

УДК 624.145.3

КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЬДА НА ЗАТОРООПАСНЫХ УЧАСТКАХ РЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Морозова О.В.

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет», Иркутск, e-mail: movirk@mail.ru

Рассмотрены риски чрезвычайных ситуаций, связанных с весенним половодьем в Иркутской области. Образование заторных явлений во время ледохода на реках – одна из основных причин этого риска. Для предупреждения наводнений и оперативного реагирования в Иркутской области применяют взрывы льда. Проанализированы расходы взрывчатых веществ на данной территории. Взрывные технологии достаточно эффективны, но оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды и сопряжены с опасностью выполнения работ данного вида. Установлено образование зон локального загрязнения атмосферы при взрывах и рекомендовано применять другие технологии борьбы с заторами, в частности обоснована целесообразность применения распиловки с внесением в распилы рассола из местного месторождения. Предложено для предотвращения образования заторных явлений на реках применять рассол Знаменского месторождения промышленных вод Жигаловского района. Проведены испытания с применением реагентной технологии. Проанализированы их результаты. Сделаны выводы о рациональности применения реагентной технологии. Использование предлагаемой технологии в распиловке и зачернении льда может повысить эффективность мер по борьбе с наводнениями и уменьшить взрывные работы.

Ключевые слова: наводнения, заторы, технологии разрушения льда, взрывные методы, экологические последствия, природные опасности, риски, анализ, рассол

THE COMBINED METHODS OF ARTIFICIAL WEAKENING OF THE STRENGTH OF ICE ON RIVERS WITH ICE JAMS USING REAGENT TECHNOLOGY

Morozova O.V.

National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: movirk@mail.ru

The risks of emergencies associated with spring flood time in the Irkutsk region were examined. Flood formation during ice drift is one of the reasons for this risk. There are some flood preventions and critical incident response with ice explosion carried out in Irkutsk region. The consumption of explosives in the area is analyzed. Explosive technologies are quite effective, but have a negative impact on the environmental elements and dangerous for this kind of effort. It is indicated that explosions cause the formation of zones of local air pollution. Therefore, it is recommended to apply other technologies to control cloggings, in particular the authors prove the feasibility of using sawing with the introduction of brine from the local deposit in the saw cuts. It was proposed to use salt water of Znamensky industrial water field to prevent ice jams on rivers in Zhigalovsky district. There were run some tests using the reagent technology. The results were analyzed. The conclusions about the rationality of using the reagent technology were made. Using the proposed technology can improve the effectiveness of the anti-flood measures in sawing and blackened ice and reduce blasting.

Keywords: floods, ice blockage, technology of ice destruction, blasting methods, environmental implications, natural hazards, risks, analysis, salt water

Актуальность водных проблем в социальных, экономических и экологических видах деятельности отражена принятыми важнейшими федеральными документами – Водным кодексом Российской Федерации, Водной стратегией Российской Федерации на период до 2020 года, Федеральной целевой программой «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» и другими документами. В настоящее время реализуется 20 инвестиционных проектов, направленных на развитие водохозяйственного комплекса России, с объемом финансирования 44 млрд рублей. Среди основных тематических направлений исследований значительное внимание обращается на опасные гидрологические явления: их оценку, прогноз и снижение рисков, утверждены правила

определения зон затопления, подтопления, которые устанавливают порядок определения границ зон затопления, подтопления. Сведения о зонах затопления, подтопления передаются в государственный водный резерв и МЧС. В границах зон подтопления определяются территории сильного, умеренного и слабого подтопления (в зависимости от залегания грунтовых вод).

На территории Иркутской области ежегодно фиксируется повышение уровня воды в реках в период весеннего половодья и вследствие ливневых дождей, в результате чего происходит подтопление жилых и хозяйственных объектов. Кроме того, на северных реках региона возникают заторные, зажорные явления, наледи, приводящие к чрезвычайным ситуациям. Районы Иркутской области с высокими предпо-

ссылками к ЧС, связанными с весенним половодьем, – это территории 54 населенных пунктов в 8 районах области. Летний паводок: в июне-июле в результате одновременного выпадения месячной и более нормы осадков в краткосрочный период и интенсивного таяния снега в горах Восточных Саян могут возникать чрезвычайные ситуации, связанные с летними паводками. На развитие летнего паводка влияет совокупность следующих факторов: интенсивные или продолжительные осадки (выпадение месячного количества осадков в течение 3 и более дней); переувлажненность почвы, что приводит к сбросу талых вод в реки; форма русла рек; активное таяние снежного покрова в горах Восточных Саян, Хамар-Дабана и Прибайкалья и сброс талых вод в притоки рек. Наиболее проблемными территориями, подверженными подтоплению в результате летнего паводка, являются поймы рек Иркут, Олха, Китой, Уда, Ия, Белая, Бирюса и Киренга. В зону возможного подтопления в летний период могут попасть территории 15 населенных пунктов в 6 районах области. Возникновение ЧС, происшествий, обусловленных образованием зажоров на реках характерно для осени – начала зимы, когда в период интенсивного ледообразования с верхних частей рек вниз по течению происходит движение ледяной крошки (шуги) навстречу уже установившемуся ледоставу. При этом происходит снижение пропускной способности русла реки и, как следствие, может произойти разлив реки по берегам, движение воды поверх льда. На 17 участках возможного подтопления наледи наблюдаются ежегодно (80–100%) [1].

Участки, наиболее подверженные затороопасным явлениям, определены – это 49 участков, возможная суммарная площадь которых составляет почти 1 км² [2].

При непосредственном участии автора в ИргТУ исследованы риски чрезвычайных ситуаций, связанных с весенним половодьем, выполнен ретроспективный анализ и прогнозная оценка наводнений по районам Иркутской области, проанализированы современные способы предупреждения заторообразований на реках. Заторообразования в момент ледохода на реках с северным направлением течения являются основной причиной усугубления обстановки при прохождении ледохода. Установлено, что эффективность большинства из превентивных способов достаточна низка из-за климатических особенностей, удаленности мест образования заторов, масштабности и трудоемкости работ, больших финансовых затрат, а взрывные технологии хотя и эффективны,

но оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды [2]. По расчетам Байкальского филиала ФГУП «Госрыбцентр», ежегодный ущерб по потерям рыбопродукции при выполнении взрывных работ по предупреждению и ликвидации заторов на реках Бирюса, Лена, Нижняя Тунгуска, Илга, Иликта может составить более 300 тыс. руб.

На территории Иркутской области для ослабления прочности ледового покрова на реках при проведении весенних предупредительных противопаводковых мероприятий чаще всего применяют три способа: распиловка, зачернение льда и проведение взрывных работ. При этом в Иркутской области полный объем мероприятий по ослаблению прочности льда составляет 4% относительно РФ, 17% относительно СФО, а взрывные работы в этих мероприятиях составляют соответственно 13 и 42%.

С целью минимизации рисков возникновения заторообразований на реках области, последствий, вызванных заторами, и негативных последствий применения взрывчатых веществ, используемых в противопаводковых мероприятиях, предлагается в качестве альтернативы применять комбинированные способы искусственного ослабления прочности льда на реках на основе реагентной технологии. Возможности применения следующие:

– замена профилактических взрывных работ комбинированными способами;

– усиление проводимых работ по зачернению и пилению льда на участках возможных заторообразований реагентной технологией, что будет являться комбинированными способами.

В период с 03.03.2014 по 11.04.2014 г. на реках Кудя и Иркут были проведены опытно-промышленные испытания комбинированных способов искусственного ослабления прочности льда на реках на основе известных способов по распиловке и зачернению льда в комбинации с реагентной технологией. Комбинированные способы искусственного ослабления прочности ледового покрова рек направлены на повышение эффективности проводимых мероприятий по распиловке и зачернению льда путем совмещения данных способов с применением природного рассола в качестве реагента, гарантирующего результативность и ускоряющего процесс таяния льда, чем достигается ослабление его прочности на отдельных участках для предупреждения в этих местах заторообразований на реках и беспрепятственного прохождения ледохода. Испытание предлагаемых комбинированных способов воздействия на ледовое

пространство рек проходило с использованием в качестве реагента природного рассола Знаменского месторождения промышленных вод Жигаловского района. Данный рассол исследовался в лабораториях кафедры ПЭ и БЖД НИ ИрГТУ. Предварительно изучен состав сырья, основные компоненты, проведена токсикологическая экспертиза, определена нетоксичная концентрация рассола. Методом фитодиагностики установлено, что реализация предложенной технологии предупрежде-

ния заторообразований с использованием рассола Знаменского месторождения при соблюдении технологического регламента экологических ограничений не имеет. Характеристика сырья: гидроминеральное сырье (рассол) имеет суммарную минерализацию до 600 г/л, удельный вес – 1,42 кг/л, кислотность рН – 4,6, давление пластовое – 460 атм., давление устьевое – 178 атм., температура рассола в пласте – 36–38°С. Содержание основных компонентов приведено ниже в таблице [3].

Содержание компонентов в рассоле, г/л

Элементы	Li	Mg	Ca	Cl	Br	K	Na	Sr	I
В расчете на элемент	0,42	29,2	120,9	325,3	9,3	4,3	2,4	0,62	0,09
В расчете на хлорид	2,5	116,8	335,5			8,2	6,0	1,2	

Использование рассола во взаимодействии со льдом вызывает ослабление молекулярного сцепления и разрушение кристаллических решеток льда, благодаря чему лед начинает таять при более низкой температуре, скорость таяния льда увеличивается.

Предлагаемые комбинированные способы искусственного ослабления прочности льда – это известные способы по распиловке и зачернению льда, усиленные воздействием рассола на лед в качестве реагента:

1 способ – распиловка льда + реагентная технология (заливка рассола в пропилы);

2 способ – зачернение льда + реагентная технология (орошение рассолом).

При опытно-промышленных испытаниях установлено, что высокая эффективность ослабления прочности льда достигается:

❖ за счет исключения свойства режелеяции (смерзаемости) льда при распиловке и заливке рассола в пропилов;

❖ за счет уменьшения альбедо (отражательная способность влажной почвы всегда меньше, чем сухой) и, соответственно, увеличения теплопроводности при зачернении льда и орошении рассолом.

Определены нормы расхода рассола на технологический цикл при толщине льда $h_{\text{л}} \geq 50$ см на 1 м² ледовой поверхности:

1 способ: ≤ 5 литров 50% раствора рассола (2,5 л нативного);

2 способ: ≤ 2 литра 50% раствора рассола (1 л нативного).

Технология способов распиловки и зачернения льда и меры предосторожности при применении этих способов полномерно описаны как методы искусственного ослабления льда в нормативных документах [4], а условия внесения реагентов отработаны нами. Испытания проводили по следующей схеме: на 1 м² льда делали по два па-

раллельных пропила на 1/2 толщины льда. Параметры каждого пропила: 100 см длина, 25 см глубина, 1 см ширина, объем пропила 2500 см³. В опытный пропил вносили 2,5 л разбавленного раствора рапы. Фиксировали скорость протаивания, измеряя линейкой высоту протайки, и время полного таяния льда. Эффективное действие рассола, определенное по результатам предварительно проведенных экспериментов и испытаний, происходит не только в глубину (вниз), но и в ширину (в стороны). Данное его качество наиболее выгодно рассматривать при применении рассола в пропилов льда. На рис. 1 изображены отдельные выборочные элементы из различных этапов проведения опытно-промышленных испытаний.

В комбинированной технологии с зачернением льда применили орошение зачерненной поверхности при помощи ранцевого огнетушителя «РЛО-Ермак» из расчета 1 л на 1 м². Таким образом, происходит совмещение способа по использованию радиационного тепла: зачернение льда темными материалами, с химическим способом: реагентная технология с применением рассола. На рис. 2 приведены результаты испытаний по ослаблению прочности льда, оцененные по времени полного протаивания льда (отсчет от начала испытаний).

Как следует из приведенных данных, применение комбинированной технологии искусственного ослабления прочности льда позволяет сократить время протаивания льда в 2–3 раза. Причем 1 способ эффективнее влияет на нарушение целостности ледового покрова, 2 способ эффективен по уменьшению толщины льда. Оба способа, безусловно, ослабляют прочность ледового покрова рек и благодаря рассолу имеют гарантированный (за счет исключения

конжеляции – повторного замерзания талой воды на поверхности льда при низких ночных температурах) и сокращенный по времени протаивания результат, что говорит

об увеличении интенсивности воздействия на лед предлагаемыми комбинированными способами и целесообразности применения реагентной технологии.



Рис. 1. Основные элементы проведения опытно-промышленных испытаний



Рис. 2. Результаты испытаний по ослаблению прочности ледового покрова рек

Приоритет в выборе способа и схемы применения комбинированных способов искусственного ослабления прочности льда, во избежание заторообразований на определенных участках рек, следует заранее разработать с учетом оптимальных и достаточных условий рациональности применения, климатических особенностей данного года и знаний процесса формирования паводочного стока в физико-географических ус-

ловиях для каждого конкретного участка предполагаемого заторообразования.

Таким образом, использование предлагаемой технологии позволяет повысить эффективность проводимых противопаводковых мероприятий по распиловке и зачернению льда; сократить проведение взрывных работ профилактического характера; сократить затраты на проведение предупредительных противопаводковых

мероприятий. При замене только профилактического вида взрывных работ с использованием 3 тонн взрывчатых веществ (ВВ) экономический эффект по прямым затратам основных показателей составит 267,5 тыс. рублей: 170 тыс. рублей – ущерб биоресурсам; 150 тыс. рублей – стоимость рассола для применения на 10000 метров при себестоимости 3 тыс./т. Безопасность применения комбинированных способов искусственного ослабления прочности ледового покрова рек на основе реагентной технологии позволит исключить доминирующее применение взрывных работ при проведении весенних противопаводковых мероприятий в Иркутской области [2], следовательно, увеличить безопасность их проведения [3], снизить негативное воздействие на поверхностные воды, сохранение гидрологического, гидрохимического состояния водных объектов как среды обитания водных биологических ресурсов и запасы промысловых видов рыб [5] и, безусловно, минимизировать риски возникновения заторообразований на реках.

Список литературы

1. ГУ МЧС России по Иркутской области / Прогноз на 2014 год. URL: <http://www.38.gov.ru/forecasts/> (дата обращения: 27.06.2014).
2. Морозова О.В., Тимофеева С.С. Риски чрезвычайных ситуаций, обусловленных заторами, и современные технологии их минимизации // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 1. – С. 428–432.
3. Морозова О.В., Тимофеева С.С. Фитотестирование реагентной технологии для предотвращения заторных явлений на реках // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3. – С. 39–45.

4. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда. ВСН 028-70: / Минэнерго СССР. – Л.: Энергия, 1970.

5. Оценка воздействия производства противопаводковых взрывных работ на водные биологические ресурсы рек Бирюса, Лена, Нижняя Тунгуска, Илка, Иликта на территории Иркутской области» федеральное агентство по рыболовству ФГУП «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства: отчет о НИР. Госрыбцентр Байкальский филиал. – Улан-Удэ, 2014.

References

1. GU MChS Rossii po Irkutskoy oblasti / Prognoz na 2014 god. Available: <http://www.38.gov.ru/forecasts/> (accessed 27.06.2014).
2. Morozova O.V., Timofeeva S.S. Riski chrezvychaynykh situatsii, obuslovlennykh zatorami, i sovremennye tekhnologii ikh minimizatsii. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. no. 1. pp. 428–432
3. Morozova O.V., Timofeeva S.S. Fitotestirovanie reagentnoi tekhnologii dlya predotvrashcheniya zatornykh yavlenii na rekakh. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. no. 3. pp. 39–45.
4. Metodicheskie ukazaniya po bor'be s zatorami i zazhorami l'da. VSN 028-70: Minenergo SSSR, L.: Energiya, 1970.
5. Otsenka vozdeistviya proizvodstva protivopavodkovykh vzryvnykh rabot na vodnye biologicheskie resursy rek Biryusa, Lena, Nizhnaya Tunguska, Ilka, Ilikta na territorii Irkutskoi oblasti» federal'noe agentstvo po rybolovstvu FGUP «Gosudarstvennyi nauchno-proizvodstvennyi tsentr rybnogo khoziaistva: otchet o NIR. Gosrybsentr Baikal'skii filial. Ulan-Ude, 2014.

Рецензенты:

Тимофеева С.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПЭ и БЖД, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск;

Медведева С.А., д.х.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.