

УДК 556.535

ТЕНДЕНЦИИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЧНОГО СТОКА В ЗАБАЙКАЛЬЕ В МНОГОВОДНЫЕ И МАЛОВОДНЫЕ ПЕРИОДЫ

© 2013 г. В. А. Обязов

Представлено академиком В.М. Котляковым 05.07.2012 г.

Поступило 05.07.2012 г.

DOI: 10.7868/S0869565213180205

В работах последних лет, посвященных изменениям климата и их последствиям, дан анализ и прогноз многолетних тенденций речного стока [2, 3]. В частности, на большей части территории Сибири и Дальнего Востока прогнозируется его увеличение. Принимая во внимание актуальность данной проблемы при происходящих изменениях климата и то, что упомянутые оценки сделаны укрупненно, представляется важным выполнить исследования многолетних тенденций более детально на ограниченной территории.

Проведенные исследования показывают, что однонаправленные устойчивые тенденции речного стока отсутствуют, а имеют место тренды, меняющие во времени свои величину и знак вследствие преобладания в его изменениях циклических составляющих. Вместе с тем выявлены разнонаправленные изменения стока в различные по водности фазы цикла: в многоводные фазы (периоды) сток повышается, а в маловодные — снижается. При этом соответственно возрастает его изменчивость и экстремальность.

В качестве объектов исследования выбраны реки бассейнов Шилки и Селенги, занимающих 40% территории Забайкалья. Наибольшие площади водосборов имеют р. Селенга в створе разъезда Мостовой (440 тыс. км²) и р. Шилка в створе г. Сретенск (175 тыс. км²). Все реки имеют достаточно хорошую изученность и продолжительные ряды наблюдений — до 111 лет (р. Шилка — г. Сретенск). В работе использованы данные 57 гидрологических створов и 23 метеорологических станций. Для части территории бассейнов данные отсутствуют вследствие нахождения ее за пределами России. Особенно слабо освещены наблюдениями бассейн р. Селенга, 66% площади которого расположено в Монголии. Там же расположены и 18% бассейна р. Шилка.

Тренды изменений речного стока и атмосферных осадков вычисляли методом наименьших квадратов, цикличность выявляли путем построения разностных интегральных кривых. Для определения тесноты связи между анализируемыми рядами применяли корреляционный анализ. Статистическую достоверность коэффициентов корреляции оценивали с помощью критерия Стьюдента. Для оценки вклада значений трендов в общую дисперсию ряда использованы коэффициенты детерминации.

Изменения годового стока рек исследуемых бассейнов происходят согласованно. Сток рек Шилка и Селенга хорошо коррелирует со стоком других рек. Коэффициенты корреляции, характеризующие эту связь, статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости в более чем 90% исследованных створов. Это дает основание полагать, что основные закономерности, выявляемые в изменениях стока рек Шилка и Селенга, характерны для большей части их бассейнов, и позволяет распространить результаты анализа их рядов на все реки региона.

Исследования структуры межгодовых колебаний стока в Забайкалье [1] показывают, что для них характерна цикличность. Наибольшую значимость имеют внутривековые циклы продолжительностью 23–27 лет.

Многолетние тенденции не устойчивы во времени. Как показано в работе [1] на примере р. Шилка, тренды меняют не только величину, но и знак. Такой характер изменений присущ и многолетним тенденциям изменений стока р. Селенга (рис. 1). Причиной этого является цикличность. Величина и знак тренда во многом зависят от продолжительности ряда наблюдений, используемого для анализа, и в большей степени определяются характером фазы водности в конце ряда. В случае завершения ряда многоводной фазой наиболее часто тренд имеет положительный знак, а в случае завершения маловодной фазой — отрицательный.

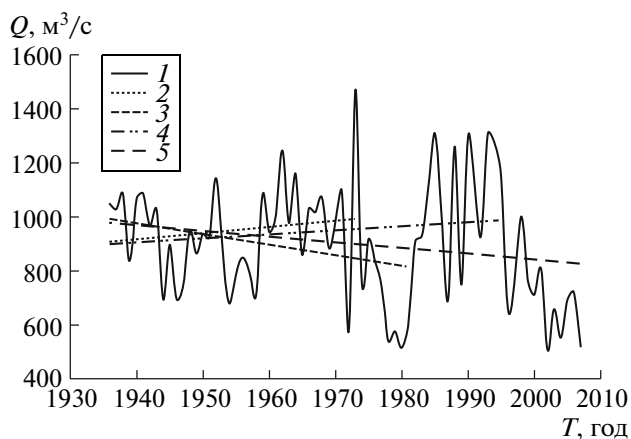


Рис. 1. Изменения величины и знака тренда межгодовых изменений стока р. Селенга у разъезда Мостовой при различной продолжительности ряда наблюдений. 1 — исходный ряд; линейный тренд, годы: 2 — 1936–1973, 3 — 1936–1981, 4 — 1936–1995, 5 — 1936–2007.

При этом в среднем сток остается стабильным. Для оценки устойчивости нормы стока были построены ряды ее межгодовых изменений. За первое значение ряда нормы было принято среднее первых 30 членов исходного ряда средних годовых расходов воды. Следующие значения рассчитывали с последовательным увеличением ряда на один год. В результате были получены ряды изменений нормы стока рек Шилка и Селенга с четко выраженной циклическостью и незначительной амплитудой, не превышающей 9% от среднего значения ряда.

Преобладающее влияние циклическости на структуру многолетних колебаний расходов воды объясняется ее большим вкладом в общую дисперсию процесса речного стока. Коэффициент детерминации полиномиального тренда на разных отрезках временных рядов стока рек Шилка и Селенга в несколько раз превышает коэффициент детерминации линейного тренда.

Таким образом, в многолетнем режиме речного стока отсутствуют однонаправленные длительные тенденции. Вследствие его циклического характера тенденции неустойчивы и со временем меняют величину и знак. Есть основания полагать, что такой режим сохранится и в будущем.

При стабильности средних значений стока, тем не менее, обращает на себя внимание увеличение его изменчивости. В створе р. Шилка — г. Сретенск коэффициент вариации стока возрос от 0.30 в цикле 1906–1931 гг. до 0.50 в цикле 1983–2007 гг., т.е. в 1.7 раза. На р. Селенга у разъезда Мостовой он увеличился в 1.8 раза с 0.16 до 0.29 от цикла 1936–1958 гг. к циклу 1982–2007 гг.

В связи с увеличением изменчивости стока представляется более информативным раздельное построение трендов в многоводные и маловодные периоды.

Рассмотрение тенденций отдельно в многоводные и маловодные периоды показало, что эти тенденции имеют разные знаки (рис. 2). В многоводные периоды речной сток увеличивается, а в маловодные — уменьшается.

Выявленные тенденции проявляются не только в годовом стоке. На многих реках увеличилась частота возникновения максимальных расходов воды редкой повторяемости в последнюю многоводную фазу, отмечавшуюся с середины 80-х до конца 90-х годов XX в. В бассейне р. Шилка максимальный расход воды за весь период наблюдений более чем в 70% створов приходится именно на эти годы. Хотя в бассейне р. Селенга эти показатели несколько ниже, тем не менее, и здесь в последний многоводный период отмечается увеличение частоты максимальных расходов воды редкой повторяемости.

Минимальный сток в маловодные периоды, как и годовой сток, имеет тенденцию к снижению. Последний маловодный период на многих исследованных реках отличается, как правило, самыми низкими расходами воды и тем, что во все годы этого периода они имели значения ниже нормы. Именно непрерывная серия пониженного стока обеспечила отрицательный тренд минимального стока.

На многолетние колебания речного стока в большей мере, чем другие элементы водного баланса, воздействуют атмосферные осадки. Зависимость стока р. Шилка от средних по бассейну осадков оценивается коэффициентом корреляции 0.86, а р. Селенга 0.70. Однако в изменениях осадков столь очевидных тенденций, как в изменениях стока, не проявляется. Если в бассейне р. Шилка тенденции осадков и стока в разные по водности периоды совпадают, особенно в маловодные периоды, то в бассейне р. Селенга такой согласованности изменений нет. Недостаточная согласованность в рядах данных о стоке и осадках в бассейне р. Селенга обусловлена, вероятно, тем, что большая часть ее стока формируется в Монголии, по территории которой данные об осадках отсутствуют.

Наиболее вероятной причиной повышения стока в многоводные периоды является увеличение интенсивности ливневых осадков, отмечаемое в работе [3]. Снижение стока в маловодные периоды происходит, с одной стороны, за счет уменьшения атмосферных осадков в эти периоды, а с другой — увеличения испаряемости, обусловленной повышением температуры воздуха.

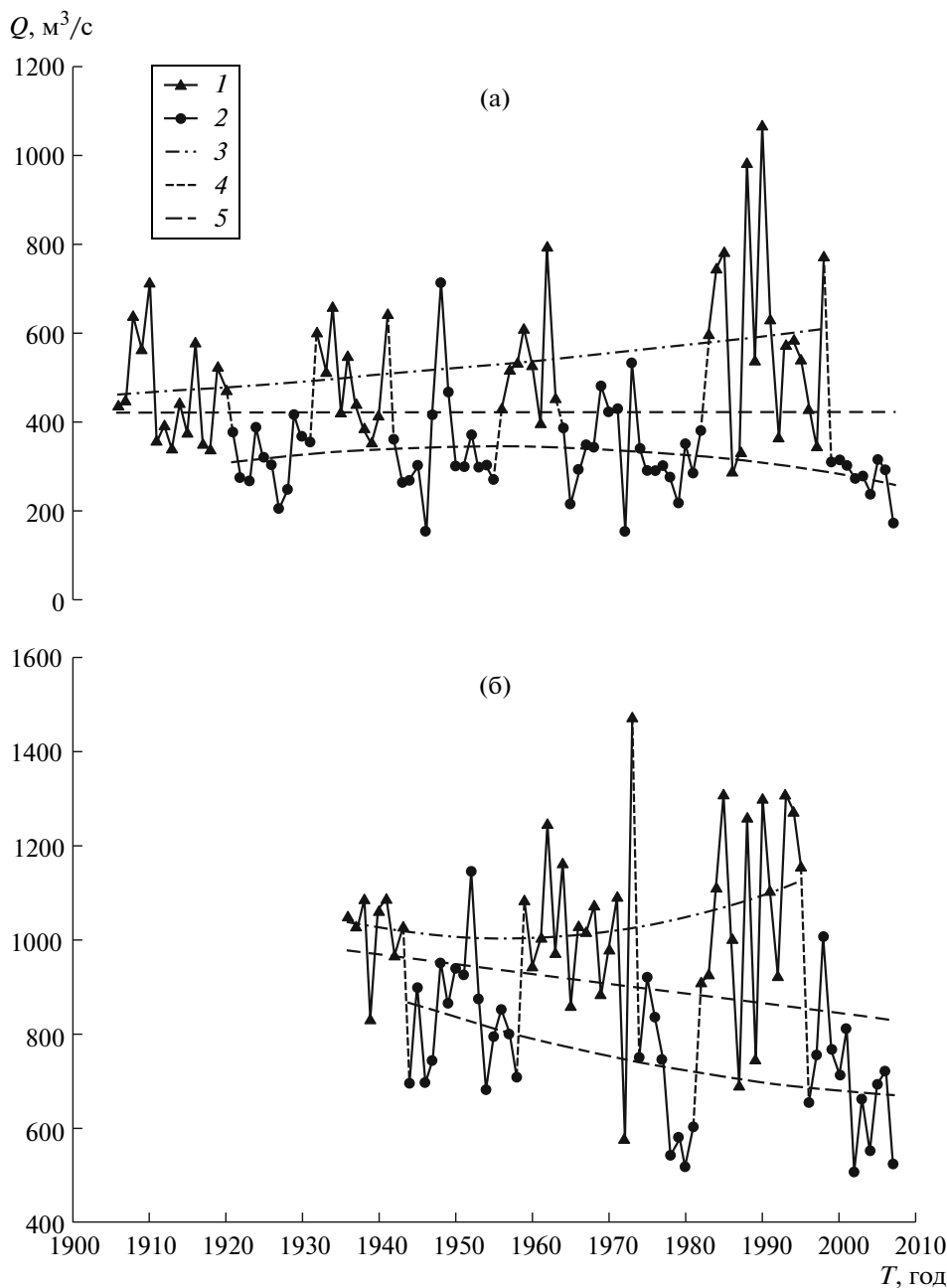


Рис. 2. Тенденции многолетних изменений стока р. Шилка у г. Сретенск (а) и р. Селенга у разреза Мостовой (б) в многогодные и маловодные фазы циклов. 1 – многоводные фазы; 2 – маловодные фазы; 3 – полиномиальный тренд многогодных фаз; 4 – полиномиальный тренд маловодных фаз; 5 – линейный тренд общего ряда.

Вероятность антропогенной обусловленности отмеченных изменений весьма мала. хозяйственная деятельность в Забайкалье ввиду ее малых масштабов может оказывать лишь локальное воздействие. Например, посевные площади даже в годы наибольшего развития сельского хозяйства занимали менее 5% площади водосборов рек Шилка и Селенга. Еще меньшими масштабами характеризуется вырубка лесов. Водозаборы также не внесли существенных изменений в режим реч-

ного стока. Анализ его основных закономерностей до и после крупных водозаборов, например г. Улан-Удэ на р. Селенга, показал их полное сходство, а согласованность многолетних изменений характеризуется коэффициентом корреляции 0.96.

Выявленные тренды многолетних изменений речного стока указывают на возрастание его экстремальности. В связи с этим в следующую многоводную фазу следует ожидать повышения вероятности формирования дождевых паводков редкой

повторяемости, а вместе с ней и риска возникновения катастрофических наводнений. В следующую маловодную фазу вследствие крайне низкого стока и пересыхания малых водотоков может возникнуть угроза водообеспеченности населенных пунктов, объектов экономики и обеспеченности экологического стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Обязов В.А., Смахтин В.К.* // Вод. хоз-во России. 2012. № 1. С. 63–72.
2. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу. М.: ДАРТ; Гл. геофиз. обсерватория, 2011. 252 с.
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 2. Последствия изменений климата. М.: НИЦ “Планета”, 2008. 289 с.