

УДК 556.535

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

© 2015 Л.И. Дубровская, В.Р. Герасимова

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Поступила в редакцию 05.05.2015

Исследованы закономерности многолетних колебаний среднего годового стока рек, стекающих в Обь и Иртыш с территории Большого Васюганского болота за временной период от начала наблюдений по 2005 г. Проведено выделение районов по характеру цикличности водного режима рек за совместный период наблюдений 1955-2005 гг. Выявлены территориальные особенности смены характерных периодичностей, которые могут оказывать влияние на функционирование природных комплексов Западной Сибири, а также использованы в прогностических целях.

Ключевые слова: *речной сток, динамика периодичностей, изменение климата, Западная Сибирь, Васюганье, спектральный анализ, вейвлет-анализ*

В Западной Сибири, классической области широтной географической зональности, ярко выражена зависимость главнейших гидрологических черт от климатических факторов [1], поэтому водные объекты должны были бы отражать климатические изменения, происходящие в последние несколько десятилетий на глобальном и региональном уровне. По данным российских метеостанций, среднегодовая температура воздуха в нашей стране за последнее столетие увеличилась на 1°C (за то же время в мире – на 0,74°C), причем, только за десять лет с 1990 по 2000 гг. рост составил 0,4°C [2]. Наиболее заметное потепление имело место, начиная с 80-х годов, в умеренных широтах Северного полушария, однако наблюдения последних десятилетий позволяют обоснованно обсуждать этот вопрос лишь в терминах «изменения» климата.

В условиях глобального и регионального изменения климата важными для речного стока прогностическими свойствами обладает такая его характеристика как цикличность, которая расширяет возможности прогнозирования стока и мониторинга природных экосистем. Проблема исследования колебаний стока рек во времени и территории принадлежит к числу наиболее важных в области изучения водных ресурсов. Инструментов для исследования многолетних циклов (вековых и внутривековых) не очень много. В хронологическом ряду по мере появления наиболее используемых из них в гидрологии – это разностные интегральные кривые стока, сглаживание хронологических графиков методами скользящего среднего, анализ автокорреляционных функций, спектральный анализ Фурье и в последнее время вейвлет-анализ,

являющийся, по сути, разновидностью спектрального.

Цель работы: исследование колебаний среднего годового стока и выявление причин и закономерностей его пространственной изменчивости, а также продолжительности периодов для Обь-Иртышского бассейна тремя методами, перечисленными в конце вышеприведенного списка.

В настоящее время имеется ряд работ по приложению вейвлет-анализа к исследованию периодичностей в стоке рек различных территорий, например [3]. Данная работа является продолжением публикаций по исследованию закономерностей в колебаниях стока с применением вейвлет-анализа и выявлению тенденций годового и сезонного стока рек Западной Сибири в условиях регионального изменения климата [4-7]. Исходными материалами для исследований послужили данные многолетних наблюдений за расходами воды на гидрологических постах Росгидромета, полученные из гидрологических ежегодников, а также из официальных источников Интернет-ресурсов [8]. Анализ периодических и непериодических колебаний среднегодового стока с территории Васюганья осуществлялся с момента начала наблюдений на реках (самый ранний с 1936 г., поздний с 1960 г.) по 2005 год.

Объекты исследования. Для исследования были выбраны 12 гидропостов на малых и средних реках Обь-Иртышского междуречья с продолжительностью наблюдений от 25 до 65 лет (рис. 1). Наблюдения на этих постах освещают гидрологический режим северо-восточного и южного макросклонов Большого Васюганского болота и характеризуют водный режим четырех левобережных притоков р. Оби в таежной зоне – рек Шегарка, Чая, Парабель, Васюган и трех правых притоков р. Иртыш в подтайге и северной лесостепи – рр. Тара, Тартас, Омь, (табл. 1). У многих постов отсутствуют данные за 1995-1997, 1999 гг. Васюганское болото

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

Герасимова Влада Равильевна, аспирантка

занимает особо значимое положение в системе гидроморфных комплексов Западно-Сибирской равнины. Это один из самых крупных в мире аккумулятивных лесоболотных торфяных бассейнов бореальной зоны Евразии. Заболоченность Обь-Васюганского междуречья составляет 38%, Обь-Иртышского водораздела в верховьях рек Икса, Бакчар, Андарма – 80-100%. Болотные экосистемы Васюганья, особенно наиболее распространенные водораздельные олиготрофные комплексы Васюганской гряды, вносят существенный вклад в формирование водного баланса и режима рек, стекающих в двух противоположных направлениях.

Методы исследования. Выявление внутри-вековых циклов в колебаниях стока осуществлялось тремя методами – автокорреляционных функций (АКФ), спектральным анализом Фурье и вейвлет-анализом. Последний был основным, так как в отличие от традиционных в гидрологии методов исследования периодичностей вейвлет-анализ позволяет не просто выявить продолжительность циклов колебания стока, но и определить характер изменения цикличности во времени [11]. Поэтому результаты вейвлет-преобразования анализировались с учетом следующих особенностей проявления цикличности стока рек Обь-

Иртышского междуречья: наличие циклов той или иной продолжительности; временной интервал их проявления; характер их развития и трансформаций во времени; синхронность и синфазность колебаний стока. Согласованность процессов оценивалась по характерному рисунку вейвлет-образов, изменению короткопериодических колебаний во времени и с помощью спектров коэффициентов когерентности $K(a,b)$. В качестве базового использовался вейвлет Морле.

При сравнении обнаруженных циклических колебаний стока разными методами имели место как случаи хорошего совпадения, так и расхождения, что связано с отличиями в подходах к поставленной задаче в вышеуказанных методах (табл. 2). Анализ всех результатов по выявлению циклов тремя методами представляет собой довольно сложную задачу. Кроме того, результаты вейвлет-анализа в отличие от других методов сложнее интерпретировать, так как они способны фиксировать изменение характера цикличности колебаний стока рек, т.е. позволяют определить, циклы какой продолжительности характерны для того или иного периода наблюдения за стоком, либо как цикл одной продолжительности трансформируется в цикл другой продолжительности.

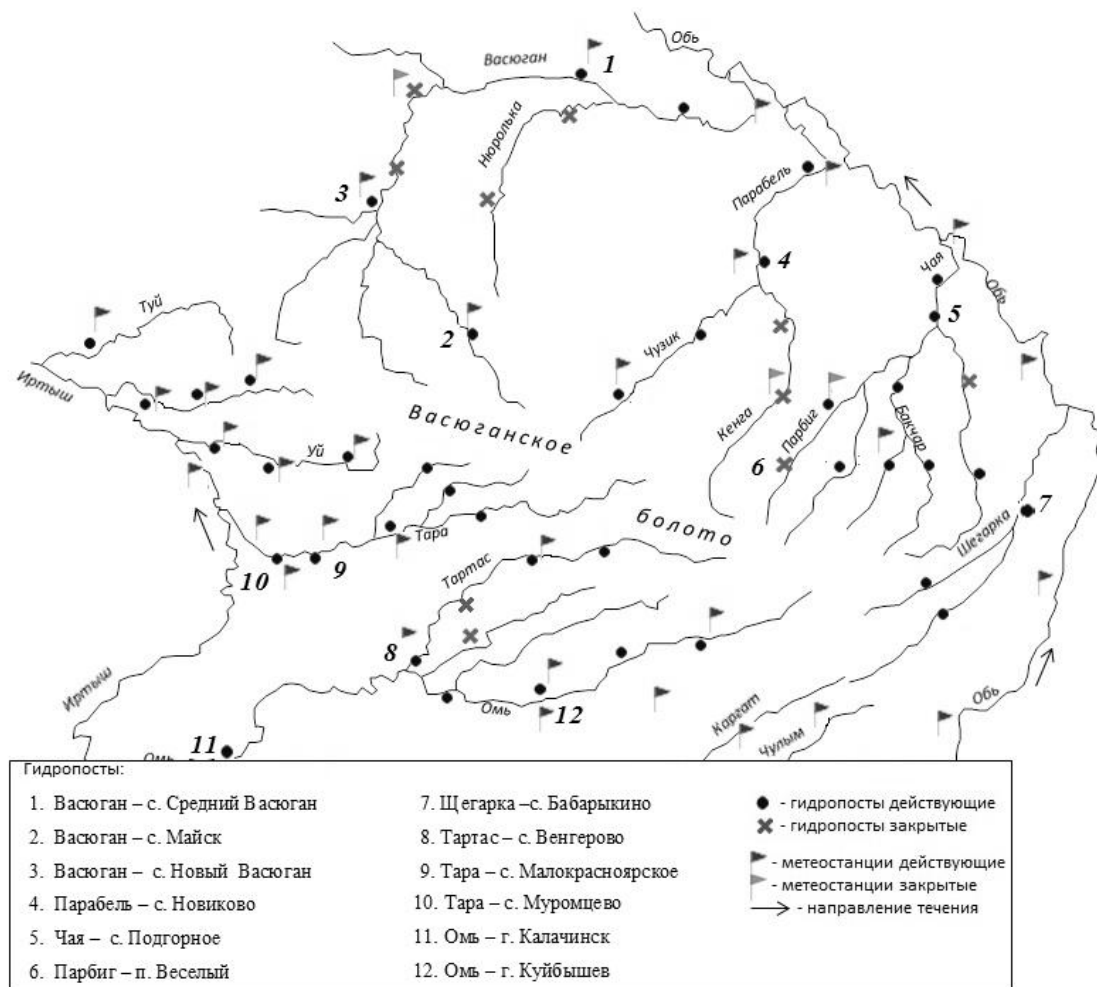


Рис. 1. Схема расположения гидропостов и метеостанций района исследований

Таблица 1. Основные сведения о бассейнах исследуемых рек [9, 10]

Река – пост	Период наблюдений	n	F, км ²	f _{бол}	Река – пост	Период наблюдений	n	F, км ²	f _{бол}
Васюган – с. Средний Васюган	1936–1987, 1989–1994, 1999–2005	65	31700	40	Щегарка – с. Бабарыкино	1953–2005	52	8190	25
Васюган – с. Майск	1955–1987, 1989–1994, 1998, 2000–2005	46	3730	35	Тартас – с. Венгерово	1939–2005	66	16200	45
Васюган – с. Новый Васюган	1960–1994, 1998–2005	42	19000	35	Тара – с. Малокрасноярское	1948–2005	57	14200	40
Парабель – с. Новиково	1957–2005	45	17900	40	Тара – с. Муромцево	1952–1999	47	16400	40
Чая – с. Подгорное	1946–1987, 1989–1994, 1998–2005	51	25000	35	Омь – г. Калачинск	1936–1999	63	47800	40
Парбиг – п. Веселый	1953–1996	43	9100	25	Омь – г. Куйбышев	1942–2005	63	12200	50

Примечание: n – число лет наблюдений; F – площадь бассейна, км²; f_{бол} – коэффициент заболоченности, %.

Таблица 2. Фрагмент таблицы выявленных периодичностей в рядах среднегодовых расходов воды

Река – створ	Продолжительность циклов (годы)								
	спектральный анализ Фурье			вейвлет-анализ			АКФ		
Чая – с. Подгорное	5	7-8	13	5		13	4	14	34
Васюган – с. Ср. Васюган	5	7-8		5	7-8	13	7	15	
Омь – г. Куйбышев			13	5	7-8	13	4	13	25
Омь – г. Калачинск			13		7-8	13			

Совместный анализ результатов проводился по сводной таблице, в которой приведены все выявленные продолжительности циклов. Принятие того или иного периода колебаний производилось следующим образом: если выделенные циклы совпадали по двум и более методам, то таковой условно считался характерным для данного пункта наблюдений. Результаты анализ АКФ реже всего совпадают с результатами других методов. Наиболее часто анализ АКФ позволяет обнаружить продолжительные циклы 18, 22, 33-летние. Наиболее устойчивые и совпадающие результаты дают спектральный анализ Фурье и вейвлет-анализ.

Многолетние колебания среднего годового стока. Общей чертой среднего годового стока рек района Васюганья является очень хорошо выраженный и синхронно проявляющийся цикл с периодом 12–13 лет (рис. 1). Здесь по оси абсцисс отложен временной сдвиг b , а по оси ординат – масштаб a . Параметр a определяет размер вейвлета и называется масштабом (scale). Его аналогом в Фурье-анализе является период (частота) гармонического колебания. Параметр b задает временную

локализацию вейвлета и называется сдвигом (shift). Этот параметр не имеет аналога в Фурье-преобразовании [11]. На цветном варианте рис. 2 ординаты значимых периодов колебаний стока отчетливо определяются по наиболее интенсивному красному цвету. Для удобства анализа над ними авторами проставлены значения характерной периодичности.

Внутри района можно выделить три группы со своими особенностями, основные различия которых проявляются, главным образом, в характере изменения данного цикла (12-13 лет) на протяжении периода наблюдения за стоком. Первую группу образуют реки северной части Васюганья, т. е. бассейнов рек Васюган и Парабель. Характерным для них является 13-летний цикл в период с 1950 по 1985 г. С небольшими отклонениями (1-2 года) в обе стороны от 1985 г. в вейвлет-спектрах среднегодовых расходов воды рек этой группы появляются 7-8 -летние циклы, а с 2000 г. – 5-летние (рис. 1а). Вторая группа, в которую вошли реки Чая и Щегарка с притоками, отличается стационарностью 13-летнего цикла колебаний стока на

протяжении всего периода наблюдений, а с 2000 г. появляются дополнительно 5-летние циклы (рис. 1б). Третью группу рек образуют правые притоки Иртыша (Омь, Тартас, Тара), истоки которых также расположены на Васюганском болоте, но стекают с его южного макросклона. Для среднего годового стока этой группы рек также характерно появление после 1985 года 7-8 и 5-летних циклов (рис. 1с). При схожести спектров $K(a,b)$ первая и третья группы географически обособлены и располагаются в различных природных зонах – в лесной и у южной границы лесостепи соответственно.

Выделенные группы водосборов генетически непротиворечивы и обладают связанностью комплекса стокообразующих факторов внутри

выделенных групп. Изменения стокового режима рек первой и второй групп района Васюганья, не фиксируемые значимо по инструментально полученным данным, например [12], проявляются в вейвлет-спектрах. У большинства рек исследуемой территории наблюдаются изменения характера периодичностей в районе 1985 года, связанные с появлением более высокочастотных колебаний. В единичных случаях заметная перестройка частотного спектра стоковых рядов, начинается с 2000 г. Полученные результаты хорошо согласуются с данными работы [13], в которой появление высокочастотных колебаний в рядах среднего годового стока были зафиксированы на данных по другим постам исследуемого района.

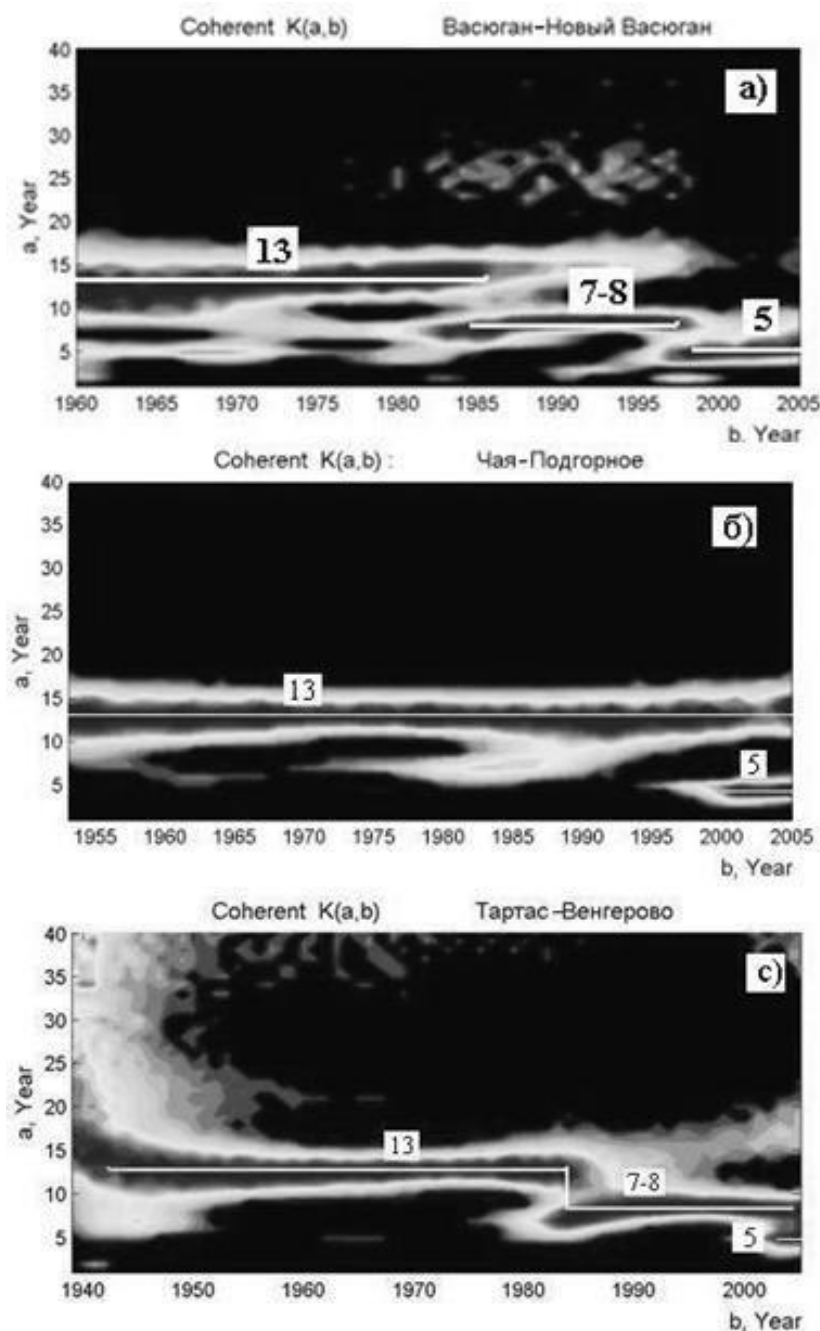


Рис. 2. Типовые спектры когерентности среднегодовых расходов рек. Числами обозначены характерные периоды колебаний

Выводы: для рек Обь-Иртышского междуречья характерен 12-13-летний цикл колебаний водности. В районе 1985 г. на отдельных реках он заменился на 7-8 летний, а примерно с 2000 г. стал проявляться 5-летний цикл. Особенно четко 12-13-летний цикл проявляется у р. Чая – с. Подгорное. Возможность регистрировать смену характерных для водного объекта периодичностей с временной привязкой расширяет возможности прогнозирования стока и мониторинга природных экосистем, связанных с ним.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 13-05-41116 РГО-а и № 14-05-00700-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Западная Сибирь. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 22-113.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2007 год. – М.: Росгидромет, 2008.
3. Любушин, А.А. Вейвлет-анализ многолетних колебаний гидрологического режима рек бассейна Волги, Дона и Днепра / А.А. Любушин, М.В. Болгов, М.В. Максютова // Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе: труды междунауч. конф. – М., 2006. С. 135-140.
4. Дубровская, Л.И. Оценка элементов водного баланса и их динамика на заболоченных водосборах Васюганского болота / Л.И. Дубровская, Д.В. Дроздова, С.А. Кураков // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. № 5. С. 112-116.
5. Земцов, В.А. О многолетней изменчивости речного стока в Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 3. С. 137-139.
6. Савичев, О.Г. Многолетние изменения элементов водного баланса бассейнов малых рек на юге Западной Сибири / О.Г. Савичев, Й. Болон, Ю.А. Харанжевская // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316, №1. С. 124-128.
7. Дубровская, Л.И. Особенности гидрологического режима малых рек Обь-Томского междуречья / Л.И. Дубровская, Н.А. Ермашова // Вестник Томского государственного университета. 2001. № 274. С. 101-103.
8. R-ArcticNET – A Regional, Electronic, Hydrographic Data Network for the Arctic Region [Электронный ресурс]. URL: <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v4.0/index.html> (дата обращения 22.11.2013).
9. Основные гидрологические характеристики. Т. 15. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. 176 с.
10. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.1. Вып.11. Бассейн Иртыша. – Л.: Гидрометеиздат, 1986, 183 с.
11. Смоленцев, Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМЛ Пресс, 2005. 304 с.
12. Дубровская, Л.И. Закономерности межгодовой изменчивости гидролого-климатических характеристик увлажненности заболоченных водосборов на периферии Большого Васюганского болота / Л.И. Дубровская, В.В. Шукова, В.Р. Герасимова // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 1-4. С. 960-966.
13. Земцов, В.А. Ресурсы поверхностного стока в бассейне Оби: основные закономерности и проблемы управления. Дисс. на соиск. уч. степ. д.геогр.н – Барнаул, Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2004, 321 с.

ANALYSIS OF RIVER FLOW LONG-TERM FLUCTUATIONS OF OB-IRTYSH INTERFLUVE

© 2015 L.I. Dubrovskaya, V.R. Gerasimova

National Research Tomsk State University

The regularities of long-term fluctuations of average annual flow of the rivers flowing into the Ob and Irtysh from the Great Vasyugan swamp over the time period from the beginning of observations to 2005. Is designated area on the cyclical nature of the river water regime for joint observation period 1955-2005. Are identified territorial features characteristic periodicities changes that may affect the functioning of natural complexes of Siberia, as well as used for forecasting purposes.

Key words: *annual runoff, fluctuations in runoff, Western Siberia, Vasyugan mire, spectral analysis, wavelet analysis*

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