

7. Ersaliev, S.A. Svetovoy rezhim pod pologom temnokhvoynihkh lesov Dzhungarskogo Alatau // Povichshenie produktivnosti lesov gornihkh i predgornihkh zon Kazakhstana: sb. trudov. – Alma-Ata, 1986.
8. Kalachev, A.A. Vliyanie osvethennosti i sostava nasazhdeniya na kachestvo vozobnovleniya pikhtih sibirskoy v usloviyakh Rudnogo Altaya / Vestnik sel'skokhozyajstvennoy nauki Kazakhstana. – 2001. – № 2.

Статья поступила в редакцию 24.01.13

УДК 551.16

Kosheleva E.D. ASSESSING THE DYNAMICS OF RIVERS FLOW RATE IN WESTERN SIBERIA UNDER SUFFICIENT OBSERVATIONAL DATA: APPROACHES, METHODS, CALCULATIONS AND FORECAST. The existent concept of flow norms, approaches and methods of calculation are considered. For the series of river flow in Western Siberia of more than 50 years, the situation of consistent extension of observations over time was reproduced, and the flow rate of consistently lengthening series was calculated. The predictions of flow rate change by the linear trends of average annual discharge and the linear trends of flow rate of the lengthening series were compared. The conclusion on the flow rate variation under the influence of climate change in recent decades was made.

Key words: observation, flow rate, average annual river flow, trend, fractional quadratic standard error, forecast, climate change, river, Western Siberia.

Е.Д. Кошелева, канд. сельхоз. наук, доц., н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, E-mail: edk@iwep.asu.ru

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ НОРМ СТОКА РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ТРИ ДОСТАТОЧНОСТИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ: ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ, РАСЧЕТЫ И ПРОГНОЗЫ*

Рассмотрены существующее понятие нормы стока, подходы и методы расчета. Для рек Западной Сибири с рядами стока более 50 лет имитируется ситуация последовательного удлинения наблюдений во времени и рассчитываются нормы стока получаемых рядов. Выполнено сравнение прогнозов изменения нормы стока по линейным трендам среднегодовых расходов и линейным трендам норм стока удлиняющихся рядов. Сделаны выводы о величинах изменений норм стока под действием климатических изменений последних десятилетий.

Ключевые слова: наблюдения, норма стока, среднегодовые расходы, тренд, относительная средняя квадратическая ошибка, прогнозы, климатические изменения, река, Западная Сибирь.

В связи с необходимостью оценивать изменения водности рек под действием климатических изменений последних десятилетий возникает потребность в выявлении существующих тенденций у таких гидрологических показателей, как модуль стока (M_o , л/с·км²), средний многолетний объем стока за год (W_o , м³/год), средний многолетний слой стока (h_o , мм/год), коэффициент стока $\pm \square$. Первые три показателя являются производными значениями от нормы стока (Q_o , м³/с), взятой за год или приведенной к единице площади водосбора, а уравнение коэффициента стока оценивает соотношение слоя стока к слою осадков за год. Таким образом, норма стока является ключевым параметром указанных гидрологических показателей. Оценка изменений норм стока и их прогноз на ближайшие 10-20 лет актуальны для гидрологического картографирования и задач имитационного моделирования, где используются уравнения водного баланса территорий.

Существующие понятия и подходы. Следует определить с термином «норма стока». В практической гидрологии он используется в рамках гипотезы соответствия многолетних колебаний величин годового стока модели стационарного случайного процесса с дискретными временем [1].

Во-первых, А.И. Чеботарев (1978) дает следующее определение: «норма гидрологических величин – среднее значение характеристик гидрологического режима за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное среднее значение существенно не меняется» [2, с. 180]. При таком определении критерий «существенно не меняется» не является прописанным явном.

В связи с этим далее следует уточнение: «В качестве возможного критерия продолжительности указанного многолетнего периода принимается «условие включения в этот период четного числа многолетних циклов изменения рассматриваемой величины» [2, с. 180]. Назовем это условие критерием «четное число циклов водности». Минимальное четное число многолетних циклов – это два. Обычно выделяемые циклы водности средних и крупных рек Западной и Восточной Сибири имеют продолжительность в 8, 11, 14, 22 года [3]. По данному критерию для расчета норм стока ряд должен содержать данные за 16, 22, 28 или 44 года. Поскольку речь идет о циклах водности, то их выделение предполагает построение сокращенной интегральной кри-

вой стока, а продолжительность ряда двух циклов водности носит сугубо частный характер для разных рек.

Далее А.И. Чеботарев значительно удлиняет необходимый ряд: «практически нормой гидрологических величин считается среднее значение, полученное из ряда, охватывающего 40-60 лет наблюдений» [2, с. 180]. При такой формулировке игнорируется требование репрезентативности рядов, но по сути своей такое положение соответствует гипотезе о случайном процессе.

Во-вторых, по принятому в 2003 г. СП 33-101-2003 «продолжительность периода наблюдений считают достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков» [4, с. 5]. Назовем это условие критерием «10 % ошибки». «Репрезентативный ряд наблюдений над каким-либо элементом гидрологического режима – ряд, типично отражающий закономерности изменения этого явления за рассматриваемый период на рассматриваемой территории» [2, с. 223]. Назовем это условие критерием «репрезентативности». Таким образом, если средняя квадратическая ошибка среднего значения ряда не превышает 10 % и если рассматриваемый период содержит n полных циклов водности (один, два, три цикла и т.д.), то такое среднее значение можно считать нормой стока.

В-третьих, исходя из первоначальной гипотезы соответствия многолетних колебаний величин годового стока модели стационарного случайного процесса с дискретными временем, имеется некоторое противоречие. Если ряд случаен, то не имеет смысла вводить критерий репрезентативности, т.к. предполагается, что в данном процессе нет циклических закономерностей кроме случайностей как таковых. Потому представляет интерес процесс имитации последовательного удлинения рядов наблюдений во времени для имеющихся длинных рядов среднегодовых расходов. Это позволит оценить динамику расчетных значений норм стока и сравнить результаты расчета норм стока, полученные различными способами.

В-четвертых, при применении гипотезы о наличии стационарного случайного процесса в гидрологических рядах стока и при используемых далее методах математической статистики с широко распространенной процедурой определения параметров

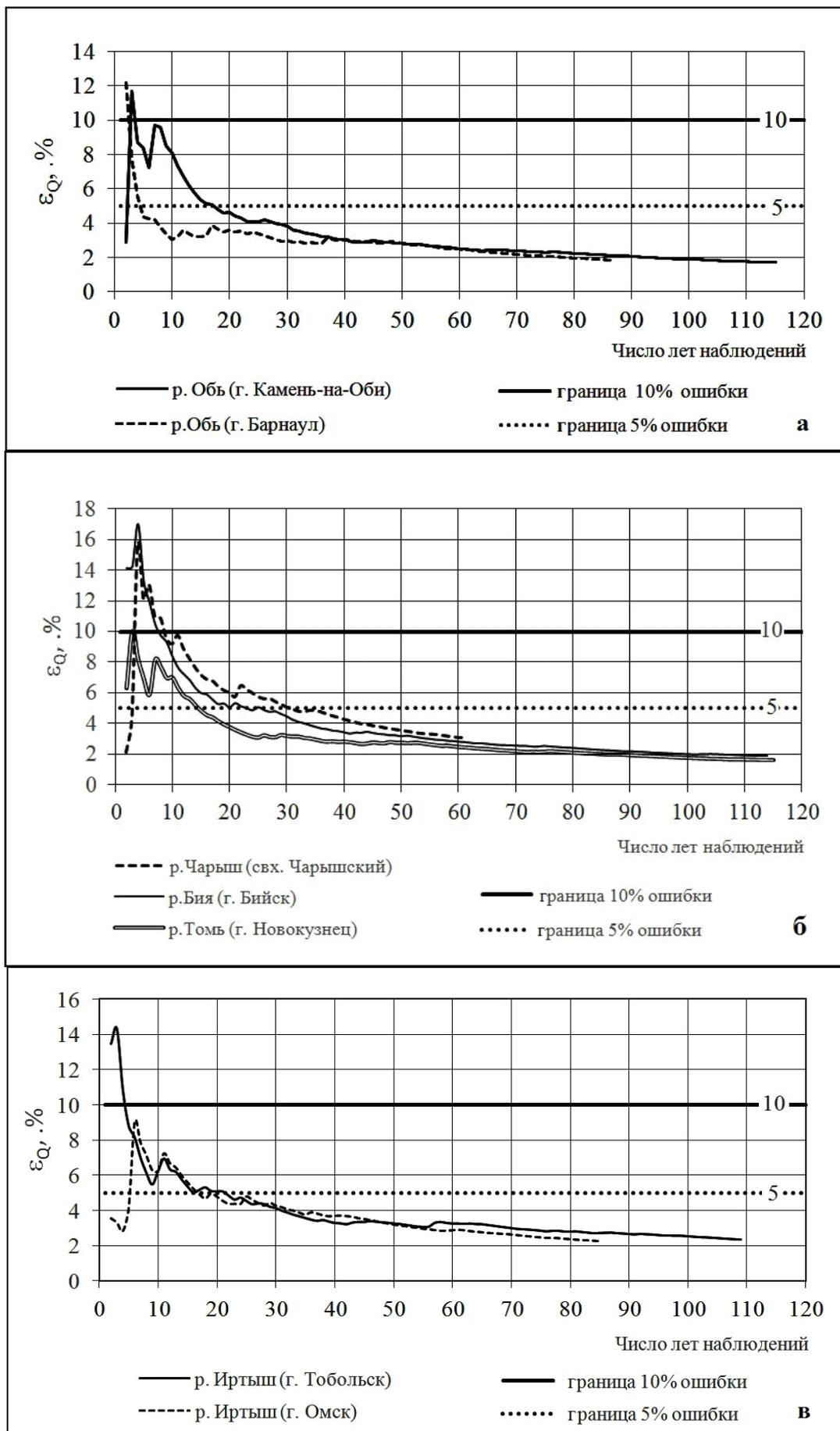


Рис. 1. Относительная средняя квадратическая ошибка средней многолетней величины годового стока для удлиняющихся рядов: а – р. Обь; б – притоки Верхней Оби; в – р. Иртыш

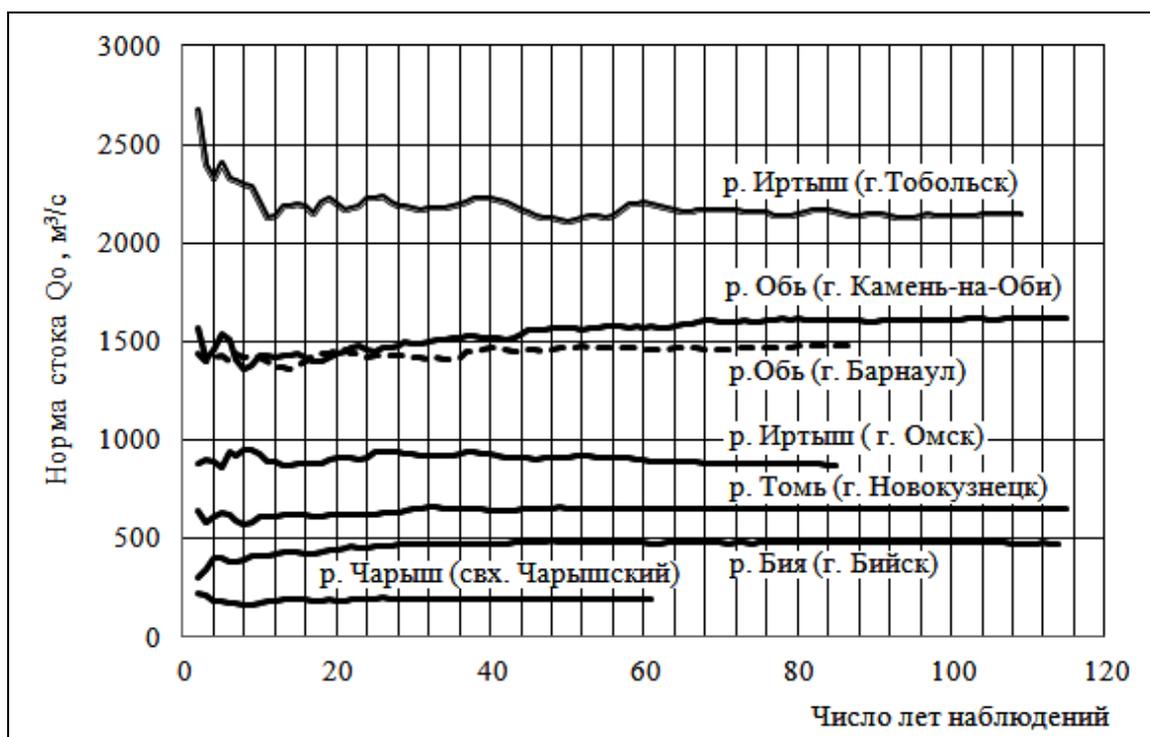


Рис. 2. Средние значения последовательно удлиняющихся рядов годового стока исследуемых рек, метод 1

Таблица 1

Результаты расчета средних значений последовательно удлиняющихся рядов годового стока, метод 1

Водоток – створ	Норма стока за весь период наблюдений, м³/с	Длина динамических рядов, лет		Зона стабилизации		
		максимальная	с ошибкой $\varepsilon_Q \leq 10\%$	начало, лет наблюдений	тренд линейный	прогноз Q_0^{2020} , м³/с
Обь – г. Барнаул	1474	87	3 и более	61	«+»	1486
Обь – г. Камень-на-Оби	1617	115	4 и более	69	«+»	1619
Бия – г. Бийск	473	114	8 и более	51	«-»	475
Чарыш – свх. Чарышский	191	61	9 и более	36	«+»	194
Томь – г. Новокузнецк	652	115	4 и более	52	«+»	651
Иртыш – г. Тобольск	2149	109	5 и более	66	«-»	2118
Иртыш – г. Омск	872	81	2 и более	62	«-»	862

Примечание: «+» – тренд положительный, «-» – тренд отрицательный.

эмпирических и аналитических кривых обеспеченности предполагается, что ряды стационарны. Но фактически мы имеем дело с нестационарностью математического ожидания и дисперсий, тем самым оказываемся вне гипотезы стационарности. Рекомендуемый метод «борьбы» с нестационарностью рядов по СП 33-101-2003 – это выделение в нестационарном ряду двух и более стационарных совокупностей однородных элементов [4]. Кроме того, Государственный гидрологический институт (2010 г.) предложил развернутые рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным [5]. Целью таких оценок и выявлений является нахождение параметров эмпирических и аналитических кривых обеспеченности. В рамках же данного исследования мы намерено не идем далее расчетов норм стока и исследуем «как есть» данный показатель.

Наиболее распространенная нестационарность математического ожидания (синонимы: «среднее значение» в математике, «норма стока» в гидрологии) – это наличие линейных трендов в ряду наблюдений среднегодовых расходов.

В связи с этим, в ряде работ в 2010-2012 гг. нами была предпринята попытка оценить тренды среднегодовых расходов рек Верхней Оби и Иртышского бассейна, вычислить скорости изменения норм стока за 10 лет и выполнить прогноз норм стока на ближайшие 10-20 лет [6-9]. Для аналитического представления сценарного прогноза на основе линейных трендов ис-

пользовалось приближенное равенство нормы стока Q_0 (м³/с), вычисленной по рядам наблюдений, и среднего значения ряда Q_0^T (м³/с) рассчитанного линейного тренда. В рамках текущего исследования представляет интерес сравнение результатов прогноза норм стока по линейным трендам среднегодовых расходов и прогноза норм стока по графикам средних значений удлиняющихся рядов среднегодовых расходов (имитация хода времени).

В зарубежной гидрологической практике в последнее время уделяется внимание выявлению тенденций в стоке рек в связи с изменчивостью (или изменением) климата. Так для природных бассейнов Канады в ряде недавних исследованиях были проанализированы различные аспекты гидрологического режима: сезонные, средние, минимальный и максимальный сток. Но форма представления результата носит характер категорий – «нет изменений», «тенденции понижения стока», «тенденции роста стока», что и демонстрируют представленные карты [10]. Установление качественных характеристик бесспорно полезно, но больший интерес представляет количественная оценка тенденций и прогноз на их основе.

Объекты исследования. Рассчитанные по среднемесячным значениям расходов [11] среднегодовые расходы семи рек Западной Сибири, имеющих длинные ряды наблюдений: р. Обь – г. Барнаул (1922-2008 гг.); р. Обь – г. Камень-на-Оби (1922-2006); р. Бия – г. Бийск (1895-2008); р. Чарыш – свх. Чарышский (1948-

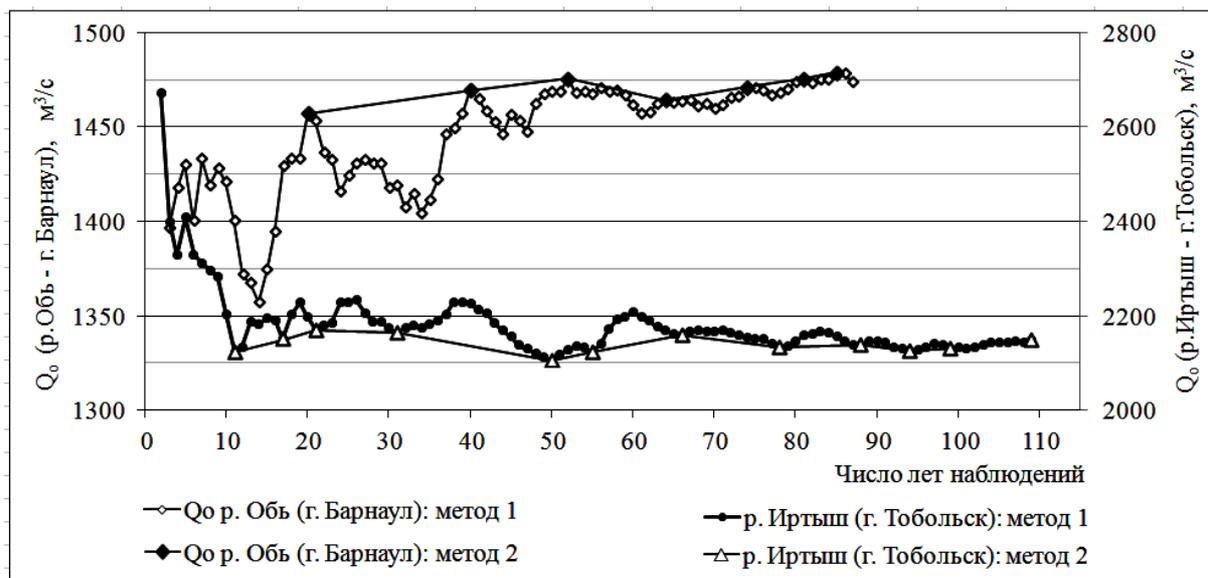


Рис. 3. Сравнение результатов применения 1 и 2 метода расчета норм годового стока

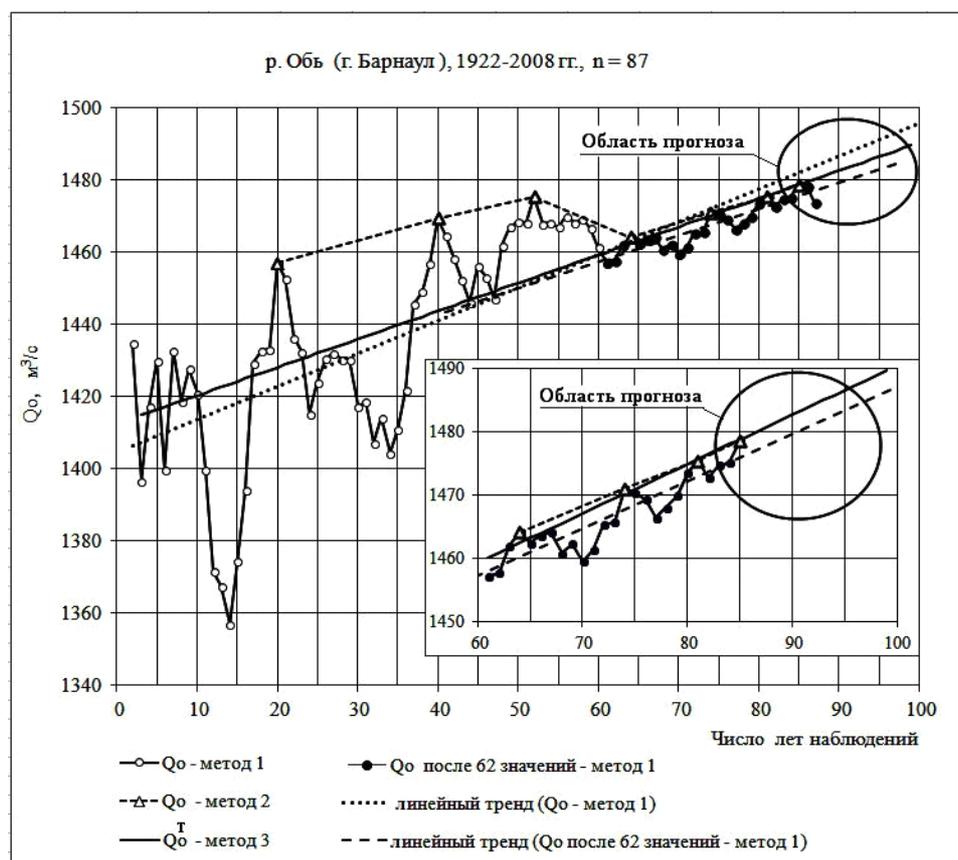


Рис. 4. Сравнение результатов применения 1-3 методов расчета норм годового стока

2008); р. Томь – г. Новокузнецк (1894-2008); р. Иртыш – г. Тобольск (1891-1999); р. Иртыш – г. Омск (1923-2007).

Используемые методы и результаты

Метод 1. В соответствии с СП 33-101-2003, нормой стока может быть названо среднее значение ряда со средней квадратической погрешностью e_0 расчетного значения меньше 10%. Для обнаружения требуемой длительности ряда выбранные ряды были представлены динамической матрицей элементов $Q_{ср,год}(i)$ с количеством членов ряда от 2 до n_i . Количество лет наблюдений (n_i), доступных для анализа, последовательно удлиняется на единицу: $n(i) = T_k(i) - T_n$, где $T_k(i)$ – год конца наблюдений, T_n – год начала наблюдений. На рис. 1 показана средняя

квадратическая погрешность среднего значения годового стока, на рис. 2 – графики средних значений последовательно удлиняющихся рядов.

Результаты анализа указанных графиков представлены в таблице 1. Обнаруживается, что в соответствии с критерием 10% ошибки в рамках гипотезы о стационарном случайном процессе, мы можем называть нормой стока среднее ряда, состоящего, как минимум из 2 лет наблюдений (р. Иртыш – г. Омск), и, как максимум, из 9 лет (р. Чарыш – свх. Чарышский). Это гораздо меньше, чем 1 цикл водности (критерий «репрезентативности»), и чем 2 цикла (критерий «четное число циклов водности»). Два последних критерия выводят за рамки используемой гипотезы.

Прогнозы норм стока с использованием линейных трендов метода 1 и 3

Водоток – пост	Период наблюдений		Q ₀ за период м ³ /с	Метод	Q ₀ ^T для Tk, м ³ /с	Прогноз нормы стока			
	Tн, год	Tk, год				Q ₀ ²⁰¹⁰ , м ³ /с	Q ₀ ²⁰²⁰ , м ³ /с	скорость изменения за 10 лет ΔQ ₀	
								м ³ /с	%
Обь – г. Барнаул	1922	2008	1473,8	1	1477,1	1478,5	1485,8	7,30	0,49
				3	1521,6	1523,8	1534,9	11,11	0,73
Обь – г. Камень-на-Оби	1894	2008	1617,4	1	1615,2	1615,7	1618,6	2,86	0,18
				3	1719,7	1723,3	1741,3	17,94	1,04
Бия – г. Бийск	1885	2008	472,8	1	475,6	475,6	475,4	-0,21	-0,04
				3	470,5	470,5	470,1	-0,40	-0,08
Чарыш – свх. Чарышский	1948	2008	191,3	1	192,0	192,7	194,1	1,74	0,91
				3	196,5	196,8	198,5	1,72	0,87
Томь – г. Новокузнецк	1894	2008	652,3	1	650,6	650,7	650,9	0,23	0,04
				3	665,7	666,2	668,5	2,36	0,35
Иртыш – г. Тобольск	1891	1999	2149,2	1	2132,6	2125,2	2118,4	-6,75	-0,32
				3	2126,8	2122,2	2118,1	-4,15	-0,20
Иртыш – г. Омск	1923	2007	872,1	1	871,6	869,4	862,1	-7,32	-0,84
				3	799,3	794,1	776,7	-17,35	-2,18

Примечание – в прогнозе по линейному тренду метода 1 использовался тренд зоны стабилизации.

Для каждого ряда выделена зона стабилизации, где амплитуда колебаний рассчитанной нормы стока становится стабильной и минимальной. На основе данного периода по линейному тренду этого участка можно выполнить сценарный прогноз норм стока, например, к 2020 г, предполагая сохранение существующих тенденций в будущем.

Метод 2. Расчет норм стока выполнялся для репрезентативных периодов, содержащих полные циклы водности. Для демонстрации результатов выбран годовой сток р. Обь (г. Барнаул) и р. Иртыш (г. Тобольск). У реки Обь (г. Барнаул) за период с 1922 по 2008 гг. по разностной интегральной кривой установлено 6 циклов водности, где в начале идет фаза подъема, затем спада. Годы, завершающие эти циклы водности: 1941, 1961, 1973, 1985, 1995, 2002 гг. У реки Иртыш (г. Тобольск) для ряда с 1891 по 1999 гг. выделено 12 циклов водности с первой фазой спада, а затем подъема. Точки завершения циклов – 1901, 1907, 1911, 1921, 1940, 1945, 1956, 1968, 1978, 1984, 1989, 1999 гг.

При наложении результатов расчета норм стока удлиняющихся репрезентативных рядов по методу 2 на графики средних значений удлиняющихся рядов (метод 1) обнаруживается, что при учете репрезентативности средние значения по методу 2 идут либо по максимумам метода 1 в случае чередования фаз «подъем-спад» (р. Обь, рис. 3), завышая тем самым значения нормы стока, либо по минимумам графиков – в случае чередования фаз «спад-подъем» (р. Иртыш, рис. 3), занижая значения норм стока.

Таким образом, соблюдение требования репрезентативности для рядов с продолжительностью наблюдений до 50-60 лет приводит либо к завышению значения нормы, либо к занижению ее. Характер первой же фазы в цикле водности определяется только годом начала наблюдения на данном водотоке, который детерминирован всецело историческими факторами. Это правило остается верным и в том случае, когда приходится отбрасывать несколько первых лет для приведения ряда к репрезентативному виду.

Метод 3. Необходимость количественной оценки изменения годового стока и его прогноза привела к использованию линейных трендов среднегодовых расходов. Из-за приближенного равенства интегралов функции годового стока и его линейного тренда существует приближенное равенство нормы стока Q₀ (м³/с), вычисленной по рядам годового стока, и среднего значения ряда Q₀^T(м³/с), формируемого линейным трендом этого годового стока. Используя уравнение линейного тренда, можно построить свой удлиняющийся во времени ряд средних значений

Q₀^T(i), где i=2..N. На рис. 4 такой ряд представлен под соответствующим обозначением «Q₀^T – метод 3».

В таблице 2 для сравнения приведены прогнозы, выполненные по линейному тренду среднегодовых расходов (метод 3), и прогнозы с использованием линейного тренда средних значений удлиняющихся рядов зоны стабилизации (метод 1). Оба прогноза верно отражают существующие тенденции (знак тренда). Наиболее предпочтительным являются прогнозы по методу 1, т.к. их расчетное значение норм стока в конце периода наблюдений Q₀^T(Tk) ближе к значению нормы, рассчитанной за этот период наблюдений Q₀. В целом обнаруживаемые тенденции за 10 лет не превышают 1% от нормы стока предыдущего десятилетия.

Выводы

В рамках гипотезы о стационарном случайном процессе для исследуемых длинных рядов среднегодовых расходов критерий 10 % ошибки позволяет использовать для расчета нормы стока ряды меньшей продолжительности, чем два других критерия – «репрезентативности» и «четное число циклов водности».

Соблюдение требования репрезентативности для рядов с продолжительностью наблюдений до 50-60 лет приводит либо к завышению значения нормы, либо к занижению ее в зависимости от характера чередования фаз в цикле водности. В первом случае в цикле водности выстраивается последовательность фаз «подъем-спад», во втором случае – «спад-подъем». Характер чередования этих фаз определяется только годом начала наблюдения на данном водотоке, который детерминирован всецело историческими факторами.

Наличие линейных трендов в рядах как среднегодовых расходов, так средних значений удлиняющихся во времени рядов (совпадающих между собой по знаку), демонстрирует отсутствие стационарности в наблюдаемом процессе, позволяет судить об изменении норм стока и делать прогнозы.

Наиболее предпочтительными являются прогнозы по методу 1 – с использованием линейного тренда зоны стабилизации средних значений удлиняющихся рядов. Для рассмотренных рек Западной Сибири при достаточности данных наблюдений обнаруживаемые изменения нормы стока за 10 лет не превышают 1% от показателя предыдущего десятилетия.

* Исследование выполнено в рамках проекта VII.76.1 «Разработка и создание информационно-моделирующих систем для мониторинга и оперативного прогнозирования опасных гидрологических ситуаций на водных объектах Сибири».

Библиографический список

1. Рождественский, А. В. Статистические методы в гидрологии /А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев. – Л., 1974.
2. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь. – Л., 1978.
3. Синокович, В.Н. Характер и природа синхронных колебаний стока рек юга Сибири // География и природные ресурсы. – 1999. – № 3.
4. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Взамен СНиП 2.01.14-83; введ. 2003-12-26 // Госстрой России. – М., 2004.
5. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным // Государственное учреждение «Государственный гидрологический институт». – СПб., 2010.
6. Кошелева, Е.Д. Изменение стока реки Оби в створе г. Барнаула под влиянием изменений климата // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: материалы 3-й Всероссийской конф. с междунар. участием. – Барнаул, 2010.
7. Поверхностный сток на водосборах Большого Васюганского болота в условиях изменения климата / А.Т. Зиновьев, В.П. Галахов, Е.Д. Кошелева, О.В. Ловцкая // Девятое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: материалы конф. – Томск, 2011.
8. Формирование поверхностного стока на юге Западной Сибири в условиях изменяющегося климата / А.Т. Зиновьев, В.П. Галахов, Е.Д. Кошелева, О.В. Ловцкая // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. Всероссийской науч. конф. с междунар. участием, посвященной 25-летию юбилею Института водных и экологических проблем СО РАН: в 3 т. – Барнаул, 2012. – Т.1.
9. Поверхностный сток на заболоченных водосборах Обь-Иртышского бассейна в условиях изменяющегося климата (на примере Большого Васюганского болота) / В.П. Галахов, А.Т. Зиновьев, Е.Д. Кошелева, О.В. Ловцкая // Вода и водные ресурсы: Системообразующие функции в природе и экономике: тр. Всероссийской науч. конф. – Новочеркасск, 2012.
10. Threats to Water Availability in Canada // Environment Canada [Э/р]. – Р/д: www.ec.gc.ca.
11. Специализированные массивы для климатических исследований // ВНИИ ГМИ МЦЦ [Э/р]. – Р/д: www.meteo.ru

Bibliography

1. Rozhdstvenskiy, A. V. Statisticheskie metodih v gidrologii /A.V. Rozhdstvenskiy, A.I. Chebotarev. – L., 1974.
2. Chebotarev, A.I. Gidrologicheskiy slovarj. – L., 1978.
3. Sinyukovich, V.N. Kharakter i priroda sinkhronnih kolebaniy stoka rek yuga Sibiri // Geografiya i prirodnihe resursih. – 1999. – № 3.
4. SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnihk raschetnihk gidrologicheskikh kharakteristik. – Vzamen SNiP 2.01.14-83; vved. 2003-12-26 // Gosstroy Rossii. – M., 2004.
5. Metodicheskie rekomendacii po ocenke odnorodnosti gidrologicheskikh kharakteristik i opredeleniyu ikh raschetnihk znacheniy po neodnorodnim dannim // Gosudarstvennoe uchrezhdenie «Gosudarstvenniy gidrologicheskiy institut». – SPb., 2010.
6. Kosheleva, E.D. Izmenenie stoka reki Obi v stvore g. Barnaula pod vliyaniem izmeneniy klimata // Fundamentalnihe problemih vodih i vodnihk resursov: materialih 3-yj Vserossiyskojy konf. s mezhdunar. uchastiem. – Barnaul, 2010.
7. Poverkhnostniy stok na vodosborakh Bolshogo Vasyuganskogo bolota v usloviyakh izmeneniya klimata / A.T. Zinovjev, V.P. Galakhov, E.D. Kosheleva, O.V. Lovckaya // Devyatoe sibirskoe sovethanie po klimato-ehkologicheskomu monitoringu: materialih konf. – Tomsk, 2011.
8. Formirovanie poverkhnostnogo stoka na yuge Zapadnoy Sibiri v usloviyakh izmenyayuthegosya klimata / A.T. Zinovjev, V.P. Galakhov, E.D. Kosheleva, O.V. Lovckaya // Vodnihe i ehkologicheskie problemih Sibiri i Centralnoy Azii: tr. Vserossiyskojy nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyatthennoy 25-letnemu yubileyu Instituta vodnihk i ehkologicheskikh problem SO RAN: v 3 t. – Barnaul, 2012. – T.1.
9. Poverkhnostniy stok na zabolochennihk vodosborakh Obj-Irtishshskogo bassejyna v usloviyakh izmenyayuthegosya klimata (na primere Bolshogo Vasyuganskogo bolota) / V.P. Galakhov, A.T. Zinovjev, E.D. Kosheleva, O.V. Lovckaya // Voda i vodnihe resursih: Sistemoobrazuyuthe funkcii v prirode i ehkonomie: tr. Vserossiyskojy nauch. konf. – Novocherkassk, 2012.
10. Threats to Water Availability in Canada // Environment Canada [Eh/r]. – R/d: www.ec.gc.ca.
11. Specializirovanihe massivih dlya klimaticheskikh issledovaniy // VNII GMI MCC [Eh/r]. – R/d: www.meteo.ru

Статья поступила в редакцию 24.01.13

УДК 551.796

Otgonbayar D. SPATIAL VARIABILITY AND ALLOCATION OF GLACIAL RUNOFF RIVER BASINS IN THE RIDGE TSAMBAGARAV, MUNHHAYRHAN AND SUTA (MONGOLIAN ALTAI). In work considers the glaciers of mountain ranges and glacial runoff river basins. The calculations were performed for 17 mountain-ice pool area (the Tsambagarav, Munhhayrhan, Suta). These areas are distinct in their areas, water availability, scale glaciers and glacial runoff values.

Key words: Mongolian Altai, Tsambagarav, Munhhayrhan, Suta, glacier, glacial runoff.

*Д. Отгонбаяр, канд. географ. наук, преп. Ховдского университета, г. Ховд,
E-mail: summit_aamo@mail.ru, icecore_ot@yahoo.com*

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И РАСТРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕДНИКОВОГО СТОКА В БАСЕЙНАХ РЕК ХРЕБТОВ ЦАМБАГАРАВ, МУНХХАЙРХАН И СУТАЙ (МОНГОЛЬСКИЙ АЛТАЙ)

В статье рассматриваются ледники горных хребтов Монгольского Алтая и ледниковый сток по бассейнам рек. Расчеты выполнены для 17 горноледниковых бассейнов территории (горный узел Цамбагарав, хребты Мунххайрхан и Сутай). Эти районы различны между собой по своим площадям, водоносности, масштабам оледенения и величинам ледникового стока.

Ключевые слова: Монгольский Алтай, Цамбагарав, Мунххайрхан, Сутай, ледник, ледниковый сток.

Ледниковый сток и методы его определения

Сток практически чистой воды от таяния снега и льда в областях современного оледенения является важной составляющей водных ресурсов в условиях аридного климата. Правильное определение величины ледникового стока является одним из важных условий достоверной оценки ресурсов поверхностного стока. Долгое время среди гидрологов и гляциологов не было единства в трактовке понятия «ледниковый сток». Считалось, что он формируется за счет таяния льда и фирна либо вследствие таяния льда под мореной, открытого льда и старого

фирна, при этом сток от таяния сезонного снега на поверхности ледников относится к снеговому питанию [1].

В настоящей работе «ледниковый сток» – это все талые воды (снег, фирн, лед), сформированные в пределах контура ледника, включая и жидкие осадки, редуцированные на величину внутреннего питания [2]. Он начинается от уровня, где таяние превышает внутреннее питание (линия нулевого стока) и нарастает к концу ледника. Средний по леднику слой ледникового стока в среднемноголетнем отношении соответствует ледниковому стоку на высоте граница питания. Наиболее достовер-