

УДК 550.42:577.4(571.1)

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧАЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

О.Г. Савичев, Ю.А. Харанжевская*

Томский политехнический университет

E-mail: OSavichev@mail.ru

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

Приведены результаты статистического анализа изменений среднегодовых значений расходов речных вод и их подземной составляющей, уровней речных, болотных и подземных вод, температуры приземных слоев воздуха и годового атмосферного увлажнения в бассейне крупного левого притока р. Обь – р. Чая (Западная Сибирь). Установлено, что с 1950–1960-х гг. происходит увеличение нормы подземной составляющей годового стока р. Чая, суммарного и подземного стока рр. Икса и Бакчар, уровней речных и подземных вод. Изменение суммарного и подземного стока превышает 10 %.

Ключевые слова:

Изменение гидроклиматических условий, Западная Сибирь, река Чая.

Введение

Проблема глобальных изменений окружающей среды и климата в настоящее время является одной из важнейших проблем, рассматриваемых науками о Земле, поскольку от ее решения в значительной степени зависит выбор стратегии развития как отдельных стран, включая Российскую Федерацию, так и всего международного сообщества. Так, наблюдаемый в последние десятилетия рост температуры приземных слоев воздуха стал причиной ратификации в 2005 г. целым рядом государств Киотского соглашения, предусматривающего существенное сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов, что неизбежно повлечет за собой изменения в структуре и интенсивности развития экономического потенциала [1]. Существует целый ряд и других предложений по ограничению или перепрофилированию хозяйственной деятельности на территории отдельных стран и их политических объединений. С учетом этого становится очевидной актуальность оценки изменений состояния крупных геосистем и выявления причин, обусловивших эти изменения.

Необходимость в подобных исследованиях существует и в случае средней части бассейна р. Обь, в пределах которой авторами работ [2–8] были отмечены статистически значимые изменения гидрометеорологических и гидрогеологических условий. Аналогичные изменения были выявлены для крупного левобережного притока Оби – реки Чая, водосбор которой расположен в границах одного из

самых больших болот в мире – Васюганского. Для ее водосбора характерны следующие особенности. Во-первых, указанная территория крайне мало населена и освоена в хозяйственном отношении. Во-вторых, водосбор р. Чая отличается высокой заболоченностью и широким распространением верховых болот (рисунок). Таким образом, антропогенное влияние на отмеченное изменение стока если и имеется, то в неявной и существенно видоизмененной форме. С учетом этого, а также в предположении возможного усиления в будущем хозяйственной деятельности на данной территории и определило цель рассматриваемой работы – исследование многолетних изменений гидроклиматических условий.

Исходные данные и методика исследования

Исходной информацией для проведения исследований послужили: 1) материалы наблюдений Росгидромета за расходами и уровнями воды р. Чая у с. Подгорное с 1933 по 2006 гг., р. Бакчар у с. Горелый с 1959 по 2006 гг., р. Икса у с. Плотниково с 1933 по 2006 гг., р. Ключ у с. Полынянка с 1973 по 2006 гг.; 2) данные об уровнях грунтовых вод с террасовым и междуречным видом режима, полученные с 1965 по 1995 гг. Томской геологоразведочной экспедицией (ТГРЭ), а с 1996 по 2005 гг. ОАО «Томскгеомониторинг» на режимных скважинах государственной наблюдательной сети в рамках ведения мониторинга геологической среды на территории Томской области; 3) материалы наблюдений за уровнями болотных вод на естественном верхов-

вом болоте в пределах северо-восточных отрогов Васюганского болота, проводимых Сибирским НИИ сельского хозяйства и торфа с 1998 по 2007 гг.; 4) материалы наблюдений Росгидромета за температурой приземных слоев воздуха и атмосферными осадками на метеостанциях у г. Колпашево, сел Бакчар и Подгорное с 1936 по 2006 гг.

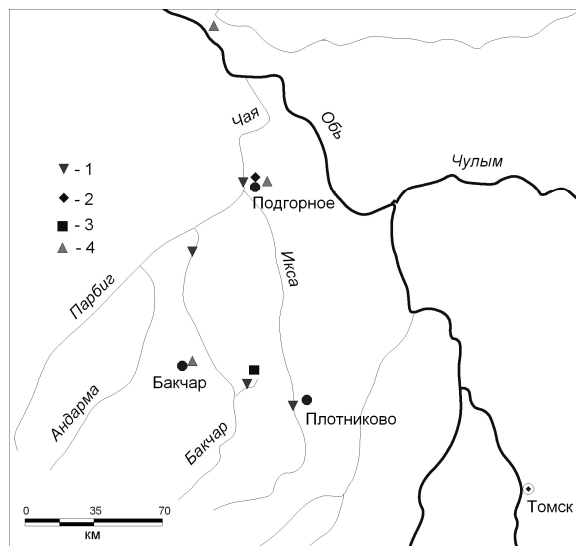


Рисунок. Схема расположения водосбора р. Чая. Пункты наблюдений: 1) за уровнями и расходами речных вод; 2) за уровнями подземных вод; 3) за уровнями болотных вод; 4) метеорологических

Величина подземного стока определялась как сумма среднемесячных значений подземного водного стока $Q_{подз.}$, которые с декабря по март принимались равными среднемесячному водному стоку рек, а в прочие месяцы – вычислялись линейной интерполяцией по формуле:

$$Q_{подз.} = Q_{март} + (i - 3) \frac{Q_{декабрь} - Q_{март}}{9},$$

где $Q_{март}$ и $Q_{декабрь}$ – среднемесячные значения водного стока рек в марте и декабре, соответственно; i – номер рассматриваемого календарного месяца [5].

Методика исследования многолетних гидроклиматических изменений в бассейне р. Чая включала в себя, во-первых, проверку нулевых гипотез о: 1) случайности рядов наблюдений с помощью критерия Питмена π и с использованием линейной модели вида $Y=aT+b$, где Y – исследуемая величина; T – календарный год; a и b – эмпирические константы; 2) их однородности с помощью критериев Уилкоксона W , Стьюдента t и Фишера F . Вывод о неслучайном изменении или нарушении однородности рядов делался при уровне значимости $\alpha=5\%$ в случае, когда расчетная статистика (π, t, F) по модулю превышала соответствующее критическое значение ($\pi_{кр}, t_{кр}, F_{кр}$) или (для W) выходила за допустимые границы (W_1, W_2). Дополнительно вычислялись коэффициенты автокорреляции $r(1)$ со сдвигом 1 год и погрешности их расчета

$$\delta_{r(1)} = (1 - r^2) / (N - 1)^{0.5}.$$

Более подробно используемая методика статистического анализа гидрометеоинформации изложена в [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Проверка полных и усеченных (с 1960 по 2006 гг.) гидрометеорологических рядов на случайность позволила выявить статистически значимое увеличение среднегодовых значений подземной составляющей стока р. Чая, уровней грунтовых вод в районе с. Подгорное (как в долине р. Чая, так и непосредственно на водосборе), температуры приземных слоев атмосферного воздуха и годовых атмосферных осадков на метеостанции Колпашево (табл. 1).

В процессе последующей проверки на однородность отмечено существенное увеличение в последние 2–4 десятилетия дисперсии и нормы среднегодовых уровней и расходов воды (включая подземную составляющую речного стока) р. Чая и ее притоков – рр. Икса, Бакчар и Ключ (табл. 2). При этом следует отметить два важных момента. Во-первых, в изменении подземной составляющей стока р. Чая и среднегодовых уровней воды р. Икса выделены три периода, связанных со снижением подземного стока р. Чая в 1950–1960-е гг. и увеличением дисперсии уровней воды р. Икса в 1960–1990 гг. по сравнению с предыдущим периодом наблюдений, начиная примерно с середины 1930-х гг. В последние десятилетия подземный сток р. Чая заметно увеличился и практически достиг уровня 1930–1940-х гг. В изменении среднегодовых уровней р. Икса также отмечено увеличение и нормы, и дисперсии среднегодовых уровней воды.

Во-вторых, нарушения однородности гидрологических рядов, полученных непосредственно на р. Чая, несколько опережают по времени нарушения однородности рядов по ее притокам. С учетом этого можно предположить, что наблюдаемые изменения водного режима рассматриваемой территории связаны не с постепенным накоплением соответствующих изменений на локальных водосборах, а с какими-либо более масштабными (региональными) процессами. Необходимо отметить, что наряду с увеличением нормы и дисперсии рр. Чая, Бакчар и Икса выявлено значимое уменьшение дисперсии среднегодовых расходов воды р. Ключ – малого водотока, сток которого целиком формируется в пределах северо-восточного отрога Васюганского болота. Можно предположить, что этот факт связан с преобладанием аккумуляцией воды в водосборе над её стоком в условиях прогрессирующего заболачивания региона, либо с увеличением суммарного испарения.

Для выявления причинно-следственных связей наблюдаемых изменений расходов и уровней воды был выполнен статистический анализ климатических характеристик по трем метеостанциям, подтвердивший выводы ряда авторов [3, 4] о постепенном увеличении температуры приземных слоев воздуха.

Таблица 1. Результаты проверки рядов¹ среднегодовых значений гидрологических, гидрогеологических и метеорологических показателей на случайность (при уровне значимости $\alpha=5\%$)

Показатель	Период	$r_{(1)}$	$\delta_{(1)}$	π_r	$\pi_{кр}$
Среднегодовой расход воды р. Чая у с. Подгорное, $Q_{гс}(Ч)$	1936–2006	0,46	0,09	1,84	2,29
	1960–2006	0,39	0,12	0,15	2,32
Подземная составляющая стока р. Чая у с. Подгорное, $Q_{п}(Ч)$	1936–2006	0,519	0,087	-0,315	2,29
	1960–2006	0,49	0,11	5,53	2,32
Уровень воды р. Чая у с. Подгорное, $H_f(Ч)$	1936–2006	0,48	0,09	3,33	2,29
	1960–2006	0,47	0,11	0,82	2,32
Среднегодовой расход воды р. Бакчар у с. Горелый ² , $Q_{гс}(Б)$	1936–2006	0,43	0,10	1,79	2,29
	1960–2006	0,36	0,13	0,25	2,32
Подземная составляющая стока р. Бакчар у с. Горелый, $Q_{п}(Б)$	1936–2006	0,51	0,11	1,48	2,33
	1960–2006	0,40	0,10	2,52	2,29
Уровень воды р. Бакчар у с. Горелый ² , $H_f(Б)$	1936–2006	0,40	0,10	2,52	2,29
	1960–2006	0,35	0,13	0,65	2,32
Среднегодовой расход воды р. Икса у с. Плотниково, $Q_{гс}(И)$	1933–2006	0,48	0,09	0,52	2,29
	1960–2006	0,41	0,12	2,08	2,32
Подземная составляющая стока р. Икса у с. Плотниково, $Q_{п}(И)$	1933–2006	0,26	0,11	3,15	2,29
	1960–2006	0,17	0,14	1,64	2,32
Уровень воды р. Икса у с. Плотниково, $H_f(И)$	1933–2006	0,41	0,10	0,73	2,29
	1960–2006	0,35	0,13	2,29	2,32
Среднегодовой расход воды р. Ключ у с. Польшанка, $Q_{гс}(К)$	1973–2006	0,25	0,16	-0,96	2,35
	1960–2006	0,26	0,16	-0,15	2,35
Уровень грунтовых вод у с. Подгорное в долине р. Чая, $H_{гп}(П)$, м БС	1965–2005	0,61	0,10	3,55	2,33
	1965–2005	0,74	0,07	3,78	2,33
Уровень болотных вод у с. Польшанка (Васюганское болото, сосново-кустарничково-сфагновый биогеоценоз), $H_б(П)$	1998–2007	-0,40	0,15	0,75	2,75
	1936–2006	0,15	0,12	3,11	2,29
Температура приземных слоев воздуха у с. Подгорное, $T_a(П)$	1986–2006	0,17	0,22	1,39	2,43
	1970–2006	0,12	0,17	2,30	2,34
Сумма атмосферных осадков у с. Колпашево, $X(К)$	1936–2006	0,26	0,11	2,46	2,29
	1986–2006	-0,06	0,22	1,53	2,43
Сумма атмосферных осадков у с. Бакчар, $X(Б)$	1970–2006	0,11	0,17	-0,41	2,34

¹Полужирным шрифтом выделены значения критерия Питмена, свидетельствующие о наличии линейных трендов (при отрицательном значении критерия – снижение, при положительном – возрастание).

²Ряды восстановлены по реке-аналогу (р. Чая)

Таблица 2. Результаты проверки рядов¹ среднегодовых значений гидрологических, гидрогеологических и метеорологических показателей на однородность (при $\alpha=5\%$)

Показатель	Период	A	σ	W	W_1	W_2	t	$t_{кр}$	F	$F_{кр}$
$Q_{гс}(Ч)$, $M^3/с$	1936–1957	61,4	18,9	705	355	723	2,12	2,29	3,13	1,78
	1958–2006	71,8	33,4							
$Q_{п}(Ч)$, $M^3/с$	1936–1951	30,8	6,49	696	274	606	4,17	2,29	1,92	1,86
	1952–1983	22,3	3,82							
	1984–2006	27,8	3,81							
$H_f(Ч)$, м БС	1936–1968	62,2	0,35	976	428	826	4,65	2,29	2,11	1,76
	1969–2006	63,1	0,51							
$Q_{гс}(Б)$, $M^3/с$	1936–1958	14,1	5,07	701	366	738	2,12	2,29	3,62	1,77
	1959–2006	18,7	9,66							
$Q_{п}(Б)$, $M^3/с$	1960–1984	3,81	0,58	304	130	320	2,48	2,33	9,10	2,19
	1985–2002	4,76	1,75							
	1936–1959	70,9	0,22							
1960–2006	71,20	0,38								
$Q_{гс}(И)$, $M^3/с$	1933–1995	6,46	3,82	509	196	497	3,06	2,29	1,62	2,62
	1996–2006	10,5	4,86							
$Q_{п}(И)$, $M^3/с$	1933–1969	0,37	0,19	1036	473	896	4,14	2,29	4,38	1,74
	1970–2006	0,68	0,41							
$H_f(И)$, м БС	1933–1966	100,5	0,19	691	469	891	0,34	2,29	2,84	1,73
	1967–1995	100,4	0,29							
	1996–2006	100,7	0,34							
$Q_{гс}(К)$, $M^3/с$	1973–1987	0,20	0,15	160	74	211	1,26	2,35	4,10	2,28
	1988–2006	0,15	0,08							
$H_f(К)$, м БС	1973–2006	99,8	0,26	126	76	213	0,05	2,35	1,43	2,33
$H_{гп}(П)$, м БС	1965–1976	63,96	0,66	229	97,6	226,4	1,86	2,33	1,20	2,15
	1977–2005	64,42	0,55							
$H_{пм}(П)$, м БС	1965–1974	69,67	0,36	208	84,1	205,9	2,59	2,57	1,05	2,40
	1975–2005	70,04	0,28							
$H_б(П)$, см	1998–2007	-1,00	6,24	11	-0,665	25,7	1,10	2,75	1,06	6,39
$T_a(К)$, °C	1936–1977	-0,5	1,03	940	413	805	4,25	2,29	1,06	1,81
	1978–2006	-0,4	1,02							
$T_a(Б)$, °C	1970–1987	-0,4	1,0	77	88	236	2,57	2,34	2,44	2,23
	1988–2006	0,4	0,67							
X(К), мм	1936–1969	467	60,1	859	430	828	2,74	2,29	1,41	1,76
	1970–2006	512	72,9							
X(Б), мм	1970–2006	470	87	151	88	236	0,52	2,34	1,17	2,26

¹Полужирным шрифтом выделены значения критериев, свидетельствующие о нарушении однородности. A – среднее, σ – стандартное отклонение

В многолетнем изменении годовых за год осадков существенное изменение суммы годовых атмосферных осадков зафиксировано только в г. Колпашево, причем значимые корреляционные связи атмосферного увлажнения по данным соответствующей метеостанции выявлены только с изменениями уровней болотных вод на междуречье рр. Икса и Бакчар. Незначительная корреляция отмечена между среднегодовыми значениями расходов воды р. Бакчар и годовой суммой осадков у с. Бакчар, норма которых в последние 36 лет существенно не менялась (табл. 3).

Корреляционные связи со среднегодовой температурой воздуха не выявлены вовсе. Таким образом, увеличение среднегодовых расходов и уровней подземных и речных вод в бассейне р. Чая по имеющимся данным не может быть однозначно связано с соответствующими изменениями среднегодовой температуры атмосферного воздуха и годовой суммой атмосферных осадков. В то же время можно предположить, что более заметное влияние

Таблица 3. Статистически значимые коэффициенты корреляции между среднегодовыми значениями гидрологических, гидрогеологических и метеорологических показателей

Параметр	Q _{гс} (Ч)	Q _п (Ч)	H _г (Ч)	Q _{гс} (Б)	Q _п (Б)	H _г (Б)	Q _{гс} (И)	Q _п (И)	H _г (И)	H _г (П)	H _б (П)
Q _{гс} (Ч)	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _п (Ч)	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H _г (Ч)	0,86	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _{гс} (Б)	0,97	-	0,80	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Q _п (Б)	0,51	-	-	0,65	1,00	-	-	-	-	-	-
H _г (Б)	0,86	-	0,93	0,84	-	1,00	-	-	-	-	-
Q _{гс} (И)	0,72	0,62	0,68	0,75	0,54	0,69	1,00	-	-	-	-
Q _п (И)	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-
H _г (И)	0,64	0,60	0,68	0,65	-	0,70	0,89	0,48	1,00	-	-
H _г (П)	0,85	0,66	0,82	0,85	0,59	0,78	0,81	-	0,74	1,00	-
H _б (П)	0,83	-	0,65	0,82	0,74	0,66	0,84	0,83	0,73	0,48	1,00
X(К)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61
X(Б)	-	-	-	0,54	0,50	-	-	-	-	-	0,52
X(П)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51

на гидрологические и гидрогеологические условия имеет внутригодовое перераспределение атмосферного увлажнения и смещение границ гидрологических сезонов, для изучения которых требуется

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Страны мира по выбросам углекислого газа в атмосферу / Под ред. В.Г. Голдинова // Экологическая безопасность. Технологии города. Управление отходами. – 2005. – № 1. – С. 66–69.
2. Земцов В.А., Паромов В.В., Савичев О.Г. Изменения водного стока крупных рек юга Западной Сибири в XX столетии // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Матер. Всерос. научн. конф. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – С. 321–324.
3. Региональный мониторинг атмосферы. Ч. 4. Природно-климатические изменения / Под ред. чл.-корр. РАН М.В. Кабанова. – Томск: МГП «РАСКО», 2000. – 269 с.
4. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Комаров А.И., Кусков А.И. Структура и динамика поля температуры в районе Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. – Томск: ИМКЭС СО РАН, 2002. – С. 111–122.

дополнительный анализ среднемесячных или среднедекадных данных.

Заключение

Выявлено статистически значимое изменение водного режима бассейна р. Чая (Томская область), проявляющееся в увеличении нормы и/или дисперсии суммарного речного стока и его подземной составляющей, уровней подземных и речных вод. Эти изменения, предположительно, объясняются не изменением среднегодовых значений температуры воздуха и годовых сумм атмосферных осадков, а внутригодовым перераспределением атмосферного увлажнения и смещением границ гидрологических сезонов. Возможными причинами увеличения стока также являются, *во-первых*, увеличение температуры подземных вод и, следовательно, рост коэффициентов фильтрации за счет снижения вязкости воды. *Во-вторых*, аккумуляция наносов и подпор от р. Обь в нижнем течении р. Чая может привести к дополнительной аккумуляции влаги в водосборном бассейне и активизации заболачивания рассматриваемой территории. *В-третьих*, нельзя исключать вероятность региональных колебаний уровней подземных вод, проявляющихся, по крайней мере, в пределах большей части Томской области.

5. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2003. – 202 с.
6. 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.
7. Савичев О.Г. Тенденции и возможные причины многолетних изменений ионного стока рек в бассейне Средней Оби // Фундаментальные проблемы современной гидрогеохимии: Труды Междунар. научн. конф. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – С. 308–313.
8. Волкова М.А., Кужевская И.В. Пространственно-временная изменчивость температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Томской области // Актуальные проблемы экологии и природопользования Сибири в глобальном аспекте. – Томск: Изд-во ТГУ, 2007. – С. 73–77.

Поступила 18.03.2008 г.