

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТОКА РЕК В ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ*

© 2013 г. Ю.А. Харанжевская

*Государственное научное учреждение Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа
Россельхозакадемии, г. Томск*

Ключевые слова: климатические изменения, многолетние колебания стока, болота, Западная Сибирь.



Проведен детальный анализ многолетних изменений стока рек в южно-таежной подзоне Западной Сибири на примере бассейна р. Чая. Выполнен причинно-следственный статистический анализ изменений уровней подземных вод, болотных вод, температуры воздуха и суммы атмосферных осадков. Проведенные исследования позволили выявить статистически значимую тенденцию на увеличение поверхностного стока в зимнюю межень р. Чая и ее крупных притоков (р. Икса, р. Парбиг), а также подземной составляющей стока рек в течение года. В изменении уровня режима рек наблюдается неоднозначная закономерность. Основной причиной наблюдаемых изменений водного режима рассматриваемой территории является внутригодовое перераспределение атмосферного увлажнения и смещение границ гидрологических сезонов.

Постановка проблемы

В последнее время вопросы, связанные с изменением водных ресурсов и гидрологического режима водных объектов, вызывают большой научный интерес, они имеют решающее значение для экономического развития регионов, обеспечения безопасности населения, рационального природопользования и сохранения окружающей природной среды.

Оценке изменений водных ресурсов посвящено достаточно много работ [1–6], однако исследования в них проводят на макроуровне, а результаты

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-33036 – мол_a_вед.

обобщают по бассейнам крупных рек. Между тем региональные проявления климатически обусловленных изменений речного стока имеют ряд особенностей, связанных с местными физико-географическими условиями.

Так, например, существование обширных заболоченных пространств в таежной зоне Западной Сибири определяет закономерности в перераспределении тепла и влаги, выступая в роли мощного климатообразующего фактора, существенно влияет на водный режим территории. Именно поэтому исследования данной территории важны в плане выявления существующих механизмов влияния болот на уменьшение негативных последствий изменения климата и хозяйственной деятельности человека для водных ресурсов. Данная работа посвящена оценке изменений гидрологического режима региональных водных ресурсов в бассейне р. Чая. Исследования включали детальный анализ многолетней динамики среднемесячных значений расходов и уровней речных вод, подземной составляющей речного стока, а также соответствующих значений уровней подземных и болотных вод, для выявления причинно-следственной связи проводили анализ многолетних изменений температуры воздуха и суммы атмосферных осадков.

Объекты и методы

Река Чая является левобережным притоком р. Оби. Бассейн р. Чая представляет характерный участок южно-таежной подзоны Западной Сибири (рис. 1), который мало населен и слабо освоен в хозяйственном отношении, отличается высокой заболоченностью и широким распространением верховых болот. Заболоченность водосбора реки (табл. 1) по результатам современных оценок изменяется от 47 % в его восточной части до 65 % в западной и в среднем по бассейну составляет 52 % [7]. Большинство формирующих речную систему рек (Парбиг, Андарма, Галка, Тетеренка, Бакчар, Икса) берут начало с восточной окраины водораздельного Васюганского болота. Общая площадь водосбора р. Чая у с. Подгорное составляет 25 000 км², бассейн имеет протяженность 200 км при ширине от 5 до 150 км [8].

Исходной информацией для проведения исследований послужили:

1) материалы наблюдений Росгидромета за период 1933–2007 гг. за расходами и уровнями воды р. Чая у с. Подгорное, р. Бакчар у с. Горелый, р. Икса у с. Плотниково, р. Андарма у с. Панычево, р. Парбиг у с. Веселый, р. Бакчар у с. Польшнянка, р. Ключ у с. Польшнянка;

2) данные об уровнях грунтовых вод неоген-четвертичного водоносного комплекса с террасовым (скважина 94 р) и междуречным видом режима (скважина 110 р), полученные Томской геолого-разведочной экспедицией (1965–1995 гг.) и ОАО «Томскгеомониторинг» (1996–2005 гг.) на режимных

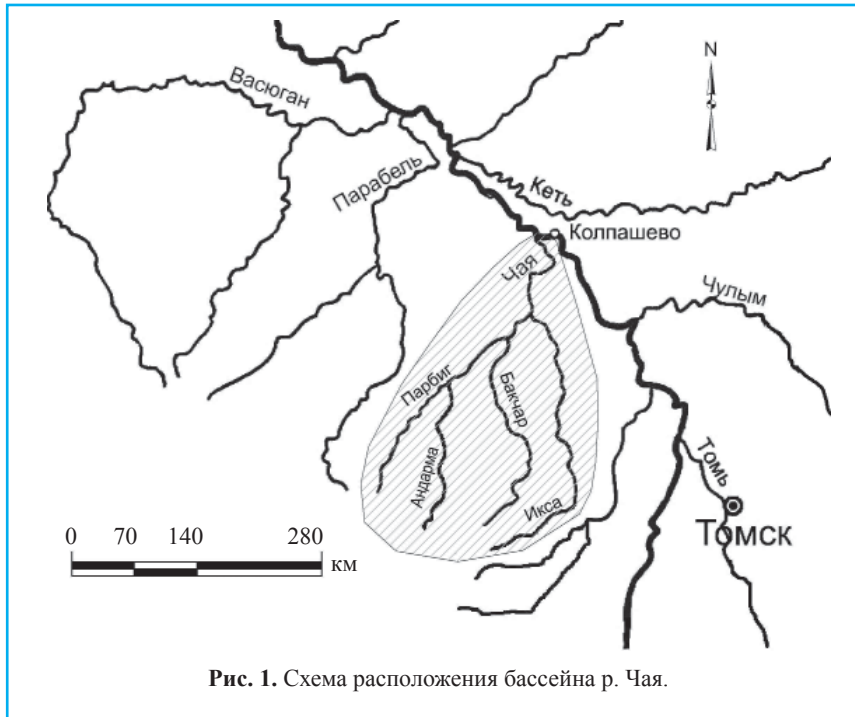


Рис. 1. Схема расположения бассейна р. Чаи.

скважинах государственной наблюдательной сети в рамках ведения мониторинга геологической среды на территории Томской области;

3) материалы наблюдений Росгидромета за температурой приземных слоев воздуха и атмосферными осадками на метеостанциях Колпашево, Бакчар и Подгорное с 1936 по 2007 гг.;

4) материалы наблюдений Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа (СибНИИСХиТ) за уровнями болотных вод в период 1998–2009 гг. [9].

Величину подземного стока определяли как сумму среднемесячных значений подземного водного стока $Q_{\text{подз}}$, которые с декабря по март принимались равными среднемесячному водному стоку рек, а в прочие месяцы вычислялись линейной интерполяцией по формуле

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

где $Q_{\text{март}}$ и $Q_{\text{декабрь}}$ – среднемесячные значения водного стока рек в марте и декабре соответственно; i – номер рассматриваемого календарного месяца [6, 9].

Статистический анализ рядов включал проверку на однородность по параметрическим и непараметрическим критериям. Оценку случайности из-

Таблица 1. Характеристика исследуемых водосборов

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Заболоченность водосбора*, %
р. Чая – с. Подгорное	25 000	52
р. Бакчар – с. Горелый	6610	63
р. Бакчар – с. Польшнянка	2040	65
р. Икса – с. Копаное озеро	5210	61
р. Икса – с. Плотниково	2560	64
р. Парбиг – с. Веселый	9100	47
р. Парбиг – с. Парбиг	3220	57
р. Андарма – с. Панычево	2330	49
р. Ключ – с. Польшнянка	75,7	76,6

Примечание: * – по данным дешифрирования космоснимков Landsat [7].

менения или нарушения однородности рядов проводили с использованием критерия Питмена [10, 11]. Вывод о неслучайном изменении или нарушении однородности рядов делали при уровне значимости $\alpha = 5\%$ в случае, когда расчетная статистика (π) по модулю превышала соответствующее критическое значение ($\pi_{кр}$).

Результаты исследования и обсуждение

Анализ рядов среднемесячных величин гидрометеорологических параметров позволил выявить статистически значимую тенденцию на увеличение меженного стока р. Чая в зимний период (рис. 2) и ее крупных притоков – рек Икса и Парбиг, а также подземной составляющей стока рек в течение всего года (табл. 2). Увеличение стока рек произошло в середине 1980-х годов. За последние 30 лет в сравнении с предыдущим периодом (1950–1983 гг.) увеличение подземного стока рек составило более чем 20 %.

В изменении уровня режима рек однозначной тенденции выявить не удалось. Так, если для р. Чая наблюдается статистически значимый тренд на увеличение уровней в период летне-осенней и зимней межени, то для ее основных притоков в этот период преимущественно отмечается снижение уровней (реки Парбиг, Андарма, Бакчар). Следует отметить, что отрицательный тренд по уровням в зимний период отмечается только в нижнем створе р. Бакчар (у с. Горелый), тогда как в верхнем створе (у с. Польшнянка) наблюдается статистически значимое увеличение уровней за декабрь–март



и в июле (рис. 3). В уровненом режиме р. Икса в целом за 72-летний период наблюдений изменений не выявлено.

Проведенный анализ многолетних изменений среднемесячных уровней грунтовых вод позволил выявить статистически значимый положительный тренд по скважинам у с. Подгорное (94 р) и с. Бакчар (110 р). Причем для скважины 94 р характерно увеличение за январь–май, ноябрь (рис. 4), декабрь, тогда как для скважины 110 р – в течение практически всего года. Статистически значимое увеличение уровней болотных вод наблюдается с июня по сентябрь в пределах топяного участка верхового болота с осоково-сфагновой растительностью (участок Васюганского болота), выявленное на пункте наблюдений вблизи с. Полынянка.

Проверка на однородность рядов среднемесячных величин показала, что в целом с середины 1980-х годов наблюдается общая тенденция в изменении характеристик водного режима рек исследуемой территории. В этот период отмечается нарушение однородности рядов, которое связано с увеличением среднемесячных расходов воды р. Чая в течение всего года и дисперсий в период половодья. Для основных притоков р. Чая нарушение однородности рядов преимущественно связано с увеличением дисперсий, изменение среднемесячных расходов воды за многолетний период наблюдается только в марте и ноябре.

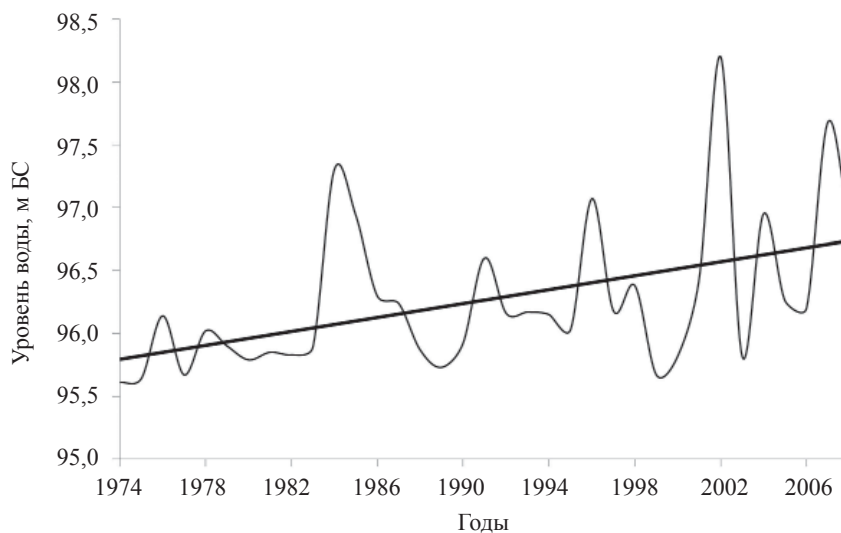


Рис. 3. Многолетняя динамика среднемесячных уровней воды за июль р. Бакчар у с. Поляннка.

Однако следует отметить, что для правобережных притоков рек Бакчар и Икса нарушение однородности рядов связано с некоторым снижением нормы стока в период летне-осенней межени. Статистический анализ стока малых рек бассейна показал нарушение однородности рядов, связанное с уменьшением расходов р. Ключ в апреле, мае, июне и в ноябре, декабре.

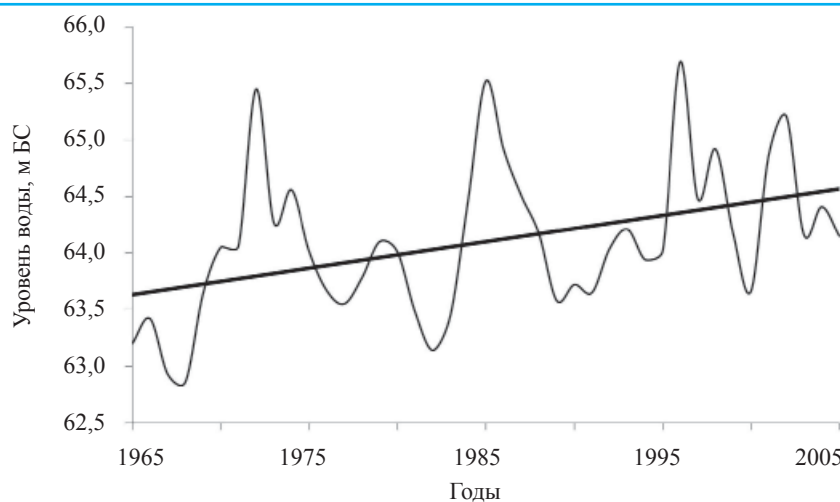


Рис. 4. Многолетняя динамика уровней грунтовых вод отложений неоген-четвертичного возраста по скважине 94 р у с. Подгорное в ноябре.

Таблица 2. Результаты проверки на случайность рядов среднемесячных и годовых значений гидрологических показателей (при уровне значимости $\alpha = 5\%$)

Показатель, река – пункт	Период	Критерий Пигмена τ/a												$\tau_{кр}$	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		ср. год
Расход воды р. Чай у с. Подгорное, $Q_{гс}(Ч)$	1953–2007	4,50	5,26	5,70	-0,14	1,44	0,99	0,68	0,12	0,63	0,87	1,91	2,97	1,53	2,31
		0,19	0,20	0,18	-0,06	2,53	1,17	0,38	0,03	0,14	0,24	0,30	0,20	0,46	
Подземная составляющая стока р. Чай у с. Подгорное, $Q_{гп}(Ч)$	1953–2007	4,7	5,07	5,45	5,86	5,91	5,60	5,08	4,53	4,03	3,59	3,23	2,93	5,25	2,31
		0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	
Уровень воды р. Чай у с. Подгорное, $H_r(Ч)$	1953–2007	6,79	6,92	7,25	1,44	1,24	1,70	2,21	2,44	2,92	2,45	3,76	5,32	3,68	2,31
		0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Расход воды р. Бакчар у с. Горелый, $Q_{гс}(Б)$	1960–2007	1,11	1,17	1,14	0,71	0,72	-0,22	0,25	1,22	1,27	1,27	1,66	1,49	0,95	2,32
		0,02	0,02	0,01	0,15	0,48	-0,07	0,04	0,13	0,17	0,16	0,09	0,04	0,10	
Подземная составляющая стока р. Бакчар у с. Горелый, $Q_{гп}(Б)$	1960–2007	1,11	1,17	1,14	1,52	1,73	1,77	1,74	1,69	1,63	1,58	1,53	1,49	1,80	2,32
		0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	
Уровень воды р. Бакчар у с. Горелый, $H_r(Б)$	1960–2007	-3,63	-6,20	-9,94	-0,47	0,93	-0,15	-0,06	0,17	0,33	0,59	0,97	-1,14	-0,04	2,32
		-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
Расход воды р. Икса у с. Плотниково, $Q_{гс}(И)$	1933–2007	3,83	5,16	4,87	0,26	1,98	0,04	-0,22	-0,67	-0,99	-0,47	-0,81	1,77	0,88	2,29
		0,07	0,01	0,01	0,02	0,27	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,01	-0,01	0,01	0,02	

Окончание табл. 2

Показатель, река – пункт	Период	Критерий Пигмена τ/a												$\tau_{кр}$ ср. год	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Подземная составляющая стока р. Икса у с. Плотниково, $Q_{пл}(И)$	1933–2007	3,83	5,16	4,87	5,08	4,45	3,69	3,10	2,66	2,34	2,10	1,92	1,77	3,34	2,29
		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Уровень воды р. Икса у с. Плотниково, $H_r(И)$	1933–2007	1,45	1,66	1,69	0,80	1,86	0,42	0,58	0,25	-0,20	0,11	0,51	0,94	1,20	2,29
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Среднегодовой расход воды р. Бакчар у с. Польшанка, $Q_{гс}(БП)$	1974–2007	1,89	1,72	0,59	1,35	1,42	0,38	2,07	1,88	0,98	1,14	1,91	1,91	2,13	2,35
		0,01	0,01	0,00	0,26	0,54	0,06	0,20	0,11	0,09	0,10	0,010	0,02	0,12	
Подземная составляющая стока р. Бакчар у с. Польшанка $Q_{пл}(БП)$	1974–2007	1,92	1,74	0,62	1,18	1,56	1,76	1,85	1,89	1,89	1,89	1,89	1,88	2,06	2,35
		0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	
Уровень воды р. Бакчар у с. Польшанка, $H_r(БП)$	1974–2007	2,55	2,75	2,82	1,35	1,75	1,23	2,81	2,16	1,48	1,68	2,48	1,90	2,83	2,35
		0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	

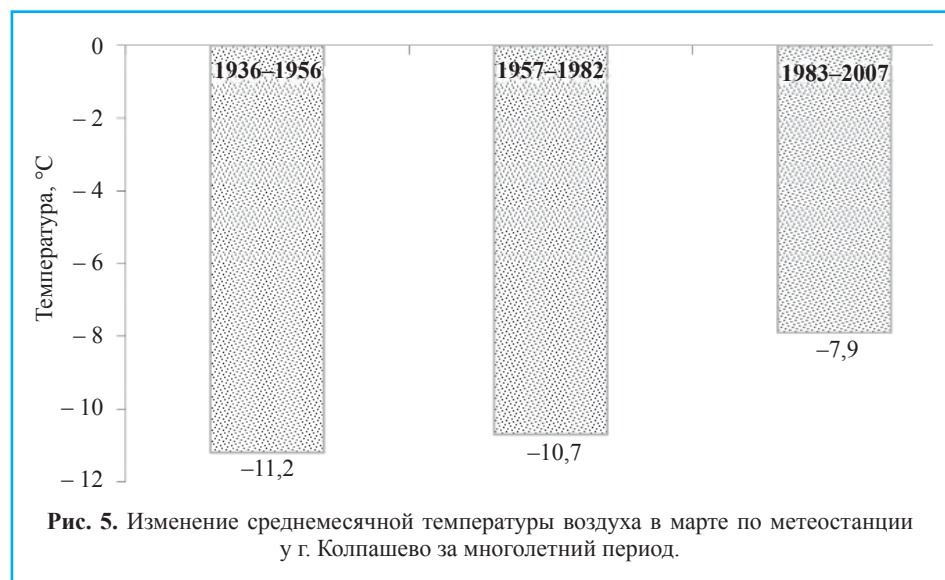
Примечание: a – коэффициент, характеризующий скорость изменения гидрометеорологических параметров; жирным шрифтом выделены значения критериев, превышающие критические.

Между тем анализ метеорологических параметров по трем ближайшим метеостанциям позволил выявить статистически значимую тенденцию на увеличение температуры приземного слоя воздуха в феврале, марте, мае, июне и декабре по метеостанциям у с. Бакчар и г. Колпашево (рис. 5). В остальные месяцы наблюдается нарушение однородности рядов, связанное преимущественно с изменением среднемесячных величин.

Статистически значимые изменения количества атмосферных осадков за многолетний период отмечены только по метеостанции у г. Колпашево (рис. 6). При этом наблюдается устойчивая тенденция увеличения сумм осадков за осенне-зимний период (январь, февраль, октябрь–декабрь). В остальные месяцы наблюдается нарушение однородности рядов.

Нарушения однородности рядов по метеостанции у г. Колпашево связаны преимущественно с уменьшением месячных сумм атмосферных осадков в мае–июне и августе. Для метеостанций у сел Бакчар и Подгорное наблюдается нарушение однородности рядов, связанное с уменьшением сумм атмосферных осадков в мае–июне, и некоторым увеличением в осенне-зимний период. Нарушение однородности рядов годовых сумм атмосферных осадков не отмечено.

Для выявления причинно-следственных связей наблюдаемых изменений расходов и уровней воды был проведен корреляционный анализ, который, однако, не позволил выявить тесных корреляционных связей с климатическими характеристиками исследуемой территории по трем ближайшим метеостанциям (села Бакчар, Подгорное, г. Колпашево). В то же время можно предположить, что более заметное влияние на гидрологические и гидрогео-



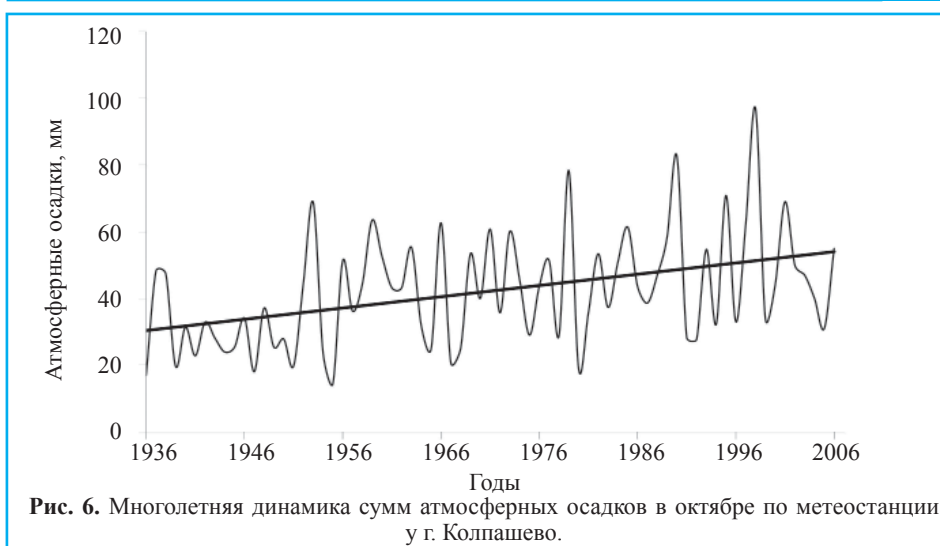


Рис. 6. Многолетняя динамика сумм атмосферных осадков в октябре по метеостанции у г. Колпашево.

логические условия имеет внутригодовое перераспределение атмосферного увлажнения и смещение границ гидрологических сезонов. Согласно исследованиям Т.В. Ромашовой [12], в последнее время по сравнению с 1935–1970 гг. наблюдается изменение временных характеристик климата, в т. ч. отмечено смещение дат начала и конца всех сезонов года и их фаз на более поздние сроки. За исключением весны и ее первых двух фаз («снеготаяние» и «послезимье») наблюдается увеличение изменчивости переходных сезонов года с увеличением их продолжительности.

Анализ рядов среднемесячных величин гидрометеорологических параметров бассейна р. Чая позволил выявить статистически значимую тенденцию на увеличение поверхностного стока в зимнюю межень р. Чая и крупных притоков (реки Икса, Парбиг), а также подземной составляющей стока рек практически в течение всего года. В изменении уровенного режима рек однозначной тенденции выявить не удалось. Нарушения однородности гидрологических рядов, полученных непосредственно на р. Чая, несколько опережают по времени нарушения однородности рядов по ее притокам. Нарушение однородности связано с увеличением среднемесячных расходов воды р. Чая в течение всего года и дисперсий в период половодья. Для основных притоков р. Чая нарушение однородности рядов преимущественно связано с увеличением дисперсий, изменение среднемесячных расходов воды за многолетний период наблюдается только в марте и ноябре. Отмечаются определенные различия между закономерностями многолетних изменений водного режима для малых и средних рек. Наблюдается уменьшение стока малых рек, которое вероятно связано с преобладанием аккумуляции воды в водосборе над ее стоком в условиях прогрессирующего заболачива-

ния региона, что подтверждается статистически значимой тенденцией увеличения уровней болотных вод.

Заключение

Проведенные исследования показали, что отмеченные тенденции изменения гидрологических параметров нельзя однозначно связать с выявленными изменениями количества атмосферных осадков и температуры воздуха. Изменения среднемесячных величин стока рек несколько опережают изменения климатических характеристик, поэтому к существующему увеличению подземного стока и уровней грунтовых вод, возможно, имеет отношение внутригодовое перераспределение атмосферного увлажнения и смещение границ сезонов. Также необходимо учитывать возможность влияния на водный баланс территории продолжающегося, как отмечается в [13], процесса заболачивания. В связи с преобладанием на исследуемой территории болот верхового типа, характеризующихся как горизонтальным, так и вертикальным оттоком влаги, величина которого, согласно исследованиям С.М. Новикова [14], составляет до 76 мм в год, увеличение уровней грунтовых вод может быть связано также с поступлением болотных вод в подземные горизонты в весенний период. Поэтому в дальнейшем требуется провести анализ водного баланса водосборов рек для оценки характера изменения их общего увлажнения и роли обширных заболоченных обводненных водосборных территорий в механизме перераспределения влаги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Бабкин В.И., Балонишников Ж.А. Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России // Метеорология и гидрология. 2010. № 1. С. 23–32.
2. Шикломанов И.А., Бабкин В.И., Балонишников Ж.А. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 2. С. 131–141.
3. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Шикломанов А.И., Шалыгин А.Л., Ежов А.В. Прогнозирование эволюции водных ресурсов России в результате антропогенного потепления климата // Информационный бюллетень РФФИ. 1998. Т. 6. № 5. С. 512.
4. Peterson B.J., Holmes R.M., McClelland J.W., Vörösmarty C.J., Lammers R.B., Shiklomanov A.I., Shiklomanov I.A., Rahmstorf S. Increasing river discharge to the Arctic Ocean // Science. 2002. Т. 298. № 5601. С. 2171–2173.
5. 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. Мат-лы всерос. научн. конф. Томск: Изд-во НТЛ, 2000. С. 321–324.
6. Савичев О.Г. Подземный водный сток в бассейне Средней Оби и его многолетние изменения // Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология. Мат-лы научн. конф. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. С. 43–50.

7. Харанжевская Ю.А. Подземный сток бассейна р. Чая (Западная Сибирь) и его многолетняя изменчивость: дис. ... канд. геол.-минер. наук. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 193 с.
8. Земцов В.А. Воды // География Томской области. Томск: Изд-во ТГУ, 1988. С. 76–96.
9. Савичев О.Г., Харанжевская Ю.А. Многолетние изменения гидроклиматических условий в бассейне реки Чая (Западная Сибирь) // Известия ТПУ. 2008. Т. 313. № 1. С. 79–82.
10. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 364 с.
11. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. М.: Изд-во МГУ, 1993. 168 с.
12. Ромашова Т.В. Климатические изменения на юге Томской области в глобальном контексте // Актуальные проблемы экологии и природопользования Сибири в глобальном аспекте. Томск. 2007. С. 334–337.
13. Инишева Л.И., Дубровская Л.И., Инишев Н.Г. Гидрологический режим верхового болота // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 1. С. 54–57.
14. Новиков С.М. Водообмен болот // Мат-лы второй научной школы «Болота и Биосфера». Томск: Изд-во ТГПУ, 2003. С. 25–38.

Сведения об авторе:

Харанжевская Юлия Александровна, к. г.-м. н., заведующая лабораторией Государственного научного учреждения Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа Россельхозакадемии, 634050, г. Томск, ул. Гагарина, 3; e-mail: kharan@yandex.ru