

# Гидрогеология

УДК 550.42:577.4(571.1)

## ВОДНЫЙ СТОК РЕКИ ВАХ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ), УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ И МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

О.Г. Савичев, О.А. Камнева

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

*Приведены результаты статистического анализа изменений среднемесячных и среднегодовых значений температуры атмосферного воздуха и элементов водного баланса р. Вах – крупного правого притока р. Обь (Западная Сибирь). Установлено, что норма годового общего увлажнения и стока данной реки в течение 1937–2007 гг. остается статистически неизменной и составляет 694 и 302 мм соответственно. Вместе с тем, наблюдается увеличение подземной составляющей суммарного стока и стока зимней межени. Предложен механизм этих изменений, связанный со смещением границ гидрологических сезонов за счет более ранних сроков снеготаяния и увеличения предзимья. Установлено, что в регионе наблюдаются благоприятные условия для активизации болотообразования.*

### **Ключевые слова:**

*Водный баланс, многолетние изменения стока, Западная Сибирь, река Вах.*

### **Введение**

В последние десятилетия наблюдаются заметные изменения климата Западной Сибири [1]. Очевидно, что такие изменения должны отразиться на водном балансе речных бассейнов и условиях ведения хозяйственной деятельности. С учётом этого водный баланс региона, условия его формирования и пространственно-временные изменения являются важным объектом геоэкологических и гидрологических исследований. В данной работе, продолжающей цикл исследований гидроклиматических условий Сибири [2–4], эта проблема рассмотрена на примере р. Вах – крупного правого притока р. Обь. Выбор объекта исследований обусловлен как его типичностью для зоны средней тайги, с одной стороны, так и необходимостью детального изучения водно-экологической ситуации на территориях интенсивного развития нефтегазодобывающего комплекса, с другой.

Река Вах берет начало в северной части Кеть-Тымской равнины, течет с востока на запад, выходит на территорию Среднеобской низменности и впадает в р. Обь справа на 1730 км от устья, в 14 км выше г. Нижневартовска. Общая длина реки – 964 км. Площадь водосбора составляет 76700 км<sup>2</sup>, причем болота (преимущественно верховые) занимают более 20 % этой территории. Согласно [5], рассматриваемый водоток расположен на границе

Иртышско-Енисейского и Пурского гидрологических районов и характеризуется наличием весенне-летнего половодья, летних и осенних паводков, продолжительной межени и устойчивого ледостава.

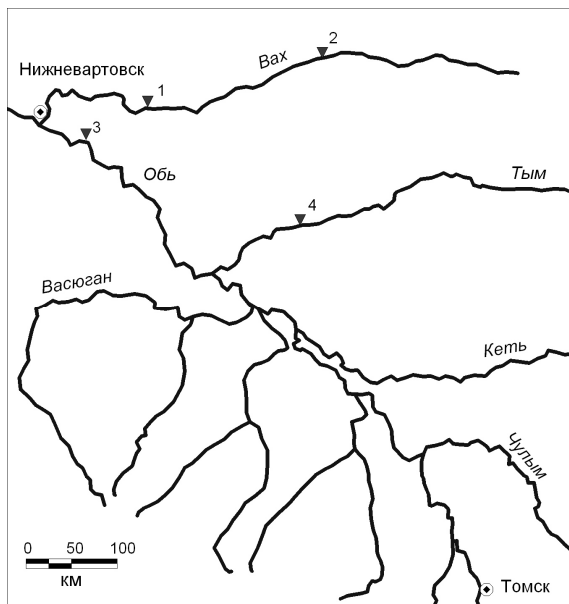
Исходной информацией для проведения исследований послужили материалы наблюдений: 1) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (далее – Росгидромет) за температурой приземных слоев воздуха на метеостанциях в сс. Александровское, Напас, Ларьяк с 1937 по 2007 г.; 2) Росгидромета за атмосферными осадками на метеостанции в с. Александровское с 1937 по 2007 г.; 3) Росгидромета за расходами воды р. Вах у с. Лобчинское с 1953 по 1984 г. и с 1994 по 1996 г.; 4) Росгидромета за расходами воды р. Тым у с. Напас с 1937 по 2007 г. (рисунок).

### **Методика исследований**

Методика исследований включала: 1) приведение гидрологического ряда расходов воды р. Вах у с. Лобчинское к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов; 2) построение уравнения месячного водного баланса водосбора р. Вах в створе с. Лобчинское за период с 1937 по 2007 г.; 3) статистический анализ многолетних изменений его элементов.

Режимные наблюдения на р. Вах в створе с. Лобчинское после 1984 г. не ведутся, что суще-

ственно ограничивает эффективность исследований изменений гидроклиматических условий региона, особенно заметно проявляющихся на прилегающих территориях именно в 1980–2000-е гг. [2]. В связи с этим было выполнено восстановление гидрологических рядов р. Вах у с. Лобчинское по аналогу – р. Тым у с. Напас. При выборе аналога учтены следующие условия: 1) синхронность колебаний водного стока; 2) географическая близость расположения водосборов и сходные условия формирования водного стока; 3) отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток. Приведение гидрологических рядов к многолетнему периоду выполнено путем построения и анализа регрессионных зависимостей между стоком р. Вах в створе с. Лобчинское и р. Тым в створе с. Напас.



**Рисунок.** Схема расположения постов гидрологических и метеорологических наблюдений в районе исследования: 1) гидропост на р. Вах у с. Лобчинское; 2) метеопост у с. Ларьяк; 3) метеопост у с. Александровское; 4) гидрометеопост на р. Тым у с. Напас

В рамках решения второй задачи выполнено построение месячного водного баланса по восстановленному ряду среднемесячных расходов воды и данным метеорологических наблюдений на станции в с. Александровское. Общее увлажнение водосбора  $H$  за месяц  $t$  рассматривалось как сумма выпавших жидких атмосферных осадков  $X$  (атмосферные осадки при среднемесячной температуре воздуха  $T_a$  больше или равной  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ) и водоотдачи из снегового покрова  $B$ :

$$H_t = X_t + B_t.$$

При среднемесячной температуре воздуха меньше  $0\text{ }^\circ\text{C}$  атмосферные осадки рассматривались как снег, который не принимает непосредственного участия в водном питании реки, а идет на формирование снегового покрова  $S$ , изменяющегося во времени в соответствии с уравнением [6]:

$$\frac{dS}{dt} = X - B - E_s, \quad (*)$$

где  $E_s$  – месячное испарение воды из снега, мм, рассчитанное по формуле П.П. Кузина:

$$E_{s,t} = 0,34 m d_t,$$

где  $m$  – количество суток в месяце;  $D_t$  – среднемесячный дефицит влажности, гПа. Для приближенного расчета месячного влагозапаса в снеговом покрове использовалась неявная разностная схема решения ур. (\*).

Водоотдача из снегового покрова  $B$  приближенно определялась согласно [6–8] при температуре атмосферного воздуха больше или равной  $0\text{ }^\circ\text{C}$  и наличии снегового покрова по уравнению:

$$B_t = \min \left( \frac{k_T T_{a,t} m}{1 - k_B} + k_X \sum_j X_j T_{a,j}; S_t \right),$$

где  $k_T$  – коэффициент стаяния преимущественно за счет радиации (для открытых участков территории значение  $k_T$  принято по данным снегосъемки в отсутствие жидких осадков в размере  $3,1\text{ мм}/^\circ\text{C}$ );  $k_B$  – стаяние снега, при котором начинается водоотдача;  $k_X \sum_j X_j T_{a,j}$  – месячный слой стаяния

снега в результате выпадения дождей при допущении, что температура суточного слоя жидких атмосферных осадков  $X_j$  примерно равна среднесуточной температуре атмосферного воздуха  $T_{a,j}$ . По результатам анализа среднесуточных значений метеопараметров получена, а затем использована в расчетах зависимость месячного снеготаяния за счет выпадения дождей от среднемесячной (полюжительной) температуры воздуха и месячной суммы жидких атмосферных осадков при значении  $k_X=0,95$ .

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  $P$  определялась как разность между слоем суммарного увлажнения и стока в текущем месяце.

Величина подземного стока определялась при помощи расчленения речных гидрографов линейной интерполяцией по уравнению:

$$Q_{i\text{вс.}} = \begin{cases} Q_n, & n=12, n < 4 \\ Q_3 + \frac{Q_{12} - Q_3}{12 - 3} (n - 3), & \end{cases}$$

где  $Q_n$  – среднемесячный расход воды реки;  $n$  – номер расчетного календарного месяца (3 – март; 12 – декабрь).

Третий этап исследований – анализ многолетних изменений элементов водного баланса р. Вах – включал в себя проверку нулевых гипотез о случайности и однородности рядов наблюдений. Проверка на случайность проводилась с помощью критерия Питмена  $Pk$  и с использованием линейной мо-

**Таблица 1.** Результаты проверки на однородность и случайность среднемесячных и среднегодовых значений температуры приземных слоев атмосферного воздуха на метеостанции с. Александровское за 1937–2007 гг.

Расчётный интервал	Период	A, °C	$\sigma$ , °C	t/tкр	F/Fкр	P/Pкр
с. Александровское						
Январь	1937–2007	–20,8	0,6	0,18	0,38	0,33
Февраль	1937–2007	–19,0	0,5	0,28	0,12	0,34
Март	1937–2007	–11,2	0,4	0,47	0,11	1,54
Апрель	1937–2007	–2,0	0,4	0,21	0,20	–0,40
Май	1937–2007	6,0	0,3	0,33	0,08	0,72
Июнь	1937–2007	14,0	0,3	0,92	0,10	0,32
Июль	1937–2007	17,8	0,2	0,63	0,09	0,48
Август	1937–2007	13,9	0,2	0,54	0,09	–0,07
Сентябрь	1937–2007	7,9	0,2	1,53	0,32	–0,21
	1937–1969	8,0	0,3	–	–	–0,30
	1970–2007	7,7	0,4	–	–	0,86
Октябрь	1937–2007	–1,0	0,3	0,60	0,09	0,47
Ноябрь	1937–2007	–11,8	0,6	0,76	0,12	0,78
Декабрь	1937–2007	–18,5	0,6	0,44	0,09	0,95
Календарный год	1937–2007	–2,1	0,2	0,93	0,09	1,31
Сумма температур <0 °C	1937–2007	–86,7	1,5	0,18	0,03	0,99
Сумма температур ≥0 °C	1937–2007	61,4	0,7	1,19	0,03	0,90
	1937–1969	61,0	0,8	–	–	–0,22
	1970–2007	61,7	1,1	–	–	7,56
Сумма температур >10 °C	1937–2007	47,3	0,7	0,99	0,05	0,88
с. Ларьяк						
Январь	1937–2007	–21,9	0,6	0,16	0,30	–0,02
Февраль	1937–2007	–19,7	0,6	0,07	0,78	0,35
Март	1937–2007	–11,5	0,4	0,36	0,11	0,99
Апрель	1937–2007	–2,9	0,4	0,82	0,12	–0,90
Май	1937–2007	5,2	0,3	0,87	0,09	0,52
Июнь	1937–2007	14,1	0,3	1,81	0,21	0,78
	1937–1969	13,6	0,3	–	–	–0,81
	1970–2007	14,5	0,4	–	–	2,64
Июль	1937–2007	17,8	0,2	0,23	0,11	0,97
Август	1937–2007	13,8	0,2	0,09	0,23	0,65
Сентябрь	1937–2007	7,5	0,2	0,57	0,14	–0,47
Октябрь	1937–2007	–1,7	0,3	0,52	0,09	0,27
Ноябрь	1937–2007	–13,6	0,6	0,38	0,11	0,29
Декабрь	1937–2007	–20,1	0,6	0,46	0,09	0,69
Календарный год	1937–2007	–2,7	0,2	0,71	0,10	0,80
Сумма температур <0 °C	1937–2007	–92,9	1,6	0,25	0,08	0,57
Сумма температур ≥0 °C	1937–2007	59,0	0,6	1,49	0,08	0,88
Сумма температур >10 °C	1937–1969	58,5	0,9	0,39	0,65	–0,16
	1970–2007	59,5	0,9	1,24	0,14	6,55
	1937–2007	45,5	0,7	0,81	0,29	0,58

Продолжение табл. 1

Расчётный интервал	Период	A, °C	$\sigma$ , °C	$t/t_{кр}$	$F/F_{кр}$	$P/P_{кр}$
с. Напас						
Январь	1940–2007	–21,5	0,6	0,07	0,38	0,26
Февраль	1940–2007	–19,4	0,5	0,16	0,17	0,63
Март	1940–2007	–10,9	0,4	0,45	0,11	1,37
Апрель	1940–2007	–1,8	0,4	0,06	0,19	–0,45
Май	1940–2007	6,4	0,3	0,31	0,07	0,61
Июнь	1940–2007	14,5	0,3	0,97	0,10	0,72
Июль	1940–2007	18,0	0,2	0,57	0,09	0,72
Август	1940–2007	14,0	0,2	0,62	0,09	0,24
Сентябрь	1940–2007	7,7	0,2	0,38	0,18	–0,42
Октябрь	1940–2007	–1,2	0,3	0,54	0,08	0,38
Ноябрь	1940–2007	–13,0	0,6	0,98	0,12	0,66
Декабрь	1940–2007	–19,7	0,6	0,48	0,11	0,70
Календарный год	1940–2007	–2,2	0,2	0,84	0,10	1,28
Сумма температур <0 °C	1940–2007	–88,5	1,5	0,59	0,10	1,16
Сумма температур ≥0 °C	1940–2007	61,5	0,6	0,95	0,17	0,76
Сумма температур >10 °C	1940–2007	47,1	0,5	0,37	0,39	1,07

Примечания: A,  $\sigma$  – среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение;  $Sk$ ,  $Sk_{\alpha}$ ,  $Fk$ ,  $Fk_{\alpha}$ ,  $Pk$ ,  $Pk_{\alpha}$  – фактические и критические значения критериев Стьюдента, Фишера и Питмена

дели изменения исследуемой функции по годам. Проверка на однородность осуществлялась с помощью критериев Фишера  $Fk$  и Стьюдента  $Sk$  [9, 10]. Вывод о неслучайном изменении или нарушении однородности рядов соответствовал условию, когда расчетная статистика ( $Pk$ ,  $Sk$ ,  $Fk$ ) по модулю превышала соответствующее критическое значение ( $Pk_{\alpha}$ ,  $Sk_{\alpha}$ ,  $Fk_{\alpha}$ ) при уровне значимости  $\alpha=5\%$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ данных метеонаблюдений в сс. Александровское, Напас и Ларьяк подтвердил выводы о росте температуры приземных слоев атмосферного воздуха в районе исследований [1]. У с. Александровское (табл. 1) отмечено нарушение однородности рядов среднесентябрьской температуры и годовых сумм положительных температур воздуха, связанное с уменьшением в 1970–2007 гг. (по сравнению с предыдущим периодом) первого показателя и увеличением второго. Кроме того, выявлен положительный линейный тренд в многолетнем изменении среднемартовской и среднегодовой температур за 1937–2007 гг. и суммы положительных температур за 1970–2007 гг.

Ближкие тенденции в изменении температурно-го режима выявлены по данным метеостанций Ларьяк и Напас, а именно: 1) линейный тренд среднегодовой и среднемартовской температуры воздуха у с. Напас; 2) увеличение суммы положительных температур у с. Ларьяк. Кроме того, выявлено уве-

личение среднеиюньской температуры воздуха у с. Ларьяк, связанное с нарушением однородности рядов по среднему, и увеличение у с. Напас суммы отрицательных и положительных температур выше 10 °C (табл. 1).

Таким образом, выявленные изменения свидетельствуют о постепенном увеличении в исследуемом районе среднегодовых температур воздуха и смещении границ гидрологических сезонов, заключающемся в более раннем начале снеготаяния и «растягивании» летне-осеннего периода с одновременным увеличением суммы положительных температур и их перераспределением по месяцам теплого периода. Особое внимание следует обратить на проявляющиеся тенденции к увеличению суммы температур более 10 °C, указывающие на улучшение условий произрастания низко- и среднетребовательной к теплу растительности. В условиях избыточного увлажнения и высокой заболоченности региона это может привести к усилению торфообразования и дополнительной активизации болотного процесса.

Данные выводы в целом согласуются с результатами анализа многолетних изменений месячных и годовых сумм атмосферных осадков у с. Александровское ( $X$ ) и общего увлажнения водосбора р. Вах ( $H$ ). Так, отмечены положительный линейный тренд атмосферных осадков в зимние месяцы и отрицательный – в июле. В изменении общего увлажнения, складывающегося из атмосферных осадков в текущем месяце и водоотдачи из снегового

покрова, отмечен отрицательный тренд только в июле (табл. 2). В зимние и весенние месяцы определенное увеличение осадков, предположительно, пока компенсируется увеличением периода снеготаяния и, соответственно, более равномерным поступлением вод в речную сеть.

**Таблица 2.** Результаты проверки на однородность и случайность среднемесячных и среднегодовых значений общего увлажнения водосборов и слоя стока р. Вах за 1937–2007 гг.

Расчётный интервал	Период	A, мм	$\sigma$ , мм	t/ткр	F/Fкр	P/Pкр
Общее увлажнение						
Январь	1937–2007	0,0				
Февраль	1937–2007	0,0				
Март	1937–2007	0,0				
Апрель	1937–2007	23,0	5,3	0,54	–	–0,31
Май	1937–2007	96,2	4,7	0,73	0,12	–0,27
Июнь	1937–2007	144,7	8,4	0,46	0,10	–0,43
Июль	1937–2007	146,7	9,4	0,61	0,18	–1,32
Август	1937–2007	155,0	9,6	0,39	0,15	0,26
Сентябрь	1937–2007	106,8	5,4	0,33	0,30	0,001
Октябрь	1937–2007	22,0	4,4	0,26	0,09	0,27
Ноябрь	1937–2007	0,0				
Декабрь	1937–2007	0,0				
Сумма за год	1937–2007	694,4	21,3	0,97	7,77	–0,66
Суммарный сток						
Январь	1937–2007	10,9	0,2	0,30	0,10	2,33
Февраль	1937–2007	8,8	0,1	0,26	0,38	1,71
Март	1937–2007	8,9	0,1	0,53	0,12	2,44
Апрель	1937–2007	9,9	0,3	0,23	0,09	0,03
Май	1937–2007	38,2	1,5	0,37	0,11	0,46
Июнь	1937–2007	76,0	1,6	0,17	0,42	0,95
Июль	1937–2007	50,5	1,8	0,11	6,82	0,17
	1937–1969	47,7	2,7			–0,42
	1970–2007	53,0	2,5			–2,25
Август	1937–2007	26,0	0,8	0,09	3,89	0,10
	1937–1969	24,7	1,0			–0,62
	1970–2007	27,1	1,1			–2,83
Сентябрь	1937–2007	22,2	0,7	0,52	0,10	0,02
Октябрь	1937–2007	21,8	0,8	0,81	0,10	0,28
Ноябрь	1937–2007	15,3	0,4	0,98	0,09	0,86
Декабрь	1937–2007	13,3	0,4	1,29	0,16	1,85
	1937–1969	11,9	0,4			0,63
	1970–2007	14,6	0,5			0,78
Сумма за год	1937–2007	301,8	5,1	0,52	0,20	0,95

Суммарный сток р. Вах в зимние месяцы постепенно увеличивается (табл. 2), а потери стока остаются статистически неизменными, что объясняется интегральным эффектом постепенного расширения предзимья – речной сток в начале зимнего периода в последние 3–4 десятилетия возрос, а кривая спада зимних расходов воды сместилась вы-

ше. Также отмечено нарушение рядов среднемесячных значений слоя стока р. Вах в июле и августе по дисперсии. Учитывая наличие отрицательных трендов в указанные месяцы внутри периодов 1937–1969 и 1970–2007 гг., это, вероятно, связано с разнонаправленными тенденциями в изменении элементов водного баланса в летний период, в частности, с уменьшением стока в июне и общего увлажнения в июле, а также с увеличением испарения, нелинейно связанного с общим увлажнением и суммой положительных температур.

Наиболее заметные изменения в водном балансе выявлены в случае подземной составляющей стока р. Вах, что подтверждает сделанный ранее вывод об увеличении подземного стока и уровней грунтовых вод на заболоченных территориях Томской области [2–4]. Они связаны как с наличием линейного тренда среднемесячных и среднегодовых значений, так и с нарушением однородности рядов по среднему (табл. 3).

**Таблица 3.** Результаты проверки на однородность и случайность среднемесячных и среднегодовых значений слоя подземного стока р. Вах за 1937–2007 гг.

Расчётный интервал	Период	A, мм	$\sigma$ , мм	t/ткр	F/Fкр	P/Pкр
Январь	1937–2007	10,9	0,2	0,30	0,10	2,33
Февраль	1937–2007	8,8	0,1	0,27	0,28	1,78
Март	1937–2007	8,1	0,1	0,53	0,12	2,44
Апрель	1937–2007	8,6	0,1	0,86	0,14	2,97
Май	1937–2007	9,0	0,1	1,16	0,10	3,13
	1937–1969	8,2	0,2			0,39
	1970–2007	9,7	0,1			2,63
Июнь	1937–2007	9,5	0,2	1,24	0,07	2,97
	1937–1969	8,6	0,2			0,48
	1970–2007	10,2	0,2			2,16
Июль	1937–2007	9,9	0,2	1,30	0,10	2,71
	1937–1969	9,0	0,2			0,55
	1970–2007	10,7	0,2			1,72
Август	1937–2007	10,4	0,2	1,32	0,12	2,46
	1937–1969	9,3	0,2			0,58
	1970–2007	11,2	0,3			1,41
Сентябрь	1937–2007	10,8	0,2	1,32	0,13	2,25
	1937–1969	9,7	0,2			0,61
	1970–2007	11,8	0,3			1,17
Октябрь	1937–2007	11,3	0,3	1,32	0,14	2,09
	1937–1969	10,1	0,3			0,62
	1970–2007	12,3	0,4			1,00
Ноябрь	1937–2007	11,7	0,3	1,31	0,15	1,96
	1937–1969	10,5	0,3			0,63
	1970–2007	12,8	0,4			0,88
Декабрь	1937–2007	12,2	0,3	1,29	0,16	1,85
	1937–1969	10,8	0,3			0,63
	1970–2007	13,3	0,5			0,78
Сумма за год	1937–2007	120,9	2,1	1,25	0,08	2,83
	1937–1969	109,7	2,2			0,62
	1970–2007	130,7	2,5			1,80

### Заключение

1. В течение 1937–2007 гг. норма годового увлажнения и суммарного стока р. Вах остается статистически неизменной и составляет 694 и 302 мм соответственно. Подземный сток составляет 121 мм или 40 % от суммарного. В то же время, отмечается заметное увеличение его подземной составляющей (на 21 мм или 19 % по сравнению с 1937–1969 гг.) и стока зимней межени. Потери суммарного стока также остаются статистически неизменными, норма за 1937–2007 гг. составляет 393 мм.
2. Указанные изменения обусловлены комплексом факторов, наиболее важными среди которых является смещение границ гидрологических сезонов. В результате снеготаяние в 1970–2007 гг. начинается несколько раньше, чем в 1930–1960-е гг., что приводит к увеличению стока в марте. Среднемесячная температура воздуха в этом месяце также увеличивается,

но остается отрицательной, что (вследствие грубости используемой модели) не позволяет выявить соответствующее увеличение общего увлажнения. Определенное увеличение характерно и для предзимья. Как следствие, зимний период начинается при более высоких значениях суммарного и подземного стока, а кривая спада расхода воды в декабре-марте несколько смещается в сторону увеличения, что и определяет статистически значимый рост в 1970–2007 гг. стока в указанные месяцы.

3. Выявленные изменения элементов водного баланса и температуры приземных слоев атмосферного воздуха косвенно свидетельствуют об активизации болотообразования в регионе, что необходимо учитывать при планировании хозяйственной и природоохранной деятельности в бассейне р. Вах и на прилегающих территориях.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 08-04-92497-НЦНИЛ\_а и 08-05-92500-НЦНИЛ\_а.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Региональный мониторинг атмосферы. Ч. 4. Природно-климатические изменения / Под ред. чл.-корр. РАН М.В. Кабанова. – Томск: МГП «РАСКО», 2000. – 269 с.
2. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2003. – 202 с.
3. Савичев О.Г., Макушин Ю.В. Многолетние изменения подземных вод верхней гидродинамической зоны на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 4. – С. 60–63.
4. Савичев О.Г., Харанжевская Ю.А. Многолетние изменения гидроклиматических условий в бассейне реки Чая (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 1. – С. 82–87.
5. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 200 с.
6. Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. – М.: Наука, 2007. – 279 с.
7. Виссмен У., Харбаф Т.И., Кнэпп Д.У. Введение в гидрологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 470 с.
8. Попов Е.Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 395 с.
9. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
10. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 168 с.

*Поступила 13.04.2009 г.*