

Катастрофическое наводнение на р. Лена у г. Ленск в 2001 г.

В. В. Кильмянинов*

Проанализированы гидрометеорологические условия возникновения и разрушения заторов льда, дано обоснование выпущенных прогнозов экстремальных, никогда не наблюдававшихся заторных уровней воды. Представлены также анализ результатов проводившихся активных воздействий и рекомендации по организации и обеспечению эффективности работ по борьбе с заторными наводнениями на Лене.

18 мая 2001 г. на р. Лена у г. Ленск в результате образования затора льда уровень воды достиг максимальной отметки 2012 см над нулем графика водомерного поста. Максимум превысил среднее многолетнее значение на 9,5 м, критическую отметку начала подтопления г. Ленск на 6,6 м, наивысший за всю историю наблюдений (65 лет) уровень 1998 г. на 3,1 м. Его расчетная обеспеченность составляет 0,1%. Районный центр был полностью затоплен, хозяйственным и жилым объектам, населению нанесен огромный ущерб. Хроника текущих событий в социально-экономическом плане достаточно подробно и объективно представлена в средствах массовой информации, как в российских, так и Республики Саха (Якутия), на территории которой наблюдалось стихийное явление. Поэтому ниже рассмотрены только его гидрометеорологические характеристики.

Зима 2000/01 г. на территории Якутии была холодной. Отрицательные аномалии температуры воздуха были наибольшими именно в Ленском административном районе. Суммы отрицательных температур за время ледостава здесь оказались самыми большими за период 1935—2000 гг. после зимы 1968/69 г. и такими же, как зимой 1965/66 г.

Толщина льда на р. Лена к концу зимы 2000/01 г. была: выше г. Ленск 75—105 см, на участке г. Ленск — с. Нюя 150—190 см. Это больше средней многолетней толщины на 10 и 30 см соответственно. Ледостав на Средней Лене осенью 2000 г. осуществлялся почти повсеместно при высоких, ранее не наблюдававшихся, уровнях воды (по данным водомерного поста Ленск он равен 270 см).

Численные характеристики осенне-зимних условий были использованы при составлении долгосрочных прогнозов по методике [3]. В прогнозах предусматривалось формирование заторных подъемов уровней на Средней Лене выше критических отметок выхода воды на пойму. Наиболее неблагоприятные условия ледохода ожидалось у г. Ленск.

* Якутское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Запасы воды в снежном покрове перед началом снеготаяния в бассейне Верхней Лены на территории Иркутской области составили 100—140% нормы. В сочетании с высокими (27—29°C) температурами воздуха они обусловили формирование здесь уровней (расходов) воды, близких по величине к наивысшим историческим, местами больше их. Начало ледохода и максимальные уровни (расходы) наблюдались соответственно 10—13 и 14—15 мая почти одновременно на участке протяженностью около 800 км. Таким образом, накануне ледохода у г. Ленск выше по течению реки оказались в движении большие массы воды и льда. Это отчетливо зафиксировано на снимках из космоса.

Рассмотрим режим температуры воздуха по данным метеостанции Ленск накануне и в период ледохода в районе города в соответствии с рекомендациями [4]. Средняя температура воздуха $T_{\text{ср}}$ за период со 2 мая — даты перехода средней суточной температуры через 0°C в сторону положительных значений — по 13 мая — дату, предшествующую началу ледохода у Ленска, — составила 4,3°C. Согласно критерию разделения условий формирования заторов льда из [4], равному 4°C, условия 2001 г. можно отнести к “теплому” типу, для которого при $T_{\text{ср}} > 4^\circ\text{C}$ характерно резкое увеличение ледотранспортирующей способности реки выше очага затора, что реально и наблюдалось с 10 по 15 мая 2001 г.

Формирование затора льда у Ленска возможно при условии понижения средней суточной температуры воздуха ниже $T_{\text{ср}}$. 13 мая, накануне ледохода у Ленска средняя суточная температура опустилась до 1,8°C, что привело к образованию затора льда в 20 км выше города. 14 мая наблюдалось повышение средней суточной температуры до 4,2°C и продвижение фронта вскрытия льда ниже г. Ленск. При этом температура по-прежнему была ниже $T_{\text{ср}}$, в результате в 40 км ниже Ленска, у о. Батамайский, также сформировался затор льда.

Стоит обратить внимание, что $T_{\text{ср}}$ в 2001 г. незначительно превысила 4°C. Поэтому в 2001 г. наряду с признаками “теплого” типа условий формирования заторов присутствовали и элементы, характерные для “холодного” типа ($T_{\text{ср}} < 4^\circ\text{C}$, а заторы формируются исключительно при отрицательной температуре воздуха). Сход снежного покрова, по данным метеостанции Ленск, наблюдался лишь 15 мая, на сутки позже начала ледохода. По данным авиаразведки, снег сохранялся на северо-западных склонах возвышенностей до 20 мая. Это способствовало выхолаживанию воздуха в ночное время до $-2\dots-6^\circ\text{C}$ и соответственно сохранению устойчивости затора льда. С другой стороны, покрытый снегом лед сохранил зимнюю прочность. Это объективно подтверждается характерным состоянием льдин, осевших на берегах после разрушения затора. При их толщине в 1,5—2,0 м процесс распада на кристаллы (главный признак потери прочности [1]) затронул лишь 1/2 часть толщи. Вторая, нижняя часть льдин сохранилась в виде монолита.

Таким образом, характер изменения гидрометеорологических условий перед началом ледохода и в день образования затора льда у Ленска соответствовал существующим представлениям, а метод прогноза, основанный на этих представлениях [4], использован для составления предупреждения

о формировании затора, выходе воды на пойму и предельно возможном уровне 1600—1700 см. При этих отметках уровня воды город подвергается затоплению на 90% и заблаговременные противопаводковые мероприятия проводятся с учетом прогноза.

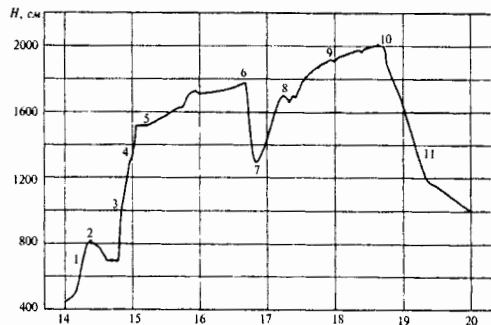
График изменения уровня воды в период формирования затора льда показан на рисунке. Для его построения использовались данные непрерывных наблюдений с интервалом до 1—15 мин. Они проводились на основном водомерном посту, затем, по мере увеличения зоны затопления, на бетонной стенке набережной, цоколе здания районной администрации, на лестнице внутри этого здания (первые этажи всех строений в городе были затоплены). Удаление выносных постов от основного составило около 400 м по урезу воды и около 300 м от последнего. Их привязка была осуществлена заблаговременно. Все работы по производству наблюдений, передаче информации осуществлял техник гидрологической станции Олекминск Ю. В. Мыреев. На рисунке цифрами отмечены характерные уровни и ледовые явления.

Как видно на рисунке, в первой половине дня 14 мая на р. Лена у г. Ленск осуществились первые подвижки льда при экстремально высоких уровнях для начала этих явлений (см. рисунок, 1—2). Ледовой авиаразведкой установлено образование затора льда в 12 км выше города у о. Половинный. Во второй половине дня начался ледоход в районе города и формирование затора у о. Батамайский (см. рисунок, 3—5). К вечеру уровень превысил критическую отметку выхода воды на пойму (см. рисунок, 4). Было решено приводить взрывные работы, несмотря на неблагоприятные для этого условия.

Утром 15 мая такие работы начались по рекомендации, направленной на постепенное разрушение затора и недопущение образования более мощного затора ниже по течению (тогда же были обнаружены следы взрывных работ, проведенных накануне, 14 мая, “нелегально”). Активные воздействия к ожидаемому успеху не привели. Между тем, в динамике уровня воды в реке с их прекращением наметилась тенденция к уменьшению интенсивности роста (см. рисунок, 5—6).

16 мая с прибытием новой партии специалистов-взрывников предыдущие действия по ликвидации затора были подвергнуты критике. Применен более активный метод, способствующий быстрому разрушению головной части затора, состоящей из сплошных ледяных полей. Уровень воды резко понизился (см. рисунок, 6—7).

В ночь с 16 на 17 мая сформировался затор льда в 70—80 км ниже Ленска у с. Нюя. Он был более мощным и не поддающимся активным воздействи-



Изменение уровня воды на р. Лена у г. Ленск 14—19 мая 2001 г. в 0 ч МСВ.

ям из-за сохранявшегося ниже по течению сплошного ледяного покрова на протяжении 100 км (до с. Мача). Однако взрывные работы продолжались, а затем началось бомбометание. 17 мая поздно вечером на участке с. Нюя — с. Мача начался ледоход (см. рисунок, 9), но уровень воды у г. Ленск продолжал повышаться. Это было связано с “остаточным” затором у о. Батамайский, возникшим в результате забивки русла транзитным мелкобитым льдом. 18 мая обработка “остаточного” затора авиацией продолжалась, и во второй половине дня здесь наблюдался ледоход и понижение уровня воды (см. рисунок, 10). Полностью город освобожден от воды 19 мая (см. рисунок, 11).

Важно отметить, что еще 16 мая с разрушением затора у о. Батамайский выше по течению у о. Половинный также наблюдался “остаточный” затор льда. В последующем с увеличением уклона в период понижения уровня у Ленска (см. рисунок, 7) осуществилось его саморазрушение. На рисунке видно характерное кратковременное резкое повышение уровня из-за прорывной волны (8).

Обнаружение “остаточных” заторов у о. Половинный и о. Батамайский после коренного изменения ледовой обстановки свидетельствует о наличии одновременно трех самостоятельных очагов заторного скопления льда: в районе указанных островов и ниже с. Нюя. Учитывая его общую протяженность (более 100 км), динамичность (подвижки, сжатие), подверженность постоянным активным воздействиям, своевременно определить наличие этих очагов было затруднительно. Кривая подпора имела сложную форму с максимумом в районе о. Батамайский. На это указывает значительно меньший, чем у Ленска, заторный подъем уровня воды у с. Нюя.

Активные воздействия способствовали сосредоточению заторного скопления льда из трех очагов в один, обусловив катастрофический подъем уровня. Он продолжался до реализации условий, отвечающих прорыву затора в результате активных воздействий в соответствии с [4],

$$H_3 \geq 365,4H_{\text{ледст}}^{0,3021}.$$

Здесь H_3 — предельно возможный заторный уровень у г. Ленск, $H_{\text{ледст}}$ — максимальный уровень в первые 10 дней ледостава предшествующей осенью в этом же пункте.

Исключительность происходящего повлияла на уверенность в прогнозе; реальность подъема уровня до невероятно высокой отметки (2000 см) была под сомнением. К тому же для расчета и прогноза использовалась верхняя часть эмпирической кривой связи, аппроксимируемой приведенным уравнением, полученной путем экстраполяции и не подкрепленной фактическими данными.

Между тем, впоследствии, фактическое значение H_3 отличалось от расчетного всего на 29 см. Учитывая это, а также результаты оценки последствий активных воздействий в 1967, 1998 и 1999 гг., можно с большей уверенностью использовать предложенную расчетную схему [4] для прогноза H_3 , как при естественном, так и при нарушенном ледовом режиме.

В заключение сделаем несколько замечаний организационного плана. В острой ситуации решиться на неприменение или прекращение активных

воздействий всегда трудно. Как правило, существует ссылка на отсутствие доказательств, что результаты бездействия могут быть лучше, чем интенсивное вмешательство в природные процессы. К гидрометеорологическим прогнозам прислушиваются до тех пор, пока уровень воды в реке не поднимается выше критической отметки начала затопления. Затем активные воздействия проводятся практически бессистемно и непродуманно. Справедливо мнение, что это может вызвать не разрушение, а упрочение затора в результате уплотнения и дополнительной набивки льда, увеличения общей площади сцепления раздробленного льда с ложем и уменьшения фильтрации через затор. Это, в свою очередь, обуславливает дополнительный подпор уровня, увеличение прочности и размеров затора [2]. В рассматриваемом случае ледоход на всем протяжении участка реки от г. Ленск до с. Мача мог состояться 16 мая без вмешательства извне при уровне воды 1600—1700 см (см. рисунок). В эти сутки средняя суточная температура воздуха была 8,3°C, значительно превысив $T_{ср}$, что служит достаточным условием для последовательного саморазрушения заторов льда [4].

Более чем 20-летний опыт показывает, что успеха в управлении ледовыми процессами можно добиться при участии в составе оперативной бригады по ликвидации чрезвычайных ситуаций руководителя, специалистов-взрывников и гидрометеорологов, отвечающих следующим условиям. Они должны:

— быть лично знакомы на протяжении ряда лет по совместной работе;

— досконально знать методы гидрометеорологических прогнозов и иметь возможность ранее лично убедиться в их эффективности.

На других участках р. Лена в 2001 г. также формировались заторы льда и высокие заторные уровни. Проводились противозаторные мероприятия. Сведения о них заслуживают отдельной публикации.

Претензий на гидрометеорологическое обеспечение противопаводковых работ в 2001 г. не поступало.

Литература

1. Булатов С. Н. Расчет прочности тающего ледяного покрова и начала ветрового дрейфа льда. — Л., Гидрометеоздат, 1970, 120 с.
2. Деев Ю. А., Попов А. Ф. Весенние заторы льда в русловых потоках. Физические основы и количественный анализ. — Л., Гидрометеоздат, 1978, 110 с.
3. Кильмянинов В. В. Анализ условий формирования и долгосрочный прогноз заторных уровней на Лене. — Метеорология и гидрология, 1992, № 4, с. 82—89.
4. Кильмянинов В. В. Влияние температуры воздуха на формирование, разрушение заторов льда и заторные уровни на р. Лена у г. Ленск. — Метеорология и гидрология, 2001, № 4, с. 69—77.