



О межгодовой изменчивости годового стока реки Печоры

Постановка задачи

В последние десятилетия на земном шаре отмечается отчетливо выраженное потепление. Однако оно весьма различно в разных регионах планеты. Особенно быстро потепление развивается в северных районах России, прилегающих к Арктике. Естественно, это не может не приводить к значительным изменениям в характере увлажнения поверхности суши и соответственно в стоке северных рек. В связи с интенсивным развитием в бассейнах северных рек экономической деятельности расчет и, особенно, долгосрочный прогноз изменений годового стока приобретает все большую актуальность.

В данной работе рассматривается задача выявления генезиса межгодовой изменчивости стока р. Печоры.

Исходные данные

Годовой сток р. Печора за период 1951-2020 гг. в створе Усть-Цильмы получен в Государственном гидрологическом институте.

Данные наблюдений на метеорологических станциях из архива ВНИИГМИ-МЦД (<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>). В бассейне Печоры всего 3 стационарные станции: Нарьян-Мар, Усть-Цильма и Печора.

Для указанных станций по среднемесячным данным были рассчитаны значения осадков (скорректированные) (1950 -2015 гг.) и температуры воздуха (1950- 2020 гг.) за холодный (октябрь-март) и теплый (апрель-сентябрь) периоды года соответственно.

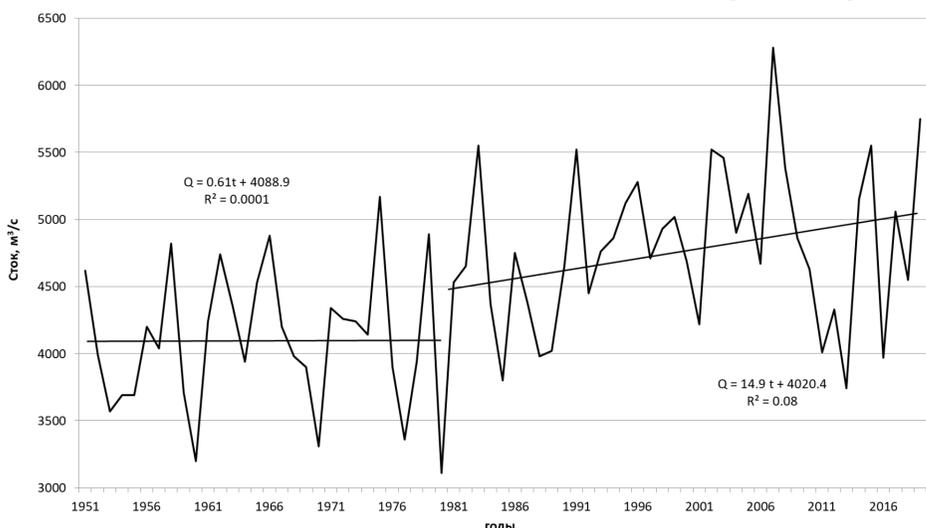
Методы исследования. Индекс тренда

Помимо стандартных оценок коэффициента линейного тренда a_1 ($X = a_1t + a_0$) и коэффициента детерминации R^2 представлены оценки безразмерного

индекса тренда $I_{тр} = \frac{a_1 N}{|\bar{X}|}$, где N – период времени в годах.

Так как индекс тренда безразмерная величина, то это удобно для сравнения характеристик разной размерности и даже одной размерности, но значительно различающихся по абсолютной величине.

Межгодовая изменчивость годового стока р. Печоры



Годовой сток р.Печоры на водосборе, м³/с и его локальные тренды

При среднем значении годового стока р.Печоры 4513 м³/с его коэффициент вариации составляет 0,147.

До 1980 г. отмечался сравнительно маловодный, преимущественно случайный, характер изменений годового стока со средним значением 4098 м³/с.

Затем начался довольно быстрый рост стока, который характеризуется оценкой тренда равной 12,0 м³/с в год. За 40 лет годовой сток увеличился в среднем на 480 м³/с.

После исключения тренда выявлена одна значимая гармоника (4,1 лет), вклад которой в дисперсию исходного ряда составляет 25 %.

Оценка трендов

Оценки линейного тренда годового стока Печоры, осадков и температуры воздуха, усредненных по данным 3 метеорологических станций (Нарьян-Мар, Усть-Цильма и Печора)

Параметр	Коэффициент тренда a_1 , год ⁻¹	R^2	Размах тренда, $a_1 n$ (n-кол-во лет)	Индекс тренда $I_{тр}$, %
1951-1980 гг.				
Годовой сток Печоры, м³/с	0,61	0,000	18,3	0,4
Осадки за холодный период, мм	1,94	0,167	58,2	19,9
Осадки за теплый период, мм	-0,68	0,008	-20,4	6,1
Температура воздуха за холодный период, °С	-0,01	0,003	-0,3	2,5
Температура воздуха за теплый период, °С	-0,04	0,050	-1,2	18,2
1981-2020 гг.				
Годовой сток Печоры, м³/с	12,0	0,056	480,0	10,0
Осадки за холодный период, мм	-0,97	0,041	-38,8	13,2
Осадки за теплый период, мм	-0,04	0,006	-1,6	0,4
Температура воздуха за холодный период, °С	0,08	0,169	3,20	29,7
Температура воздуха за теплый период, °С	0,05	0,190	2,01	26,9

Примечание: осадки оценивались до 2015 г. включительно

Первый период времени (1951-1980 гг) не отличался ярко выраженными трендами практически во всех характеристиках, за исключением увеличения осадков в холодный период, это частично компенсировалось их уменьшением летом, что, в целом, и определяло незначительный рост стока р. Печора.

В период 1981-2020 гг. ситуация изменилась: теперь осадки в холодный период имеют слабый отрицательный тренд. За 40 лет произошло их уменьшение на 39 мм. В теплый период года тренд отсутствует. Для водосбора р. Печоры характерно очень низкое суммарное испарение (около 90 мм/год), что составляет малую величину от суммарного количества выпадающих здесь осадков (около 490 мм/год). Поэтому сразу же возникает вопрос: почему речной сток заметно увеличивается (на 12 м³/с в год) при некотором уменьшении его главного источника – осадков?

С 1980 г. в бассейне Печоры идет значительное потепление. За 40 лет температура воздуха зимой выросла на 3,2 °С, а летом на 2 °С. Это полностью соответствует темпам потепления приарктических районов.

Так как большая часть бассейна Печоры находится в зоне многолетнемерзлых пород (вечной мерзлоты) известно, что в последние десятилетия идет ее интенсивное сокращение и значительное увеличение мощности сезонно-талого слоя, сопровождающееся ростом температуры почвы. В Печорской изменности южная граница мерзлоты сместилась к северу на 30–40 км, вдвое больше – до 80 км на равнинах Приуралья. Очевидно, вовлечение во влагообмен слоя талой почвенной воды стало причиной повышения стока р. Печоры.

Поэтому можно заключить, что температура воздуха становится важным фактором, определяющим рост речного стока в арктической зоне в период глобального потепления.

Выводы

- Для годового стока р. Печоры характерна довольно высокая межгодовая изменчивость, характеризующаяся маловодным состоянием до 1980 г. и дальнейшим значительным постепенным увеличением стока.
- Положительный тренд в годовом стоке реки не может быть объяснен основным источником стока – осадками, которые немного уменьшаются как в теплый, так и в холодный периоды года.
- Причиной повышения водности реки является, очевидно, ярко выраженный рост температуры воздуха, вследствие чего происходит интенсивное сокращение вечной мерзлоты и значительное увеличение мощности сезонно-талого слоя, который вовлекается в сток реки.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного контракта FSZU-2020-0009 «Исследование физических, химических и биологических процессов в атмосфере и гидросфере в условиях изменения климата и антропогенных воздействий».

