

УДК 556.5.048

ЗАКОНОМЕРНОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УВЛАЖНЕННОСТИ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ВОДОСБОРОВ НА ПЕРИФЕРИИ БОЛЬШОГО ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА

© 2014 Л.И. Дубровская, В.В. Щукова, В.Р. Герасимова

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Поступила в редакцию 04.05.2014

Приводятся результаты комплексного анализа условий увлажнения малых заболоченных водосборов за вегетационный период путем анализа межгодовой изменчивости поверхностного руслового стока воды весеннего сезона как интегрального показателя увлажненности деятельного слоя и климатического индекса Селянинова как интегрального показателя, отражающего соотношение температуры и осадков. Выявлены существенные различия между условиями увлажнения заболоченных водосборов на юго-западной и северо-восточной периферии Большого Васюганского болота. Проявления тенденций климатического происхождения в гидрологических и метеорологических характеристиках четче фиксируются в подтайге и северной лесостепи.

Ключевые слова: *сезонный сток, гидротермический коэффициент, заболоченный водосбор, тенденция, южная тайга, северная лесостепь, Западная Сибирь*

Болотный ландшафт является преобладающим на территории Западносибирской равнины и играет важную средообразующую роль для этого региона. При этом болотная экосистема является очень ранимой и уязвимой, особенно для северных территорий. По данным авторов [1] в настоящее время происходят «обвальные» процессы таяния вечной мерзлоты, которые могут привести к большим негативным последствиям для растительного и животного мира этих территорий. В рассматриваемых нами подзонах лесной зоны (южно-таежная и осиново-березовых лесов) и северной лесостепи Западной Сибири изменения условий жизнедеятельности болотных экосистем в связи с климатическими трендами не такие явные и тревожные, как на севере Западной Сибири, однако проблемы существуют и для них.

Цель работы: оценка внутри- и межгодовой изменчивости тепло- и влагообеспеченности и выявление изменений климатического происхождения на заболоченных водосборах, расположенных по периферии Большого Васюганского болота (БВБ).

Дубровская Лариса Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры гидрологии. E-mail: dubrli@sibmail.com

*Щукова Вероника Викторовна, магистр
Герасимова Влада Равильевна, аспирантка*

Для косвенных оценок влажности деятельного слоя ландшафтов за вегетационный период анализировались:

– поверхностный русловый сток воды, отражающей текущую влажность деятельного слоя на малом водосборе и интегрирующий свойства и особенности его развития и динамики во времени,

– климатический индекс – гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) в качестве интегрального показателя атмосферного увлажнения, отражающего соотношение температуры и осадков.

Вопросам тепло- и влагообеспеченности исследуемой территории в последнее десятилетие посвящен ряд работ, решающих их с различных позиций, от метода ГКР [2] до модельного реанализа и метода спутниковой альтиметрии [3]. Наиболее адекватным индикатором экосистемных изменений в климатологических системах является изменение влажности деятельного слоя ландшафтов, которая помимо климатических факторов интегрально учитывает влияние растительного и почвенного покровов, а также условия дренированности территории. Влажность деятельного слоя обусловлена, в первую очередь, климатическим фактором, выражающимся количеством выпадающих осадков и теплоэнергетическими ресурсами испарения. Температура воздуха определяет тепловой

режим атмосферы, а атмосферные осадки являются основным источником увлажнения.

Изменчивость в режиме увлажненности исследуемой территории достаточно сложно отследить напрямую в связи с ее высокой заболоченностью и недоступностью, которая еще больше усложняется имевшим место массовым закрытием гидро- и метеопостов Росгидромета в 1975–80, а затем в 90-х годах. Однако в качестве величины, отражающей текущую влажность деятельного слоя на малом водосборе можно использовать поверхностный русловой сток воды, как один из ведущих компонентов ландшафта, интегрирующий свойства и особенности его

развития и динамики во времени. В свете вышесказанного в работе ставилась **задача** – выяснить, имеются ли значимые климатически обусловленные тренды в увлажненности малых заболоченных водосборов, оцениваемой через совместный анализ изменений стоковых характеристик и атмосферных осадков.

Объекты исследований. Рассматриваются заболоченные водосборы на северо-восточной и юго-западной периферии Большого Васюганского болота, расположенные в административных границах Томской и Новосибирской областей (рис. 1).

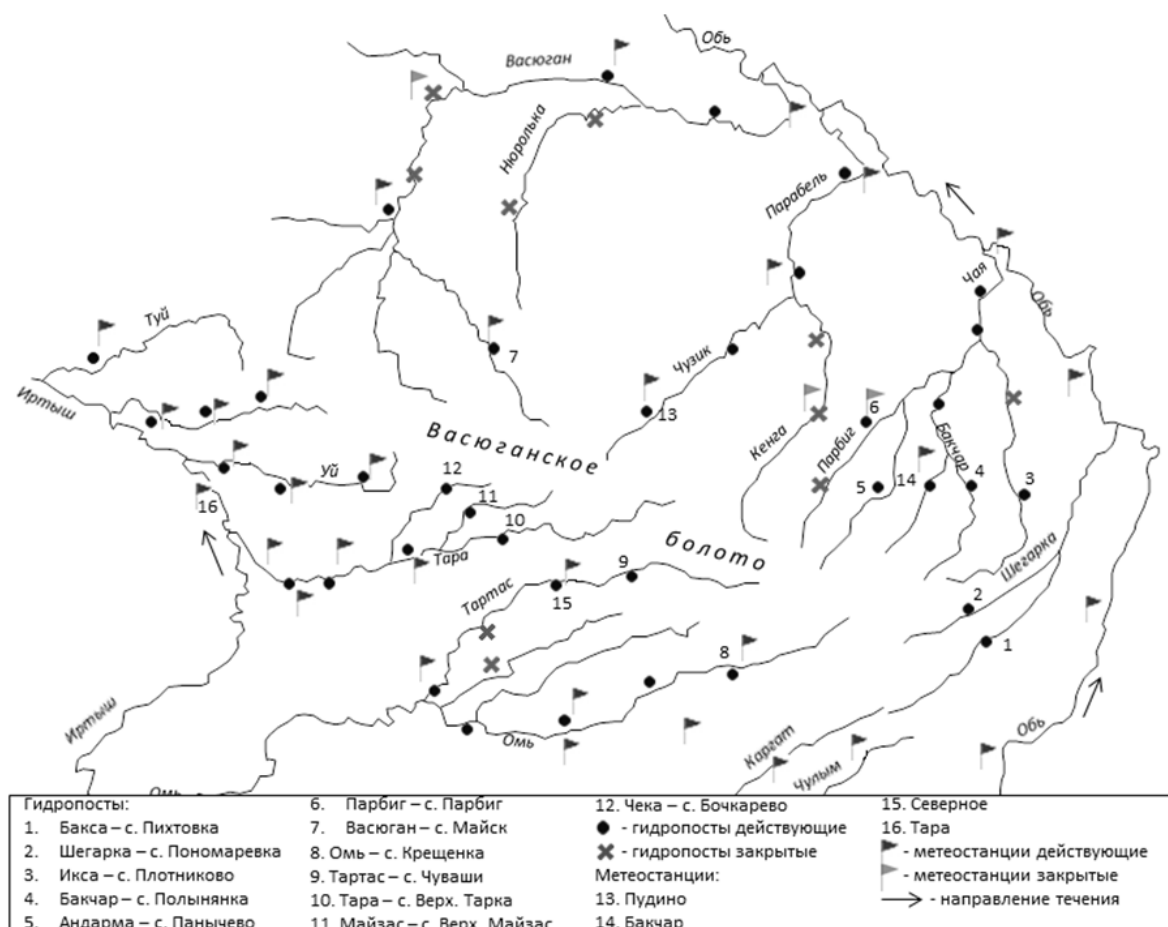


Рис. 1. Схема расположения гидропостов и метеостанций

В системе природного районирования Западной Сибири исследуемая территория располагается в ботанико-географических подзонах (южно-таежной и осиново-березовых лесов) лесной зоны и северной лесостепи. Согласно геоморфологическому районированию болотных ландшафтов в зоне выпуклых олиготрофных болот – это 2 разных подрайона: Демьяно-Васюганский и Тартас-Иртышский. В первом сосредоточены особо крупные олиготрофные болотные системы, которые расположены на водоразделах рек 1-го порядка и отдельными

языками (отрогами) заходят на водоразделы 2-го порядка. Второй – самый южный и наиболее обводненный (заболоченность до 45 %) [4]. В качестве ключевых участков для оценки состояния природной среды через характеристики стока нами выбраны бассейны семи левобережных притоков р. Оби (северная и северо-восточная периферия БВБ) и пяти правобережных притоков р. Иртыша (южная и юго-западная периферия БВБ) (табл. 1). Метеорологическая обстановка анализировалась по метеостанциям Пудино, Бакчар, Тара и Северное.

Таблица 1. Гидрографические характеристики водосборов и статистические параметры годового стока, рассчитанные в данной работе за исследуемые периоды

Река-пункт	F	H	I	$\lambda_{\text{оз}}$	$\lambda_{\text{бол}}$	$\lambda_{\text{лес}}$	q	Q _{ср}	$\sigma_{Q_{\text{ср}}}$	C _v	σ_{C_v}
Шегарка - с. Пономаревка	1260	140	0,61	1	30	40	2,6	3,3	0,14	0,73	0,13
Бакса - с. Пихтовка	1420	140	0,32	1	35	60	3,0	4,3	0,14	0,70	0,12
Икса - с. Плотниково	2560	130	0,20	1	49	50	3,5	8,9	0,11	0,55	0,09
Бакчар -с. Полынянка	2040	130	0,35	<1	25	75	3,3	6,7	0,12	0,59	0,10
Парбиг – с. Парбиг	3220	130	0,20	1	35		5,0	13,7	0,09	0,44	0,07
Андарма - с. Панычево	2330	130	0,31	1	35	60	3,7	8,6	0,10	0,52	0,08
Васюган – с. Майск	3730	130	0,19	1	35	64	4,4	16,3	0,09	0,43	0,08
Омь – с. Крещенка	6500	140	0,26	<1	70	30	2,1	13,8	0,14	0,61	0,12
Тартас – с. Чуваши	4540	130	0,11	<1	80	20	3,0	13,6	0,12	0,53	0,09
Тара – с. Верх. Тарка	6250	130	0,15	<1	50	40	3,2	19,7	0,11	0,48	0,09
Майзас – с. Верх. Майзас	1430	130	0,28	<1	40	40	3,1	4,5	0,14	0,61	0,10
Чека – с. Бочкарево	2730	130	0,23	<1	55	40	2,8	7,6	0,12	0,53	0,10

Примечание: F – площадь водосбора, км²; H – средняя высота водосбора, м; I – уклон реки средний, ‰; $\lambda_{\text{оз}}$ – озерность, ‰; $\lambda_{\text{бол}}$ – заболоченность, ‰; $\lambda_{\text{лес}}$ – лесистость, ‰; q – модуль стока, л/(км²*с); Q_{ср} – средний годовой расход, м³/с; $\sigma_{Q_{\text{ср}}}$ – средняя квадратическая погрешность Q_{ср}; C_v – коэффициент вариации; σ_{C_v} – средняя квадратическая погрешность C_v

Исходные материалы. Материалами для настоящей работы послужили официальные данные о ежедневных расходах воды, опубликованные в гидрологических ежегодниках за период 1985-2009 гг. для притоков Оби и с 1991 по 2009 гг. для притоков Иртыша; данные о суточных осадках и температуре приземных слоев воздуха за вегетационный период по метеостанциям Пудино, Бакчар, Тара и Северное за 1974-2012 гг. [5] для оценки и анализа внутри- и межгодовой динамики гидротермического коэффициента.

Методика исследований. В качестве индикатора соотношения тепла и влаги вегетационного периода использовался индекс Г.Т. Селянинова, который вычисляется по формуле

$$\text{ГТК} = \frac{10 \sum P}{\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}}$$

где $\sum P$ – сумма осадков (мм) и $\sum T_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма среднесуточных температур за период с $T \geq 10^{\circ}\text{C}$.

Выбор ГТК определялся наличием доступной нам информации. По данным наблюдений на метеостанциях вычислены значения ГТК за периоды с активными температурами воздуха и отдельно за месяцы вегетационного периода, а также среднее многолетнее значение (норма) и среднеквадратическое отклонение ГТК от нормы. Неустойчивость увлажненности выражается экстремумами ГТК, которые определялись за наиболее важные для вегетации месяцы – май,

июнь, июль. К основным недостаткам индекса ГТК следует отнести неучет весенних запасов влаги. Кроме того, переход устойчивых среднесуточных температур через 5°C, с чем связывается начало и конец вегетационного периода, отмечается на исследуемой территории в первой пятидневке мая, а средние даты начала половодья наблюдаются значительно раньше (табл. 3). Поэтому для оценки уровня весенней увлажненности от снеговой составляющей (включая атмосферные осадки периода снеготаяния) привлекались данные о стоке весеннего сезона. Сток за два гидрологических сезона – весенний и летне-осенний рассчитывался в рамках генетического подхода. Даты начала весеннего сезона определялись путем анализа гидрографа стока за каждый год по характерному уменьшению расхода, предшествующему резкому подъему кривой, знаменующему начало половодья. Даты конца весеннего сезона находились по кривым истощения (спада).

Обсуждение результатов. Слой стока весеннего сезона (половодья) увеличивается в направлении с юго-запада на северо-восток (табл. 2). Сток половодья в северной лесостепи и подзоне осиново-березовых лесов, рассчитанный с позиций генетического подхода к определению сроков этой фазы водного режима, изменяется по представленным гидропостам в пределах 47-63 мм, что выше приведенных (25-45 мм) в работе [6].

Таблица 2. Многолетний слой весеннего и годового стока (мм) и его тенденции за исследуемые периоды*

Река – пост	Весенний сезон		Летне-осенний сезон		Годовой	
	слой стока	тенденция	слой стока	тенденция	слой стока	тенденция
Шегарка – с. Пономаревка	46	убыв.	20	возр.	67	нет
Бакса – с. Пихтовка	64	убыв.	17	возр.	81	убыв.
Икса – с. Плотниково	73	возр.	21	возр**	101	возр.
Бакчар – с. Полынянка	62	возр.	22	возр.	91	возр.
Парбиг – с. Парбиг	78	убыв.	38	возр.	140	нет
Андарма – с. Панычево	65	убыв.	26	возр.	104	убыв.
Васюган – с. Майск	87	возр.	31	возр.	130	возр.
Омь – с. Крещенка	47	нет	15	возр.	67	возр.
Тартас – с. Чуваши	61	убыв.	24	возр.	93	возр.
Тара – с. В. Тарка	63	возр.	22	возр.	99	возр.
Майзас – с. В. Майзас	55	возр.	24	возр.	92	возр.
Чека – с. Бочкарево	54	возр.	23	возр.	85	возр.

Примечание: * – период 1985–2009 гг. для притоков бассейна Оби, 1991–2009 гг. – для притоков бассейна Иртыша; ** – полужирным шрифтом выделены статистически достоверные тренды

У водосборов, расположенных по южной периферии БВБ, прослеживается четкая тенденция на возрастание слоя стока в весенний, летне-осенний сезоны, зимний сезоны и за год в целом (за исключением р. Тартас – с. Чуваши), в том числе статистически значимые в бассейнах двух притоков реки Тары (Майзас, Чека) (рис. 2). Таким образом, прослеживается не перераспределение стока между сезонами, а его увеличение, объяснить которое можно только как реакцию стока на изменение климата, прежде всего – увеличение осадков.

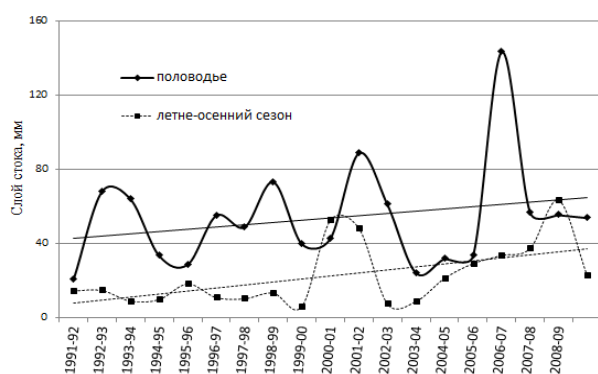


Рис. 2. Межгодовая динамика сезонного слоя стока р. Чека – с. Бочкарево

У водосборов, расположенных по северной периферии БВБ, такой же четкой выраженности тенденций в слое стока весеннего сезона нет. Возможно, это связано с тем, что рассмотренные водосборы, расположенные по южной периферии БВБ, т.е. относящиеся к бассейнам рек Омь и Тара, находятся в условиях повышенной

дренированности по сравнению с водосборами левобережных притоков Оби.

Сток летне-осеннего сезона последних имеет тенденцию на повышение, причем есть статистически достоверные изменения у рек Икса и Бакса, расположенных на стыке южной тайги и подзоны березово-осиновых лесов. Возрастание слоя стока половодья происходит как вследствие увеличения продолжительности этой фазы водного режима, так и сдвига сроков наступления на более ранние сроки (табл. 3).

Результаты расчетов ГТК за период 1974–2012 гг. представлены в таблице 4. Достаточная влагообеспеченность (оценка «достаточно влажно» в табл. 4) наблюдалась из всего 39-летнего периода от 26 до 30 раз, что составляет 67–77%. Неблагоприятные условия («недостаточно влажно») по влагообеспеченности наблюдались от 3 до 8 раз за многолетний период, что составляет 7–20%.

Если придерживаться градаций ГТК других авторов [8, 9], в которых при величине ГТК > 1,5 влагообеспеченность классифицируется как избыточная, то переувлажнение наблюдается значительно чаще: Пудино (69%), Бакчар (62%), Тара (38%), Северное (51%). В межгодовой изменчивости ГТК по месяцам и в целом за вегетационный период выявлены следующие закономерности: в температурно-влажностных условиях всего вегетационного периода тенденций нет; майские значения ГТК имеют тенденцию на убывание; июньские и июльские, наоборот, на увеличение, за исключением Тары (табл. 5). Следует отметить, что тенденции статистически незначимые.

Таблица 3. Продолжительность и тенденции в сроках наступления весеннего сезона

Река – пункт	Продолжительность		Сроки наступления весеннего сезона (даты)			
	кол-во дней	тенденция	ранняя	поздняя	средняя	тенденция
Шегарка – с. Пономаревка	52	возр	22 марта	28 апр.	9 апр.	нет
Бакса – с. Пихтовка	61	убыв	5 апреля	23 апр.	9 апр.	*возр
Икса – с. Плотниково	72	возр	31 марта	3 мая	15 апр.	нет
Бакчар – с. Полянника	60	убыв	30 марта	1 мая	14 апр.	нет
Парбиг – с. Парбиг	66	убыв	2 апреля	2 мая	14 апр.	нет
Андарма – с. Панычево	68	убыв	29 марта	30 апр.	12 апр.	возр
Васюган – с. Майск	64	убыв	3 апреля	2 мая	16 апр.	нет
Омь – с. Крешенка	71	возр	29 марта	19 апр.	10 апр.	убыв
Тартас – с. Чуваши	75	нет	25 марта	29 апр.	9 апр.	убыв
Тара – с. Верх. Тарка	90	убыв	21 марта	1 мая	6 апр.	возр
Майзас – с. В. Майзас	70	возр	15 марта	19 апр.	5 апр.	убыв
Чека – с. Бочкарево	68	возр	27 марта	29 апр.	10 ап.	убыв

Примечание: * возр – сдвиг сроков наступления весеннего сезона на более поздние сроки; убыв – сдвиг на более ранние сроки

Таблица 4. Повторяемость ГТК вегетационного периода за 1974-2012 гг., определенная согласно классификации [7]

М/с	Характер обеспеченности					
	недостаточно влажно ($0,7 \leq \text{ГТК} \leq 1,0$)		достаточно влажно ($1,0 < \text{ГТК} \leq 2,0$)		переувлажнено ($\text{ГТК} > 2,0$)	
	число лет	%	число лет	%	число лет	%
Пудино	0	0	27	69	12	31
Бакчар	3	7	26	67	10	26
Северное	5	13	30	77	4	10
Тара	8	20	28	72	3	8

Таблица 5. Направления изменчивости ГТК за многолетний период наблюдений 1972–2012 гг.

М/с	Месяц				Вегетационный период
	май	июнь	июль	август	
Бакчар	↘	↗	↗	↘	→
Пудино	↘	↗	↗	→	→
Северное	↘	↗	↗	↗	→
Тара	→	→	↘	↘	→

Примечание: ↘ – тенденция на убывание, ↗ – тенденция на возрастание, → – отсутствие тенденции

Известно, что два 15-летних периода сравнения являются минимальным временным интервалом, рекомендуемым МГЭИК для статистического анализа. Если разбить исследуемый период на два (1974-1990 и 1991-2012 гг.), то анализ межгодовой изменчивости месячных величин ГТК позволяет утверждать, что, начиная с 90-х годов в мае участились значения $\text{ГТК} < 1$, хотя процент таких метеорологических ситуаций невелик (табл. 6, рис. 3). В двух наиболее важных для вегетации месяцах – июне и июле – эта закономерность не отмечается. В июне повторяемость

недостаточно влажных условий уменьшается, в июле незначительно увеличивается.

В целом за вегетационный период различия в повторяемости недостаточно влажных условий невелика 2-5% (за исключением Тары), однако она не может служить оценкой устойчивости формирования температурно-влажностных условий территории, так как определяется в результате гашения противоположных тенденций внутри периода. Очень большие значения ГТК соответствуют холодному и дождливому маю.

Таблица 6. Повторяемость индекса ГТК < 1 за два временных периода, %

М/с	май		июнь		июль		август		Вегетационный период	
	*I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Бакчар	0	18	26	13	15	21	10	10	29	27
Пудино	3	13	18	15	15	18	13	8	28	24
Северное	5	23	21	21	21	21	21	10	38	33
Тара	10	21	23	26	18	28	8	26	34	44

Примечание: * I – период 1974-1990 гг, I – период 1990-2012 гг.

В пространственно-корреляционных связях условий атмосферного увлажнения, оцениваемых по ГТК, отмечаются следующие закономерности: тесные и значимые корреляции характерны для мая ($r=0,80-0,91$), что объясняется

типичностью характера весны, чаще всего холодной и с суммой осадков ниже нормы. В летние месяцы разброс в температурно-влажностных условиях выше, различия особенно заметны в июле ($r=0,32-0,71$).

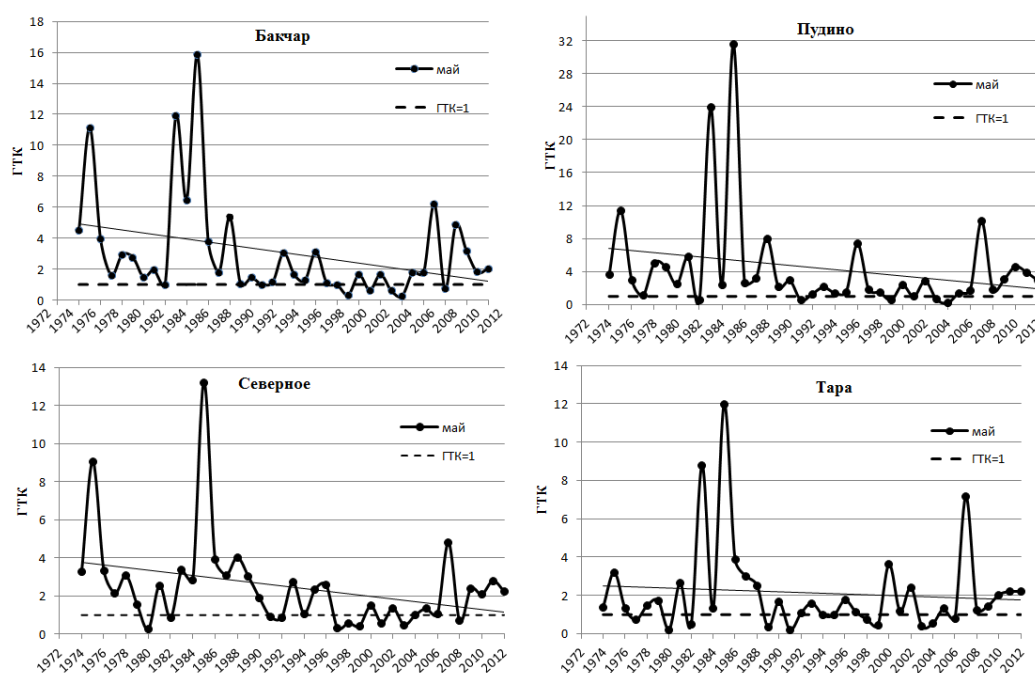


Рис. 3. Межгодовая динамика ГТК в мае

Выводы: имеются существенные различия между условиями увлажнения заболоченных водосборов на юго-западной и северо-восточной периферии БВБ. Проявления тенденций климатического происхождения в гидрологических и в метеорологических характеристиках четче фиксируются в подтайге и северной лесостепи: сроки наступления весеннего сезона сдвигаются на более ранние сроки, увеличивается его продолжительность и сток половодья, возрастает атмосферная засухливость в мае. В мае и до середины июня сохраняется увлажнение талыми водами на заболоченных водосборах южной тайги. Интенсивность тенденций невелика, а их статистическая достоверность подтверждается лишь в единичных случаях. Незначительные изменения температурно-влажностных условий в наиболее важные для вегетации месяцы (июнь-июль) и

отсутствие массовых статистически значимых тенденций позволяют сделать вывод об относительной стабильности степени увлажненности заболоченных водосборов исследуемой территории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 13-05-41116 РГО-а, № 14-05-00700-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кирпотин, С.Н. «Обвальный» термокарст в Западно-Сибирской субарктике и тенденции глобальных климатических изменений/ С.Н. Кирпотин, Е.Д. Лапина, Н.П. Миронычева-Токарева, В. Блейтен // Экологические, гуманитарные и спортивные аспекты подводной деятельности: материалы III между. науч.-практ. конф. – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2004. С. 163-169.

2. Карнацевич, И.В. Возобновляемые ресурсы тепловлагообеспеченности Западно- Сибирской равнины и динамика их характеристик / И.В. Карнацевич, О.В. Мезенцева, Ж.А. Тусупбеков, Г.Г. Бикбулатова. – Омск: Изд-во ОмГАСУ, 2007. 268 с.
3. Колмакова, М.В. Временная изменчивость климата и обводненности территории Западной Сибири по данным метеорологических станций, модельного реанализа и спутниковой альтиметрии / М.В. Колмакова Е.А. Захарова, А.В. Кураев, В.А. Земцов, С.Н. Кирпотин // Вестник Том. гос. ун-та. № 364. С. 167-172.
4. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / под ред. Л.И. Инишевой. - Томск: ЦНТИ, 2003. 212 с.
5. Мировой центр данных...[Электронный ресурс]. – URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения 20.08.2013).
6. Бураков, Д.А. Метод краткосрочного прогноза ежедневных уровней воды р. Обь – с. Александровское / Д.А. Бураков, В.Ф. Богданова, В.Ю. Ромасько [Электронный ресурс] – URL: http://method.meteorf/publ/sb39/bur_bog.pdf (дата обращения 12.02.2014).
7. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. – М.: Изд-во геогр. ф-та МГУ, 2005. Т. 2. 412 с.
8. Страшная, А.И. Агрометеорологические особенности засухи 2010 г. в России по сравнению с засухами прошлых лет // Метеорология и гидрология. 2012. № 4. С. 5-11.
9. Зоидзе, Е.К. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности / Е.К. Зоидзе, Т.В. Хомякова // Метеорология и гидрология. 2006. №2. С. 98-105.

REGULARITIES OF INTERANNUAL VARIABILITY OF HYDROLOGICAL-CLIMATIC CHARACTERISTICS OF MOISTURE CONTENT IN BOGGY RESERVOIRS AT PERIPHERY OF BIG VASYUGANSKIY BOG

© 2014 L.I. Dubrovskaya, V.V. Shchukova, V.R. Gerasimova

National Research Tomsk State University

Results of complex analysis of humidification conditions of small boggy reservoirs for vegetative period by analysis of interannual variability of the surface bed water drain in a spring season as integral index of moisture content of active layer and Selyaninov's climatic index as the integral index reflecting a ratio of temperature and a precipitation are given. Essential distinctions between conditions of humidification of boggy reservoirs on southwest and northeast periphery of Big Vasyuganskiy bog are revealed. Manifestations of tendencies of climatic origin in hydrological and meteorological characteristics are more accurately fixed in subtaiga and northern forest-steppe.

Key words: seasonal drain, hydrothermal coefficient, boggy reservoir, tendency, southern taiga, northern forest-steppe, Western Siberia

Larisa Dubrovskaya, Candidate of Physics and Mathematics,
Associate Professor at Hydrology Department. E-mail:
dubrli@sibmail.com
Veronika Shchukova, Master
Vlada Gerasimova, Post-graduate Student