// 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.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 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 БАССЕЙНОВ 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 обусловливает 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 наблюдаемого 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.

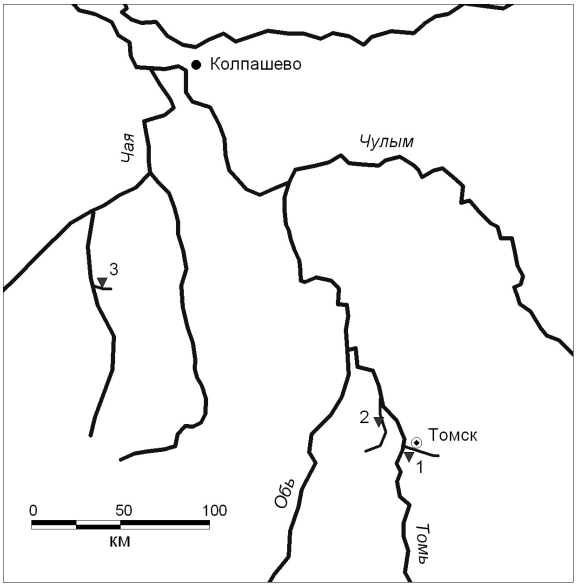


***Рисунок.*** *Схема расположения гидростворов на рр. Басандайка (1 – у д. Басандайка), Порос (2 – у с. Зоркальцево) и Ключ (3 – у с. Полынянка)*

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. Полынянка 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 влияние 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 тёплый период года – по методу В.С. Мезенцева [4], водоотдача из снегового покрова приближенно 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 расчётах зависимость месячного снеготаяния за счёт выпадения дождей от среднемесячной (положительной) температуры воздуха и месячной суммы жидких атмосферных осадков. Расчёт 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 $C_t$, потерь воды в прудах и малых водохранилищах $П_t$ и забора воды $З_t$:

$$A_t = C_t - З_t - П_t.$$

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:

$$П_t = ((0,2\ m\ k_c D_t^{0,78})(1+0,85\ v_t) - E_{m,t})\ \frac{F_r}{F_в},$$

где $k_c$ – коэффициент, зависящий от соотношения температуры воды и воздуха и равный 2,2; $v_t$ – средняя месячная скорость ветра; $E_{m,t}$ – испарение; $F_r$ и $F_в$ – площади акватории водоёмов и водосбора, $D_t$ – 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. Полынянка |
|---|---|---|---|
| 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 ($Pk_\alpha$, $Sk_\alpha$, $Fk_\alpha$). Проверка на соответствие теоретических и эмпирических кривых распределения вероятностей выполнялась выборочно с использованием критериев $\chi^2$ и $nw^2$ 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 расчётным 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 °С). 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 | $\sigma$, мм | $Sk/Sk_\alpha$ | $Fk/Fk_\alpha$ | $Pk/Pk_\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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. По́рос 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. Полынянка | | | | | | |
| 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; $\sigma$ – среднее квадратическое отклонение; Sk, $Sk_\alpha$, Fk, $Fk_\alpha$, Pk, $Pk_\alpha$ – 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 уровенный 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 | $\sigma$, мм | $Sk/Sk_\alpha$ | $Fk/Fk_\alpha$ | $Pk/Pk_\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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. По́рос 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. Полынянка | | | | | | |
| 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. По́рос в 1974–2004 гг. – 0,190 мм/год*

Для р. Ключ установлено определенное уменьшение слоя водного стока в весенний и зимний сезоны, что соответствуют 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. По́рос 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. По́рос, 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 | $\sigma$, мм | $Sk/Sk_\alpha$ | $Fk/Fk_\alpha$ | $Pk/Pk_\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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. По́рос 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 | $\sigma$, мм | $Sk/Sk_\alpha$ | $Fk/Fk_\alpha$ | $Pk/Pk_\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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. По́рос 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. Полынянка | | | | | | |
| 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.
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.*

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Адаменко М.Ф., Алехина Н.М., Горбатенко 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., Лапшина 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.: Гидрометеоиздат, 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., Калюжный И.Л., Павлова К.К. Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 190 с.
7. Виссмен У., Харбаф Т.И., Кнэпп Д.У. Введение в гидрологию. – Л.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 1974. – 424 с.
11. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 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.*