

УДК 556.537

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ РУСЛА И ПРОЦЕССОВ ЗАТОРООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКЕ ТОМЬ *

© 2012 г. С.А. Агафонова, К.М. Беркович, С.Н. Рулева,
В.В. Сурков, Н.Л. Фролова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Ключевые слова: русловые деформации, заторы льда, наводнение.

Рассмотрены особенности современных русловых деформаций р. Томь в пределах Томской области и связанных с ними процессов заторообразования. Предложены рекомендации по предотвращению их негативных последствий. Они включают организационные, научно-информационные и инженерные меры предупреждения ущербов от рассматриваемых опасных гидрологических процессов.

Введение

Река Томь является одной из основных водных артерий Томской области, протекая на протяжении почти 120 км. Для нее характерны изменение по длине уклонов продольного профиля, смена морфодинамических типов русла, направленности и темпов русловых деформаций. Кроме того русло р. Томь подвержено интенсивной антропогенной нагрузке. С начала второй половины XX в. из русла реки ежегодно безвозвратно извлекалось до 5 млн м³ песчано-гравийных материалов (ПГМ), что во много раз превышало сток наносов. Это привело к развитию эрозии и посадке уровней в районе г. Томска на 2,5 м, изменению параметров русла, уничтожению форм руслового рельефа и островов, образованию порога на выходе скальных грунтов в районе Томска. Необходимость увеличения в это время гарантированной глубины судового хода с 2,0 до 2,6 м потребовала значительного роста объемов землечерпания и способствовала усугублению сложившейся гидроморфологической обстановки. В 1985 г. работы по русловой добыче ПГМ непосредственно у города были свернуты. В последующие годы на значительной части р. Томь в пределах Томской области произошла определенная стабилизация русловых процессов [1]. Непосредственно в г. Томске ниже по течению от старого коммунального моста в левой части русла наблюдается аккумуляция речных наносов. В результате изменились и без того сложные условия ледохода, что увеличило в последние годы вероятность заторообразова-

* Исследования выполнены по заказу Верхне-Обского Бассейнового водного управления.

ния, возросла угроза наводнений. В конце 1990-х годов стали отмечаться случаи заметного повышения уровней воды весной, не наблюдавшиеся около 40 лет, а весной 2004 г. впервые за несколько десятилетий произошло затопление левобережной части долины р. Томь. Катастрофическим стало наводнение в апреле 2010 г., когда уровень воды почти на 2 м превысил критическую отметку. В зоне подтопления оказался пригородный поселок Чёрная речка: 270 жилых домов, 1102 жителя.

Исследователь ледового режима р. Томь Я.И. Марусенко с 1886 по 1958 гг. насчитал 22 затора длительностью от двух до пятнадцати суток [2]. Затопления поймы, на которой ранее не было столь массовой застройки и сколько-нибудь значимых технических сооружений, при ледовых заторах в прошлом случались регулярно, но они не приводили к таким катастрофическим последствиям, как в 2010 г. Формирование заторов в районе г. Томска выше и ниже него по течению во многом связано с особенностями морфологии русла и существенной его трансформации в результате интенсивной хозяйственной деятельности. Целью данного исследования является изучение современных русловых деформаций р. Томь в пределах Томской области, связанных с ними процессов заторообразования и разработка научно обоснованных рекомендаций по предотвращению их негативных последствий.

Особенности и факторы заторообразования на р. Томь

Ледовые заторы – характерная особенность ледового режима р. Томь в пределах Томской области. Заторы льда образуются на участках: от с. Ярского до д. Курлек; от с. Вершинино до с. Коларово; от г. Томска до с. Белобородово; от д. Чернильщикова до д. Орловки и от устья р. Томь до д. Карнаухова на р. Оби. Изменение уровней воды при заторных явлениях колеблется в широких пределах от 1 до 10 м, а продолжительность затора изменяется от первых часов до 10 суток. Обработка данных гидрологических ежегодников за последние 30 лет показала, что повторяемость заторов в районе створов Поломошное и Томск за 1980–2010 гг. составляет около 33 %. Заторы создают заметный вклад в режим уровней воды. На рис. 1 виден вклад составляющих уровня воды и его изменение от года к году. Максимальный заторный уровень воды определяется характеристиками ледяного покрова (его толщиной и прочностью) и водного режима – расходом воды и интенсивностью его увеличения в момент вскрытия и образования затора [3]. Вклад заторной составляющей в максимальный уровень воды может достигать 70 %, однако в годы катастрофических наводнений заторная составляющая не превышает 40 %.

Весеннее половодье на р. Томь начинается резким подъемом уровней, размах колебаний которых в среднем составляет 5–8 м. Максимальные уровни отмечаются во время весеннего ледохода с 13 апреля по 19 мая, в среднем – меж-

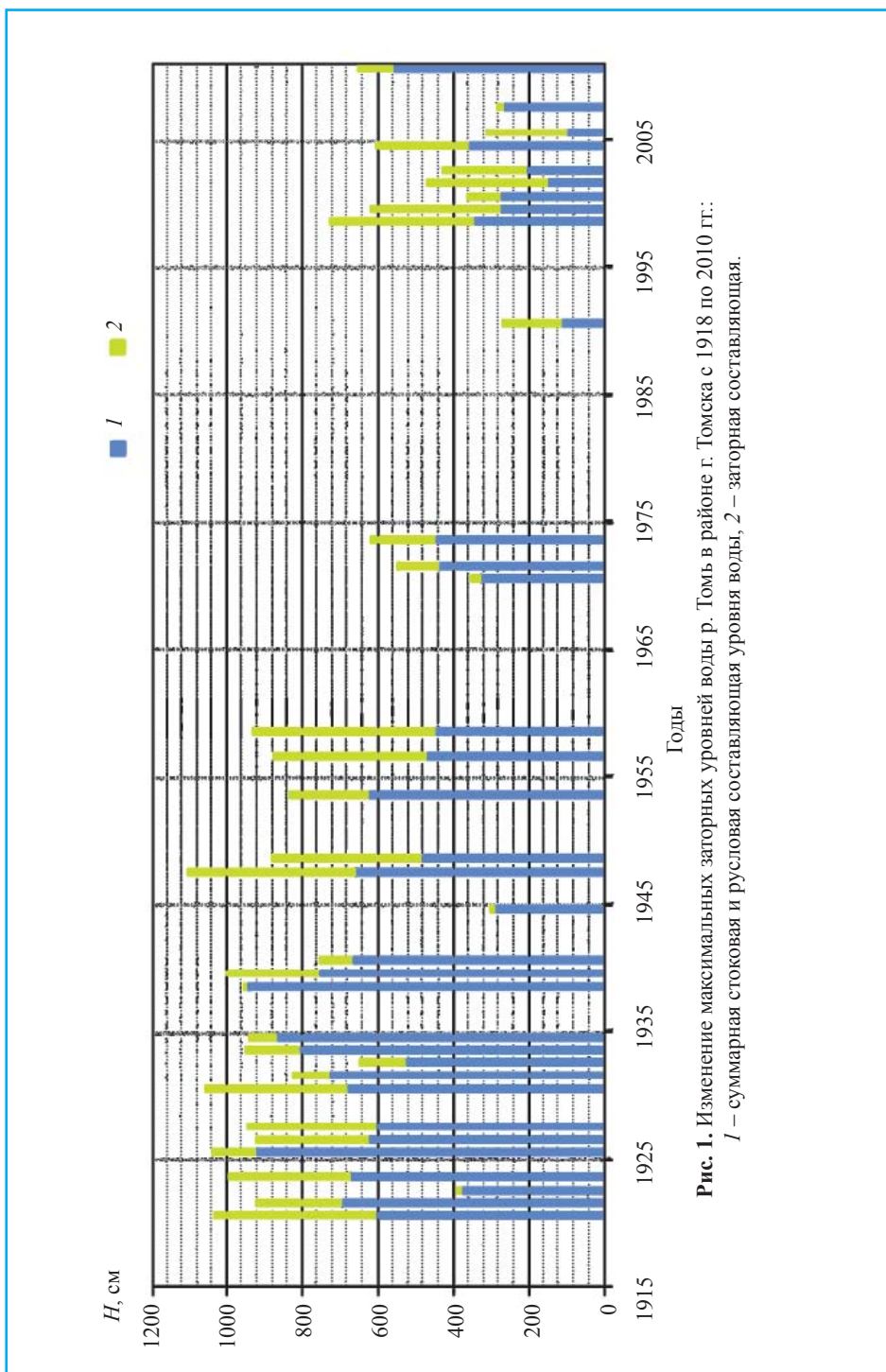


Рис. 1. Изменение максимальных заторных уровней воды р. Томь в районе г. Томска с 1918 по 2010 гг.:
1 – суммарная стоковая и русловая составляющая уровня воды, 2 – заторная составляющая.



Рис. 2. Изменение максимальных годовых уровней (1), уровней в период ледохода (2), заторных уровней (3), максимальных расходов воды (4) р. Томь в районе г/п Томск за период 1918–2010 гг.

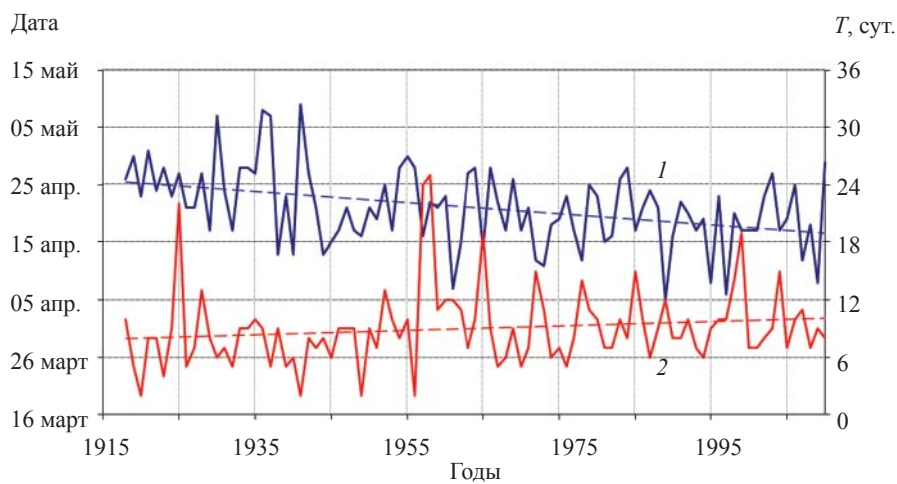


Рис. 3. Изменение дат вскрытия (1) и продолжительности ледохода (2) на р. Томь в районе г. Томск за период 1918–2010 гг. (пунктиром показана линия линейного тренда).

ду 24 апреля и 3 мая. Половодье сложное – с одной, двумя и тремя волнами. Нередко максимальные уровни в нижнем течении р. Томь в период заторов и ледохода являются максимальными за год (рис. 2). Негативные последствия образования заторов на этом участке связаны не только с резким подъемом уровня воды, но и с воздействием льда. В последнее десятилетие отмечается тенденция увеличения максимальных уровней воды, в связи с чем вероятность затопления населенных пунктов и объектов инфраструктуры увеличивается.

За период более 100 лет метеорологические характеристики в переходные сезоны года изменились незначительно, смещения сроков ледовых явлений также практически не наблюдается, за исключением дат вскрытия, которые сменились на более ранние, особенно в нижнем течении (рис. 3).

Особенности вскрытия р. Томь в районе г. Томска в 2010 г.

Формирование катастрофического наводнения 2010 г. началось еще в ноябре 2009 г., когда на р. Томь наблюдался осенне-зимний паводок. По данным ОАО «Томскгеомониторинг» [4] наблюдавшийся осенний ледоход с образованием заторов льда привел к загромождению битым льдом русла Томи на всем протяжении рассматриваемого участка – от границы с Кемеровской областью до нового моста г. Томска. Самый высокий уровень воды для ноября за период наблюдений 1963–2009 гг. – 625 см был зафиксирован 10 ноября на р. Томи в г. Томске, его повторяемость составила 1 раз в 90 лет. Сохранение низких среднесуточных температур воздуха от –16 до –18 °С в период 10–14 ноября способствовало дальнейшему образованию ледостава с торосами. Ледостав установился при очень высоких уровнях воды. Данный тип замерзания р. Томь, так называемый «чешуйчатый» (по определению Я.И. Марусенко [2]), является предвестником мощных весенних заторов и связанных с ними наводнений, т. к. на осенние заторы впоследствии накладываются весенние. Другой отличительной особенностью зимнего периода 2009–2010 гг. стали низкие температуры воздуха, не наблюдавшиеся уже много лет. Как следствие, в русле р. Томь сформировались образования льда и шуги мощностью до 4–5 м, а пропускная способность русла резко уменьшилась. Холодная весна (март-апрель) вызвала задержку начала ледохода (на 15–20 дней позже нормы), одновременно на 10–20 дней задерживался паводок и на малых реках (Ушайки, Киргизки, Басандайки, Чёрной речки и др.). Стечение крайне неблагоприятных метеорологических условий (осенний ледоход 2009 г., вызвавший образование торосов, образование исключительно мощного ледяного покрова зимой 2009–2010 гг., резкое потепление весной 2010 г.) вызвало формирование затора в наиболее «узком» месте (Сенной – Ниж. Сенной пережат) (рис. 4). На нем к этому времени также возникла цепь негативных явлений – обмеление, формирование массивных надводных побочней, узкое и «неудачно расположенное» по отношению к поймен-

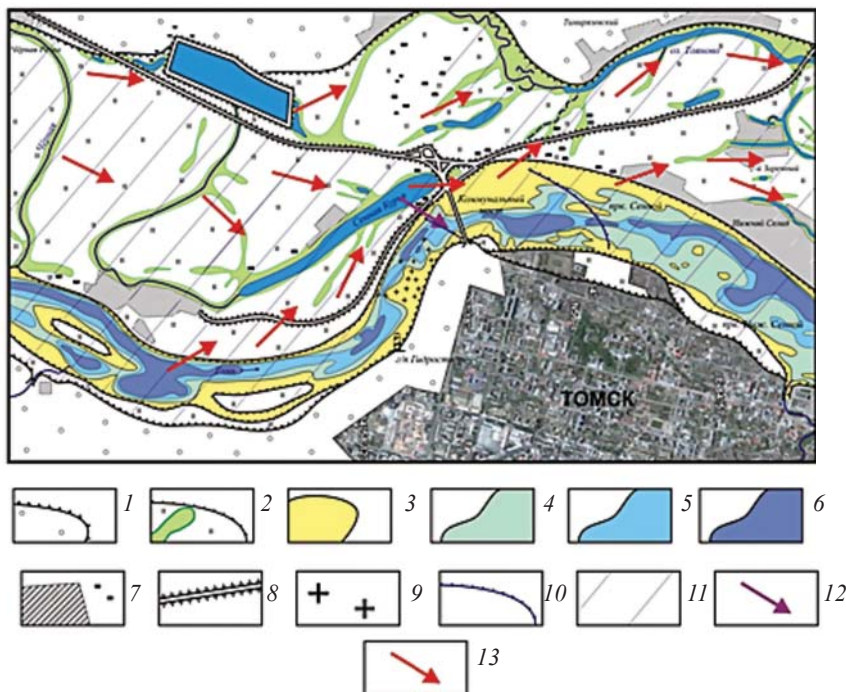


Рис. 4. Сенные перекаты и затор 2010 г.:

- 1 – коренные берега, 2 – пойма, основные ложбины, 3 – надводные части пойма, 4 – отмели с глубинами менее 1 м, 5 – участки русла с глубинами 1,0–2,5 м, 6 – плёсовые ложбины с глубинами более 2,5 м, 7 – поселки, отдельные строения, 8 – дамбы и дорожные насыпи, 9 – скальный порог, 10 – участок затора 2010 г., 11 – зона затопления, 12 – прорыв дорожной насыпи, 13 – направление потока половодья при естественном режиме реки, отсутствии дамб и насыпей.

ному потоку корыто, блокирование слива воды с поймы насыпями подходов к мосту. Затор возле коммунального моста (см. рис. 4) вызвал резкий рост уровня воды выше г. Томска (водомерный пост «Гидроствор»), начиная с 15:00 до 20:00 29 апреля 2010 г. Фактический уровень воды на водомерном посту «Гидроствор» 29 апреля в 19:18 составил 1057 см от нуля, что является рекордом за всю историю наблюдений. Значительно пострадали населенные пункты выше Томска, а также территории, расположенные в черте города. Ущерб был причинен многим объектам инфраструктуры.

Предупредительные работы (подрывы льда) весной 2010 г. проводились по всему среднему и нижнему течению р. Томь в Кемеровской и Томской областях, это ускорило сроки начала процесса вскрытия р. Томь. Однако расчеты показывают, что прочность речного льда во время преждевременно начавшегося ледохода была недостаточно ослаблена под влиянием естественных причин (весеннее потепление и прямая солнечная радиация).

Морфология русла и его трансформация

При оптимальном сочетании гидрометеорологических условий необходимым фактором формирования заторов являются морфологические особенности русла и дна долины в целом. Максимальная аккумуляция льда и шуги происходит на участках с наименьшей пропускной способностью русла, обусловленной естественными и антропогенными условиями. К естественным условиям, способствующим формированию заторов, относятся перегибы продольного профиля, крутые излучины, сужения русла скальными выступами, разветвления.

Антропогенные нарушения очень многочисленны в нижнем течении Томи: мостовые переходы, набережные, дамбы обвалования, склады добываемых в русле песчано-гравийных материалов на берегах [5]. Возникновению заторов способствует также чередование глубоких карьерных выемок на дне с почти застойной водой, где отмечается максимальная, до 6 м толщина льда, и мелководных перекатов, на которых происходит торошение льда. Во многом последствия антропогенных нарушений обязаны особенностям геолого-геоморфологического строения речной долины. Наиболее яркой особенностью морфологии русла р. Томь в нижнем течении является наличие резкого перегиба продольного профиля в нескольких километрах выше Томска. Он разделяет участок от с. Ярского до устья длиной 122 км на два отрезка. Перегиб отчетливо фиксируется по резкому изменению уклона водной поверхности. Верхний отрезок длиной около 50 км отличается сравнительно большим для равнинной реки уклоном, в среднем более 0,2 ‰ (таблица), и большой крупностью руслообразующих наносов. Этот отрезок заканчивается скальным выступом дна (порогом), уклон на котором достигает 0,6–0,8 ‰.

Нижний отрезок, который начинается непосредственно ниже порога, имеет малый уклон и более мелкие наносы, хотя и достаточно крупные для равнинной реки. На фоне однородного гидрологического режима различие участков определяется геолого-тектоническими факторами и различием в интенсивности антропогенных нарушений. Перегиб продольного профиля существовал при естественном режиме в начале 1930-х годов, он располагался в 55 км от устья, т. е. почти на 20 км ниже по течению, чем в настоящее время. Он фиксировал геолого-тектоническую границу между Колывань-Томской складчатой зоной и Западно-Сибирской плитой. Уклон реки резко менялся здесь с 0,21 до 0,09 ‰. Главным антропогенным фактором обособления перегиба продольного профиля послужила разработка русловых карьеров; дополнительную роль сыграли, вероятно, дноуглубительные работы и факторы урбанизации: застройка поймы, стеснение русла насыпями и дамбами. Добыча ПГМ из русла Томи производилась с 1950-х годов и концентрировалась на участке 30–69 км от устья. Объем

Таблица. Распределение уклонов водной поверхности по длине р. Томь

Расстояние от устья, км	Уклон, ‰			Диаметр наносов, мм
	2011, май	2010, октябрь	1982, август	
122–105	0,223	0,270	–	–
105–94	0,150	0,155	–	–
94–82	0,217	0,255	0,280	–
82–75	0,157	0,083	0,126	–
75–73	0,472	0,895	0,583	–
Верхний участок в целом	0,203	0,210	–	27–37
73–69	0,168	0,057	0,090	7,8
69–45	0,108	0,019	0,034	4,6
45–30	0,065	0,018	–	6,5
30–10	0,017	0,010	–	8,2
10–0	0,064	0,051	–	3,3
Нижний участок в целом	0,028	0,023	–	6,1

Примечание: прочерк в таблице означает отсутствие информации.

добычи достигал максимума в конце 1980-х годов – 6 млн т в год. Хотя точные данные по объемам добычи неизвестны, можно полагать, что всего из русла Томи было извлечено не менее 100 млн м³ аллювиального песчано-гравийного материала. Учитывая, что объем стока таких наносов не превышает в среднем 200 тыс. м³ в год, суммарный объем удаленного материала на порядок превышает объем его компенсации стоком наносов. Средняя глубина русла и площадь поперечного сечения увеличились в несколько раз, уклон, наоборот, уменьшился в 3–4 раза. Если в естественных условиях соотношение уклонов выше и ниже перегиба составляло 2,3, то в настоящее время оно равно 7,5.

Резкая искусственная трансформация формы русла ниже и возле Томска привела к развитию регрессивной эрозии, типичной для участков рек выше крупных русловых карьеров, и часто имеет характер смещения крутого перегиба профиля дна (и водной поверхности) против течения с одновременным понижением отметок дна реки. Это ярко проявилось выше Томска, где перегиб профиля сместился за 30 лет на 20 км. Увеличение пропускной способности русла привело к понижению уровней воды: отметка водной поверхности в Томске понизилась при сопоставимых меженных расходах воды на 2,5 м. Понижение минимальных уровней наблюдалось в течение 1960–1980-х годов, в последние 20 лет уровни стабилизировались. Уровни половодья понизились на 3,4 м [6]. В результате эрозии обособился выступ дна (порог), что хотя и не привело к прекращению регрессивной эрозии, но ограничило ее величину. Характерно, что перегиб продольного профиля

отчетливо выражен и в половодье. В районе перегиба профиля русло реки стеснено опорами и насыпями подходов коммунального моста. Это – одно из мест формирования заторов, где проявляются сразу два морфологических фактора: резкое уменьшение уклона и стеснение потока половодья. Здесь и образовался экстремально большой затор в 2010 г., вызвавший наводнение в некоторых районах Томска. Этому способствовало загромождение русла наносами непосредственно ниже порога (73–69 км). Отложение материала глубинной эрозии, развивавшейся выше по течению, происходило здесь несколько десятилетий.

Заторы льда часто встречаются также на участке ниже перегиба профиля от г. Томска до г. Северска (68–55 км) и от д. Чернильшиково до д. Орловки (38–22 км). В первом случае морфологическим фактором формирования затора на фоне небольшого уклона является крутая излучина у г. Северска; во втором – разветвление русла группой островов.

На верхнем участке обнаруживаются также разнообразные морфологические условия образования заторов льда. Здесь на поверхность выходят скальные породы, они вскрываются в русле реки, слагают цоколи правобережных террас, образуют скалистые мысы, далеко выступающие в русло. Долина реки характеризуется наличием резких сужений и расширений. Наиболее ярко выраженные скальные мысы оказывают струенаправляющее влияние на поток и обуславливают резкие повороты русла («Синий Утёс» у с. Коларова, «Боец» у коммунального моста). Русловые наносы отличаются здесь большой крупностью – в среднем до 37 мм. На поверхности отмелей встречаются обломки крупностью 100 мм и более. Уклон водной поверхности колеблется от 0,15 до 0,35 ‰. Эти наносы формируют отмостку, диаметр частиц которой составляет 30–50 мм и более. Русловой рельеф там, где он не нарушен человеком, достаточно стабилен.

Морфология русла на верхнем участке разнообразна. Здесь встречается прямолинейное и слабоизвилистое русло, адаптированные и вынужденная излучина, одиночные разветвления. На верхнем участке заторы льда наиболее часто фиксируются на слабоизвилистом участке от с. Ярского до д. Курлек (120–112 км от устья), а также в разветвлении от с. Вершинино до с. Коларово (108–95 км). В первом случае на формировании заторов сказывается наличие обширных галечных отмелей с высокими отметками поверхности, которые ограничивают пропускную способность русла. Во втором случае затор чаще всего располагается в правом рукаве ниже узла разветвления, где поток уже теряет примерно половину расхода, и кроме того русло образует крутую излучину. Антропогенные нарушения русла на верхнем участке сравнительно невелики. Они заключаются в разработке русловых карьеров песчано-гравийных материалов. Она начиналась в середине 1980-х годов в районе Басандайского о-ва (75–80 км от устья) и привела к формированию

выемок глубиной 6–7 м и сокращению площади острова. В последние 10–15 лет карьеры разрабатываются на участке 94–105 км (выше с. Коларово), в частности в правом главном рукаве разветвления, а также в протоке Светлой. Это привело к формированию достаточно глубоких выемок и размыву перекатов и отмелей, что несколько увеличивает пропускную способность русла.

Рекомендации по защите г. Томска от затопления и подтопления

Совокупность природных и техногенных условий, присущих району расположения г. Томска, определяет причины и масштабы существующих и потенциальных рисков для населения и хозяйства в условиях формирования заторов льда и экстремально высоких уровней воды р. Томь. Экономические и экологические ущербы, связанные с затоплением и подтоплением территории города, требуют реализации комплекса мероприятий, направленных на их минимизацию. Он включает организационные, научно-информационные и инженерные меры предупреждения ущербов от рассматриваемых опасных гидрологических процессов.

Организационные мероприятия включают нормативно-правовое обеспечение задач защиты от затопления населения и хозяйства территории и разнообразные профилактические работы. Соответствующая деятельность исполнительной власти должна ранжировать местными нормативно-правовыми актами использование почвенных, лесных, транспортных, водных, сырьевых и иных ресурсов территории в зависимости от частоты, глубины и продолжительности возможного ее затопления. Нарушением закона следует считать разрешительную практику освоения под жилую или производственную застройку участков речной долины, которая затапливается чаще 1 раза в 10–11 лет. Строительство жилых поселков на пойме должно быть прекращено полностью, а уже существующие должны быть защищены дамбами либо выведены с затопляемой территории.

Заблаговременное (во вторую половину навигации) выполнение дноуглубительных работ на перекатах будет способствовать увеличению пропускной способности русла и снижению опасности возникновения заторов. Однако надо иметь в виду, что разработка перекатов на участке выше «Синего Утёса» может привести к посадке уровней воды. К тому же возобновление дноуглубления выше порога имеет смысл при организации сквозного судоходства. Сложно разветвленное русло выше «Синего Утёса» в настоящее время является практически основным местом разработки карьеров и усиливает тенденцию развития Светлой протоки, что может привести к увеличению возможности образования заторов. Эту ситуацию необходимо постоянно отслеживать и принимать меры для ее недопущения. Ниже Томска

дноуглубительные работы проводить необходимо не только для обеспечения судоходства, но и для сохранения современных параметров поперечного сечения русла (что необходимо для снижения вероятности заторов), т. к. вся инфраструктура на пойме и в городе уже адаптирована к современному состоянию русла и к низким уровням половодья.

Необходимо рассмотреть возможность привлечения ледокольного флота, совершенно отсутствующего как на Томи, так и на Оби. Один-два речных ледокола способны раздробить лед на всех плёсах ниже скального порога у мыса «Боец», поддерживать прорези в рабочем состоянии, вызвать искусственный ледоход и тем самым полностью устранить угрозу крупных заторов. Технические условия для эксплуатации ледокольных судов в зимнее время достаточны – глубины на перекатах ниже города даже в низкую межень не снижаются ниже 2,2–2,5 м. В период летней навигации ледоколы можно использовать как буксировщики или в качестве технических судов.

Положительный эффект может иметь и сброс теплых вод (ТЭЦ, заводов, жилого сектора) в реку непосредственно в районе города и выше скального порога перед ледоходом, формирование искусственной полыньи. Положительный результат может принести и предварительное ослабление ледяного покрова (перед вскрытием) р. Томь выше створа автомобильного моста г. Томска на участках: перед опорами автомобильного моста; в районе Боярских островов; выше устья Ушайки. Ослабление ледяного покрова на данном участке позволит к моменту вскрытия р. Томь частично освободить от льда участок реки вниз по течению от устья Ушайки, что позволит более эффективно бороться с ожидаемым затором льда ниже коммунального моста.

Научно-информационная основа является необходимым условием для определения существующего риска опасных гидрологических процессов, исследования их генезиса, прогноза экстремальных характеристик этих процессов. Для проведения эффективных противопаводковых мероприятий необходимо дальнейшее совершенствование гидрологического мониторинга. Стоит отметить успешный опыт в этом направлении ОАО «Томскгеомониторинг». Долина Томи удовлетворительно обеспечена постами наблюдения (г/п Ярское, Гидроствор, Томск, Козюлино, метеостанция Томск); но для уточнения анализа оперативной обстановки в период половодья и весеннего ледохода необходимы дополнительные уровенные посты на участке Попадейкино – Самусь, в районе Казанка – Коларово и восстановление береговой реперной сети. Более частая сеть постов позволит более точно определить положение и размер затора, величину подпора и его распространение. Так, при возникновении затора на городском плёсе 58–68 км или на излучине в районе г. Северска данные по г/п Томск не являются кондиционными для нижнего участка реки. В настоящее время возрастает роль методов дистанционного зондирования русла реки в период вскрытия, а также возможности гидравлического моделирования процесса затопления. Получен-

ные в результате моделирования максимальные отметки водной поверхности следует учесть при проектировании защитных мероприятий и последующей застройки пойм.

Дальнейшие научные исследования должны быть связаны и с оценкой роли динамического и теплового фактора в период вскрытия реки, с изучением произошедших климатических изменений, приведших к изменению гидрологического режима рек региона. Ежегодное проведение противозаторных мероприятий требует больших денежных затрат. От противозаторных мероприятий можно полностью отказаться, когда максимальный заторный уровень воды по прогнозу плюс удвоенная средняя квадратическая погрешность прогноза ниже отметки начала затопления защищаемой территории [7]. При сохранении высокой вероятности формирования высоких уровней воды, в т. ч. и в период с ледовыми явлениями, тщательного обоснования требуют и взрывные работы, которые должны проводиться только в те годы, когда это действительно необходимо.

Наиболее традиционным способом обеспечения безопасности населения и хозяйства территории, подвергающейся периодическим наводнениям, является комплекс *инженерно-технических мероприятий*. Эти мероприятия весьма разнообразны. Одинаковые по целям использования они предполагают использование различных приемов для снижения риска затопления освоенных территорий. Исследования показали, что необходимо оптимизировать пропуск воды по пойме в половодье строительством отсутствующих сейчас водопропускных сооружений под автодорогами. Весьма дорогим, но возможным вариантом является сооружение сплошной дамбы вокруг всей застроенной прирусловой и центральной части поймы напротив города. Дамбами должна быть защищена и пос. Чёрная Речка, также попадающая в угрожаемую зону.

Необходимо исследовать возможное влияние законсервированной Крапивинской ГЭС на р. Томь в 350 км выше по течению от г. Томска на русловой, гидрологический и ледовый режим. Крапивинская ГЭС, в том числе, должна предупредить ущербы от наводнений, восстановить утраченное судоходное значение р. Томь, обеспечить выработку электроэнергии, дать возможность организации на берегах водохранилища рекреационных зон.

Выводы

Совокупность природных и техногенных условий, присущих району расположения г. Томска, определяет причины и масштабы существующих и потенциальных рисков для населения и хозяйства в условиях формирования заторов льда и экстремально высоких уровней воды р. Томь. При оптимальном сочетании гидрометеорологических условий, как это было, например, в 2010 г., необходимым фактором формирования заторов являются

морфологические особенности русла и дна долины в целом. Максимальная аккумуляция льда и шуги происходит на участках с наименьшей пропускной способностью русла, обусловленной естественными и антропогенными условиями. В работе рассмотрены как естественные факторы, способствующие формированию заторов на Томи, – перегибы продольного профиля, крутые излучины, сужения русла скальными выступами, разветвления, так и последствия антропогенных нарушений. Предложены рекомендации по предотвращению негативных последствий формирования заторов льда в районе Томска. Они включают организационные, научно-информационные и инженерные меры предупреждения ущербов от рассматриваемых опасных гидрологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М.: ГЕОС, 2000. 332 с.
2. Марусенко Я.И. Ледовый режим рек бассейна Томи. Томск: ТГУ, 1958. 217 с.
3. Агафонова С.А., Фролова Н.Л. Особенности ледового режима рек бассейна Северной Двины // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 2. С. 123–131.
4. Половодье 2010 г. // Информация ОАО «Томскгеомониторинг». Режим доступа: <http://www.tgm.ru/polovod.php?ind=polvod&gz=polvod&lv=1> www.tgm.ru.
5. Савичев О.Г., Льготин В.А. Методика оценки уровней воды реки Томь при ледовых заторах и заторах у г. Томска. Томск: Изв-во Томского политехн. ун-та, 2011. Т. 318. № 1. С. 135–140.
6. Вершинин Д.А. Техногенные воздействия на вертикальные деформации русла и гидравлику потока (на примере р. Томи): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск: ТГУ, 2005.
7. Бузин В.А. Заторы льда и заторные наводнения на реках. СПб.: Гидрометеоздат, 2004. 204 с.

Сведения об авторах:

Агафонова Светлана Андреевна, к. г. н., инженер, кафедра гидрологии суши, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Ленинские Горы, ГСП-1

Беркович Константин Михайлович, д. г. н., ведущий научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Ленинские Горы, ГСП-1; e-mail: berkovitch@yandex.ru

Рулева Светлана Николаевна, к. г. н., старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Ленинские Горы, ГСП-1; e-mail: mnksl@yandex.ru

Сурков Виталий Владимирович, к. г. н., старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Ленинские Горы, ГСП-1; e-mail: vita.surkov@yandex.ru

Фролова Наталья Леонидовна, к. г. н., доцент, кафедра гидрологии суши, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Ленинские Горы, ГСП-1; e-mail: frolova_nl@mail.ru