

- // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 1. – С. 80–83.
6. Основные гидрологические характеристики. Т. 15. Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Вып. 1. Верхняя и Средняя Обь / под ред. Е.П. Шурупа. – Л.: Гидрометеониздат, 1979. – 488 с.
 7. Инишева Л.И., Дубровская Л.И., Инишев Н.Г. Гидрологический режим верхового болота // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 54–57.
 8. Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. – Л.: Гидрометеониздат, 1975. – 280 с.
 9. Савичев О.Г. Химический состав болотных вод на территории Томской области (Западная Сибирь) и их взаимодействие с минеральными и органоминеральными соединениями // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 1. – С. 72–77.
 10. Савичев О.Г., Базанов В.А., Здвижков М.А. Химический состав природных вод болотных ландшафтов с разной степенью антропогенной нагрузки // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Труды российской научн. конф. / под ред. С.Л. Шварцева. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. – С. 274–276.

Поступила 30.09.2009 г.

УДК 550.42:577.4(571.1)

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА БАСЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Г. Савичев, И. Болом*, Ю.А. Харанжевская**

Томский политехнический университет

*Чешский технический университет, г. Прага

**Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО РАСХН, г. Томск

E-mail: OSavichev@mail.ru

На примере типичных для подтаёжной и южнотаёжной подзон Западной Сибири малых рек в бассейнах рр. Томь и Чая – рек Порос, Басандайка и Ключ – выполнен расчет месячного водного баланса и статистический анализ многолетних изменений сезонных и годовых значений общего увлажнения водосборов, стока и его потерь. Установлено, что после 1970 г. произошло статистически значимое увеличение температуры приземного слоя атмосферного воздуха и, как следствие, смещение границ гидрологических сезонов. В северной части бассейна р. Томь в последние 2–3 десятилетия это проявляется в увеличении зимнего стока р. Басандайка. В случае сильно заболоченных территорий в бассейне р. Чая, напротив, произошло статистически значимое уменьшение стока в весенний и зимний периоды вследствие определенного уменьшения увлажнения. Антропогенное влияние на сток малых рек в целом незначительно.

Ключевые слова:

Юг Западной Сибири, малые реки, водный баланс, многолетние изменения.

Key words:

The south of Western Siberia, the small rivers, water balance, long-term changes.

Введение

В последние десятилетия во многих регионах мира, включая Западную Сибирь, наблюдаются заметные изменения климата, связанные с ростом среднегодовой температуры приземных слоёв атмосферного воздуха. В перспективе они могут стать причиной значительных перемен в социально-экономическом развитии обширных территорий, что обуславливает актуальность исследований многолетних изменений климатических и связанных с ними гидрологических условий. В данной работе эта проблема рассмотрена в рамках изучения водного баланса водосборов малых рек подтаёжной и южно-таёжной подзон Западной Сибири – рек Басандайка, Порос (правый и левый притоки р. Томь) и Ключ (элемент речной сети: Обь – Чая – Бакчар – Ключ; рисунок).

Актуальность работы обусловлена необходимостью понимания возможных последствий наблюда-

емого потепления климата и прогрессирующего заболачивания Западной Сибири [1, 2] на водный сток малых рек, а выбор объекта исследований – тем, что указанные водотоки являются типичными для южнотаёжной (р. Ключ, водосбор в пределах Васюганского болота) и подтаёжной (рр. Басандайка и Порос) подзон, причём сток р. Басандайка формируется в условиях, более близких к южнотаёжной подзоне, а сток р. Порос – к лесостепной зоне. Кроме того, значительная часть долины р. Порос занята торфяниками мощностью до 3 м и более, а территория водосбора р. Басандайка характеризуется наличием низинных болот в долине и понижениях на водоразделах с незначительной мощностью торфяной залежи. Таким образом, несмотря на географическую близость, физико-географические и морфометрические характеристики указанных водотоков и их водосборов, а следовательно, и водный режим существенно отличается друг от друга.

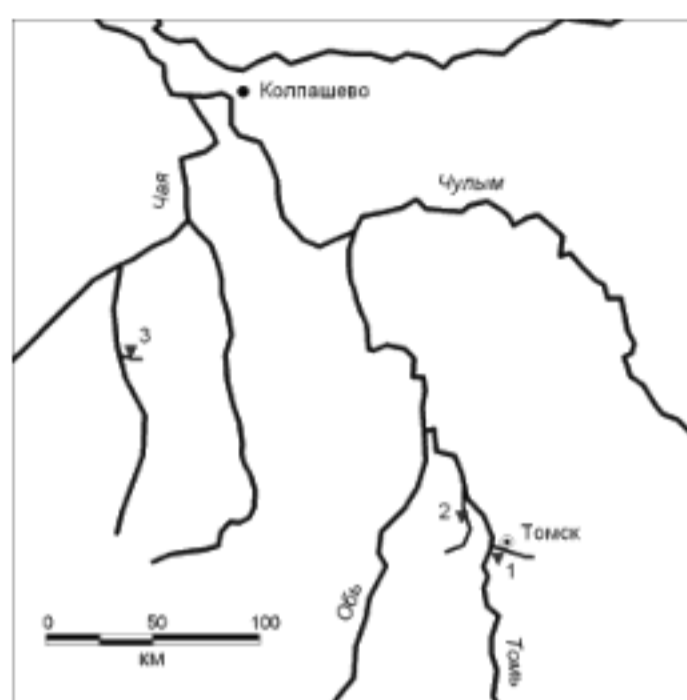


Рисунок. Схема расположения гидропостов на рр. Басандайка (1 – у д. Басандайка), Порос (2 – у с. Зоркальцево) и Ключ (3 – у с. Польшнянка)

Исходной информацией для проведения исследований послужили: 1) материалы наблюдений Росгидромета (Томский центр гидрометеослужбы) за температурой приземных слоев воздуха и атмосферными осадками на метеостанциях Томск (1890–2007 гг.) и Бакчар (1936–2006 гг.); 2) материалы наблюдений Росгидромета за расходами воды р. Басандайка у д. Басандайка (южная окраина г. Томск) с 1972 по 2005 гг., р. Порос у с. Зоркальцево с 1973 по 2005 гг., р. Ключ у с. Польшнянка с 1973 по 2006 гг.; 3) данные рекогносцировочных обследований, выполненных авторами в 2002–2009 гг.

Математическая модель месячного водного баланса

Методика исследования включала построение уравнения месячного водного баланса водосборов рр. Басандайка, Порос и Ключ за период с 1972–1974 по 2004–2006 гг. и статистический анализ многолетних изменений его элементов.

Построение водного баланса основывалось на расчете слоя водного стока, общего увлажнения водосборной территории, суммарных потерь водного стока и антропогенного влияния на водный сток. Общее увлажнение водосбора за месяц рассматривалось как сумма выпавших жидких атмосферных осадков (атмосферные осадки при среднемесячной температуре атмосферного воздуха больше или равной 0 °С) и водоотдачи из снегового покрова. При среднемесячной температуре воздуха меньше 0 °С атмосферные осадки рассматривались как снег, который не принимает непосредственного участия в водном питании реки, а идет на формирование снегового покрова. Месячное испарение воды из снега было рассчитано по формуле П.П. Кузина [3], испарение в теплый период года – по методу В.С. Мезенцева [4], водоотдача из снегового покрова прибли-

женно определялась согласно [5–7] при температуре атмосферного воздуха больше или равной 0 °С и наличии снегового покрова. Особенностью используемой модели является то, что по результатам анализа среднесуточных значений метеопараметров получена, а затем использована в расчетах зависимость месячного снеготаяния за счет выпадения дождей от среднемесячной (положительной) температуры воздуха и месячной суммы жидких атмосферных осадков. Расчет снеготаяния производился отдельно для залесенной и открытой местности. Общее увлажнение водосбора рассчитывалось как средневзвешенное для увлажнения в лесу и на открытых участках. Величина суммарных потерь водного стока определялась как разность между слоем суммарного увлажнения и стока в текущем месяце.

Антропогенное влияние на водный сток рр. Басандайка и Порос оценивалось по разности месячных значений сбросов сточных вод C_s , потерь воды в прудах и малых водохранилищах P , и забора воды Z :

$$A_i = C_s - Z - P.$$

Потери воды в искусственных водоёмах в первом приближении оценены только по разнице испарения с водной поверхности и суши без учёта инфильтрации в дно и берега на основе формулы Б.Д. Зайкова для расчёта испарения с водной поверхности:

$$P_i = ((0,2 m k_i D_i^{0,78})(1 + 0,85 v_i) - E_{m,i}) \frac{F_i}{F_s},$$

где k_i – коэффициент, зависящий от соотношения температуры воды и воздуха и равный 2,2; v_i – средняя месячная скорость ветра; $E_{m,i}$ – испарение; F_i и F_s – площади акватории водоёмов и водосбора, D_i – дефицит влажности, m – количество дней в месяце. Площади акватории прудов, сброс и забор воды приняты по фондовым материалам ОАО «Томскгеомониторинг». Морфометрические характеристики исследуемых рек и их водосборов (по данным [8] и материалам дешифрирования космоснимков) приведены в табл. 1.

Таблица 1. Морфометрические характеристики водосборов рр. Басандайка, Порос и Ключ на основе данных [8]

Характеристика	р. Басандайка – д. Басандайка	р. Порос – с. Зоркальцево	р. Ключ – с. Польшнянка
Площадь водосбора, км ²	402	316	75,7*
Заболоченность, %	<5	<5	76,6*
Озёрность, %	0	0	0*
Залесенность, %	75	50	20,6*
Длина реки от истока, км	47	41	7,3*
Уклон реки, ‰	4,02	1,27	1,85
Уклон водосбора средний, ‰	50,3	16,6	3,7
Средняя высота водосбора, м	180	130	110

* Морфометрические характеристики р. Ключ определены совместно с В.А. Базановым и А.А. Скугаревым путём анализа многозональных космоснимков разрешением 30 м, выполненных прибором ETM+ с борта ИСЗ Landsat 7

Анализ многолетних изменений элементов водного баланса исследуемых рек включал в себя, прежде всего, проверку нулевых гипотез о случайности и однородности рядов наблюдений. Проверка на случайность проводилась с помощью критерия Питмена Pk [9] и с использованием линейной модели. Проверка на однородность осуществлялась с помощью критериев Фишера Fk и Стьюдента Sk [10, 11]. Вывод о неслучайном изменении или нарушении однородности рядов делался при уровне значимости $\alpha=5\%$ в случае, когда расчетная статистика (Pk , Sk , Fk) по модулю превышала соответствующее критическое значение (Pk_{α} , Sk_{α} , Fk_{α}). Проверка на соответствие теоретических и эмпирических кривых распределения вероятностей выполнялась выборочно с использованием критериев χ^2 и ln^2 согласно [10]. В большинстве случаев рассматриваемые ряды гидроклиматических показателей согласуются с логнормальным и гамма-распределением, что обусловило необходимость введения при определении критического значения статистики Стьюдента поправочного коэффициента согласно [11]. Статистический анализ выполнен применительно к данным об атмосферных осадках и температуре воздуха на метеостанции Томск и Бакчар и расчетным характеристикам водного баланса рр. Басандайка, Порос и Ключ по сезонам гидрологического года (апрель – июнь – половодье; июль – ноябрь – летне-осенний период, декабрь – март – зимняя межень).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ данных метеонаблюдений в г. Томск и с. Бакчар подтвердил выводы о существенном увеличении температуры приземных слоев атмосферного воздуха [1]. Это увеличение в г. Томске проявляется во все сезоны гидрологического года, причём до 1970 г. среднегодовая температура приземных слоёв воздуха была отрицательной, а после – положительной (ежегодное увеличение среднегодовой температуры воздуха с 1970 г. составляет 0,062 °C). В с. Бакчар увеличение температуры (в течение 1970–2006 гг.) наиболее заметно в летне-осенний и зимний периоды. Кроме того, у г. Томск и с. Бакчар выявлено увеличение суммы положительных температур воздуха, что, с учётом их связи с испаряемостью, является косвенным свидетельством увеличения последнего, а также определенного улучшения условий произрастания нетребовательной к теплу растительности и, возможно, повышение биопродуктивности экосистемы рассматриваемой территории.

Статистический анализ данных об атмосферных осадках и общего увлажнения позволил выявить определенное увеличение осадков на метеостанции Томск в зимний период и за год, а также закономерное увеличение общего увлажнения за апрель – июнь и год в целом, что объясняется формированием основной части весеннего увлажнения за счёт снеговых вод (табл. 2).

Таблица 2. Результаты проверки на однородность и случайность сезонных и годовых сумм атмосферного увлажнения на метеостанции Томск и на территории водосборов рр. Басандайка, Порос и Ключ

Сумма за	Период	A, мм	σ , мм	Sk/Sk_{α}	Fk/Fk_{α}	Pk/Pk_{α}
Метеостанция Томск (поле)						
апрель – июнь	1890–2007	147	56	1,42	0,76	0,73
	1890–1969	136	51	–	–	–0,53
	1970–2007	169	60	–	–	–0,24
июль – ноябрь	1890–2007	227	58	0,30	0,88	0,28
декабрь – март	1890–2007	0	0	–	–	–
апрель – март	1890–2007	374	80	1,19	0,69	0,69
	1890–1969	362	81	–	–	–0,42
	1970–2007	400	73	–	–	0,37
Водосбор р. Басандайка в створе д. Басандайка						
апрель – июнь	1972–2004	162	51	0,21	0,85	–0,34
июль – ноябрь	1972–2004	230	50	0,40	0,59	0,39
декабрь – март	1972–2004	0	0	–	–	–
апрель – март	1972–2004	392	68	0,14	0,66	0,02
Водосбор р. Порос в створе с. Зоркальцево						
апрель – июнь	1974–2004	158	50	0,03	0,83	–0,04
июль – ноябрь	1974–2004	231	51	0,38	0,53	0,39
декабрь – март	1974–2004	0	0	–	–	–
апрель – март	1974–2004	389	69	0,28	0,67	0,26
Водосбор р. Ключ у с. Польшанка						
апрель – июнь	1973–2006	120,5	44,3	0,44	2,20	–0,56
	1973–1989	129,1	57,8	–	–	–0,25
	1990–2006	112,0	23,5	–	–	–0,09
июль – ноябрь	1973–2006	220,2	67,8	0,70	0,41	0,55
декабрь – март	1973–2006	0	0	–	–	–
апрель – март	1973–2006	340,8	83,8	0,25	0,54	0,14

Примечание: A – среднее арифметическое; σ – среднее квадратическое отклонение; Sk , Sk_{α} , Fk , Fk_{α} , Pk , Pk_{α} – фактические и критические (при уровне значимости $\alpha=5\%$) значения критериев Стьюдента, Фишера и Питмена

Гипотеза об однородности рядов сумм сезонных значений жидких и твёрдых атмосферных осадков при уровне значимости 5% не была отклонена. Для водосборов рр. Басандайка и Порос за более короткие ряды (1972–2004 и 1974–2004 гг. соответственно) статистически значимые изменения общего увлажнения не отмечены (табл. 3). В случае р. Ключ (за период с 1973 по 2006 гг.) получена несколько иная картина многолетних изменений атмосферного увлажнения водосбора. В частности, выявлено уменьшение общего увлажнения в весенний период (в апреле и мае), что, предположительно, связано с постепенным снижением к началу весны влагозапасов в снеговом покрове вследствие увеличения переходного периода от осени к зиме.

Для слоя сезонного водного стока установлено статистически значимое изменение в водосборах рр. Басандайка и Ключ. В первом случае (р. Басандайка) оно связано с увеличением стока в зимний период 1990–2004 гг. по сравнению с 1972–1989 гг., что объясняется смещением границ гидрологических сезонов, благодаря чему зимняя межень в последние 15...20 лет начинается позже и при более высоких расходах воды, а начало снеготаяния и ве-

сеннего половодья – раньше, чем в 1970–1980 гг. В результате наблюдается определенное увеличение зимних расходов воды в р. Басандайка, характеризующих преимущественно подземный сток. В то же время следует отметить, что в последнем случае статистически значимые изменения прослеживаются в течение всего года, а не только в зимний период. Возможно, это обусловлено тем, что уровеньный режим подземных вод в большей степени (по сравнению с речными водами) реагирует на климатические изменения.

Таблица 3. Результаты проверки на однородность и случайность сезонных и годовых значений слоя водного стока рр. Басандайка, Порос и Ключ

Сумма за	Период	A, мм	σ , мм	S_k/S_{k_0}	F_k/F_{k_0}	P_k/P_{k_0}
р. Басандайка в створе д. Басандайка						
Апрель – июнь	1972–2004	159	50	0,28	0,52	0,60
Июль – ноябрь	1972–2004	38	19	0,63	0,47	0,97
Декабрь – март	1972–2004	4	2	0,94	4,80	1,53
	1972–1989	3	1	–	–	0,52
	1990–2004	5	3	–	–	0,65
Апрель – март	1972–2004	201	58	0,42	0,53	0,90
р. Порос в створе с. Зоркальцево						
Апрель – июнь	1974–2004	32	17	0,49	0,49	-0,23
Июль – ноябрь	1974–2004	10	4	0,94	0,74	1,23
Декабрь – март	1974–2004	1	0,3	0,21	0,81	0,91
Апрель – март	1974–2004	43	18	0,27	0,51	0,02
р. Ключ у с. Польшанка						
Апрель – июнь	1973–2006	58,2	45,1	0,63	1,09	-0,66
Июль – ноябрь	1973–1989	69,5	54,2	–	–	-0,03
Декабрь – март	1990–2006	47,0	31,3	–	–	-0,36
Апрель – март	1973–2006	15,8	25,7	0,26	0,56	0,31
Апрель – июнь	1973–2006	0,5	1,4	0,57	1,82	-0,46
Июль – ноябрь	1973–1989	0,8	1,8	–	–	0,05
Декабрь – март	1990–2006	0,2	0,8	–	–	-0,16
Апрель – март	1973–2006	74,5	56,3	0,36	0,78	-0,38

Примечание: статистически значимый линейный тренд выявлен для зимнего стока р. Басандайка в 1972–2004 гг. в размере 0,115 мм/год и для летне-осеннего стока р. Порос в 1974–2004 гг. – 0,190 мм/год

Для р. Ключ установлено определенное уменьшение слоя водного стока в весенний и зимний сезоны, что соответствует однонаправленному изменению увлажнения водосбора в весенний период (преимущественно, в апреле). В прочие месяцы связь между значениями стока и общего увлажнения незначительна. Можно предположить, что изменение сезонного стока р. Ключ связано не только с уменьшением атмосферных осадков весной, но и с аккумуляцией воды в торфяной залежи, средний прирост которой в пределах Васюганского болота составляет 1,15 мм/год, причём наибольший прирост (а также аккумуляция углерода) – до 1,66...1,79 мм/год – приходится на период с относительно повышенными значениями температуры воздуха и увлажнения примерно 9...8 и 5,9...5,5 тыс. л назад [2].

В целом, несмотря на географическую близость водосборов исследуемых малых рек, слой стока

р. Порос значительно меньше слоя стока р. Ключ и, особенно, р. Басандайка. В случае сравнения с р. Басандайка это может объясняться большей интенсивностью водообмена на более высоком и холмистом правобережье р. Томь. Однако водосбор р. Ключ характеризуется еще меньшими значениями уклонов, а также общим увлажнением при существенно большей заболоченности. Не были выявлены и статистически значимые изменения нормы стока р. Порос, указывающие на антропогенное влияние, например, связанные с нарастающим воздействием одного из крупнейших в России Томского подземного водозабора. С учётом этого можно предположить, что водосбор р. Порос отличается наибольшими потерями стока на инфильтрацию. Данная гипотеза подтверждается результатами анализа многолетних изменений суммарных потерь и его составляющих, связанных с антропогенным влиянием (табл. 4) и испарением (табл. 5).

Таблица 4. Результаты проверки на однородность и случайность сезонных и годовых значений антропогенного изменения стока рр. Басандайка и Порос

Сумма за	Период	A, мм	σ , мм	S_k/S_{k_0}	F_k/F_{k_0}	P_k/P_{k_0}
Водосбор р. Басандайка в створе д. Басандайка						
Апрель – июнь	1972–2004	0,1	<0,1	0,16	0,37	0,75
Июль – ноябрь	1972–2004	0,3	0,1	0,35	0,64	0,42
Декабрь – март	1972–2004	0,3	<0,1	0,46	0,44	-0,03
Апрель – март	1972–2004	0,7	0,1	0,32	0,52	0,72
Водосбор р. Порос в створе с. Зоркальцево						
Апрель – июнь	1974–2004	0,1	0,1	0,14	0,41	0,75
Июль – ноябрь	1974–2004	0,3	0,1	0,29	0,57	0,32
Декабрь – март	1974–2004	0,3	<0,1	0,49	0,39	-0,11
Апрель – март	1974–2004	0,7	0,1	0,26	0,58	0,63

Таблица 5. Результаты проверки на однородность и случайность сезонных и годовых значений суммарного испарения в водосборах рр. Басандайка и Порос

Сумма за	Период	A, мм	σ , мм	S_k/S_{k_0}	F_k/F_{k_0}	P_k/P_{k_0}
Водосбор р. Басандайка в створе д. Басандайка						
Апрель – июнь	1972–2004	142	32	0,14	0,91	-0,47
Июль – ноябрь	1972–2004	191	31	0,31	0,71	0,41
Декабрь – март	1972–2004	26	4	0,30	0,66	0,02
Апрель – март	1972–2004	359	46	0,06	0,39	-0,04
Водосбор р. Порос в створе с. Зоркальцево						
Апрель – июнь	1972–2004	139	30	0,07	0,83	-0,10
Июль – ноябрь	1972–2004	191	32	0,31	0,66	0,45
Декабрь – март	1972–2004	26	4	0,45	0,60	-0,22
Апрель – март	1972–2004	356	46	0,22	0,38	0,22
Водосбор р. Ключ у с. Польшанка						
Апрель – июнь	1973–2006	117,6	28,2	0,44	0,91	-0,68
Июль – ноябрь	1973–2006	193,4	42,7	0,53	0,41	0,47
Декабрь – март	1973–2006	29,1	4,8	0,27	0,70	0,04
Апрель – март	1973–2006	340,1	53,8	0,08	0,43	0,03

В целом можно констатировать факт уменьшения зависимости величины слоя водного стока малых рек от общего увлажнения водосборной территории и испарения по мере уменьшения уклонов

водосборной поверхности и роста её заболоченности. Это объясняется не только внутригодовым распределением теплоэнергетических ресурсов [12], но и регулирующей ролью внутриболотных биогеоценозов, в которых происходит накопление и перераспределение запасов влаги. При этом важное значение также имеет и возможность стока с болот в разные речные системы.

Заключение

1. На юге Западной Сибири в последние десятилетия наблюдается определенное потепление, вследствие чего в течение 1990–2000-х гг. отмечено более позднее начало зимней межени и более раннее начало снеготаяния и весеннего половодья.
2. Водный сток и режим малых рек реагируют на указанные изменения в зависимости от характера и расчлененности рельефа, болотных процессов и геологического строения водосборов. При более выраженной равнинности рельефа, более высокой заболоченности долины и наличии водоупоров зависимость стока от общего увлажнения и испарения снижается за счёт регулирующей роли болот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко М.Ф., Алексина Н.М., Горбитенко В.П. и др. Региональный мониторинг атмосферы. Ч. 4. Природно-климатические изменения / под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во «РАСКО», 2000. – 270 с.
2. Пологова Н.Н., Лапина Е.Д. Накопление углерода в торфяных залежах Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2002. – С. 174–179.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь / под ред. Н.А. Паниной. – Л.: Гидрометеониздат, 1972. – 408 с.
4. Мезенцев В.С. Гидрологические расчёты в мелиоративных целях. – Омск: Изд-во Омского сельхоз. ин-та, 1982. – 84 с.
5. Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. – М.: Наука, 2007. – 279 с.
6. Вершинина Л.К., Крестовский О.И., Калужный И.Л., Павлова К.К. Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья. – Л.: Гидрометеониздат, 1985. – 190 с.

3. При увеличении площади водосбора и разнообразия условий формирования речной сток в общем случае становится более устойчивым к внешним воздействиям. Такой же эффект оказывает и сильная заболоченность водосбора.
4. В ближайшей и среднесрочной перспективе сохранятся благоприятные условия для развития болотных процессов вследствие избыточного увлажнения в тёплый период года и улучшения условий существования среднетребовательной к теплу растительности, что в достаточно суровых климатических условиях с большой вероятностью приведёт к усилению торфонакопления.
5. Антропогенное влияние на сток и водный режим малых притоков р. Томь в 1970–2000 гг. в целом незначительно. С учётом значительного увлажнения водосборов в ближайшей и среднесрочной перспективе существенные изменения водопользования в связи с изменениями климата не ожидаются.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 08-04-92497-НЦНИЛ_а и 08-05-92500-НЦНИЛ_а.

7. Виссмен У., Харбаф Т.И., Кнэпп Д.У. Введение в гидрологию. – Л.: Гидрометеониздат, 1979. – 470 с.
8. Основные гидрологические характеристики. Т. 15. Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Вып. 1. Верхняя и Средняя Обь / под ред. Е.П. Шурупа. – Л.: Гидрометеониздат, 1979. – 488 с.
9. Христофоров А.В. Надёжность расчётов речного стока. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 168 с.
10. Рождественский А.В., Чеботарёв А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеониздат, 1974. – 424 с.
11. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеониздат, 1984. – 448 с.
12. Инишева Л.И., Дубровская Л.И., Инишев Н.Г. Гидрологический режим верхового болота // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 54–57.

Поступила 08.07.2009 г.