

## Изменение многолетних климатических характеристик и стока в верховьях реки Нарын в вегетационный период.

Вегетационный период – период с апреля по сентябрь, является важной характеристикой режима реки в целях планирования использования водных ресурсов в гидроэнергетике и водном хозяйстве. Река Нарын – является основной гидроэнергетической и водохозяйственной артерией Кыргызстана и соседних республик (Узбекистана и Казахстана). В ближайшие годы планируется строительство каскадов ГЭС на реке Нарын и в ее верховьях, в связи с чем, изучение режима верховьев реки Нарын, в том числе на основе данных за последние годы становится особенно актуальным.



Рис.1. Исследуемый бассейн верховьев реки Нарын до гидропоста р.Нарын – г.Нарын

В данной работе исследование изменения гидрологических и климатических характеристик вегетационного стока верховьев реки Нарын проводилось за период наблюдений с 1931 по 2012гг. В частности, гидрологического режима верховьев реки Нарын - по данным наблюдений гидропоста «р.Нарын – г.Нарын» (ГПНН); климатических характеристик - по данным метеостанций «Тянь-Шань» (высота 3614м.), находящейся в гляциально-нивальной зоне и «Нарын» (высота 2040м.), находящейся в нижнем течении рассматриваемого водосбора (Рис.1). Принималось во внимание, что в 2000г. местоположение метеостанции «Тянь-Шань» было немного изменено, поэтому проводился анализ данных метеостанции «Нарын», находящейся в этом бассейне. Несмотря на изменение местоположения, данные о температуре воздуха высокогорной метеостанции

«Тянь-Шань» имели более тесные корреляционные зависимости со стоком ГПНН, т.к. высота метеостанции практически совпадает со средней высотой исследуемого водосбора (3570м).

С целью выявления особенностей стока верховьев реки Нарын за вегетационный период по данным ГПНН был построен тренд с пятилетними скользящими, на котором прослеживается увеличение средневегетационных расходов воды начиная с 1992г. (Рис.2). На рисунке отмечены многоводные годы (1994, 2002, 2010гг.), со значительным превышением – 153-162% средних многолетних расходов воды за вегетационный период. Также по данным ГПНН была построена разностно-интегральная кривая расходов воды за вегетационный период, на которой также отчетливо выделяется период стабильного последовательного нарастания объемов воды с 1992 года по настоящее время (Рис.3). По расчетам, средневегетационный сток за период с 1992 по 2012гг. составил  $177 \text{ м}^3/\text{с}$  или 122% от значений за период с 1931 по 1991 год, где он составил  $145 \text{ м}^3/\text{с}$ .

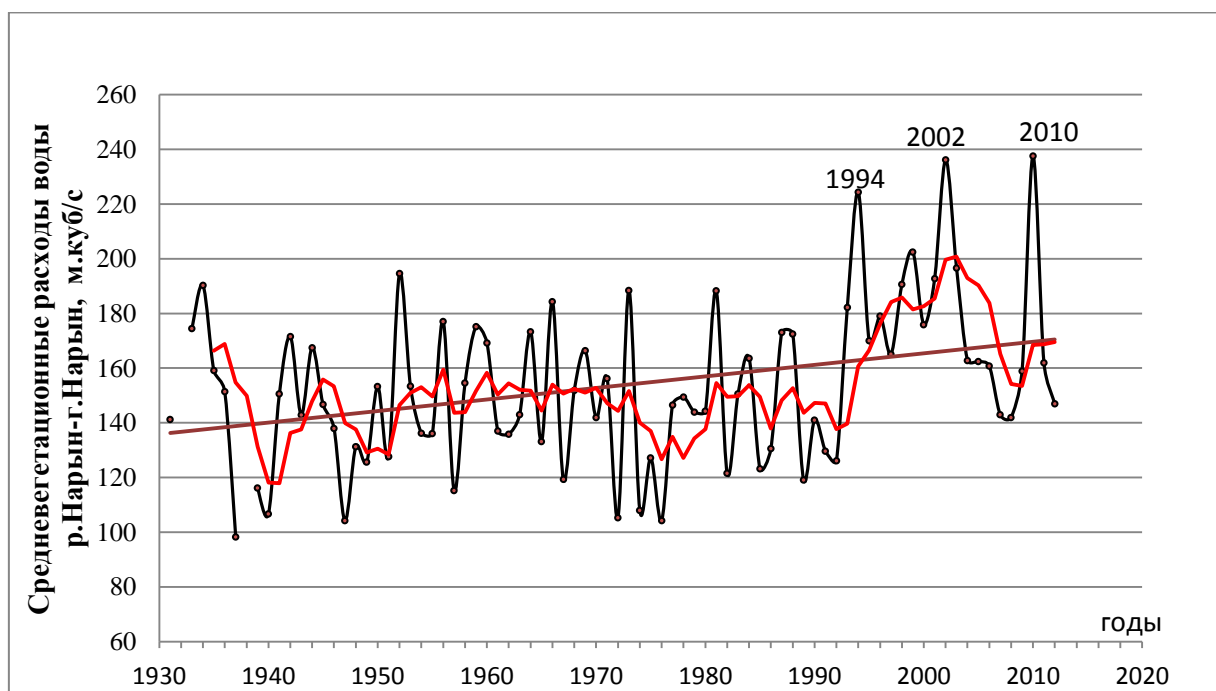


Рис.2. Изменение расходов воды ГПНН за период с 1930 по 2012гг.

Рассмотрим, структуру стока в вегетационный период и как изменилась доля месяцев вегетационного стока ГПНН с 1992 года. Верховье реки Нарын относится к рекам высокогорья с ледниково-снеговым питанием с максимумом половодья в июле – месяце с ледниковым питанием [4,5]. Гидрограф реки многомодальный - первый пик половодья образуется от таяния сезонных снегов (апрель-июнь), последующие – от таяния ледников и высокогорных снегов (июль-сентябрь). В процентном соотношении

водность реки Нарын (ГПНН) в период вегетации (половодья) распределяется следующим образом: 26% стока приходится на июль, 23% - на июнь и на август, 13 и 10% приходится, соответственно, на май и на сентябрь, лишь 5% стока - на апрель (Рис.4).

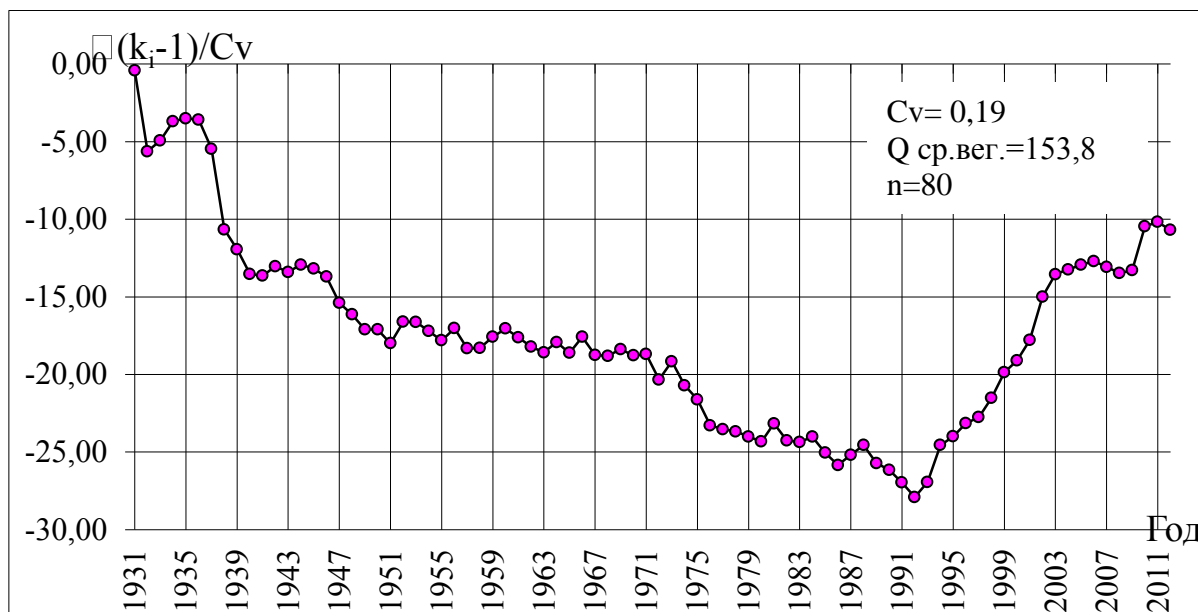


Рис.3 Разностно-интегральная кривая расходов воды р. Нарын - г. Нарын (1931 - 2012 гг.)

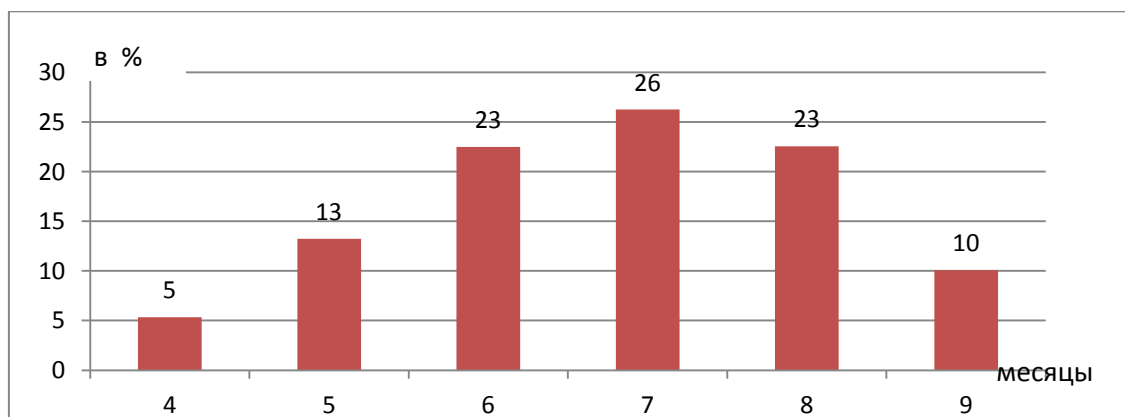


Рис.4 Процентное соотношение стока ГПНН за месяцы вегетации к общему стоку за вегетационный период

Как видно из рис.5, составленного по рассчитанным данным ГПНН, наблюдается постепенное уменьшение доли месяцев ледникового питания в соотношении к месяцам с сезонно-снеговым питанием. Так, начиная с 1992 года, доля стока за июль в общем стоке за вегетационный период упала почти на 10% (Рис.6). Т.к. в июле питание реки происходит как за счет таяния сезонного снега, так и за счет таяния ледников, то это явление может быть связано с наблюдающейся деградацией оледенения и отступанием фирновой

границы в верховьях реки Нарын, исследованием которых занимались Кузьмиченок В.А. и Диких А.Н.[1,2]. Участие ледников в питании реки проявляется позже - в августе, в котором доля стока не изменилась и в сентябре, где она незначительно (около 1%) увеличилась. Доля стока месяцев с питанием за счет сезонного снеготаяния, за период с апреля по июнь увеличивается (Рис.7). При такой тенденции, максимум половодья будет постепенно смещаться на более ранние сроки - с июля на май-июнь.

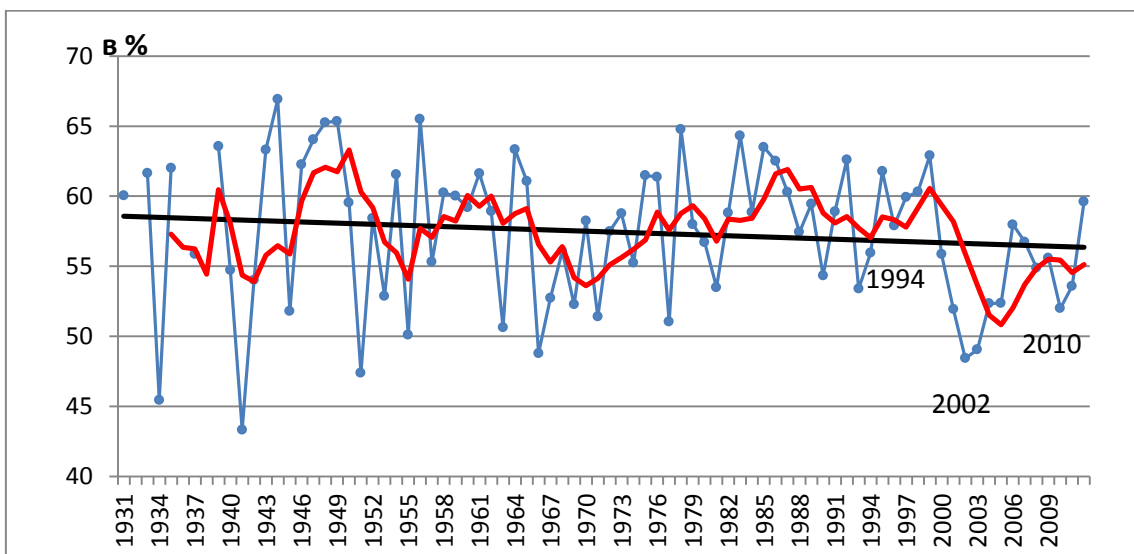


Рис.5. Соотношение месяцев ледникового питания (июль-сентябрь) к месяцам с сезонно-снеговым питанием (апрель-июнь).

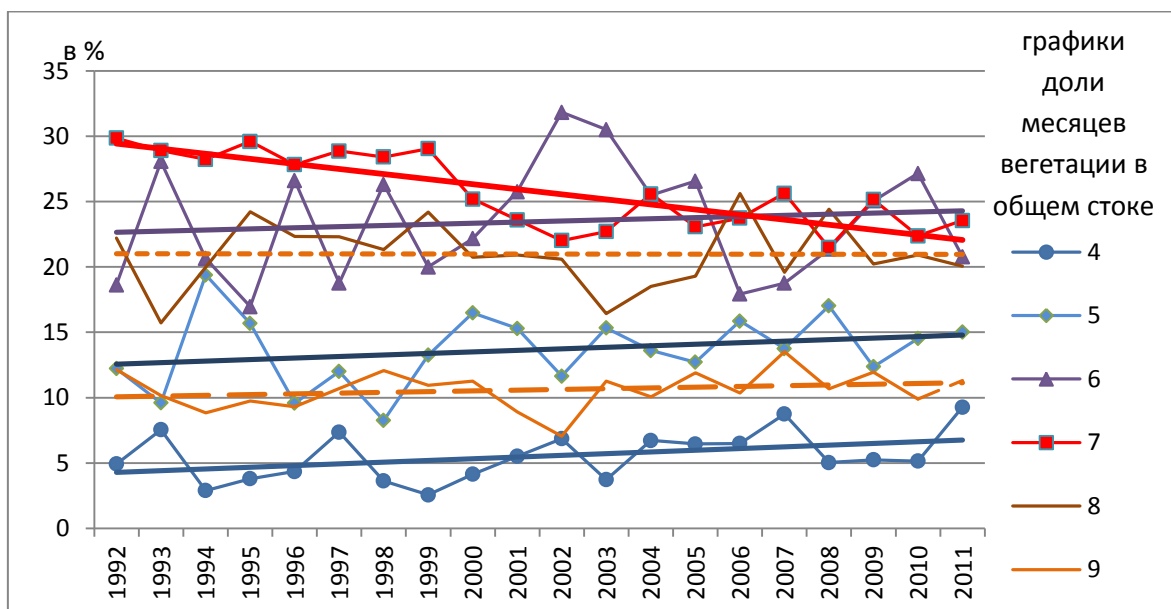


Рис.6 Изменение доли месяцев вегетации (в процентах) в общем стоке за вегетационный период

Рассмотрим климатические факторы, влияющие на сток верховьев реки Нарын в вегетационный период.

Наиболее значительное влияние на сток верховьев реки Нарын в вегетационный период оказывает сезонное накопление снега за холодный период (октябрь-апрель) (Рис.7), которое имеет тенденцию к увеличению значений (Рис.8). На рис.8 отмечены многоводные годы, в которые накопление сезонного снега составило 120-150% средних многолетних значений. С 1998 по 2012гг. количество осадков, выпадающих в верховьях реки Нарын в период с октября по март, значительно увеличилось - по метеостанции Тянь-Шань на 40 мм и по метеостанции Нарын на 30 мм, что является одной из причин повышения стока верховьев реки Нарын (ГПНН) (Рис.9). В противоположность мнению Диких А.Н., который в своей публикации в 1999г. [1] рассматривал тенденцию к уменьшению стока верховьев реки Нарын в связи с уменьшением осадков, выпадающих за холодный период года с 1930 по 1998гг.

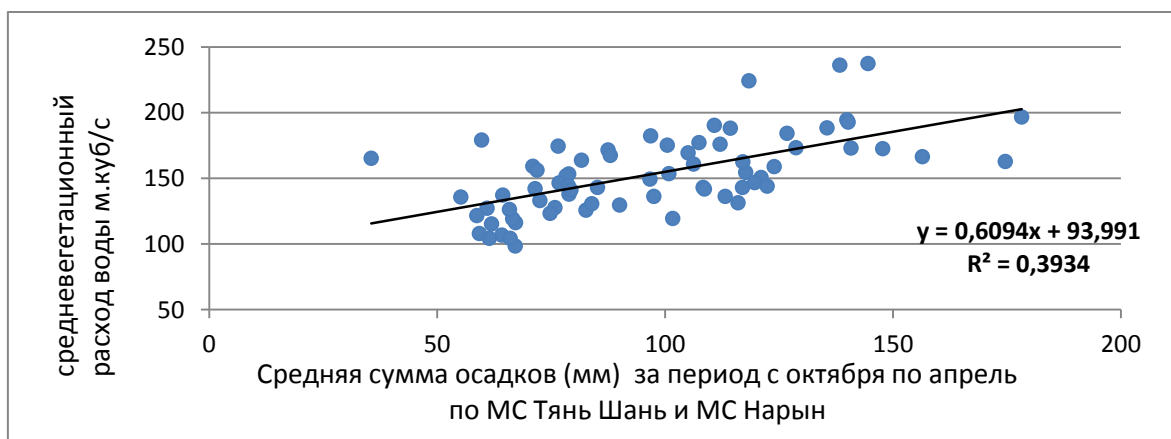


Рис.7 Зависимость средневегетационных расходов воды ГПНН от средней суммы осадков по МС Тянь Шань и Нарын

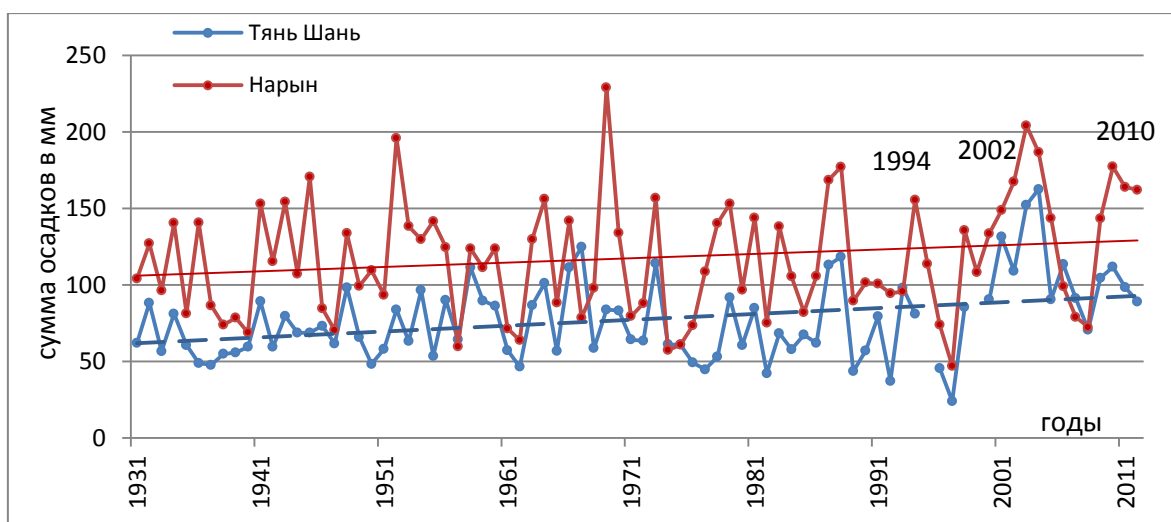


Рис.8. Изменение суммы осадков (в мм) за период с октября по апрель по МС Тянь-Шань и Нарын.

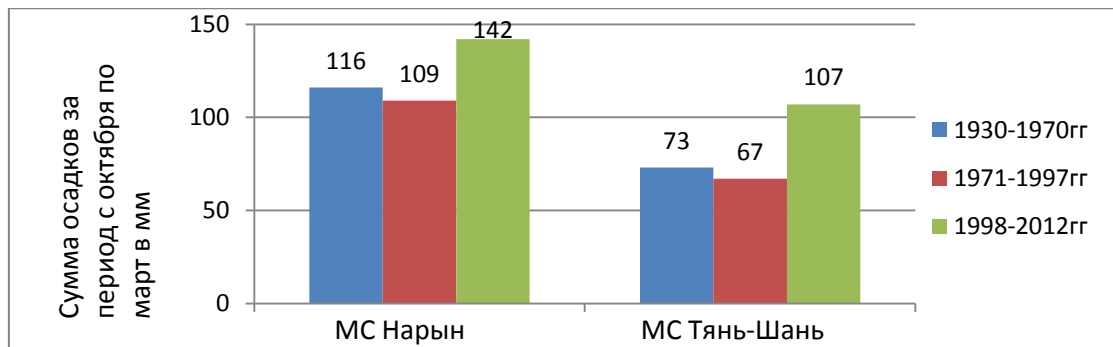


Рис.9. Сумма осадков за период с октября по апрель по данным метеостанций Нарын и Тянь-Шань

На сток реки в вегетационный период влияют процессы таяния снега и ледников на водосборе, которые, в свою очередь, зависят от:

- суммы накопленных положительных температур воздуха, влияющих на интенсивность таяния снега и ледников в горах;
- продолжительности теплого периода - количества дней с положительными температурами воздуха;
- даты перехода положительных среднесуточных температур через  $0^{\circ}\text{C}$ , их отсчет производился от 1 января при наличии не менее трех дней с положительной температурой воздуха.

Расчет этих параметров представляет собой сложную задачу для высокогорной зоны, т.к. в течение теплого периода здесь наблюдаются частые понижения среднесуточной температуры до  $-3 - 5^{\circ}\text{C}$ , но необходим, т.к. они оказывают влияние на сток верховьев реки Нарын (ГПНН) в вегетационный период (Рис.10).

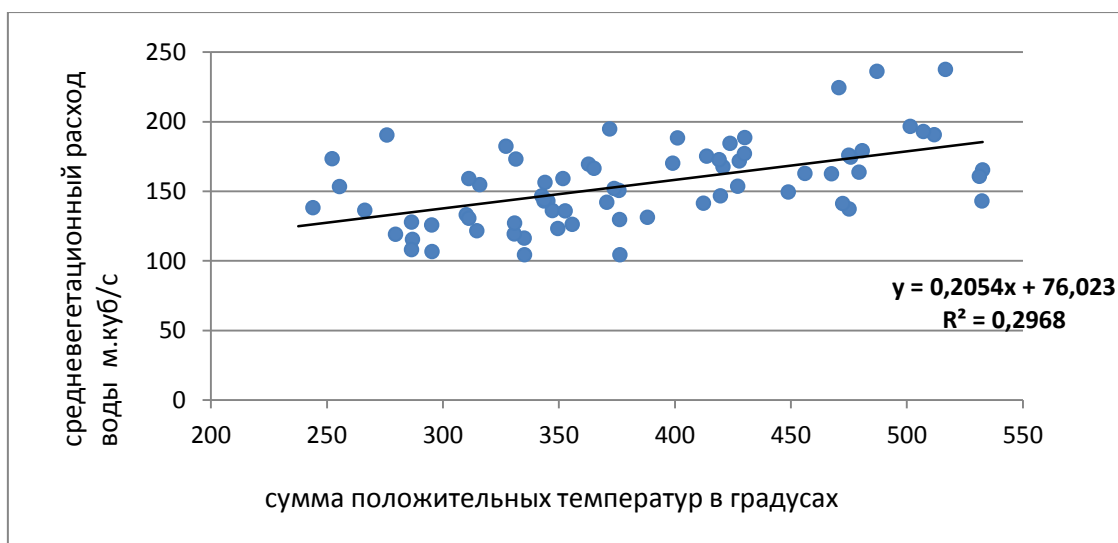


Рис.10. Зависимость средневегетационного расхода воды ГПНН от суммы положительных температур по МС Тянь-Шань.

Анализ трендов по данным метеостанций Тянь-Шань и Нарын показал изменения климатических характеристик в верховьях реки Нарын за последние 20-40 лет.

Сумма положительных температур воздуха наиболее значительно повысилась за последние двадцать лет в высокогорной зоне и за последние сорок лет – в нижнем течении водосбора (Рис.11, 12). Так, средняя сумма положительных температур по метеостанции Тянь-Шань повысилась с 349 до 482 °С, по метеостанции Нарын – с 2531 до 2867°С, соответственно (Рис.13).

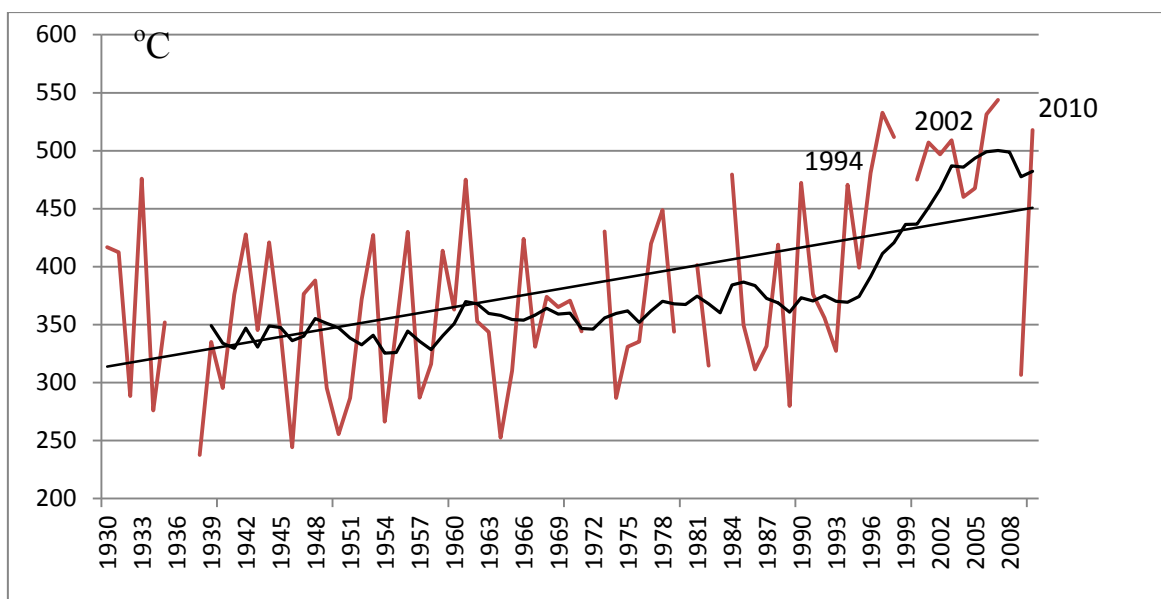


Рис.11 Сумма положительных температур на метеостанции Тянь-Шань

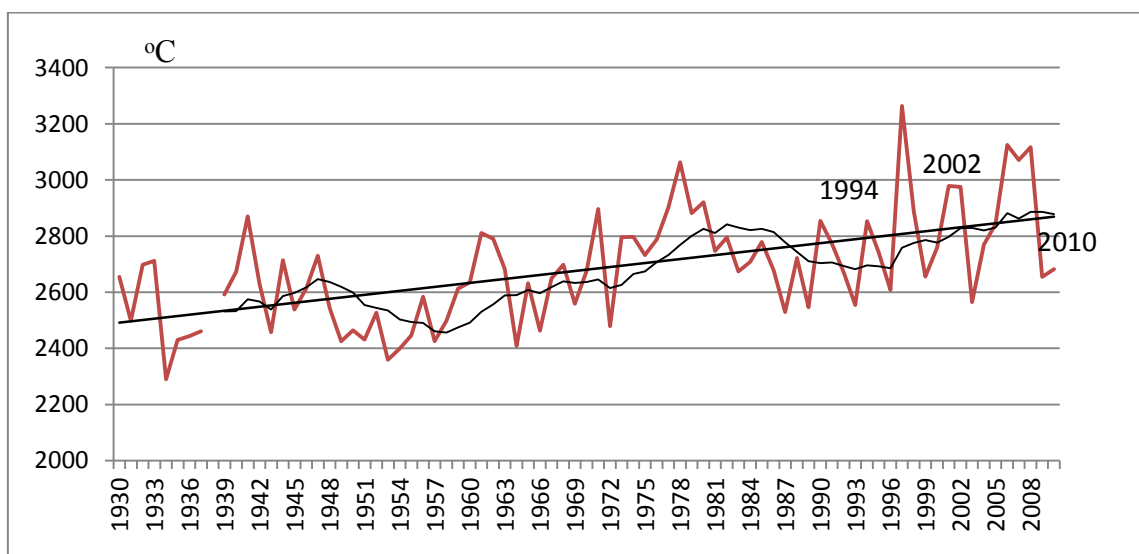


Рис.12 Сумма положительных температур на метеостанции Нарын

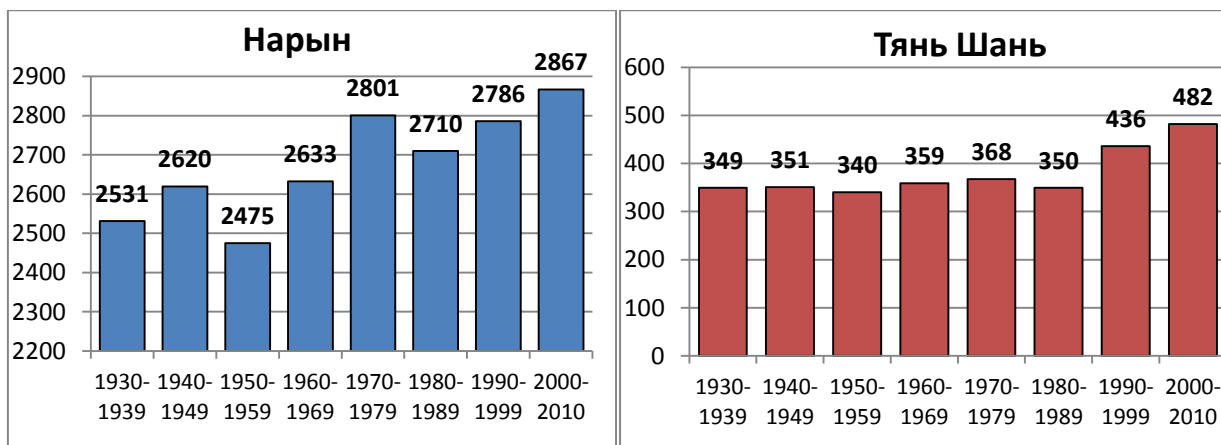


Рис.13 Средняя по десятилетиям сумма положительных температур по метеостанциям Нарын и Тянь-Шань

Аналогично сумме, увеличилось и количество дней с положительными температурами. В высокогорной зоне - за последние 20 лет со 109 до 122 дней, в среднегорной зоне (нижнем течении водосбора) – за последние 40 лет с 220 до 236 дней, соответственно.

Анализ трендов перехода среднесуточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  показывает, что наблюдается постепенный переход ее на более ранние сроки (Рис.14, 15). За последние 10-20 лет на метеостанции Тянь-Шань – с середины мая-июня на апрель – май, на метеостанции Нарын – с апреля-второй половины марта на первую половину марта (Рис.16).

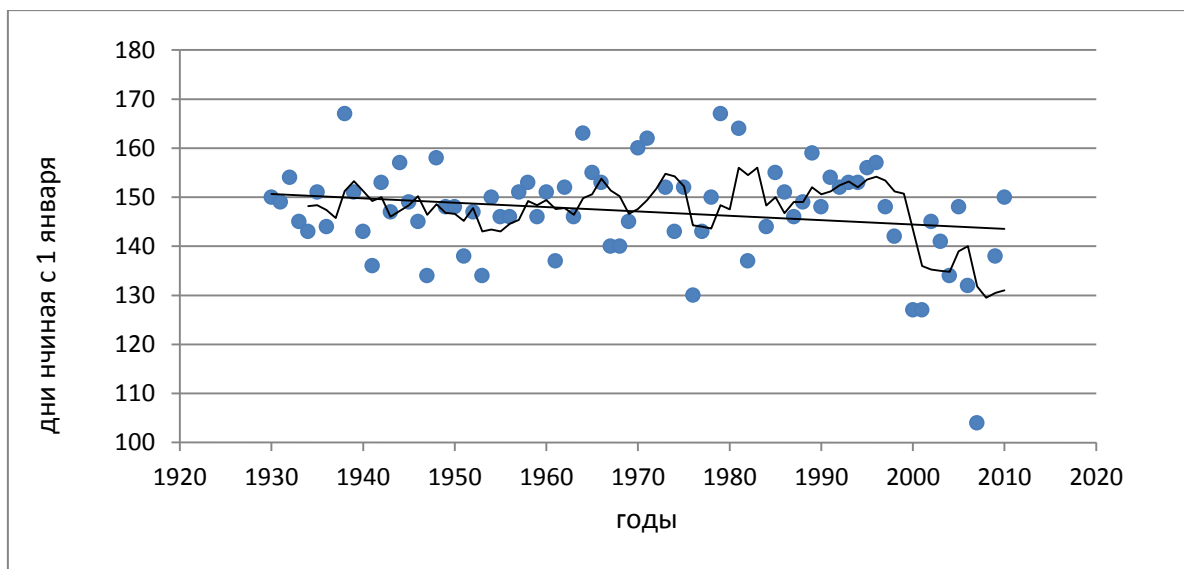


Рис.14 Даты перехода положительных температур через  $0^{\circ}\text{C}$  по метеостанции Тянь Шань за период наблюдений с 1930 по 2010гг.



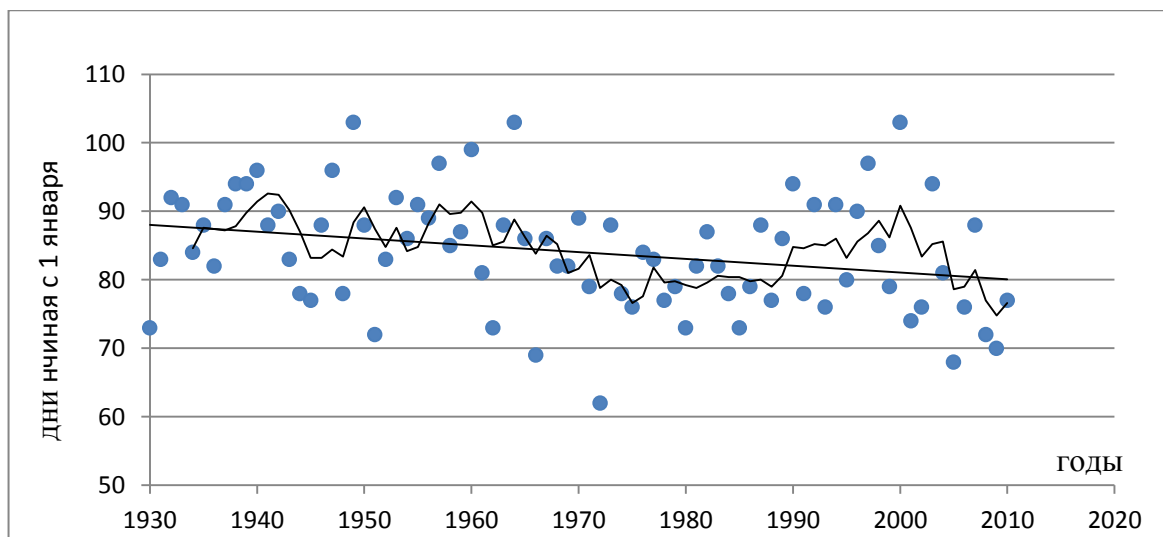


Рис.15. Даты перехода положительных температур через 0°С по метеостанции Нарын за период наблюдений с 1930 по 2010гг.

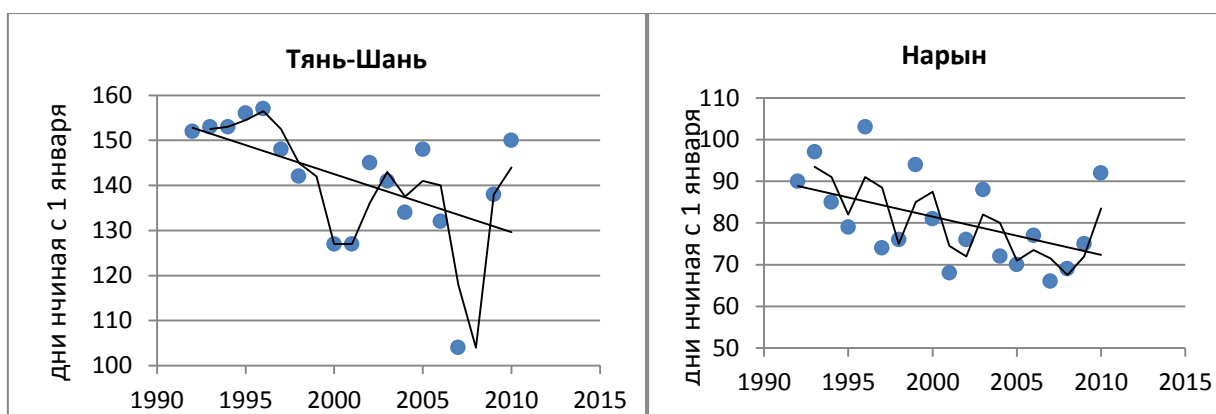


Рис.16 Даты перехода положительных температур через 0°С по метеостанциям Тянь-Шань и Нарын за последние 20 лет

Проведенный в ходе исследований анализ тесноты корреляционной зависимости средних вегетационных расходов воды ГПНН и среднемесячной температуры воздуха по метеостанциям Нарын и Тянь-Шань показал, что наиболее тесная корреляционная связь стока ГПНН наблюдается с температурой воздуха за летний период по метеостанции Тянь-Шань (Рис.17). Что вполне объяснимо, т.к. основной сток в верховье реки Нарын в вегетационный период, 72% (Рис.3), приходится на летние месяцы. Температура воздуха в летние месяцы также имеет тенденцию к повышению. С 1930 по 2012гг. температура воздуха за летний период, по данным метеостанции Тянь-Шань, повысилась на 1,2°С (Рис.18).

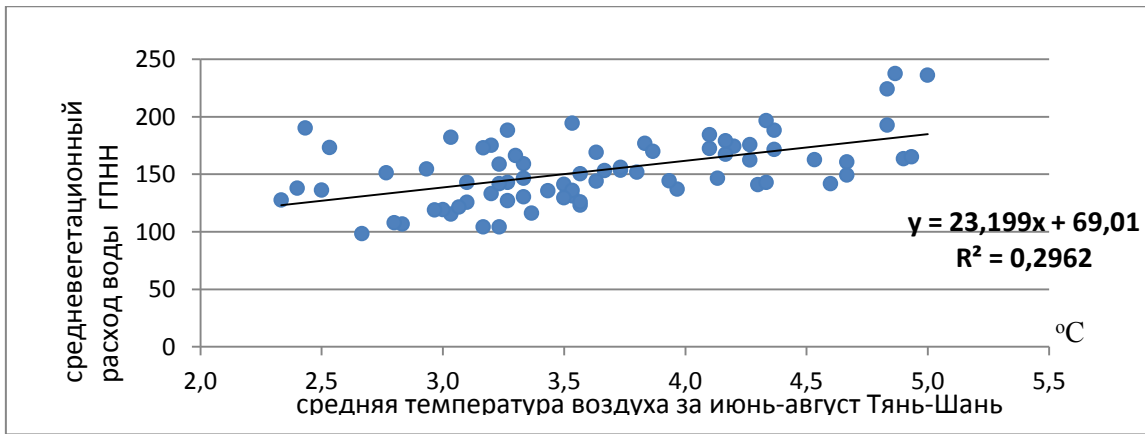


Рис.17. Зависимость средневегетационного расхода воды ГПНН от средней температуры воздуха за июнь-август по метеостанции Тянь-Шань

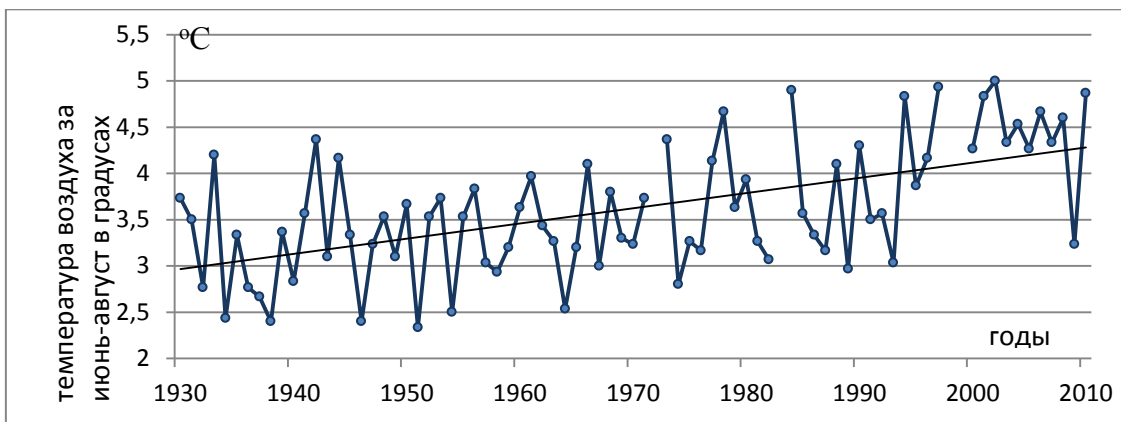


Рис. 18. Изменение средней температуры воздуха за июнь-август по метеостанции Тянь-Шань

Кроме климатических параметров на сток в вегетационный период оказывает влияние предшествующий меженный сток (октябрь-март) (Рис.19), который также повышается с 1992 года (Рис.20). По расчетам, средний сток за меженный период с 1992 по 2012гг. составил 37,6 м<sup>3</sup>/с или 126% от значений 1931-1991гг., где он составил 29,9 м<sup>3</sup>/с.

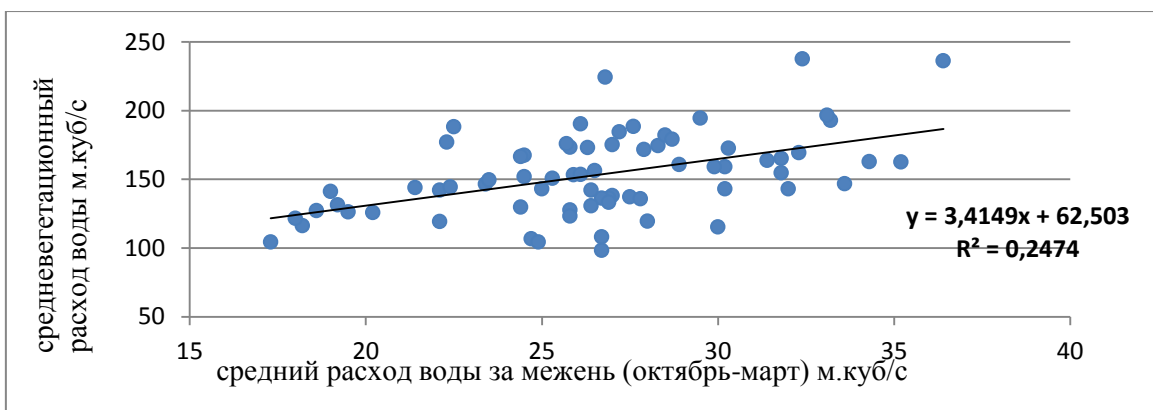


Рис.19. Зависимость средневегетационных расходов воды ГПНН от средних расходов воды за меженный период.

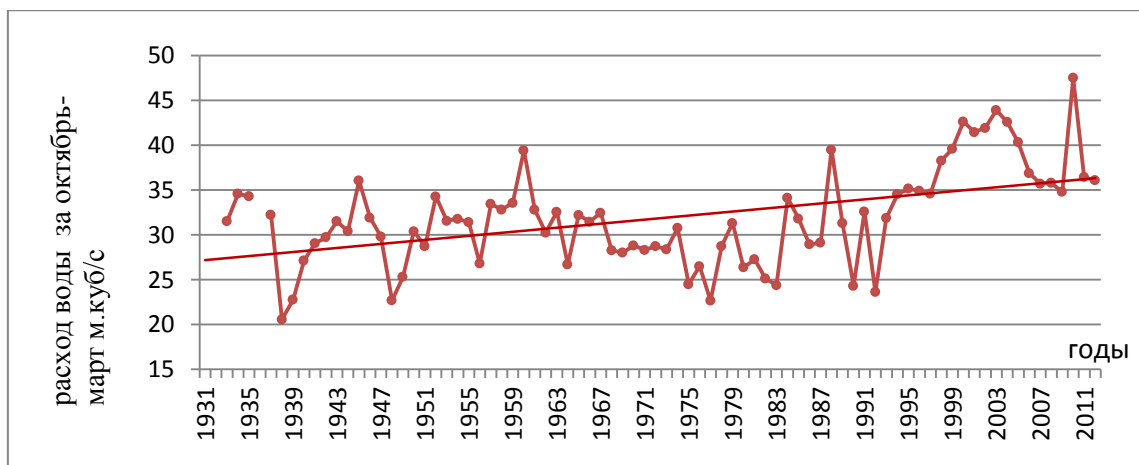


Рис.20. Изменение расходов воды за межлетний период ГПНН (м.куб/с).

#### Выводы:

1. Начиная с 1992 года, по данным гидропоста р.Нарын - г.Нарын (ГПНН) наблюдается повышение стока верховьев реки Нарын. За вегетационный период с 1992 по 2012гг. он составил  $177 \text{ м}^3/\text{с}$  или 122% от значений 1931-1991гг., где он составил  $145 \text{ м}^3/\text{с}$ .
2. Имея ледниково-снеговое питание (с максимумами половодья в июле-августе[4]), доля июля - месяца ледникового питания на ГПНН уменьшилась с 1992 по 2012гг почти на 10%. При росте доли месяцев питания за счет таяния сезонного снега (апрель, май и июнь), пик максимумов половодья будет постепенно смещаться на май-июнь.
3. Снижение доли стока в июле, начиная с 1992 года, связано с деградацией оледенения и отступанием фирновой границы.
4. Наиболее значительную роль в стокообразовании ГПНН за вегетационный период играет сумма осадков за холодный период года (октябрь-март) формирующая сезонные снегозапасы, увеличившиеся с 1992 по 2012гг. лет на 40 мм (по метеостанции Тянь-Шань) и на 30 мм (по метеостанции Нарын).
5. Сумма положительных температур воздуха, влияющая на интенсивность снеготаяния, повысилась за период наблюдений по метеостанции Тянь-Шань с  $349$  до  $482^\circ\text{C}$  и по метеостанции Нарын – с  $2531$  до  $2869^\circ\text{C}$ .
6. Количество дней с положительной температурой воздуха также увеличилось за период наблюдений по метеостанции Тянь-Шань со 109 до 122 дней и по метеостанции Нарын с 220 до 236 дней.
7. Даты перехода положительных температур воздуха через  $0^\circ\text{C}$  сместились за последние 10-15 лет на более ранние сроки: на метеостанции Тянь-Шань – с середины мая – июня на апрель – май; на

метеостанции Нарын – с апреля – второй половины марта на первую половину марта.

8. Наиболее тесные корреляционные зависимости температур воздуха и стока ГПНН за вегетационный период были получены с температурами метеостанции Тянь-Шань за летний период, которые также повысились за многолетний период наблюдений на  $1,2^{\circ}\text{C}$ .
9. Перечисленные изменения основных климатических параметров совместно привели к повышению стока в верховьях реки Нарын за вегетационный период с 1992 по 2012 годы.
10. Расходы воды за меженный период (октябрь-март) повысились в соответствии со стоком за вегетацию. С 1992 по 2012 гг. они составили  $37,6 \text{ м}^3/\text{с}$  или 126% от значений 1931-1991 гг. ( $29,9 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

#### Литература:

1. Диких А.Н. Ледниковый сток реки Нарын и сценарий возможного его изменения при потеплении климата//Изв.НАН КР. Проблемы геологии и географии в Кыргызстане. – Бишкек:Илим, 1999. – с.74-79
2. Кузьмиченок В.А. Оледенение и сток в бассейне реки Нарын. Инвентаризация, временные изменения, прогноз.// Изучение факторов формирования и оценка влияния водохранилищ Нижне-Нарынского каскада ГЭС на качество водных ресурсов бассейна реки Нарын изотопными методами.МНТЦ НАН КРИВПиГЭ. Часть 1. – Бишкек, 2010г.– 19-39 с.
3. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе//НАН КР. Институт водных проблем и гидроэнергетики. - Бишкек:Илим, 2006.- с.266
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.14. Вып.1. Бассейн р.Сыр-Дарьи./Под ред.И.А.Ильина. – Л.:Гидрометеиздат,1969г. – 439с.
5. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.:Гидрометеиздат, 1965. – 680с.