

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ВОД РЕКИ ТОМЬ ПРИ ЛЕДОВЫХ ЗАТОРАХ И ЗАЖОРАХ У Г. ТОМСКА

О.Г. Савичев, В.А. Льготин\*

Томский политехнический университет

E-mail: OSavichev@mail.ru

\*ОАО «Томскгеомониторинг»

*Разработаны и апробированы методики ориентировочной оценки заторных уровней воды р. Томи у г. Томска в зависимости от гидравлических характеристик потока и коэффициента заторности, накопления ледяных образований относительно пропускной способности русла. Показано, что вследствие природных условий формирования водного и ледового режима р. Томи на участке её нижнего течения поддерживается высокая вероятность наводнений вследствие ледовых заторов и зажоров. Рассмотрены способы решения проблемы наводнений в нижнем течении р. Томи.*

### **Ключевые слова:**

*Наводнения, ледовые заторы и зажоры, максимальные уровни воды, река Томи.*

### **Key words:**

*Inundation, ice dam, ice jam, maximum levels of river water, the Tom' river.*

### **Введение**

Для нижнего течения р. Томи в целом характерно образование ледовых заторов (скопление в русле льдин) и зажоров (скопление шуги и мелкобитого льда) и, как следствие, достаточно мощных наводнений с подъёмом уровней воды до 8...9 м и затоплением частей населённых пунктов, промышленных предприятий и объектов инфраструктуры. Основные причины указанных явлений заключаются в следующем. *Во-первых*, основная часть стока р. Томи у г. Томска формируется в горных районах (Кузнецкий Алатау и Горная Шория), а участок нижнего течения характеризуется равнинным рельефом и, как следствие, общим снижением скоростей течения. *Во-вторых*, значительная часть рассматриваемой реки имеет меридиональную направленность, что в условиях широтного изменения температуры воздуха (увеличение с севера на юг) обуславливает более ранние сроки вскрытия ледового покрова на юге. Наложение указанных факторов приводит к выносу ледового материала с участков верхнего и среднего течения и его накоплению в нижнем течении реки. При этом максимальная аккумуляция льда и шуги происходит на участках с наименьшей пропускной способностью русла – в естественных и антропогенных сужениях (например, у мостов, в местах размещения складов песчано-гравийной смеси, добываемой в русле реки), на поворотах, у островов.

В 1950–1980 гг. в русле р. Томи проводилась интенсивная добыча песка и гравия, в результате чего, по данным [1], отметки дна понизились примерно на 2...2,5 м, а в русле сформировалась транзитная часть с повышенной пропускной способностью. Это привело к снижению вероятности образования мощных ледовых заторов и зажоров. Резко уменьшилась частота и мощность наводнений. Определенная часть поймы перестала затопливаться, что стимулировало её застройку, в том числе жилыми объектами. Однако после запрета русло-

вой добычи песчано-гравийной смеси в 1980-е гг., а затем её ограниченного ведения на отдельных участках русла, на островах и в протоках стали проявляться русловые процессы, связанные с формированием осерёдков и островов [2]. Особенно следует отметить ситуацию, сложившуюся в юго-западной части г. Томска, где ниже по течению от естественного сужения и резкого поворота русла у выхода трудно размываемых скальных пород наблюдается резкое расширение русла с размываемыми берегами. Как следствие, здесь резко уменьшаются скорости течения, уменьшается транспортирующая способность потока и происходит аккумуляция речных наносов, что привело к формированию нескольких осерёдков, у которых практически ежегодно происходит накопление ледового материала. Аналогичная обстановка наблюдается и ниже по течению, в том числе, в черте г. Томска – у островов Верхний и Нижний Боярские, Собачий, где ежегодно отмечаются ледовые заторы и зажоры разной мощности.

Указанные процессы развиваются во времени в неблагоприятном для местного населения направлении. Так, в 2004 г. в весенний период в Горной Шории выпало большое количество жидких атмосферных осадков. Волна половодья с большим количеством ледового материала подошла к г. Томску, выше по течению от которого (у острова Басандайский) образовался мощный ледовый затор, который привёл к затоплению левобережной поймы (ранее не затопливавшейся в течение нескольких десятилетий). В 2007 г. в районе с. Вершинино сформировавшийся ледовый затор привёл к затоплению пониженных участков ближайших населённых пунктов и автодороги Томск – Ярское.

Наиболее опасные (за последние десятилетия) условия сложились в период 2009–2010 гг., когда в ноябре, уже после установления ледового покрова на р. Томи, в Горной Шории прошли необычно интенсивные дожди. В результате резкого повыше-

ния уровней и расходов воды произошло разрушение первичного ледового покрова и его последующее восстановление уже на более высоком уровне. Кроме того, открытые участки водной поверхности в условиях низких температур воздуха (ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ ) стали источниками образования шуги, которая затем накапливалась на поворотах и у островов. На спаде паводка, по мере уменьшения воды в русле, ледовый покров стал опускаться и деформироваться с образованием торосов. Другой отличительной особенностью зимнего периода 2009–2010 гг. стали стабильно низкие температуры воздуха, не наблюдавшиеся уже много лет. Как следствие, в русле р. Томи сформировались образования льда и шуги мощностью до 4...5 м, а пропускная способность русла резко уменьшилась (рис. 1–3). В связи с этим государственными и муниципальными органами власти и управления были предприняты действия по предотвращению наводнения. К сожалению, полностью его избежать не удалось – были затоплены п. Чёрная Речка, жилые объекты в долинах притоков р. Томи, дачные посёлки и автодороги в долине р. Томи в пределах Томской области.

Очевидно, что подобные обстоятельства определяют необходимость разработки системных мероприятий по предотвращению наводнений, для чего необходимо понимание механизма формирования ледовых заторов и зажоров. В настоящее время в данном направлении выполнен ряд работ Л.Г. Шуляковским, В.А. Бузиным, Г.И. Болотниковым и др., однако для практического применения, как правило, используются эмпирические и полупырические зависимости для определения заторного (зajorного) уровней воды в местах предполагаемого образования заторов (зajorов) [3–6]. В случае р. Томи подобный подход реализовать трудно, поскольку заторы и зажоры могут наблюдаться на участке протяженностью более 100 км, а створ, где проводятся измерения расходов воды, – только один (на юго-западной границе г. Томска). Причём, несмотря на высокую вероятность ледовых заторов и зажоров, их количественные характеристики до сих пор изучены крайне недостаточно. Всё это определило актуальность исследований ледового режима р. Томи с целью разработки методов долгосрочного прогноза ледовых явлений и наводнений. В рассматриваемой работе представлены результаты первого этапа, в рамках которого были: 1) выполнены оценка заторных уровней воды согласно [6] и определение необходимых гидрологических характеристик; 2) разработана методика экспресс-расчёта подпора в зависимости от фактической толщины льда и пропускной способности русла в период, предшествующий ледоходу. Необходимость решения второй задачи обусловлена трудоёмкостью стандартных гидрологических расчётов, осложняющей принятие управленческих решений, в режиме чрезвычайных ситуаций.

### Исходные данные и методика прогноза

Исходные данные для расчётов получены: 1) Томским центром гидрометеослужбы (ТЦГМС) – данные о расходах и уровнях воды р. Томи в г. Томске, ледовом режиме, атмосферных осадках, температуре приземных слоёв атмосферного воздуха; 2) специалистами ОАО «Томскгеомониторинг» – материалы промерных и топогеодезических работ, выполненных 2010 г. Положение расчётных створов приведено на рис. 1, поперечные профили русла р. Томи в феврале – марте 2010 г. – на рис. 2, 3.

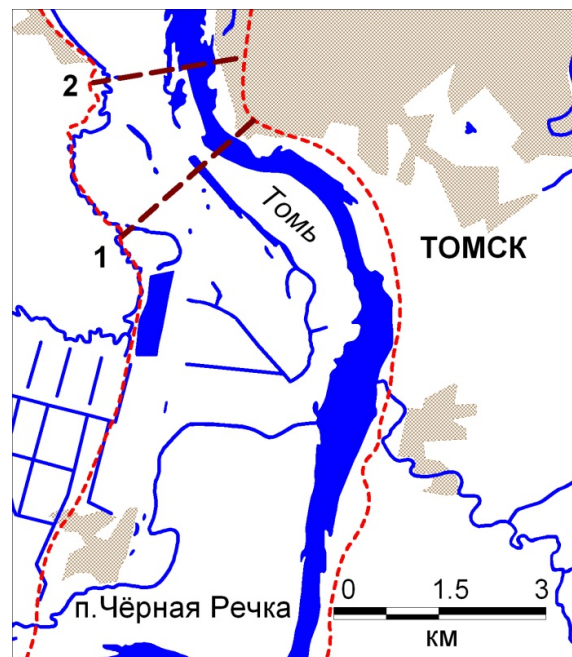


Рис. 1. Схема расположения расчётных профилей р. Томи. – граница зоны максимального затопления

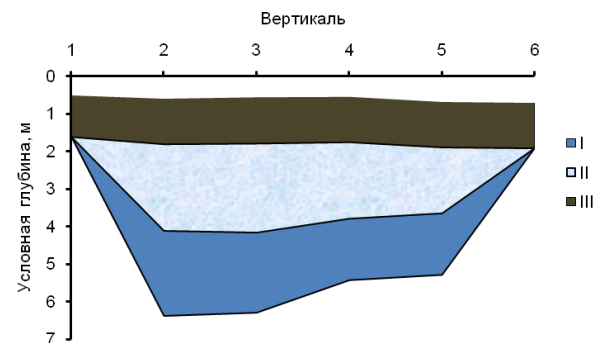
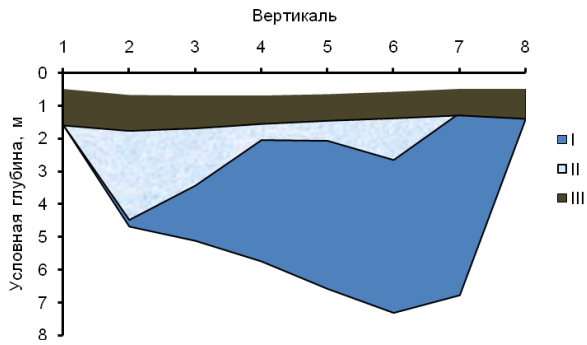


Рис. 2. Поперечный профиль р. Томи в створе № 1 (рис. 1); 12.03.2010 г.; I) живое сечение потока; II) пространство, занятое шугой; III) пространство, занятое льдом; вертикали расположены от бровки левого берега, м: 1 – 0; 2 – 100; 3 – 200; 4 – 300; 5 – 400; 6 – 439

Методика решения первой задачи включала:

- 1) прогноз максимального расхода во время ледохода (выполнен по данным о суммарных влагозапасах в весенне-зимний период в соответствии с [7]);



**Рис. 3.** Поперечный профиль р. Томи в створе № 2 (рис. 1); 05.02.2010 г.; I) живое сечение потока; II) пространство, занятое шугой; III) пространство, занятое льдом; вертикали расположены от бровки левого берега, м: 1 – 0; 2 – 100; 3 – 200; 4 – 300; 5 – 400; 6 – 500; 7 – 600; 8 – 676

- определение расчётного расхода воды с учётом влияния ледового покрова и несовпадения времени прохождения пика половодья и ледохода по формуле:

$$Q' = Q \frac{\eta}{K_w},$$

где  $\eta$  – отношение расходов воды при ледоходе и на пике половодья;  $K_w$  – коэффициент, учитывающий изменение гидравлических характеристик потока при ледоставе; в рассматриваемой работе значение  $K_w$  принято равным среднеапрельскому значению 0,41, а коэффициент  $\eta$  определён по зависимости от модульного коэффициента по эмпирической формуле, полученной для гидроствора на р. Томь у г. Томска:

$$\eta = 96,406 \left( \frac{Q}{1031} \right)^{-2,835},$$

где 1031 м<sup>3</sup>/с – принятая норма водного стока; квадрат корреляционного отношения  $R^2=0,71$ .

- определение по формулам Шези и Маннинга связи между отметкой уровня воды  $Z$ , с одной стороны, расходом воды  $Q$ , средней глубиной  $h_a$  и шириной потока  $B$ , с другой; в результате анализа данных наблюдений Росгидромета и собственных полевых работ уклон водной поверхности принят постоянным в размере 0,21 м/км, коэффициент шероховатости для русла – 0,04, на пойме – 0,05;
- расчёт заторно-зажорных уровней воды  $H_{з,р\%}$  по формуле:

$$Z_{с,р\%} = (\mu J_{Q_{с,р\%}}^{0,3} - 1) h_{Q_{с,р\%}} + H_{Q_{с,р\%}}, \quad (1)$$

где  $Z_{Q_{с,р\%}}$ ,  $h_{Q_{с,р\%}}$ ,  $J_{Q_{с,р\%}}$  – уровень воды, глубина и уклон водной поверхности при расходе воды  $Q_{с,р\%}$  и свободном от льда русле [6];  $\mu$  – коэффициент заторности (зажорности), в данной работе определённый обратным расчётом по (1) по данным наблюдений Росгидромета; величина  $\Delta Z_s = (\nu J_{Q_{с,р\%}}^{0,3} - 1) h_{Q_{с,р\%}}$  представляет собой подпор воды при заторе (зажоре).

Решение второй задачи основывалось на полуэмпирическом подходе, в соответствии с которым предполагается, что заторно-зажорное повышение

уровня воды  $\Delta Z_s$  пропорционально накоплению ледяных образований  $\Delta_s$  относительно пропускной способности русла:

$$\Delta_s = \beta_1 \frac{M_s - P_s}{\rho_s V_a B}, \quad (2)$$

где  $M_s$  – поступления ледяных образований в данный створ (льда  $M_L$  или шуги  $M_C$ ; в общем случае используется обозначение  $M_s$ );  $P_s$  – способности потока к его переносу (льда  $P_L$  или шуги  $P_C$ ; в общем случае  $P_s$ );  $\beta_1$  – коэффициент, учитывающий форму русла;  $\rho_s$  – плотность ледовых образований;  $V_a$  – средняя скорость течения;  $B$  – ширина потока. В случае, когда  $(M_s - P_s) < 0$ , происходит вынос ледового материала за пределы рассматриваемого участка. В противном случае возможно увеличение площади поперечного сечения, занятого льдом или шугой на величину  $\Delta_s B$ . При  $\Delta_s > 0$  увеличение ледяного материала в створе приводит к уменьшению коэффициента  $K_w$  и, соответственно, переоценке расчётного уровня воды.

Величины  $M_s$  и  $P_s$  могут быть приближенно вычислены по выражениям:

$$M_s = V_a h_s B \beta_2 \rho_s = Q \beta_2 \rho_s \frac{h_s}{h_a}, \quad (3)$$

$$P_s = Q \beta_2 \rho_s \frac{h_{s,k}}{h_a}, \quad (4)$$

где  $h_s$  – фактическое значение толщины льда или слоя шуги;  $h_{s,k}$  – пороговое значение толщины льда или слоя шуги, ниже которого затор или зажор становится маловероятным;  $\beta_2$  – коэффициент, учитывающий сплошность ледового потока. С учётом (3), (4) уравнение (2) принимает вид:

$$\Delta_s = \beta_1 \beta_2 (h_s - h_{s,k}).$$

Значения толщины льда  $h_L$  или слоя шуги  $h_C$  принимаются по результатам полевых работ, а пороговые значения определяются в зависимости от основных гидрометеорологических факторов.

Пороговое значение  $h_{C,k}$  зависит от плотности теплового потока через водную поверхность, времени добега ледовых образований от нулевой изотермы до кромки ледового покрова, количества льда, приходящегося на единицу поверхности, средней скорости шугохода на участке ледообразования и ширины реки [5]. Непосредственно для участка нижнего течения р. Томь у г. Томск получена более простая эмпирическая зависимость порогового значения  $h_{C,k}$  от ширины потока, толщины льда и средней глубины потока без учёта источников образования шуги ( $R^2=0,58$ ):

$$h_{C,k} = 0,076 \frac{h_a^{2/3}}{h_L} - 0,144.$$

Пороговые значения толщины льда  $h_{L,k}$  могут быть получены, исходя из уравнения равновесия сил, действующих в заторе [5]:

$$\alpha V^2 = P_n + 2(C + f P_o),$$

$\alpha$  – коэффициент гидродинамической нагрузки;  $V$  – скорость течения;  $C$  – сила сцепления;  $f$  – коэффициент трения раздробленного льда о берег;  $P_6$  – сила, действующая нормально к берегу со стороны раздробленного льда;  $P_n$  – сила, равная разности активной силы трения. Если предположить, что величина  $P_n$  пропорциональна толщине льда, а состояние ледового покрова, в значительной степени определяющего силу трения, пропорционально разности сумм отрицательных и положительных температур, обуславливающих рост (формула Ф.И. Быдина) или таяние льда, то выражение для расчёта  $h_{L,k}$  принимает вид:

$$h_{L,k} = 0,327 + 0,485(0,11\sqrt{\sum(T_{a,<0^{\circ}C})} - 0,005\sum(T_{a,\geq 0^{\circ}C})) - 0,014\left(\frac{Q}{1031}\right)^2,$$

где  $\sum(T_{a,<0^{\circ}C})$  и  $\sum(T_{a,\geq 0^{\circ}C})$  – суммы среднемесячных отрицательных и положительных температур атмосферного воздуха за октябрь – апрель;  $R^2=0,59$ .

**Результаты исследования**

В результате анализа материалов ТЦГМС были выбраны два характерных года, когда в условиях современного русла, сложившегося под влиянием разработки карьеров песчано-гравийного материала, отчетливо наблюдались заторные уровни воды (табл. 1).

**Таблица 1.** Гидрологическая характеристика р. Томи у г. Томска в 2002 и 2004 г.

Параметр	Дата проявления заторно-зажорных явлений	
	18.04.2004 г.	18.04.2002 г.
Расход воды, м³/с	5740	5820
Наблюдённый уровень воды, м	77,45	76,80
Расчётный подпор, м	2,55	1,08
Коэффициент зажорности (заторности) $\mu$	2,95	2,71

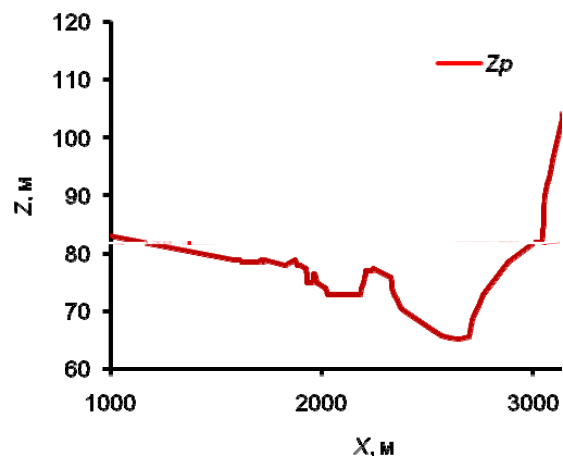
С учётом этих данных коэффициент заторности (зажорности)  $\mu$  у г. Томск в гидростворе принят в размере 2,83 (как среднее из значений, приведённых в табл. 1). Прогнозный максимальный расход определён в размере 7071 м³/с, расчётный максимальный расход – 7081 м³/с.

Результаты расчёта заторных уровней воды р. Томи по формуле (1) приведены в табл. 2 и рис. 4, 5. Их анализ показал, что для принятых гидрологических параметров достигнута весьма высокая степень соответствия наблюдаемых и вычисленных значений. Так, в створе № 1 оказалась затопленной обширная левобережная пойма (рис. 6), а в створе № 2 уровень воды был на 10...50 см ниже гребня дамбы, защитившей г. Томск от затопления нескольких микрорайонов. Более точная количественная оценка, к сожалению, невозможна по причине отсутствия данных наблюдений в пе-

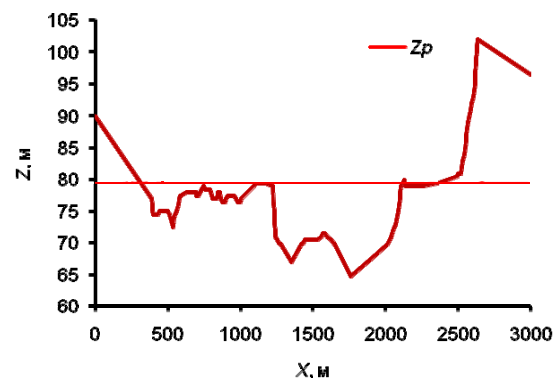
риод интенсивного затопления поймы и прорыва ледовых заторов.

**Таблица 2.** Прогноз уровней воды р. Томи у г. Томск в 2010 г.

Параметр, м	Расчётный створ	
	№ 1	№ 2
Средняя толщина льда	1,19	0,60
Средняя толщина слоя шуги	2,03	1,20
Критическая толщина льда	0,17	0,17
Критическая толщина слоя шуги	1,31	1,15
Накопление ледяных образований в русле	1,02	0,43
Уровень воды по прогнозируемому расходу	77,45	75,74
Заторный уровень воды по формуле (1)	81,83	79,49
Расчётный подпор по формуле (1)	4,49	3,75
Заторный уровень воды по формуле (5)	81,63	77,55
Расчётный подпор по формуле (5)	4,29	1,81



**Рис. 4.** Схематичный профиль р. Томи в створе № 1 и положение уровня воды с учётом образования затора ( $Z_p$ ) при расходе воды 7071 м³/с;  $\eta=0,411$ ;  $K_w=0,41$ ;  $X$  – расстояние от условного начала на левом берегу



**Рис. 5.** Схематичный профиль р. Томи в створе № 2 и положение уровня воды с учётом образования затора ( $Z_p$ ) при расходе воды 7071 м³/с;  $\eta=0,411$ ;  $K_w=0,41$ ;  $X$  – расстояние от условного начала на левом берегу

По данным о ледовых заторах в 2002 и 2004 гг. (при отсутствии значимого количества шуги) также были оценены параметры связи между повышением уровня воды  $\Delta Z$  и накоплением ледяных образований  $\Delta$ , относительно пропускной способности русла, в результате чего получена зависимость:



Рис. 6. Ледовый затор и участок затопленной поймы р. Томи у г. Томска 29.04.2010 г.

$$\Delta Z_s = 4,2(h_s - h_{s,k}). \quad (5)$$

Проверка формулы (5) по материалам 2010 г. показала потенциальную возможность её использования для ориентировочной оценки подпора. Однако, как и в случае коэффициента заторности  $\mu$  в формуле (1), требуется обработка большего объёма наблюдений и регионального обобщения полученных характеристик ледового и уровенного режима рек. Также следует отметить, что отсутствие данных о количестве шуги в русле р. Томи в 2002 и 2004 гг. не позволило полноценно учесть подпор вследствие ледового зажора.

Необходимо отметить, что апробация обеих методик проводилась непосредственно перед ледоходом в условиях высокой неопределённости исходных гидрологических и метеорологических данных, на основе которых строился прогноз максимального расхода воды и принимались расчётные параметры. С учётом этого оценка заторных уровней была выполнена для нескольких значений  $K_w$  и  $\eta$  и получено несколько вариантов развития ситуации. Причём расчётные уровни воды, приведённые в табл. 2, соответствуют практически минимально возможному ущербу в условиях необычно мощного слоя льда и шуги в русле р. Томи, значительных влагозапасов в водосборе и достаточно резкого снеготаяния.

Условия, благоприятные для образования ледовых заторов и зажоров на р. Томи, наблюдаются достаточно часто. Соответственно велика и вероятность затоплений населённых пунктов (их частей) и объектов инфраструктуры (в течение 2000-х гг., как минимум, четыре случая). В связи с этим можно сделать вывод о том, что проблема наводнений заключается не в периодическом (закономерном) затоплении значительной части речной долины, а в неоптимальном размещении в пойме р. Томи и её притоков жилых и иных объектов (согласно

[8], пойма – часть дна речной долины, сложенная наносами и периодически заливаемая в половодье и паводки). Следовательно, идеальное решение этой проблемы заключается в выносе хозяйственных объектов за пределы поймы и русла и организации в пойме парков, зон отдыха и т. п., что сопряжено со значительными социально-экономическими проблемами, превосходящими исходную проблему наводнения.

Второй способ решения проблемы заключается в строительстве дамб, что потребует громадных финансовых вложений, а третий связан с проведением руслоисправительных работ с целью повышения пропускной способности русла. Его реализация также связана с проведением дорогостоящих и технически сложных мероприятий с неоднозначными последствиями для водной экосистемы. Таким образом, каждый из указанных способов имеет и плюсы, и минусы, ограничивающие его применение. Поэтому целесообразно реализовать их в комплексе, предварительно обсудив основные положения в средствах массовой информации.

#### Заключение

1. Разработаны и апробированы методики ориентировочной оценки заторных уровней воды р. Томи в районе г. Томска в зависимости от: 1) гидравлических характеристик потока и коэффициента заторности; 2) накопления ледяных образований относительно пропускной способности русла.
2. Вследствие природных условий формирования водного и ледового режима р. Томи на участке её нижнего течения поддерживается высокая вероятность наводнений вследствие ледовых заторов и зажоров (по крайней мере, 4 затора за последние 10 лет, в том числе, 2 – очень мощных, с последующим затоплением п. Чёрная Речка у г. Томска).

3. В перспективе рекомендуется провести разработку комплексного проекта благоустройства р. Томи и снижения негативного воздействия вод. В рамках этого проекта целесообразно предусмотреть мероприятия по: систематическому предупреждению населения о рисках строительства

в пойме; выносу жилых и иных объектов из особо подверженных затоплениям частей долины; строительству и реконструкции дамб для обеспечения безопасности объектов, не подлежащих выносу; исправлению и углублению русла р. Томи для повышения его пропускной способности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыготин В.А., Савичев О.Г., Нигороженко В.Я. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2000–2005 гг. – Томск: Аграф-ПРЕСС, 2006. – 88 с.
2. Савичев О.Г. Математическое моделирование и прогноз русловых деформаций р. Томи в черте г. Томска (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 118–122.
3. Ботвинков В.М., Дегтярёв В.В., Седых В.А. Гидрогеоэкология на внутренних путях. – Новосибирск: Сибирское соглашение, 2002. – 356 с.
4. Бузин В.А., Болотников Г.И., Филиппов А.М. Затопления и зажоры льда на реках – методы изучения, расчёта и прогноза //

- Проблемы современной гидрологии / под ред. И.А. Шикломанова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 220–231.
5. Винников С.Д., Проскуряков Б.В. Гидрофизика. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.
  6. СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 72 с.
  7. Попов Е.Г. Основы теории и практики гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 295 с.
  8. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. Дата введения 1975-01-01. – М.: Изд-во стандартов СССР, 1988. – 47 с.

Поступила 30.08.2010 г.

УДК 556.3(571.1)

## МЕТОДИКА РАСЧЁТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ РЕЧНЫХ ВОД В ТАЁЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Г. Савичев

Томский политехнический университет  
E-mail: OSavichev@mail.ru

*Разработана методика определения максимальных расходов воды рек таёжной зоны Западной Сибири при отсутствии данных наблюдений, позволяющая по сравнению с существующими способами более полно учесть условия формирования максимального стока и уменьшить трудоёмкость гидрологических расчётов. Область применения методики – анализ вариантов размещения объектов строительства, математическое моделирование и прогноз максимального стока рек. Апробация методики показала, что непосредственно в формировании максимальных расходов половодья на средних реках рассматриваемой территории участвует примерно половина слоя атмосферного увлажнения за декабрь – май (снеговой покров в зимний период и дожди в апреле – мае), а в формировании летне-осенних паводочных максимумов – половина атмосферных осадков, выпадающих в августе. Разница между атмосферными осадками и условным слоем поверхностного стока близка к среднему испарению за соответствующий расчётный период.*

#### Ключевые слова:

*Максимальный расход воды, формирование водного стока, таёжная зона, Западная Сибирь.*

#### Key words:

*The maximal discharge debit, formation of a water runoff, taiga zone, Western Siberia.*

#### Введение

Определение максимальных расходов речных вод является обязательным этапом инженерных изысканий для строительства всех водохозяйственных систем, мостовых переходов, переходов трубопроводов и ряда других сооружений. Решению этой задачи посвящено огромное количество работ, а наиболее выверенные результаты исследований вошли в соответствующие общестроительные и ведомственные нормативные документы [1, 2]. Тем не менее, ряд вопросов расчёта максимального стока на гидрологически неизученных террито-

риях в условиях меняющегося климата остаётся недостаточно раскрытым. В частности, при использовании формул для вычисления максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков наблюдается высокая степень неоднозначности при определении границ половодья и паводков (следовательно, и соответствующего слоя стока), оценке влияния болот, озёр и лесистости, условий стекания дождевых вод.

Кроме того, не совсем ясно, как практически учитывать изменения статистических параметров гидрологических характеристик (слой весеннего