. Шардара и м/ст. Кызылорда составляют 88 - 56 мм.

На севере рассматриваемого района в 8-36% наблюдаются зимы с неустойчивым снежным покровом, а на юге – 48–70%. Первое появление снежного покрова отмечается обычно в третьей декаде ноября. Устойчивый снежной покров устанавливается обычно через 20-30 дней после его первого появления. Максимальные снегозапасы в среднем бывают в третьей декаде января, в начале февраля (51 - 67 мм, м/ст. Туркестан, м/ст. Шардара). Начало весеннего снеготаяния в среднем наблюдается через 10 - 15 дней после даты установления максимальных снегозапасов.

Средняя наибольшая высота снежного покрова в зимний период составляет 21 - 39 см (м/ст. Туркестан, м/ст. Казалинск). К началу снеготаяния высота снега обычно уменьшается и составляет в среднем 1 см.

Плотность снежного покрова в начале зимы обычно составляет 0,20 г/см³, увеличиваясь к концу зимы, и перед началом снеготаяния достигает в среднем 0,25 г/см³ (м/ст. Аральское море, м/ст. Казалинск). Сход снежного покрова происходит в третьей декаде февраля и продолжается до третьей декады марта.

Многолетние колебания дат образования устойчивого снежного покрова для рассматриваемой территории составляют месяц. Продолжительность залегания снежного покрова в среднем составляет 33 - 86 дней (м/ст. Шардара, м/ст. Аральское море).

В настоящее время максимальные попуски воды в нижний бьеф Шардаринского водохранилища в условиях многоводного года (и нормальных условиях) ограничены следующими расходами:

- в период с ледовыми явлениями (XII - 15.III) - 700 (600) м³/с;
- в период без ледовых явлений (16.IV - IX) - 1800 (1500) м³/с;
- в период межсезонья (X – XI, 16.III – 15.IV) - 1500 м³/с.

7.2. Ледовый режим на р. Сырдарье.

Ледовые явления и их продолжительность на реках, как известно, связаны с режимом температуры воздуха холодного периода и, в частности, с накоплением сумм отрицательных среднесуточных температур воздуха, которые значительно отличаются в холодные и теплые годы. Именно по

сезонному накоплению отрицательных температур воздуха можно судить о степени развития ледяных образований.

Характерным для рассматриваемой территории являются частые в течение зимы вторжения теплых и холодных воздушных масс, обуславливающие неустойчивость холодных периодов и смену их оттепелями. Все это создает большую пестроту в сроках появления и исчезновения ледяных образований и их неустойчивость.

Процесс ледообразования определяется также рядом гидрологических и гидравлических характеристик реки: скоростью течения, от которой зависит возможность образования ледостава, образованием донного льда; глубинами реки, уклоном, шероховатостью дна русла и др. Расходами воды и другими гидравлическими характеристиками определяется транспортирующая способность потока, от которой зависит движение внутриводного льда.

Для рек бассейна р. Арысь характерно образование устойчивого ледостава в низовье р. Арысь и на реках Бугунь и Донгузтау. Это объясняется климатическими особенностями района. Однако в этом бассейне много рек с большой долей грунтового стока, зимняя температура воды которых относительно высока и ледовые явления либо вовсе отсутствуют, либо бывают очень редко (реки Машат, Кельтмашат, Балыкши, Кокбулак и др).

Ледяные образования на реках начинаются с появления сала, снежуры и заберегов. Большие скорости течения и интенсивное турбулентное перемешивание охлажденных поверхностных слоев воды с донными, приводят к оледенению валунов и камней, слагающих русло, и образованию заберегов, внутриводного льда и шуги.

Первичной формой ледовых явлений являются забереги. На горных реках забереги по величине незначительные, но они, увеличиваясь в ширину и толщину, ведут к образованию других ледяных форм: ледяных мостов, перемычек и частичного ледостава.

Шуга является самым распространенным ледяным образованием на горных реках. На малых реках шуга образуется на отдельных участках, так как внутриводный лед, примерзая к заберегам или валунам, не образует шугохода.

Ледоход продолжительностью до 2-3 дней бывает крайне редко. Подавляющее большинство рек с ледоставом рассматриваемого района характеризуется отсутствием весеннего осеннего ледохода, так как весной обычно лед тает на месте.

В распределении ледовых явлений по длине рек обнаружена следующая закономерность. На верхних горных участках рек широкое распространение получили плавущие ледяные образования (в основном шугоходы) с продолжительностью до 2-3 месяцев, кратковременный и неустойчивый ледостав и своеобразные ледяные перемычки.

На равнинных участках (низовья р. Сырдарья) наблюдается устойчивый ледостав и развитие заторно – зажорных явлений. Забереги наблюдаются как на горных, так и на равнинных реках.

Раннее наступление ледовых явлений в среднем для рек бассейна р. Сырдарья относится к первой декаде ноября, позднее – ко второй декаде января. Раннее окончание ледовых явлений относится к концу января, позднее – к третьей декаде марта. Средняя продолжительность ледовых явлений по данным наблюдений колеблется от 27 до 129 дней.

Вследствие изменения по реке Сырдарья климатических и гидрологических условий различным ее участкам свойственны разные типы ледового режима.

В бассейне Сырдарьи температурные различия настолько велики, что в низовьях река замерзает ежегодно, а в верхней части участка - очень редко. Граница между двумя фазами ледообразования перемещается по реке: при похолоданиях - вверх по течению, а при потеплениях – вниз.

Ледовые явления в виде заберегов и шуги появляются сначала в низовье р. Сырдарья, в среднем в третьей декаде ноября у г. Казалинска (22.XI) и, распространяясь вверх по реке, в среднем к концу декабря достигают НБ Шардаринского водохранилища. Разница в датах начала ледовых явлений в разные годы на постах р. Сырдарья очень велика. Иногда у г. Казалинска они начинаются во второй половине декабря, в то время как у поста НБ Шардаринского водохранилища могут быть в начале декабря.

При очень интенсивных похолоданиях шугоход начинается почти на всем протяжении реки в течение одного и того же похолодания. Так было

осенью 1950 года, когда ледовые явления распространялись со скоростью более 300 км/сутки.

При слабых похолоданиях ледовые явления появляются в низовье и только при последующих понижениях температуры они распространяются вверх. Шугоход обычно прерывистый. Часто первые похолодания сменяются значительными потеплениями, которые сопровождаются прекращением шугохода, иногда на значительное время.

Окончание ледовых явлений на всей реке по средним датам приходится на период 8 II– 30.III. Однако в отдельные годы очищение реки ото льда может происходить и в январе, и в апреле.

Число дней с ледовыми явлениями в низовье в среднем 129 дней (г. Казалинск), тогда как в верховьях только 13 дней (НБ Шардаринского водохранилища, считая из числа зим с ледовыми явлениями).

Средняя продолжительность осеннего шугохода - две недели, хотя в некоторые годы она может достигать 50 и даже 70 дней. Если шугоход не прерывается следующей оттепелью, то начинается образование ледостава.

При этом замерзание реки начинается снизу от устья путем смерзания и остановки скоплений шуги.

В связи с изменением климата по длине р. Сырдарья можно выделить зоны ежегодных и не ежегодных ледоставов. Граница их находится в районе ж.-д. ст. Тюмень-Арык. Выше ж.-д. ст. Тюмень-Арык наблюдаются отдельные перемычки, и то не каждый год.

Ледостав р. Сырдарья устанавливается в среднем во второй-третьей декаде декабря. Самые крайние сроки замерзания реки приходятся на первую декаду ноября (самые ранние даты), вторую декаду февраля (самые поздние даты). Продолжительность ледостава 17 - 148 дней.

Движение кромки льда осенью снизу-вверх по реке происходит скачкообразно, путем образования серии ледяных перемычек, которые (72% случаев) образуются в излуцинах, вблизи их вершин.

Если замерзание реки Сырдарьи происходит снизу-вверх по реке, то вскрытие реки происходит в обратном порядке. Поступающая сверху относительная теплая вода растапливает лед и тем самым обуславливает движение кромки льда вниз.

Одновременно в ледяном покрове образуются полыньи, которые увеличиваются в числе и в размерах. Ледяной покров разбивается на ряд перемычек, однако, не столь ясно выраженных, как при замерзании.

Из выше изложенного следует, что замерзание в каждом отдельном пункте реки можно рассматривать как подход кромки льда снизу, а вскрытие – подход ее сверху.

Наивысшая скорость движения кромки льда наблюдалась в III декаде ноября 1951 г. (116 км/сутки) при движении кромки вверх и в III декаде марта 1951 года (80 км/сутки) при движении кромки вниз.

При сопоставлении скорости движения кромки льда на разном удалении от устья выясняется следующее:

- в период вскрытия реки зависимость средней многолетней скорости движения кромки льда от расстояния до устья выражена отчетливо, на нижних 200 км она составляет 50 км/сутки, на 400-м км уменьшается до 30 км/сутки, а на остальном участке она неизменна и равна 17 км/сутки
- в период замерзания такая зависимость отсутствует, есть некоторая тенденция на увеличение скорости к устью.

Вскрытие реки происходит под действием как тепловых, так и механических факторов. Разрушение ледяного покрова происходит как за счет таяния льда на кромке, так и за счет разламывания его на значительном протяжении от кромки. Средняя продолжительность ледохода 2 - 4 дня в отдельные годы она может превышать и 20 дней.

При замерзании реки первоначально наибольшая толщина льда наблюдается в местах заторов и зажоров, наименьшая на участках кристаллического льда возле полыней. Позднее это различие несколько выравнивается. Нарастание толщины льда продолжается до середины или конца февраля.

Наибольшая толщина наблюдается преимущественно в первой половине февраля. В период нарастания толщины льда максимум все время приходится на район Караозека.

С третьей декады февраля наибольшая толщина оказывается у г. Казалинск, так как вскрытие реки идет сверху вниз. Максимальная толщина льда в 1969 году составила 121 см (у г. Казалинск).

Наибольший интерес представляют зажоры и заторы, образующиеся в нижнем течении реки. Они сопровождаются высокими подъемами уровня воды, прорывами дамб обвалования, затоплениями железной дороги и др. Наивысшие уровни воды в низовьях реки обычно наблюдаются на кромке ледостава при движении ее вверх или вниз.

В преобладающем числе случаев наивысший уровень за зиму имеет место при вскрытии реки, чаще всего в последний день с ледоставом и в первый день без ледостава. Реже он наблюдается при замерзании и во время ледостава.

Таким образом, чаще всего опасные явления наблюдаются при заторах, а не зажорах. Следует отметить, что хотя вообще наибольшие зимние уровни наблюдаются при вскрытии реки, однако для некоторых постов наивысшие в многолетнем ряду уровни имели место осенью, в период замерзания, т. е. были зажорными.

На постах Тюмень – Арык и Кызылорда, в 12 км выше города, наивысший зимний уровень был при замерзании зимой 1953-54 года.

На всех постах, начиная с поста ж. - д. ст. Тюмень – Арык и ниже, высший зимний уровень чаще всего бывает выше наибольшего летнего и тем чаще, чем ближе к устью находится пост. На посту ж. - д. ст. Тюмень – Арык зимний уровень превышает летний в 58% случаев, на посту Кызылорда – 75%, на посту Караозек – 63%, у с. Джусалы – 97% и в г. Казалинск – 98%.

Таблица 7.1.

Параметры ледовых явлений р.Сырдарья.

Годы 1949-1974 г.г.	Период ледоста ва т.Тюме нь- Арык, сут	Период ледостава Казалинс к сут	Продолжи тельность замерзания , сут	Скорость движения кромки льда при замерзани и, км/сут	Продолж и тельность вскрытия, сут	Скорость движения кромки льда при вскрытии , км/сут
Ср.значение	62	107	19	92	27	46
Мак.значение	115	133	64	433	66	124
Мин.значение	16	77	3	14	7	13



Рис.7.1. Ледовые явления на реке Сырдарья.

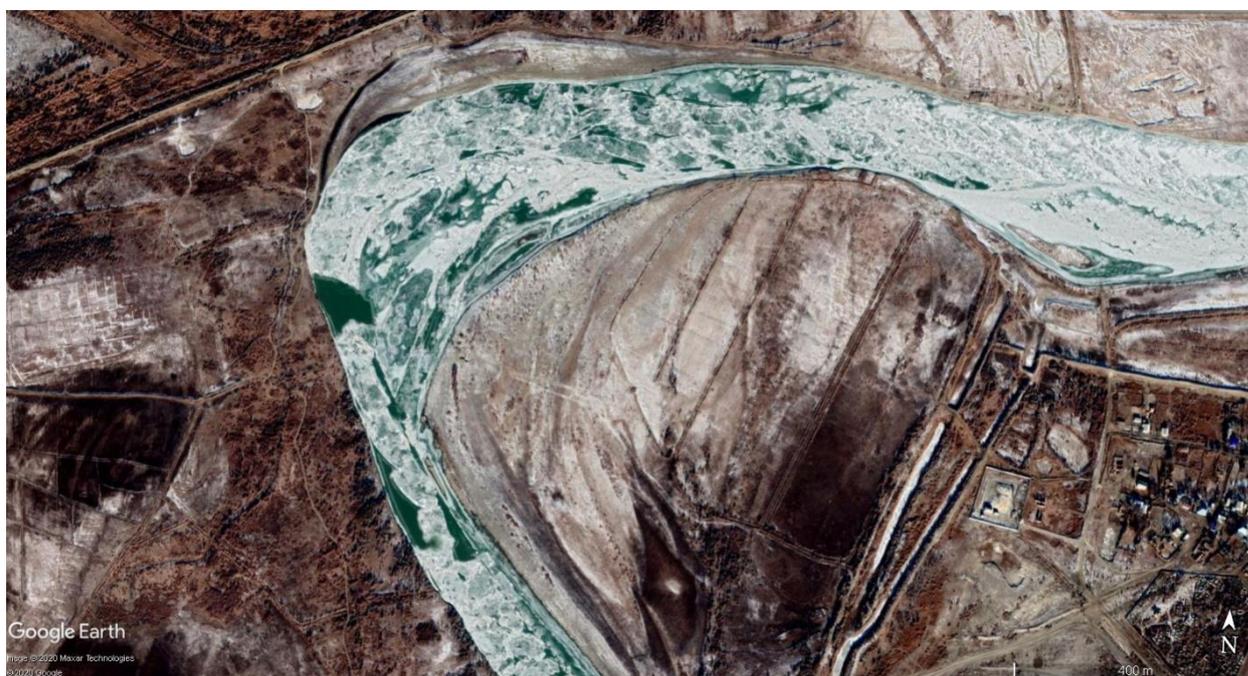


Рис.7.2. Ледовые явления на изгибе реки Сырдарья.



Рис.7.3. Ледовые явления на многорукавном участке реки Сырдарья.



Рис.7.4. Ледовые явления на многорукавном участке реки Сырдарья.



Рис.7.5. Ледовые явления на изгибе реки Сырдарья.

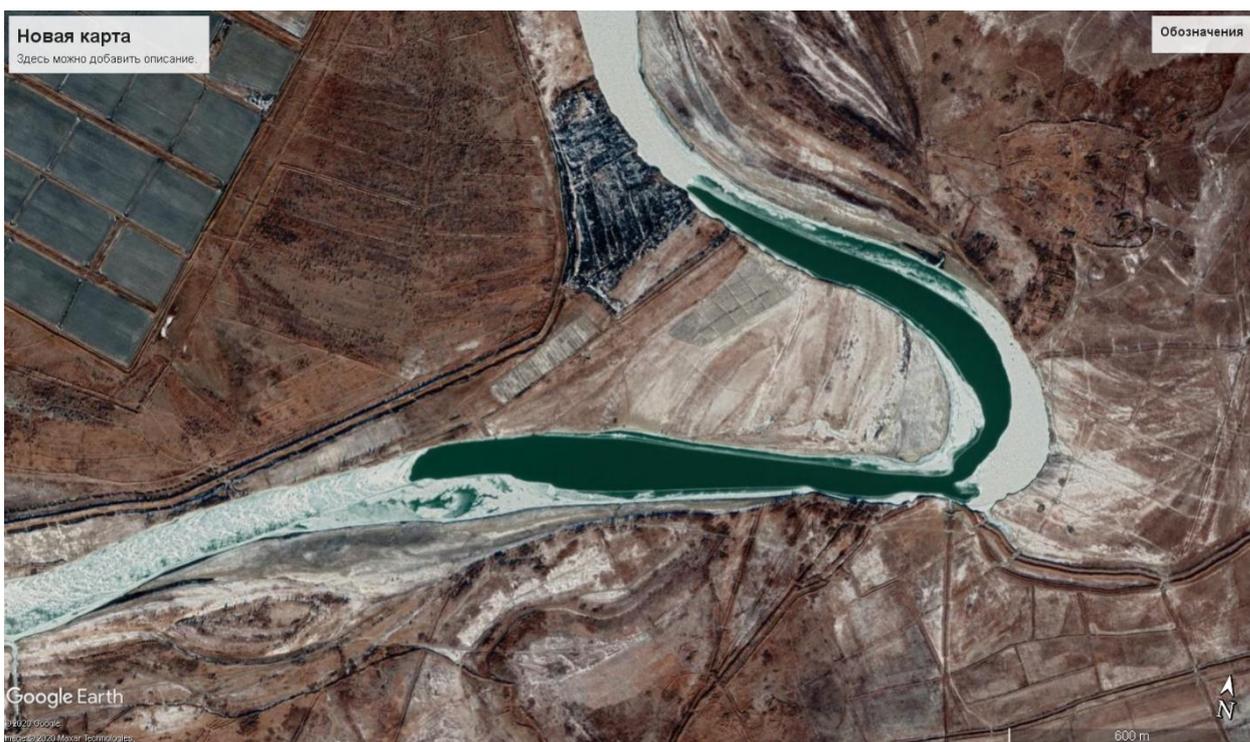


Рис.7.6. Ледовые явления на изгибе реки Сырдарья.



Рис.7.7. Ледовые явления на поворотах русла реки Сырдарья.



Рис.7.8. Ледовые явления на Кызылординском гидроузле.



Рис.7.9. Ледовые явления на широком участке реки Сырдарья.



Рис.7.10. Ледовые явления на Кызылординском гидроузле.



Рис.7.11. Ледовые явления на Кызылординском гидроузле.



Рис.7.12. Ледовые явления на Кызылординском гидроузле.



Рис.7.13. Ледовые явления на Кызылординском гидроузле. 2012 г.



Рис.7.14 Ледовые явления на Кызылординском гидроузле. 2010 г.



Рис.7.15. Шугоход на реке Сырдарья.



Рис.7.16. Ледовые явления на мостах.



Рис.7.17. Ледовые явления на Коксарайском контррегуляторе.



Рис.7.18. Ледовые явления на Аклакском гидроузле.

Таблица 7.2.

**Продолжительность ледовых явлений на р.Сырдарья на участке
г.Кызылорда.**

Годы	Продолжительность, сутки			
	осеннего ледохода (шугохода)	весеннего ледохода (шугохода)	ледостава	всех ледовых явлений
1967 - 1968	1	1	69	71
1968 - 1969	11	н.б.	104	115
1969 - 1970	2	1	65	67
1970 - 1971	11	2	95	114
1971 - 1972	н.б.	2	86	89
1972 - 1973	4	1	81	86
1973 - 1974	3	3	87	98
1974 - 1975	2	4	108	116
1975 - 1976	1	н.б.	138	146
1976 - 1977	н.б.	2	116	130
1977 - 1978	1	н.б.	88	101
1978 - 1979	17	н.б.	37/36	95
1979 - 1980	12	-	-	-
1980 - 1981	-	2	-	-
1981 - 1982	2	1	84/30	123
1982 - 1983	7	1	н.б./82	94
1983 - 1984	н.б.	1	79/11	101
1984 - 1985	1	2	97/17	118
1985 - 1986	5	-	-	-
1986 - 1987	-	1	-	-
1987 - 1988	2	-	-	-

Таблица 7.3.

Даты ледовых явлений на р.Сырдарья на участке г.Кызылорда.

Годы	Дата				
	начала осенних ледовых явлений	начала осеннего ледохода (шугохода)	начала ледостава	начала весеннего ледохода (шугохода)	окончания ледовых явлений
1952 - 1953	12 ноя	13 ноя	21 ноя	27 фев	27 фев
1953 - 1954	9 ноя	9 ноя	19 дек	30 мар	31 мар
1959 - 1960	29 ноя	29 ноя	11 дек	1 мар	23 мар
1968 - 1969	7 дек	7 дек	17 дек	н.б.	31 мар
1969 - 1970	5 янв	5 янв	7 янв	13 мар	13 мар
1972 - 1973	22 дек	22 дек	27 дек	12 мар	18 мар

Таблица 7.4.

Характеристика зимнего периода р.Сырдарья на участке г.Кызылорда.

Годы	Река - створ		Наибольшая толщина льда за год	
			см	дата
1967	Сырдарья - г Кызылорда	лед	86	28.02,5.03
1968	Сырдарья - г Кызылорда	лед	47	25.2
1969	Сырдарья - г Кызылорда	лед	109	5.3
1970	Сырдарья - г Кызылорда	лед	50	10,15,20.02
1971	Сырдарья - г Кызылорда	лед	60	5.03,10.03
1972	Сырдарья - г Кызылорда	лед	62	5.3
1973	Сырдарья - г Кызылорда	лед	46	5.3
1974	Сырдарья - г Кызылорда	лед	60	5,10,15. 3
1975	Сырдарья - г Кызылорда	лед	47	10.3
1976	Сырдарья - г Кызылорда	лед	40	31.12
1977	Сырдарья - г Кызылорда	лед	71	20.2
1978	Сырдарья - г Кызылорда	лед	51	15.2
1979	Сырдарья - г Кызылорда	лед	50	15.2
1980	Сырдарья - г Кызылорда	лед		
1981	Сырдарья - г Кызылорда	лед	25	25,28.02
1982	Сырдарья - г Кызылорда	лед	75	28.02,05.03
1983	Сырдарья - г Кызылорда	лед	40	15.01,15.02
1984	Сырдарья - г Кызылорда	лед	60	29.02,15.03
1985	Сырдарья - г Кызылорда	лед	72	31.1
Средняя толщина льда, см			58	
Максимальная толщина льда, см			109	05.03.69 г.
Минимальная толщина льда, см			25	25,28.02.81 г.

Таблица 7.5.

Характеристика зимнего периода р.Сырдарья на участке Тасбугет (905.6км) -- Казалинск (1458.8 км). Длина участка 553.2 км.

Годы	Начало ледостава Тасбугет	Начало ледостава Казалинск	Разница начал ледоставов между постами, суток
1949 / 1950	12.12.49	12.12.49	0
1950 / 1951	27.11.50	23.11.50	4
1951 / 1952	08.01.52	28.11.51	41
1952 / 1953	17.11.52	14.11.52	3
1953 / 1954	21.12.53	30.12.53	-9
1954 / 1955	29.11.54	26.11.54	3
1955 / 1956	29.12.55	27.12.55	2
1956 / 1957	18.12.56	28.12.56	-10
1957 / 1958	31.12.57	24.11.57	37

1958 / 1959	29.12.58	12.12.58	17
1959 / 1960	11.12.59	01.12.59	10
1960 / 1961	28.12.60	21.11.60	37
1961 / 1962	01.01.62	03.12.61	29
1962 / 1963	30.11.62	30.11.62	0
1963 / 1964	29.12.63	05.12.63	24
1964 / 1965	11.12.64	02.01.65	-22
1965 / 1966	23.12.65	17.12.65	6
1966 / 1967	18.12.66	28.11.66	20
1967 / 1968	04.01.68	26.11.67	39
1968 / 1969	18.12.68	08.12.68	10
1969 / 1970	07.01.70	04.01.70	3
1970 / 1971	24.11.70	25.11.70	-1
1971 / 1972	02.01.72	03.01.72	-1
1972 / 1973	27.12.72	23.12.72	4
1973 / 1974	24.12.73	21.12.73	3
1974 / 1975	02.12.74	30.11.74	2
1975 / 1976	14.11.75	11.11.75	3
1976 / 1977	18.11.76	10.11.76	8
1977 / 1978	14.12.77	12.12.77	2
1978 / 1979	11.02.79	30.12.78	43
1979 / 1980		09.02.80	
1980 / 1981	26.12.80	28.01.81	-33
1981 / 1982	04.12.81	20.02.82	-78
1982 / 1983	09.12.82		
1983 / 1984	01.01.84	21.12.83	11
1984 / 1985	02.12.84	14.12.84	-12
1985 / 1986		29.01.86	
1986 / 1987	01.01.87	29.11.86	33
1987 / 1988	11.12.87	25.11.87	16
1988 / 1989	19.01.89	18.02.89	-30
1989 / 1990	18.01.90	14.01.90	4
1990 / 1991	08.01.91	01.01.91	7
1991 / 1992		08.01.92	
1992 / 1993	06.01.93	11.01.93	-5
1993 / 1994	01.12.93	27.11.93	4
1994 / 1995	01.01.95		
1995 / 1996	11.12.95	27.12.95	-16
1996 / 1997			
1997 / 1998	07.12.97	01.03.98	-84
1998 / 1999		28.02.99	
1999 / 2000		16.12.99	
2000 / 2001		24.01.01	
2001 / 2002	12.12.01		
2002 / 2003	01.01.03	21.12.02	11
2003 / 2004			
2004 / 2005			

Таблица 7.6.

Характеристика зимнего периода р.Сырдарья на участке Тюмень-Арык - Тасбугет.

Годы			Период ледостава т.Тюмень-Арык, дни	Период ледостава Тасбугет, дни	Продолжительность замерзания, дни	Скорость движения кромки льда при замерзании, км/дни	Скорость движения кромки льда при вскрытии, км/дни
1949	/	1950	81	99	5	62,6	24,06
1950	/	1951	115	124	0		34,76
1951	/	1952		32			
1952	/	1953	74	102	14	22,3	22,34
1953	/	1954	47	99	42	7,4	31,28
1954	/	1955	79	106	7	44,7	15,64
1955	/	1956	66	83	4	78,2	24,06
1956	/	1957	79	95	7	44,7	34,76
1957	/	1958		54			
1958	/	1959	16	67	12	26,1	8,02
1959	/	1960	59	81	3	104,3	16,46
1960	/	1961	35	70	6	52,1	10,79
1961	/	1962	28	61	17	18,4	19,55
1962	/	1963	81	86	-2		44,69
1963	/	1964	47	82	3	104,3	9,78
1964	/	1965	29	90	50	6,3	28,44
1965	/	1966		70			
1966	/	1967	68	85	12	26,1	62,56
1967	/	1968	24	66	25	12,5	18,40
1968	/	1969	99	104	0		62,56
1969	/	1970	37	65	4	78,2	13,03
1970	/	1971	76	115	28	11,2	28,44
1971	/	1972	78	85	3	104,3	78,20
1972	/	1973	66	81	1	312,8	22,34
1973	/	1974	72	88	14	22,3	156,40
Ср.значение			62	84	12	60	35
Мак.значение			115	124	50	313	156
Мин.значение			16	32	-2	6	8

Таблица 7.7.

Характеристика зимнего периода р.Сырдарья на участке Тюмень-Арык (592.8 км) -Казалинск (1458.8 км). Длина участка 866 км.

Годы	Период ледостава т. Тюмень-Арык	Период ледостава азалинск	Продолжительность заморзания, дни	Скорость движения кромки льда при заморзании, км/дни	Продолжительность вскрытия, дни	Скорость движения кромки льда при вскрытии, км/дни
1949 / 1950	81	110	5	173,2	24	36,08
1950 / 1951	115	128	4	216,5	9	96,22
1951 / 1952		119				
1952 / 1953	74	122	17	50,9	31	27,94
1953 / 1954	47	103	33	26,2	23	37,65
1954 / 1955	79	115	10	86,6	26	33,31
1955 / 1956	66	99	6	144,3	27	32,07
1956 / 1957	79	94	-3		18	48,11
1957 / 1958		101				
1958 / 1959	16	111	29	29,9	66	13,12
1959 / 1960	59	133	13	66,6	61	14,20
1960 / 1961	35	117	43	20,1	39	22,21
1961 / 1962	28	105	46	18,8	31	27,94
1962 / 1963	81	101	-2		22	39,36
1963 / 1964	47	120	27	32,1	46	18,83
1964 / 1965	29	82	28	30,9	25	34,64
1965 / 1966		86				
1966 / 1967	68	124	32	27,1	24	36,08
1967 / 1968	24	113	64	13,5	25	34,64
1968 / 1969	99	116	10	86,6	7	123,71
1969 / 1970	37	77	7	123,7	33	26,24
1970 / 1971	76	123	27	32,1	20	43,30
1971 / 1972	78	88	2	433,0	8	108,25
1972 / 1973	66	90	5	173,2	19	45,58
1973 / 1974	72	97	17	50,9	8	108,25
Ср.значение	62	107	19	92	27	46
Мак.значение	115	133	64	433	66	124
Мин.значение	16	77	-3	14	7	13

Таблица 7.8.

**Характеристика ледовых явлений на р. Сырдарья на участке от
п.Томен-Арык и г.Казалинск.**

Пункты	Расстояние от Чардары	км	Замерзание, сут	Скорость км/сутки	Вскрытие льда, сут	Скорость км/сутки
Томень-Арык	592,8					
		312,8	6	52,1	12	26,1
г.Кызылорда	905,6					
		553,2	8	69,2	13	42,6
г.Казалинск	1458,8					
Всего		866,0	14	61,9	25	34,6

8. ПРОПУСК ВОДЫ ЧЕРЕЗ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

8.1. Общие положения

С наступлением устойчивых заморозков подача воды в каналы и пропуск ее через водовыпуски прекращается совершенно, для чего затворы на водовыпусках закрываются. Вся вода в это время пропускается через все пролеты водосброса без подпора, т.е. при затворах, приподнятых выше зимнего уровня воды перед водосбросом.

В период формирования шуги и льда ведут постоянные наблюдения за состоянием подводящего естественного и зарегулированного участков русла, где могут возникать зажоры и заторы, способствующие переполнению верхнего бьефа.

Пропуск шуги осуществляется при низких нерегулируемых уровнях воды в верхнем бьефе. По условию недопущения смерзания шуги и установления ледостава скорость течения не должна быть менее 0,5 м/с.

В период ледостава необходимо поддерживать майну перед затворами водоприемников путем околки льда, если ледостав попадает в зону затворов.

На период ледохода приказом начальника гидроузла устанавливается ответственное лицо и организуется круглосуточное дежурство работников эксплуатационного штата.

Лед пропускают через водосброс по всему фронту. Пропуску льда предшествует заблаговременная подготовка водосброса, подводящего и отводящего русел, запасов аварийных материалов, подрывных средств, камня, мешков с песком и т.п.

Подготовка подводящего и отводящего русел к пропуску льда заключается в дроблении льда на всей их длине, путем применения мелких взрывов. Посредством круглосуточного дежурства эксплуатационный персонал в пределах верхнего бьефа своевременно обнаруживает, а затем ликвидирует ледяные заторы в местах резкого сужения

В случае возникновения напряженного положения начальник гидроузла должен использовать все каналы оповещения для оказания помощи.

8.2. Некоторые аспекты эксплуатации гидроузла «Аклак» на реке Сырдарья в зимний период.

Зимние расходы более стабильны 100-300 м³/с и в створе гидроузла Аклак не должны превышать 400 м³/с при попуске из Шардариснского водохранилища 700 м³/с, поскольку русло Сырдарьи не может пропустить большие расходы из-за заторно-зажорных явлений. По этой причине зимние уровни на 1-1,5 м выше летних при тех же расходах.

Начало весеннего ледохода приходится в среднем на конец марта, наиболее раннего на первую декаду марта, а позднего – в середине апреля.

Ледовые явления в виде заберегов и шуги появляются в створе Аклак в среднем во второй декаде ноября, продолжительность 129 дней, а ледостава 109 дней. Наиболее продолжительный период ледовых явлений наблюдался зимой в 1939-40 годах, продолжительностью 169 суток.

Толщина льда наибольших значений достигает в феврале в среднем 64 см. у створа Аклак. Наибольшая толщина льда 121 см наблюдалась в первой декаде марта 1969 года.

Поэтому, сооружение не должно представлять собой преграду для движения льда, напротив, оно должно обеспечивать беспрепятственное прохождение льда через сооружение.

Перед зимним периодом, т.е. приблизительно в начале ноября, все затворы должны быть полностью открыты и подняты на 1,5 м выше максимально возможного в зимнее время уровня воды.

В период шугохода ведется надзор за прохождением шуги и отдельных льдин, при образовании в подводящем русле устойчивого ледяного покрова ведется измерение толщины льда, надзор за состоянием и подвижкой его, за действием, которое он оказывает на крепление откосов дамб.

В период вскрытия реки от ледяного покрова следует следить за проходом льда через отверстия водосброса и принимать меры к дроблению больших льдин, не проходящих через эти отверстия, хотя больших льдин

(больше чем ширина пролета) не должно быть; т.к. впереди головного сооружения установлены ледорезы.

8.3. Пропуск льда через гребень бетонных плотин

Учет условий пропуска льда через гребень бетонных плотин сводится к назначению:

- а) ширины отдельных ледобросных пролетов;
- б) общей ширины ледобросного фронта;
- в) соотношения ширин отдельных бычков и пролетов, при котором не затрудняется пропуск льда;
- г) формы оголовков отдельных бычков;
- д) предельного выдвижения отдельных бычков в сторону верхнего бьефа;
- е) достаточных глубин в пролетах;
- з) типа защиты элементов гребенки от разрушения льдом.

При невозможности устройства пролетов с шириной, определенной по этим зависимостям, необходима разработка комплекса мероприятий, направленных на снижение толщины и прочности основной массы сбрасываемого льда, что позволяет обеспечить пропуск льда через пролеты с меньшей шириной.

Для гребней с высоким порогом, на подходе к которым ледяные поля, соизмеримые с общей шириной ледобросного фронта, не ломаются на гидравлических перепадах, но могут ломаться на кривых спада водной поверхности непосредственно перед отдельными бычками, ширина ледобросных пролетов должна определяться с учетом разлома ледяных полей на кривых спада.

Отдельные бычки следует устраивать с вертикальной верхней гранью и заостренным оголовком. По длине пролета бычки должны иметь постоянную толщину и не иметь затопляемых при пропуске льда участков. Если по конструктивным, технологическим или каким-либо другим соображениям толщина бычков принята равной 6 - 10 м, то на входе в пролеты они могут иметь переменную толщину, уменьшающуюся в направлении оголовка.

Толщины отдельных бычков в гребенках бетонных плотин должны быть не больше 0,6 ширины ледобросных пролетов. При большей толщине увеличивается сопротивление бычков продвижению льда в пролеты, а для

гребенок с высоким порогом затрудняется разлом ледяных полей на кривых спада перед входом в пролет.

Для обеспечения разлома ледяных полей на кривых спада водной поверхности перед водосливами, близкими по очертанию к водосливам практического профиля, выдвигание отдельных бычков от верховой грани водослива в сторону верхнего бьефа должно быть меньшим $1,5H$ (где H - величина напора над гребнем водослива). Глубина потока в ледобросных пролетах гребня с низким порогом должна быть не менее 4 - 5 м.

8.4. Пропуск льда через донные отверстия

Для донных отверстий учет условий пропуска льда сводится к установлению предельного затопления потолка донных отверстий из условия неподныривания льда и сроков задержания льда перед сооружениями. Для донных отверстий бетонных плотин высотой 5 - 15 м, работающих в строительный период полным сечением без вихревых воронок на входе, величину затопления их потолка, при которой прекращается подныривание льда

При пропуске льда через донные отверстия на реках с тяжелыми ледоходами затопление их потолка не должно превышать высоту отверстий.

Для бетонных гравитационных плотин ширина донных отверстий, через которые необходимо осуществлять пропуск льда, по условиям прочности плотины не должна превышать:

- а) для плотин высотой более 70 м - 50 % расстояния между сквозными температурными швами плотины;
- б) для плотин высотой до 70 м - 60 % расстояния между сквозными температурными швами плотины.

Для обеспечения беспрепятственного пропуска льда через донные отверстия бетонных гравитационных плотин, ширина которых по условиям прочности отдельных секций плотины, в зависимости от высоты плотины и района строительства не может превышать 5 - 15 м, необходимо осуществлять временное задержание льда перед сооружениями с целью уменьшения его толщины и прочности.

При необходимости пропуска льда через тоннели и береговые траншейные водобросы должны быть учтены общие положения по пропуску льда и опыт работы сооружений в аналогичных условиях. В качестве аналогов для ориентировочных расчетов пропуска льда для тоннелей могут быть

приняты донные отверстия такого же сечения, а для береговых водосбросов - пролеты гребенок с низким или высоким порогом.

8.5. Задержание ледохода перед гидротехническими сооружениями

Пропуск льда через сооружения в строительный и эксплуатационный периоды следует предусматривать только в случаях, когда скорости течения в верхнем бьефе достигают величин, способных создать подвижку ледяных полей, отделенных от берегов.

Для временного задержания ледохода перед сооружениями к подъему уровней в верхнем бьефе с целью создания меньших скоростей следует приступать после отделения ледяного покрова от берегов.

Для гидроузлов с поверхностными водосбросами, перекрытыми подъемными затворами, при отказе от сброса льда минимально необходимая величина их открытия по условиям предохранения от подныривания под затвор льдин ориентировочно равна 0,2 от полного открытия отверстия.

В целом ряде случаев для задержания льда в водотоках, перед сооружениями и на входах во всевозможные водопропускные отверстия применяются плавучие запаны.

8.6. Беззатворный пропуск льда в период эксплуатации

При необходимости пропуска льда через эксплуатируемые 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 и т.д.

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

В случае если гидроузел располагается в каскаде, то должна быть предусмотрена возможность сработки уровней воды на нижерасположенном гидроузле, что обеспечит ледотранзит за сооружениями. На вышерасположенном гидроузле целесообразно уменьшать пропуски воды в весенний период, что позволит дополнительно задержать на некоторое время вскрытие реки перед защищаемым гидроузлом и приведет к снижению

толщины и прочности льда на этом участке, а значит и к обеспечению более благоприятных условий пропуска льда.

При компоновке сооружений гидроузла следует иметь ввиду следующие положения:

- ледосбросные пролеты следует располагать в пределах стрежня реки;
- при расположении гидроузла на изгибе реки, ледосбросные пролеты желательно располагать у вогнутого берега, к которому обычно направляется основная масса льда;
- в пределах ледосбросного фронта не следует устраивать пролеты или отверстия с резко отличной пропускной способностью, так как это приводит к неравномерному поступлению льда к сооружению и может вызвать длительные остановки льдин перед отверстиями или пролетами с меньшей пропускной способностью.

Ледосбросные отверстия сооружений в период эксплуатации, когда попуски воды при ледоходе неограниченны, могут быть перекрыты затворами различной конструкции, которые при пропуске льда должны быть открыты на полную высоту.

Глубина потока перед сооружениями, в пределах сооружений и за ними должна обеспечивать беспрепятственный пропуск льда и предохранить различные конструктивные элементы сооружения 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 - 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 и уменьшению его общего объема, и на более раннее вскрытие реки в нижнем бьефе в сравнении с верхним бьефом.

8.7. Пропуск льда через суженные русла

Для суженных русел рек помимо общих положений учет условий пропуска льда сводится к назначению:

- а) ширины сужения;
- б) глубины в сужении;
- в) высоты перемычек, ограждающих недостроенные сооружения;

г) оптимального профиля и конфигурации перемычек и мероприятий по защите их от разрушения льдом.

Ширина суженных русел из условия пропуска льда должна назначаться на основе изучения ледового режима реки с использованием опыта работы сооружений, находящихся в аналогичных условиях, и приниматься не менее 30 % ширины реки, занятой плывущим льдом в бытовых условиях.

Глубина потока по фарватеру сужения должна обеспечивать пропуск пакетов заторного льда и для многоводных рек с тяжелыми ледоходами должна быть не менее 5 - 6 м.

При уклонах водной поверхности, больших 0,007, на входе в суженные русла ледяные поля с размерами вдоль потока 50 м и более разламываются на отдельные полосы льда.

9. ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ЗАТОРАМИ И ЗАЖОРАМИ ЛЬДА НА РЕКАХ.

9.1. Наблюдения за заторами льда

Эффективная борьба с заторами и зажорами льда может вестись на основе учета природных закономерностей и немислима без организации четкой оперативной информации, отражающей развитие ледовых процессов на реке на интересующий момент времени.

В состав наблюдений входят:

- наблюдения за уровнями воды на близко расположенных друг от друга водомерных постах;
- авиаразведки и наземные обследования ледового состояния реки;
- наблюдения за стоком льда;
- ледомерные съемки.

Осуществление указанного комплекса наблюдений позволяет организовать службу информации и получить некоторые возможности предсказания заторов льда, а также применять наиболее эффективные средства борьбы с заторами.

Выбор участка наблюдения за уровнем воды

На участке реки, где ежегодно образуются заторы льда, устраивается сеть временных водомерных постов. Число сезонных постов должно составить 3 - 5 (кроме 1 - 2 постоянно действующих, или опорных постов). Общая длина исследуемого участка может достигать 15 - 20 км.

Водомерные посты предпочтительно располагать в местах перегибов продольного профиля реки. Расстояние между постами может быть 1 - 4 км -

в зависимости от характера реки. Необходимо также обратить внимание на обеспечение сохранности постов от возможных повреждений льдом при подвижках, навалах и т.д.

При организации наблюдений необходимо собрать материалы, характеризующие морфометрические и другие главнейшие природные особенности участка реки. Прежде всего, нужны план участка в горизонталях (и изобатах) и продольный профиль. На плане показываются зоны затопления при разных уровнях, скорости течения, важные хозяйственные объекты и пр. Продольные профили вычерчиваются при различных (округлых) значениях расхода воды.

Отметки нулей графиков всех водомерных постов обязательно даются в данной высотной системе. На первых порах возможно установление отметок нулей графиков методом «водной нивелировки». Желательно избрать для всех постов единую плоскость нуля графика. Это предотвращает многие ошибки и облегчает обработку материалов наблюдений.

Детальность, или число сроков наблюдений за уровнями, определяется характером колебания самого уровня и развитием ледовых явлений на участке. До начала подвижек могут производиться двухсрочные наблюдения за уровнем на всех постах (8 - 20 часов) С момента начала подвижек число сроков наблюдений увеличивается до 4-6.

В последующем наблюдения производятся каждые 3 - 4 часа и чаще. Когда уровень достигает опасных отметок, нужны ежечасные наблюдения. На всех постах уровень должен измеряться в один и тот же срок.

Уровенные наблюдения на временных водомерных постах прекращаются через 2 - 3 дня после окончательного очищения реки ото льда.

Авиаразведки и наземное обследование ледового состояния реки

Авиаразведки доставляют сведения о ледовом состоянии главных рек бассейна на значительном протяжении. Оптимальная скорость полета 100 - 140 км/час, высота полета - 400 - 600 м. Предпочтительно вести облет рек сверху вниз по течению - при этом легче составить представление о состоянии процесса вскрытия.

Ледовая обстановка изображается на крупномасштабной карте реки специальными знаками; прочие сведения заносятся в бортовой журнал. При авиаразведке очень важна правильная привязка к местности, поэтому в затруднительных случаях необходимо фиксировать время нахождения

самолета над различными ориентирами (мосты, устья рек, крупные населенные пункты и т.д.).

Основным результатом авиаразведки является заключение о границах участков, где в данный момент наблюдаются подвижки, заторы, ледоход. В частности, признаки затора льда (снизу вверх по течению): сквозные трещины-поля и крупные льдины - торосы большие, а затем малые - густой ледоход и средний ледоход. В местах интенсивного торошения много истертого льда белесого цвета, а поверхность ледяного покрова обычно имеет грязный оттенок. О спаде уровня при смещении затора или его прорыве свидетельствуют навалы льда на берегах.

Наземные береговые обследования производятся непосредственно на изучаемом заторном участке реки для получения детальных сведений об особенностях процесса вскрытия и заторообразования. С этой целью применяются вертолеты. При обследованиях на карте-бланке фиксируются: закраины, вид поверхности ледяного покрова (торосы, трещины), положение затора, навалы льда на берегах и т.д. Отмечается также скорость движения льда и густота ледохода.

Наблюдения за стоком льда

Эти наблюдения производятся с целью получения данных о количестве льда, подносимого течением к затору. Створ наблюдений выбирается в 2 - 4 км выше заторного участка (вне пределов подпора). Наблюдательный пункт устраивается на высоком берегу.

Сток льда подсчитывается на основании кривой расходов льда и наблюдений за густотой ледохода. Расход льда получается, как произведение четырех сомножителей

$$Q_{\text{л}} = \eta h_{\text{л}} B v,$$

где η - густота ледохода в долях единицы (доля поверхности реки, покрытой плывущим льдом);

$h_{\text{л}}$ - средняя толщина плывущего льда, м;

B - ширина реки, м;

v - средняя скорость движения льда, м/сек.

При непрерывно изменяющейся густоте ледохода необходимо в течение светлой части суток произвести 4-6 измерений расходов.

При малоизменяющейся густоте ледохода число измерений может быть сокращено по 2 - 3. Густота ледохода фиксируется гораздо чаще - через 1 - 2 часа.

По данным измерений строится кривая расходов льда $Q_{\text{л}} = f(\eta)$, с помощью которой и производится подсчет стока льда за отдельные интервалы - шестичасовые, полусуточные, суточные и т.д.

Ледомерные съемки

При ледомерных съемках измеряется толщина ледяного покрова, толщина скоплений льда в заторе, высота торосов и навалов льда на берегу и пр.

Облегченная ледомерная съемка выполняется перед вскрытием на значительном протяжении реки для определения объема льда в русле и выявления возможных мест затора.

Расстояние между промерами определяется сложностью рельефа ледяного покрова. При сравнительно ровном ледяном покрове промеры делаются через 0,3 - 1,0 км, а при больших торосах - через 200 - 300 м.

Непосредственно на заторном участке ледомерная съемка (облегченная или сплошная) производится в момент существования затора. Расстояние между поперечниками 100 - 300 м, число промерных точек на поперечниках от 3 - 4 до 7 - 10.

Дополнительные виды наблюдений

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

Специально необходимо выполнять наблюдения за эффективностью применяющихся способов борьбы с заторами льда. Сюда входит описание способов борьбы, затрат рабочего времени, стоимость работ и пр.

9.2. Обработка материалов наблюдений за заторами льда

Материалы наблюдений за процессами заторо- и зажорообразования оформляются в виде технического отчета за каждый зимний период в отдельности, и включают:

1. Табличные материалы:

- а) таблицы уровней воды;
- б) таблицы измеренных расходов льда;
- в) таблицы подсчета стока льда;
- г) таблицы температуры воды и воздуха;
- д) ведомость с результатами ледомерной съемки;
- е) таблицы расходов воды;

ж) таблицы с данными о местоположении кромки льда, густоты ледохода и ширины реки у кромки.

2. Графические материалы:

а) детальный план заторного участка реки (в горизонталях и изобатах) с указанием местоположения водомерных постов, створа наблюдений за стоком льда, а также основных ориентиров (впадающих рек, дорог, мостов и пр.);

б) схематический план реки с результатами ледемерной съемки, где также показывается расположение поперечников, мест навалов льда, торосов и т.д.;

в) совмещенный график колебания уровня воды по всем водомерным постам в абсолютных отметках (или над единой плоскостью нуля графика). На этом же графике изображается ход температуры воздуха по срочным наблюдениям, полусуточные величины стока льда, густота ледохода и ледовые фазы. Масштаб времени берется достаточно крупный;

г) картограмма участка реки с ледовой обстановкой. В зависимости от изменения ледовой обстановки, число картограмм колеблется от одной картограммы в 2 - 3 дня до 5 - 6 картограмм в сутки;

д) карты с ледовой обстановкой на главных реках бассейна по материалам авиаразведок и маршрутных обследований;

е) продольный профиль реки по материалам ледемерной съемки. На профиле помещаются такие данные, как толщина скоплений льда и шуги, высота торосов и навалов на берегах и пр.

ж) продольные профили водной поверхности реки в характерные моменты: перед подвижкой, в начале ледохода, в момент наступления максимального уровня, при прорыве затора, после прорыва затора и т.д. Для облегчения анализа на одном графике совмещаются 3 - 4 профиля.

9.3. Прогнозирование заторов льда

Одним из способов борьбы с заторами является заблаговременное предсказание их, что позволяет заранее организовать принятие соответствующих мер борьбы с ними.

Предсказание заторов складывается из прогноза самого факта образования затора в данном створе и прогноза максимального заторного уровня воды.

В большинстве случаев предсказание мест образования заторов является весьма затруднительным. В этом отношении наиболее неопределенными

местами образования заторов являются участки переходов от перекаатов к плесам.

Прогноз образования затора (будет он или не будет) может составляться по интенсивности подъема уровня воды до начала подвижек льда, на основе использования данных многолетних наблюдений и рассмотрения аналогов. При этом для прогноза образования затора нужно знать не саму величину интенсивности подъема уровня, а лишь вероятность превышения некоторого известного предела ее. Произойдет ли интенсивность подъема? Этот предел на практике часто определяют на основании ожидаемых условий стока талой воды с поверхности бассейна, которые известны с боль этой заблаговременностью, чем интенсивность подъема уровня воды.

Прогноз вероятности образования затора при вскрытии реки может также в ряде случаев основываться на учете максимального уровня воды в начальный период ледостава. Если ледостав на участке происходит при высоком уровне, причиной чему часто служат зажорные явления, то образуется при этом более толстый ледяной покров. Более позднее вскрытие такого участка вместе с более толстым льдом образует условия для образования заторов на реках, текущих, в основном, с юга на север.

Места образования затора - один из важнейших факторов, определяющих высоту заторного подъема уровня воды в данном пункте выше затора. Для участков рек с существенно непостоянными местами образования заторов получить удовлетворительную зависимость заторного подъема уровня воды от определяющих факторов без учета места образования затора нельзя.

Во всех случаях необходима четко изложенная оперативная гидрологическая информация. На ее основании можно судить о местоположении затора льда, времени его прорыва, скорости перемещения ледовых масс и т.д. Часто удается приблизительно оценить размер ожидаемого подъема уровня.

Первым всегда возникает вопрос: где сейчас находится затор льда? Ответ, прежде всего можно получить путем обследования реки. Однако не всегда бывает это возможно сделать (например, в ночное время, при отсутствии дорог и транспорта, в нелетную погоду), поэтому в затруднительных случаях место затора может быть установлено путем анализа графиков колебания уровней, а лучше - продольного профиля водной поверхности.

При этом возможен ряд типовых случаев.

1. Имеется один водомерный пост. На образование затора льда ниже поста указывает резкий подъем уровня (при близком расположении затора). Длина участка (км), на которой сказывается влияние подпора от затора, примерно равна $1,5 H/i$ (где H - подъем уровня, м; i - уклон в промилях).

2. Имеется два водомерных поста. Образование затора льда между постами при сравнительно близком их расположении приводит к тому, что на верхнем посту уровень повышается, а на нижнем несколько понижается. О возникновении затора при значительном расстоянии между постами можно иногда судить по уменьшению густоты ледохода на нижнем посту (с учетом времени добегания).

3. Имеется несколько близко расположенных водомерных постов. Местоположение затора льда определяется по продольному профилю водной поверхности: оно совпадает с наиболее крутым участком профиля. Наибольший подъем уровня отмечается в пункте, где в данный момент происходит торошение льда.

Вторым возникает вопрос о том, когда образуется затор льда, в частности, когда наступит максимальный уровень? Обычно затор возникает в момент начала массового ледохода на значительном по протяженности участке реки. Иногда затор льда наблюдается в нижней части ранее вскрывшегося участка. При этом момент образования затора совпадает с подходом больших масс льда сверху.

9.4. Прогнозирование мощности затора

Вопрос о величине максимального заторного уровня (или мощности затора), является наиболее важным при прогнозировании заторов.

Для створов, расположенных в зоне подпора от затора, имеющего постоянное из года в год место образования, могут быть установлены прогностические зависимости между максимальным уровнем и одним или двумя определяющими факторами.

В зависимости от местных условий такими факторами могут быть:

1. Объем льда в русле реки в начале вскрытия. Вместо объема могут быть использованы такие характеристики, как толщина льда, сумма отрицательных температур воздуха и т.п.

2. Интенсивность паводка, характеризуемая интенсивностью подъема уровня в период ледохода.

3. Отрицательная температура в период вскрытия реки.

4. Интенсивность потепления, равная сумме положительных температур воздуха от момента устойчивого перехода их через 0° до даты ледохода, отнесенной к длительности этого периода.

5. Разница между временем вскрытия основной реки и ее крупных, притоков.

Заблаговременность предсказания при такой методике прогнозирования определяется временем продвижения кромки вскрытия реки от вышерасположенного водомерного поста до рассматриваемого створа и составляет несколько дней.

10. НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОСТАНОВКИ ЛЬДА ВЫШЕ СТВОРА СООРУЖЕНИЙ

Для остановки льда выше сооружений могут применяться плавучие ограждающие устройства в виде запаней, позволяющие как задерживать поверхностный лед, так и направлять его в другие безопасные места.

Конструкция запани обычно представляет собой ряд объединенных шарнирами звеньев (из соединенных цепями или болтами бревен или в виде понтонов).

Более надежные запани оборудуются погруженной в воду забральной стенкой в виде ледозащитного козырька, дополнительно исключающей подныривание льда. Закрепление концов запани предполагает возможность ее вертикального перемещения при изменении уровней воды.

В качестве примера могут быть предложены несколько вариантов запаней.

Одним из способов остановки льда является образование искусственных заторов на безопасных по условиям заторообразования участках реки.

Для этой цели может служить система из нескольких устраиваемых (под углом 45° к берегу реки) шпор (полузапруд) по обоим берегам реки. Расстояние между осями полузапруд не должно превышать двух ширин реки в период межени.

Прочностные расчеты податливых сооружений выполняются по [СНиП 2.06.04.82](#).

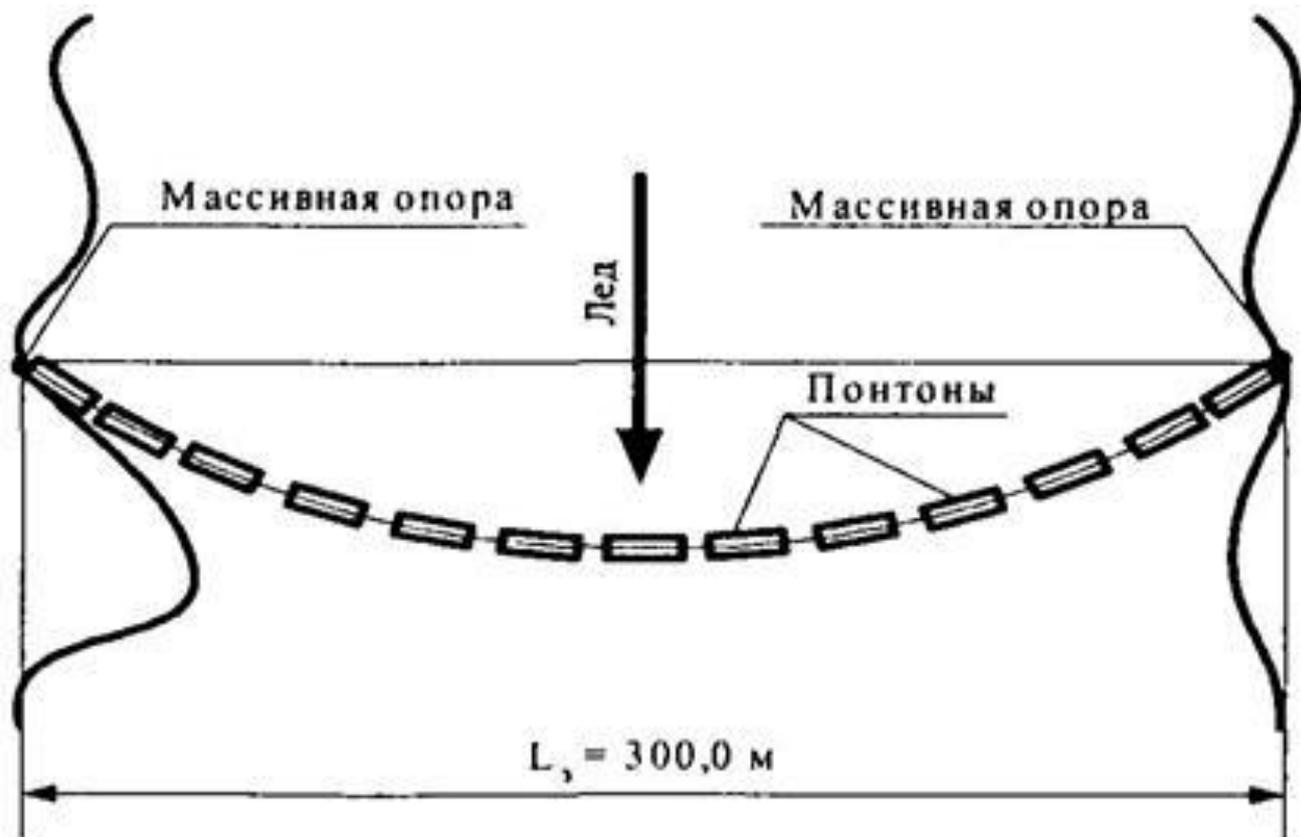


Рис. 10.1. Однопролетная ледозадерживающая запань, удерживаемая массивными опорами

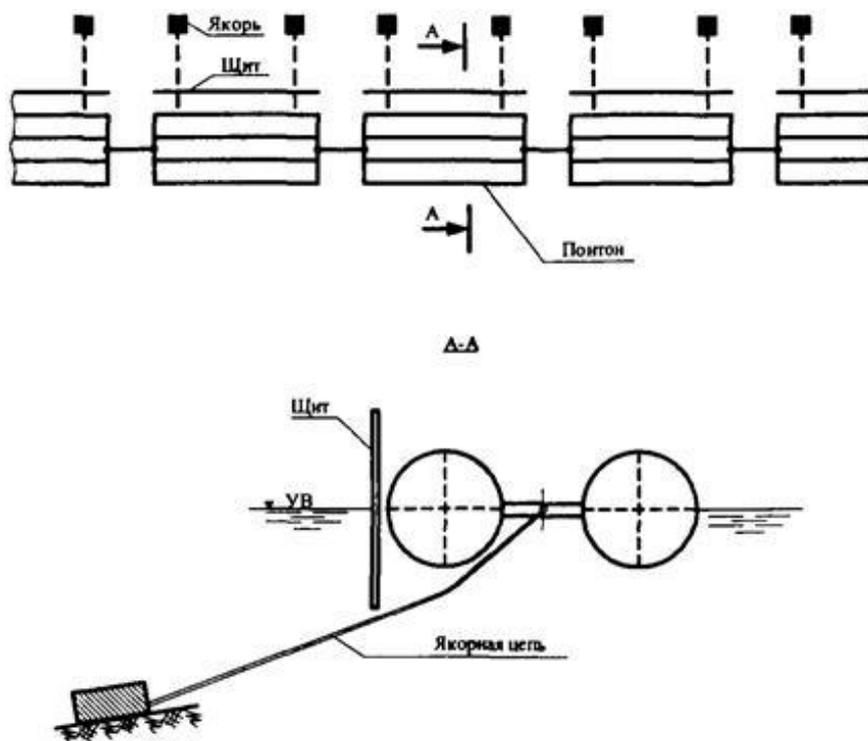


Рис. 10.2. Однопролетная ледозадерживающая запань, удерживаемая якорями на одной прямой линии

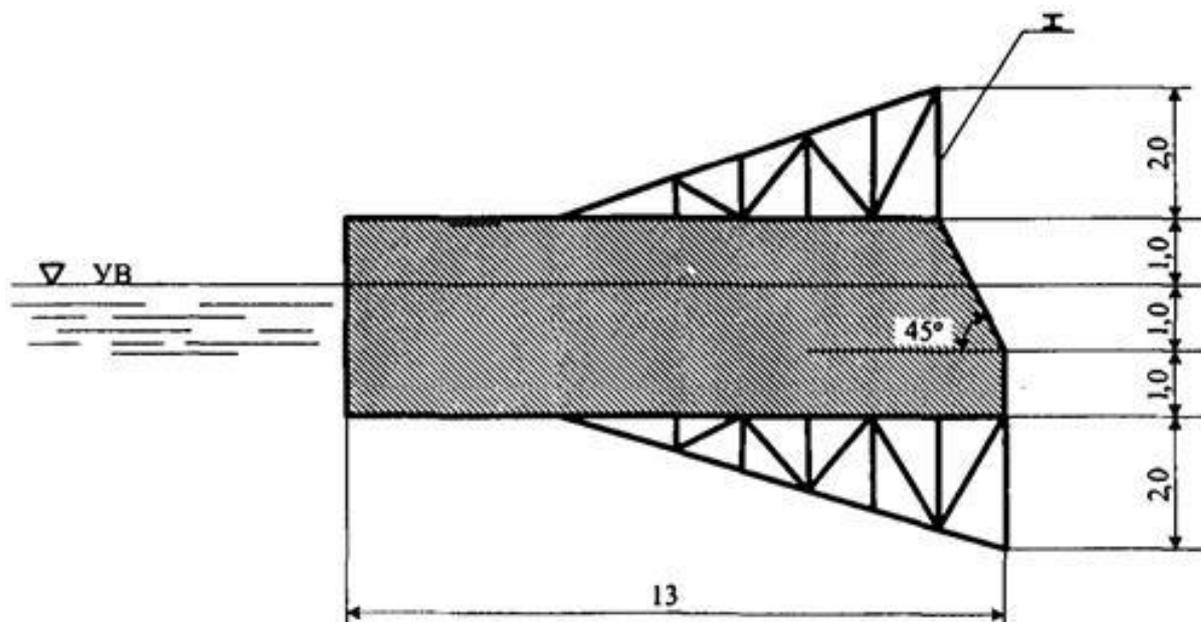


Рис. 10.3. Рекомендуемый профиль поперечного сечения понтона с козырьком

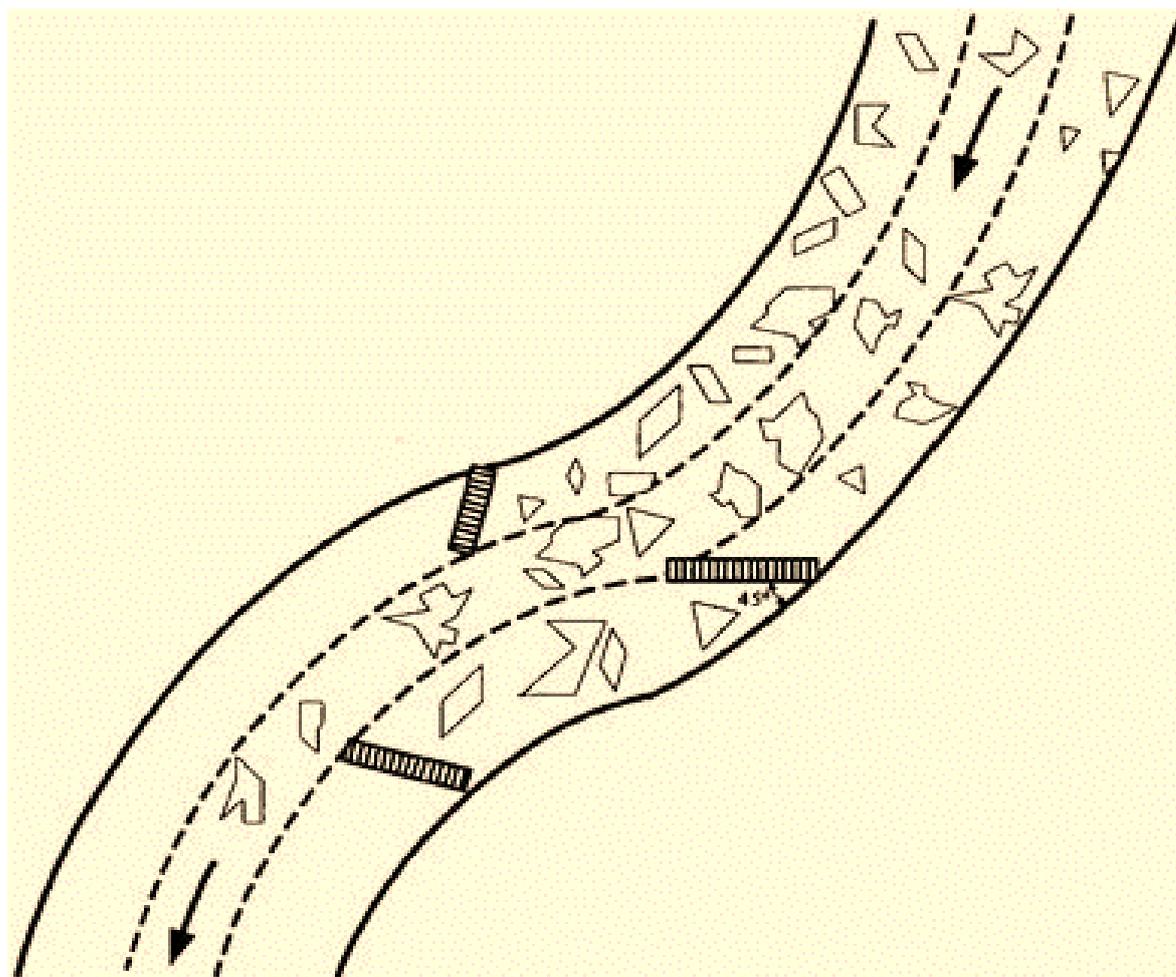


Рис.10.4. Устройство полузапруд для создания искусственного ледяного затора.

11. ФОТОГРАФИИ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ЛЕДОВЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ



Рис.11.1. Механическое разрушение льда ледорезами различных типов.



Рис.11.2. Очистка гидроузлов от льда.



Рис.11.3. Взрывные способы разрушения льда.

12.ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Ледовые явления на реке Сырдарья являются важной составной частью гидрологического режима реки, оказывают большое влияние на строительство и эксплуатацию гидротехнических сооружений расположенные на реке.
2. Изучение и учет ледовых явлений имеют большое значение для проектирования, строительства и эксплуатации русловых и наливных гидротехнических сооружений на реке.
3. В целях улучшения эксплуатацией гидротехническими сооружениями необходимо проводить полный комплекс наблюдений за ледовыми явлениями на р. Сырдарье с применением современных методов и оборудования.
4. Правила эксплуатации гидротехнических сооружений на реках Казахстана необходимо уточнять с учетом многолетних и современных данных наблюдений, а также наблюдающихся гидрологических изменений климата.
5. При эксплуатации гидроузлов на реке Сырдарья учитывать морфометрические и гидрологические особенности русла, ширину и глубину русла, уклон реки и зарастание русла и берегов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Выпуск 1. Бассейн р.Сырдарьи. Л.1969 г. Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт.
2. ВСН-028-70. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда. МИНЭНЕРГО СССР. Л. 1970 г. Всесоюзный научно-исследовательский Институт гидротехники им. Б.Е.Веденеева.
3. Методические указания по пропуску льда через строящиеся гидротехнические сооружения СО 34.21.145-2003 ОАО «ВНИИГ ИМ. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»
4. ПРОЕКТ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕКИ СЫРДАРЬИ И СЕВЕРНОГО АРАЛЬСКОГО МОРЯ, ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ОТЧЕТ, ТОМ 2: КЛИМАТ И ГИДРОЛОГИЯ ЗОНЫ ПРОЕКТА, Ассоциация CES Consulting Salzgitter GmbH Sogreah Ingenierie Казгипроводхоз, 1998 г.
5. Схема Комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сырдарьи с притоками, Том I, Водные объекты, ресурсы и состояние водных объектов, Книга 1, Природные условия и ресурсы, ПК «Институт Казгипроводхоз», 2008 г.

ДЛЯ ЗАМЕТОК:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____