

В Средней Азии, особенно в Узбекистане, рост нехватки водных ресурсов из года в год создает множество геоэкологических проблем. Ситуация осложнена тем, что здесь поверхностные водные ресурсы полностью освоены. Если первой причиной осложнения являются потребители водных ресурсов, то вторым выступает естественные их изменения. Режим поверхностных вод определяется главным образом режимом осадков, их распределением по территории и внутри года, изменениями температуры. По изменению глобальной температуры XX в. разделяют на 3 периода:

- потепление в 1910–1945 гг.;
- несколько прохладный период в 1946–1975 гг.;
- потепление с 1976 г., продолжающееся до настоящего времени.

В исследованиях последних лет установлено увеличение стока рек с ледниковым питанием, стекающих с северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов из-за усиления таяния ледников в период потепления [1]. Такое увеличение стока ледниковых рек должно было привести к изменениям в режиме подземных вод.

Как известно, в настоящее время доминирует инфильтрационная теория формирования подземных вод. Объем накопления инфильтрационных вод главным образом зависит от суммы атмосферных осадков, пористости горных пород, строения поверхности земли, ее абсолютной высоты над уровнем моря и др. Также в формировании подземных вод участвуют поверхностные воды рек, каналов, озер, болот, водохранилищ.

Инфильтрация вод от этих источников может образовать в подземных слоях новый подземный сток или существенно увеличить объемы подземных вод и поднять уровень грунтовых вод [2]. Все это показывает существенную роль поверхностного стока в образовании подземных вод. Поэтому изменения, наблюдаемые в поверхностном стоке в результате глобального потепления, должны сказаться и в режиме подземных вод.

Настоящая статья посвящена исследованию этого вопроса на примере рек южной части Ферганской долины – Сох и Исфайрам, вытекающих с северных склонов Алайского хребта.

Река Сох питается в основном за счет ледников и снега высокогорий. Поэтому она наиболее полноводна в июле–сентябре за счет усиленного таяния ледников при высокой температуре. В период потепления в стоке рек Сох и Исфайрам произошли заметные изменения (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения годового стока, м³/с, рек Сох и Исфайрам и уровня грунтовых вод в их бассейне

Река и номер скважины	1934–2015	1934–1945	1946–1975	1976–2015	1934–2015	1934–1945	1946–1975	1976–2015
	Средние значения				Тренд			
Сох	44,14	41,36	41,08	47,71	0,02	0,14	–0,01	0,04
21	–2,44	–2,07	–2,30	–2,67	–0,02	0,05	–0,06	0,04
28	–1,62	–1,40	–1,49	–1,80	–0,02	0,22	–0,10	0,03
56	–0,94	–0,69	–0,96	–0,97	0,00	0,24	–0,05	0,06
Исфайрам	22,85	22,12	21,83	24,21	0,01	0,05	–0,03	0,04
1	–8,05	–8,52	–7,42	–8,46	–0,01	0,24	–0,06	0,02
3	–1,68	–0,33	–1,17	–2,33	–0,03	0,29	–0,09	0,07

Как видно, сток рек в период потепления до 1945 г. был меньше по сравнению со среднемноголетним за 1934–2015 гг., в 1946–1975 гг. еще меньше, а в период потепления после 1976 г. – значительно больше. Уровень грунтовых вод в большинстве случаев от периода к периоду понижался.

Это не соответствует изменению стока питающих подземные воды рек. По скважине 1 в бассейне р. Исфайрам, где в период 1946–1975 гг. происходил подъем уровня грунтовых вод, наблюдаем обратную картину. В период отсутствия потепления в 1946–1975 гг. уровень грунтовых вод был выше, чем в периоды потеплений. Однако хронологические графики и тренд годового стока рек и уровня грунтовых вод дают более согласованные результаты.

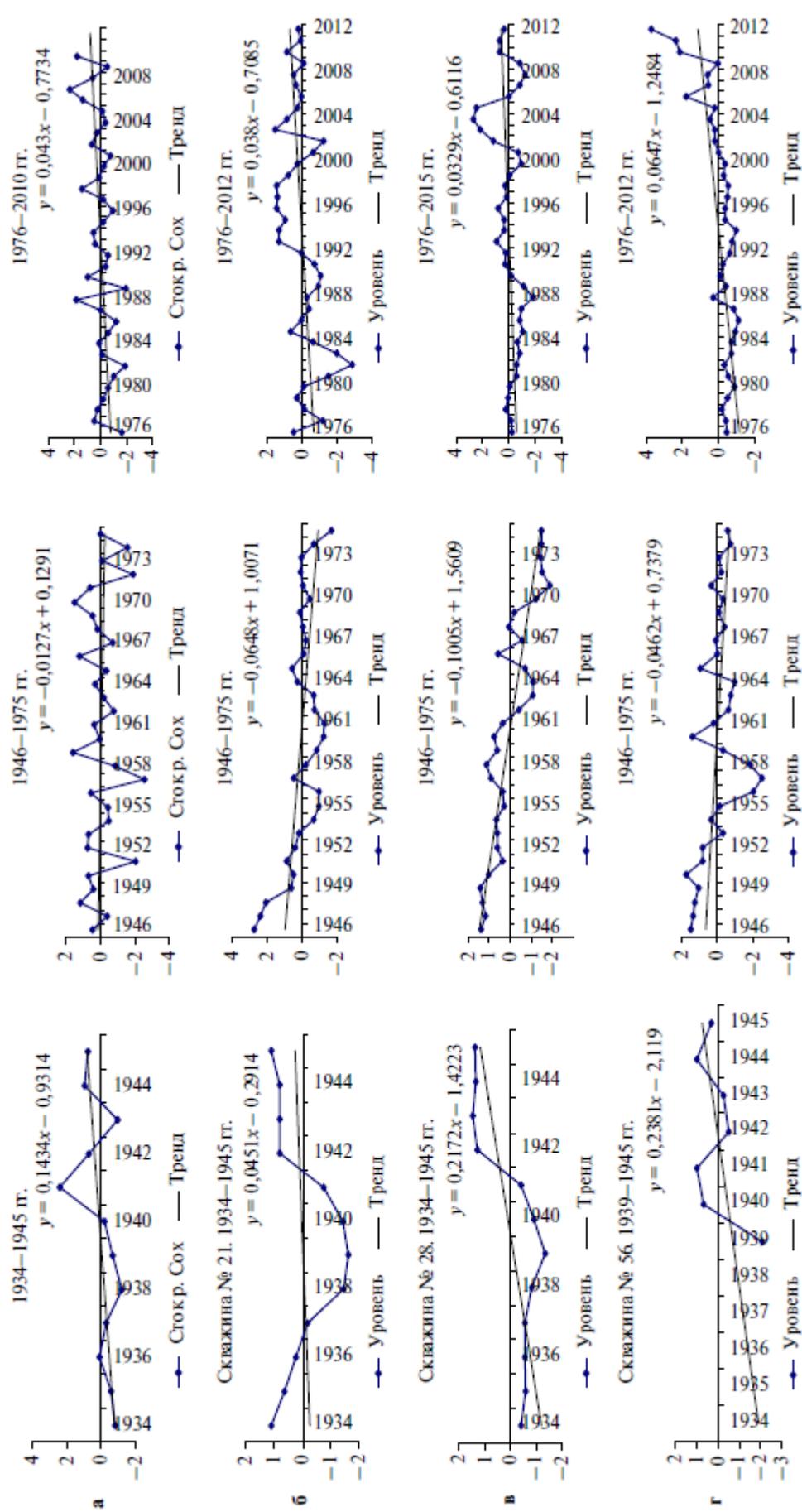


Рис. 1. Хронологические графики годового стока р. Сох, уровня воды в скважинах и их тренд

На рис. 1а приведены хронологические графики и тренд годового стока р. Сох, соответствующие трем вышеотмеченным периодам. В этих графиках для облегчения сравнения среднегодовой сток представлен в нормированном виде:

$$(q - q_c) / \sigma,$$

где q – средний годовой сток, м³; q_c – среднемноголетний годовой сток, м³; σ – среднее квадратичное отклонение годового стока.

Как видно из рисунка, изменения стока р. Сох происходит в соответствии с изменениями температуры воздуха. Тренд изменения стока р. Сох до 1945 г. имел положительное значение, в 1976–1975 гг. – отрицательное, после 1976 г. – опять положительное.

Необходимо отметить, что повышенный сток р. Сох в период потепления может быть временным, поскольку такое повышение происходит не за счет увеличения осадков в водосборе реки, а в результате усиления таяния ледников, площади которых быстро сокращаются (табл. 2) [3]. Это впоследствии может привести к большим изменениям в режиме стока рек.

Таблица 2

Площади ледников бассейна р. Сох

Год	Площадь, км ²	Разница, км ²	Годовое изменение, км ² /год
1948	170	–	–
1968	258,7	+88,7	4,44
1975	282,7	+24,0	3,43
1980	244,1	–38,6	–6,44
2001	198,3	–45,8	–2,20

Изменения уровня подземных вод в бассейне р. Сох фиксируется с 1934 г. для облегчения сравнения данных о стоке р. Сох и об уровне подземных вод. Уровень тоже приведен в нормированный вид:

$$(h - h_c) / \sigma,$$

где h – среднегодовой уровень грунтовых вод в данном году; h_c – его среднемноголетнее значение; σ – среднее квадратичное отклонение годовых значений уровня грунтовых вод.

Такие нормированные величины уровня грунтовых вод по вышеотмеченным периодам потепления приведены на рис. 1б–г. Сравнение этих графиков показывает соответствие тренда уровня грунтовых вод по всем трем пунктам наблюдений трендов стока р. Сох. Однако в хронологическом ходе имеются большие различия. Особенно бросается в глаза наличие в хронологическом ходе уровня грунтовых вод в периоде потепления до 1945 г. глубоко провала в середине периода.

Для определения степени распространенности этих изменений такие графики составлены и по другим бассейнам рек. На рис. 2 приведены подобные графики по р. Исфайрам. Она также является рекой ледниково-снегового питания. Как видно из рис. 2, показатели тренда стока р. Исфайрам и уровня грунтовых вод по скважинам в ее бассейне напоминают то, что наблюдается в бассейне р. Сох.

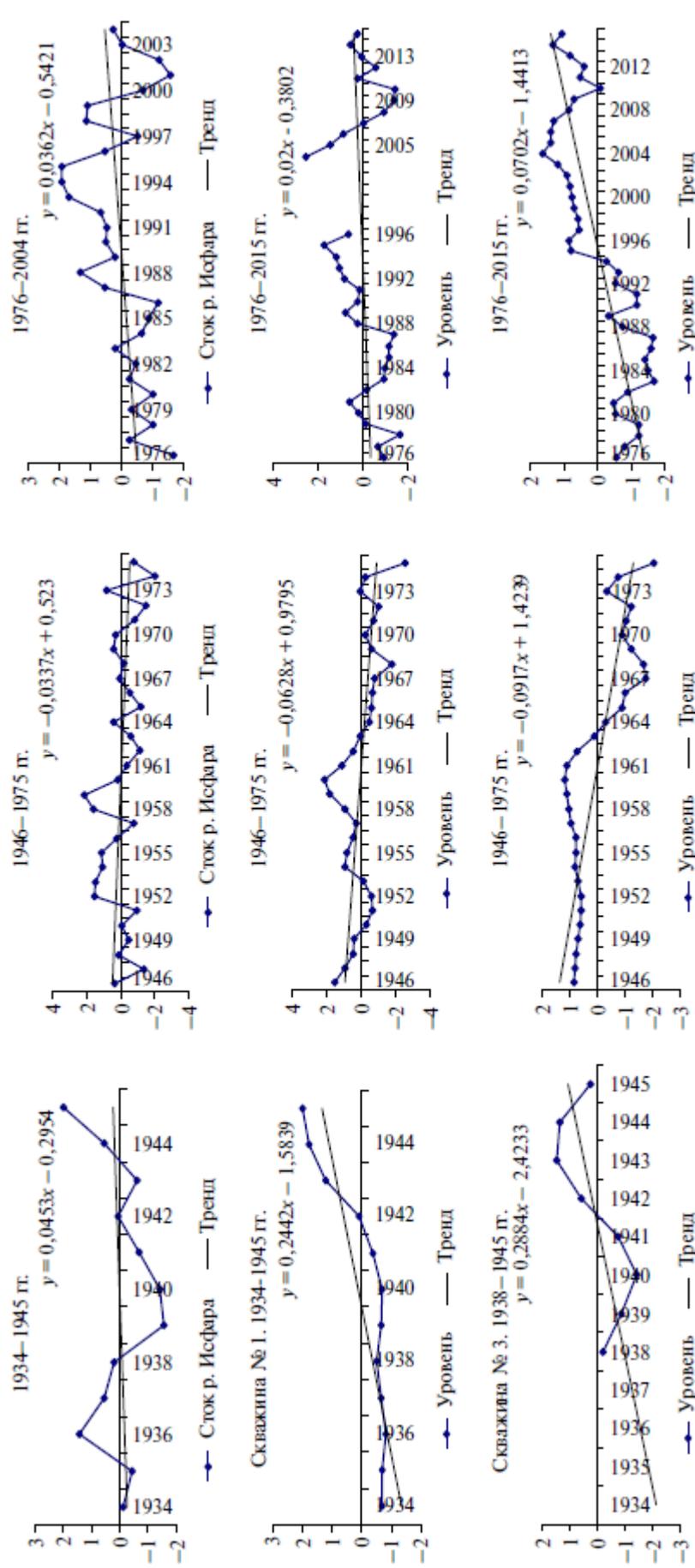


Рис. 2. Хронологические графики годового стока р. Исфара и, уровня воды в скважинах и их тренд