

**И.А.Ахмедходжаева, Т.Апакхужаева,  
З.И.Ибрагимова**

**Ташкент 2019**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Ифода Ахмаджановна Ахмедходжаева,

Турсунной Убайдуллаевна Апакхужаева,

Зайтуна Искандаровна Ибрагимова

**Прогноз потери ёмкости  
русловых водохранилищ сезонного  
регулирования**

**Ташкент 2019**

УДК 627.815.2(575.152)(043.3)

В монографии освещается проблема заиления русловых водохранилищ ирригационного назначения на современном этапе. Дан детальный анализ имеющихся методов определения объемов заиления чаши водохранилищ. Анализируется современное состояние крупных русловых водохранилищ республики после длительного периода их эксплуатации. Описан метод прогнозирования изменения объемов заиления в зависимости от географического местоположения русловых водохранилищ.

Данная монография может быть полезна для гидротехников, гидравликов, гидрологов а также для докторантов и студентов факультетов указанных специальностей высших образовательных учреждений.

In this book overviewed the problem of siltation of channel reservoirs for irrigation purposes at the present stage. A detailed analysis of the available methods for determining the volume of siltation of the reservoir bowl is given. The current state of large riverbed reservoirs of the Republic after a long period of their operation is analyzed. A method of forecasting changes in siltation volumes depending on the geographical location of channel reservoirs is described.

This book can be useful for hydraulics, hydrologists as well as for doctoral researchers and students of the faculties of these specialties of higher educational institutions.

Ответственный редактор:

Доктор технических наук, профессор *А.М.Арифжанов*

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор *Э.Ж.Махмудов*

Доктор технических наук *М.Р.Икрамова*

Рекомендован к печати Научным советом Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

## ВВЕДЕНИЕ

Монография посвящена одной из самых актуальных и до настоящего времени освященных в недостаточной мере вопросов – точному определению и, особенно, прогнозированию потерь ёмкости русловых водохранилищ и вопросу размещения наносов в ирригационных водохранилищах.

Центрально-азиатский регион является одним из экономических районов, где основой хозяйства является орошаемое земледелие, которое базируется на совместном использовании водных ресурсов бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи. Благоприятные природные условия и богатые водно-земельные ресурсы этого района создали большие возможности для развития орошаемого земледелия, эффективность которого непосредственно связана с водообеспеченностью. Перераспределение стока по территории республики в соответствии с режимом водопотребления осуществляется водохранилищами.

В бассейне Аральского моря построено более 60 водохранилищ с полезным объёмом воды свыше 10 млн. м<sup>3</sup> каждое. Полный суммарный объём водохранилищ составляет 64,5 км<sup>3</sup>, из которого полезный объём составляет 46,5 км<sup>3</sup>, включая 20,2 км<sup>3</sup> в бассейне р. Амударьи и 26,3 км<sup>3</sup> – в бассейне р. Сырдарьи.

Благодаря построенным водохранилищам степень зарегулированности (гарантированной отдачи) стока составляет по Сырдарье 0,94 (т.е. естественный сток зарегулирован почти полностью), а по Амударье – 0,78 (т.е. имеются резервы дальнейшего регулирования). Регулирование Амударьи резко отличается тем, что в нем участвуют лишь три русловых водохранилища – 2 на Вахше (Нурекское и Байпазинское) и одно на Амударье (Тюямуюнское) и целый ряд наливных внутрисистемных водохранилищ на каналах (Каракумском – четыре, Каршинском – одно, Амубухарском – два) с общим объёмом более 6 км<sup>3</sup>. Но наполнение этих водохранилищ может

производиться при тесной увязке режимов попусков с лимитами водозаборов в эти каналы. Большинство водохранилищ были построены более 25 лет тому назад. За период срока своего существования практически все они были подвержены заилению, что привело к потере проектного полезного объёма. Это означает, что вышеприведённые значения полезного объёма водохранилищ следует уменьшить как минимум на 30%, а стало быть, соответствующим образом снизить и степень регулирования стока рек /28/.

Одним из условий эффективной и экономичной эксплуатации водохранилищ является наличие информации об его объёме. Этот объём с каждым годом эксплуатации непрерывно сокращается из-за осаждения наносов. За год в водохранилище могут накапливаться миллионы кубометров наносов, поэтому объём водохранилищ (по кривой его зависимости от отметки уровня воды в нем) определяется со всё возрастающей погрешностью. Следовательно, необходим метод учёта непрерывного изменения объёма водохранилища в течение его эксплуатации.

Известно, что реальные технические возможности регулирования стока реки определяются в основном полезными объёмами каскада водохранилищ в речном бассейне. Отсутствие работ по определению объёмов заиления крупных ирригационных водохранилищ затрудняет возможности прогнозирования потери их ёмкости, т.к. все имеющиеся работы по определению заиления водохранилищ относятся к энергетическим, где уровень воды в верхнем бьефе держится на отметке нормального подпёртого уровня (НПУ). Отсутствие достоверной информации о регулирующих возможностях стока рек водохранилищами приводит к неправильному распределению располагаемых водных ресурсов и соответствующим негативным последствиям и, особенно, в маловодные годы. Например, с момента ввода Нурекского и Тюямуюнского гидроузлов в эксплуатацию прошло уже соответственно 48 и 39 лет. За это время вследствие заиления, переработки берегов и оползневых явлений их полезные объёмы

уменьшились. Из пяти водохранилищ (Нурек - одно, Туюмуйун - четыре) натурные наблюдения выполнялись только на одном из них (Туюмуйун - Русловое). Полезный объем этой емкости за этот период уменьшился на ~ 1,1 млрд. м<sup>3</sup> (т.е. на 40 %) от проектного.

На практике фактические объемы заиления водохранилищ сильно отличаются от проектных. Их анализ показывает, что фактические объемы заиления превышают от 1,5 до 6 раз их проектные значения.

Существует много работ по определению емкости чаши водохранилищ и объёма их заиления. Однако анализ многолетних натуральных наблюдений за изменением чаши водохранилищ показал, что высотное расположение водохранилищ имеет существенное влияние на интенсивность заиления.

Вышесказанное показывает назревшую необходимость проведения специальных научных исследований по уточнению методики для определения объемов заиления ирригационных водохранилищ за период их эксплуатации.

На основе анализа материалов по фактическому заилению общего и мёртвого объёмов более 20 крупных водохранилищ Узбекистана, приведенного в процессе работы над данной монографией, были разработаны рекомендации по определению ежегодного объёма заиления русловых ирригационных водохранилищ и прогнозированию потери емкости в будущем. При этом было уделено особенное внимание на их географическое расположение, так как в процессе работы была выявлена зависимость между интенсивностью заиления водохранилищ и их высотным расположением.

Сбор, изучение, системный анализ и обобщение натуральных исследований на крупных водохранилищах Республики Узбекистан позволил разработать методику расчёта заиления русловых ирригационных водохранилищ, разработать рекомендации по прогнозу изменения емкости водохранилищ в зависимости от твёрдого стока реки, определить

зависимость между интенсивностью заиления водохранилищ и их географическим высотным расположением.

В монографии предложена зависимость для расчета объёма твёрдого стока водотоков, на которых расположены крупные водохранилища Республики Узбекистан на основе статистической обработки натуральных данных, предложена методика расчёта и прогнозирования заиления русловых водохранилищ сезонного регулирования, на основе анализа распределения объёмов отложений в водохранилищах. Установлена зависимость между интенсивностью заиления водохранилищ и их географически высотным расположением. Описан процесс последовательности заиления водохранилищ сезонного регулирования, который показывает, что отложение наносов происходит одновременно как в зоне мёртвого объёма, так и в зоне полезной ёмкости.

Применение разработанных рекомендаций будет способствовать рациональному управлению имеющимися водными ресурсами.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  | Стр.       |
|--|------------|
| <b>Принятые обозначения и понятия .....</b>  | <b>7</b>   |
| <b>Введение.....</b>   | <b>7</b>   |
| <b>I. Обзор существующих исследований по расчету и прогнозу<br/>заиления водохранилищ</b>  | <b>12</b>  |
| 1.1 Особенности механики отложения наносов в полезном и мёртвом<br>объёмах водохранилищ.....   | 12         |
| 1.2 Существующие методы расчёта заиления водохранилищ.....   | 20         |
| 1.3 Анализ расчётных зависимостей заиления водохранилищ.....   | 25         |
| <b>II. Исследование и анализ заиления чаши крупных ирригационных<br/>водохранилищ после длительного периода их эксплуатации с<br/>учетом их высотного расположения</b> | <b>29</b>  |
| 2.1. Классификация водохранилищ.....   | 29         |
| 2.2. Натурные промеры водохранилищ.....  | 33         |
| 2.3. Анализ и сравнение натуральных и проектных данных по заилению<br>русловых водохранилищ. ....  | 40         |
| 2.4. Анализ и сравнение натуральных и проектных данных по наливным<br>водохранилищам.....  | 98         |
| <b>III. Разработка расчётных зависимостей для оценки заиления<br/>ирригационных русловых водохранилищ</b>  | <b>124</b> |
| 3.1 Стадии заиления русловых водохранилищ.....   | 124        |
| 3.2 Вывод расчётной зависимости для определения твёрдого стока...  | 131        |
| 3.3 Порядок расчёта твёрдого стока реки.....   | 136        |
| 3.4 Определение коэффициента корреляции.....   | 137        |
| <b>IV. Предлагаемая методика расчёта заиления водохранилищ</b>   | <b>141</b> |
| 4.1. Порядок расчёта заиления водохранилищ.....  | 141        |



|   |            |
|---|------------|
| <b>4.2 Примеры расчёта заиления по предлагаемой методике:</b> |            |
| а) Южно-Сурханское водохранилище.....                         | 143        |
| б) Тюямуюнское русловое водохранилище.....                    | 149        |
| <b>4.3 Сравнительный анализ .....</b>                         | <b>161</b> |
| <b>Литература.....</b>  | <b>165</b> |

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ЗАИЛЕНИЯ ИРРИГАЦИОННЫХ РУСЛОВЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

## 3.1. Стадии заиления русловых водохранилищ

Особенности заиления водохранилищ, работающих в ирригационном режиме отложения наносов, т.е. при переменном уровне воды в подпёртом бьефе.

Как говорилось в главе 1, ирригационные водохранилища сезонного регулирования, в основном имеют следующие 2 такта работы:

- накопление воды в водохранилище в вневегетационный период (сентябрь – март), начало и пик паводка (апрель – май);
- сработка воды на орошение в вегетационный период – спад паводка и конец вегетации (конец мая - август) (рис. 3.1.1).

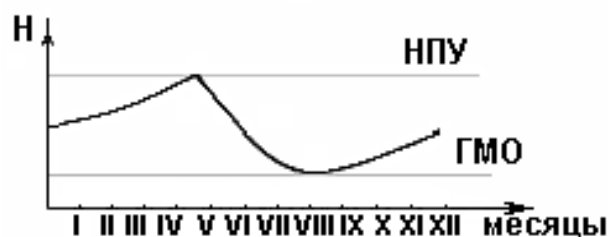


Рис. 3.1.1

Рассмотрим режим отложения наносов в водохранилище при накоплении в нем воды. По мере повышения уровня воды в водохранилище начало кривой выклинивания подпора начинает удаляться от створа плотины до момента достижения отметки уровня воды при НПУ.

Для простоты принимаем, что все наносы осаждаются в самом водохранилище без транзита в нижний бьеф (рис.3.1.2).

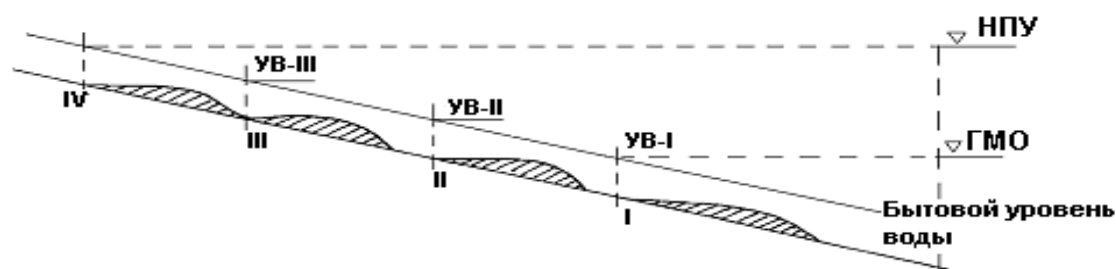


Рис. 3.1.2

Рассмотрим несколько характерных периодов, когда уровень воды равен УМО - (I), НПУ - (IV) и двум промежуточным уровням (II и III).

При уровне воды в водохранилище, равном УМО, все наносы оседают в мёртвом объёме. Во всех остальных случаях (II, III, IV) наносы откладываются в зоне полезного объёма.

Так как процесс наполнения водохранилища непрерывен и уровень в нем поднимается постепенно, характер отложения наносов по длине подпёртого бьефа будет более или менее равномерным, что подтверждается данными натурных наблюдений [9]. Это иллюстрируется поперечными профилями Урта-Токайского водохранилища с указанием слоя заиления за период с 1956 по 1966 годы (рис. 3.1.2). Такая же картина наблюдается и на других водохранилищах.

По мере снижения уровня воды (2 такт) створ выклинивания кривой подпора смещается вниз по течению. При этом на вышележащих участках уклон водной поверхности становится близким к бытовой величине, соответственно повышается и средняя скорость потока, начинается промыв отложений из этих участков вниз по течению.

Интенсивность промыва отложившихся наносов достаточно велика и поток промывает себе русло в отложениях практически до отметки своего естественного ложа.

Ширина промытого русла обычно бывает не более  $(3\div 4)B_y$ , где  $B_y$  - ширина устойчивого русла [3].

$$B_y = A \cdot \frac{Q^{0,5}}{i^{0,2}}$$

где  $Q$  – расход реки перед водохранилищем в период снижения уровня воды, т. е. ширина промываемого русла намного меньше ширины отложений.

В результате анализа многолетних наблюдений за заилением водохранилищ было выяснено, что заиление чаши водохранилища проходит 3 стадии:

**1-я стадия** – когда в водохранилище отлагаются все поступающие с водотоком наносы;

**2-я стадия** – когда в водохранилище отлагается часть приносимых водотоком наносов, а остальные наносы сбрасываются в нижний бьеф;

**3-я стадия** – практически бесконечная, когда объём приносимых потоком наносов равен объёму наносов, сбрасываемых в нижний бьеф, что происходит при снижении уровня воды в водохранилище до ГМО. Таким образом, ёмкости водохранилищ, работающих в ирригационном режиме (наполнение до НПУ и сработка до ГМО), никогда не достигнут нулевых значений.

Большинство русловых водохранилищ, расположенных на территории Республики Узбекистан, находятся в 1-ой стадии заиления, некоторые – во 2-ой стадии (в их числе Южно-Сурханское) и только одно – в 3-ей стадии заиления (Тюямуюнское Русловое).

По данным натурных наблюдений примерно третья часть от всего объёма попадает в мёртвый объём, а остальные две трети отлагаются в полезной ёмкости водохранилища.

Анализ данных заиления всех крупных (ёмкостью более 50 млн. м<sup>3</sup>) (таблица 3.1.1.) русловых водохранилищ Республики Узбекистан показал, что соотношение объёма отложений в мёртвом объёме к общему объёму отложений в водохранилищах к концу первой стадии заиления можно описать уравнением:

$$\frac{W_{3.м}}{W_{3.0}} = 0,17 + 0,13 \frac{W_{3.м}}{W_{м}} \quad (3.1-1)$$

где  $W_{3.м}$  - объём отложений в мёртвом объёме;

$W_{3.0}$  - общий объём отложений;

$W_{м}$  - мёртвый объём.

Принимаем  $K_2 = \frac{W_{3.м}}{W_{3.0}}$ , - коэффициент, учитывающий отношение объёма

заиления мёртвой ёмкости к общему объёму заиления.

На рис. 3.1.3 показана зависимость  $K_2 = f\left(\frac{W_{3.м}}{W_{.м}}\right)$ .

Зависимость (3.1-1) неудобна в расчётах, так как величина  $W_{3.м}$  находится в обеих сторонах уравнения. Поэтому это уравнение представим в виде:

$$\frac{W_{3.м}}{W_{3.0}} - 0,13 \frac{W_{3.м}}{W_{.м}} = 0,17, \quad \text{откуда} \quad W_{3.м} \cdot \left( \frac{1}{W_{3.0}} - \frac{0,13}{W_{.м}} \right) = 0,17$$

и, преобразуя, получим:

$$\frac{W_{\xi i}}{W_i} = \frac{0,17}{1 - 0,13 \frac{W_{\xi i}}{W_i}} \quad (3.1-2)$$

обозначая  $\frac{W_{3.0}}{W_{.м}} = n$ ,  $\frac{W_{\xi i}}{W_i} = \frac{0,17}{1 - 0,13 \cdot n}$  получаем

$$K_2 = \frac{0,17}{1 - 0,13 \cdot n} \quad (3.1-3)$$

Первая стадия заиления заканчивается, когда мёртвый объём заилится полностью, и наносы начинают поступать в нижний бьеф. Этому случаю соответствует  $W_{3.м} = W_{.м}$ .

Подставляя в (3.1-2), получим

$$n = 3,33$$

Отсюда:

$$\hat{E}_2 = \frac{0,17}{1 - 0,13 \cdot n} = \frac{0,17}{1 - 0,13 \cdot 3,33} = 0,3$$

Во 2-й стадии заиления водохранилищ предполагается, что мёртвый объём заилен полностью, а часть наносов выносится в нижний бьеф. Во время натурных исследований объём выносимых в нижний бьеф наносов не измеряют, поэтому их количество приходится определять косвенным путём. Для этого мы экстраполируем уравнение (3.2.-1), принимая  $W_{з.м.} = W_{м.} + W_{н.б.}$

Если считать, что во второй стадии заиления закономерность заиления сохраняется, то

$$K_2 = \frac{W_{нб} + W_{м.}}{W_{зо}} = 0,17 + \frac{(W_{нб} + W_{м.})}{W_{м.}} \cdot 0,13$$

Отсюда находим

$$\frac{W_{ía} + W_i}{W_{çí}} = \frac{0,17 \cdot W_i + 0,13 \cdot W_{ía} + 0,13 \cdot W_i}{W_i}$$

после преобразования и замены  $\frac{W_{зо}}{W_{м.}} = n$ , получаем:

$$\frac{W_{нб}}{W_{м.}} = \frac{0,3 \cdot n - 1}{1 - 0,13 \cdot n} \quad (3.1-4)$$

Полученные расчётные зависимости позволяют производить полный расчёт заиления ирригационных водохранилищ по этапам.

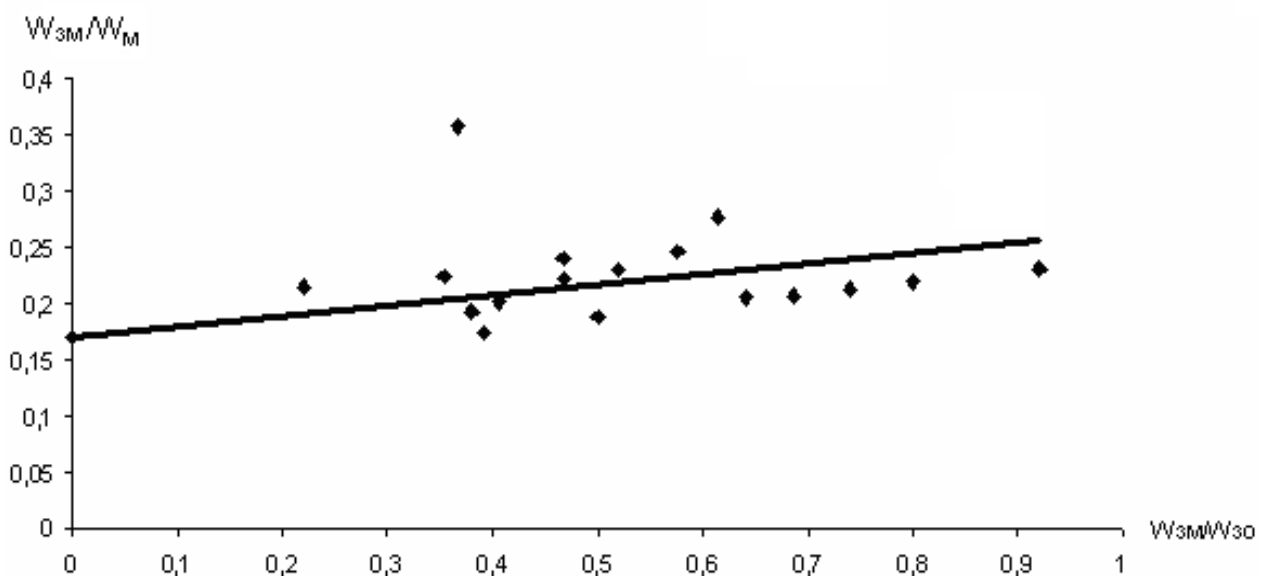


Рис. 3.1.3. График зависимости  $K_2 = F(W_{3M}/W_M)$

Таблица 3.1.1.

## ДАнные о заилении водохранилищ

| Наименование водохранилищ | Источник питания      | Год вступ в экспл | НПУ, м | ГМО, м | Полная емкость $W_0$ , млн м <sup>3</sup> | Мёрт-вый объём $W_m$ , млн м <sup>3</sup> | Период наблюдения | t лет | Общий объём заиления $W_{з.о}$ млн м <sup>3</sup> | Годовое заиления общего объёма $R_{г.ф}$ млн м <sup>3</sup> /г. | Годовое заиление по проекту $R_{г.пр}$ млн м <sup>3</sup> /г. | $K_1 = \frac{R_{г.ф}}{R_{г.пр}}$ | Заиление мертвого объёма $W_{з.м}$ , млн м <sup>3</sup> | $K_2 = \frac{W_{з.м}}{W_{з.о}}$ | $\frac{W_{з.м}}{W_m}$ |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------|--------|---|---|-------------------|-------|---|---|---|----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------|
| 1                         | 2                     | 3                 | 4      | 5      | 6   | 7   | 8                 | 9     | 10  | 11  | 12  | 13                               | 14  | 15                              | 16                    |
| Южно-Сурханское           | Сурхандарья, русловое | 1962              | 415,0  | 399    | 800                                       | 96  | 1962-70           | 9     | 98,41   | 10,93   | 6,8   | 1,61                             | 35,2  | 0,358                           | 0,367                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1962-75           | 14    | 152   | 10,86   |   | 1,60                             | 34,0  | 0,224                           | 0,354                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1962-79           | 18    | 194   | 10,78   |   | 1,59                             | 39  | 0,201                           | 0,406                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1962-86*          | 24    | 213   | 8,88  |   | 1,31                             | 59  | 0,277                           | 0,614                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1962-96           | 35    | 267   | 7,34  |   |                                  |   |                                 |                       |
|                           |                       |                   |        |        |   | 1962-2002                                 | 41                | 297   | 7,24  |   |   | 68,75                            | 0,231   | 0,716                           |                       |
| Чимкурганское             | Кашкардарья, русловое | 1960              | 488,20 | 471,0  | 500                                       | 50  | 1960-71           | 11    | 51,1  | 4,64  | 1,2   | 3,87                             | 11  | 0,215                           | 0,22                  |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1960-73           | 13    | 54,0  | 4,15  |   | 3,46                             |   |                                 |                       |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1960-2000         | 40    | 98,59   | 2,46  |   | 2,05                             | 19,08   | 0,193                           | 0,38                  |
| Кайрак-кумское            | Сыр-Дарья, русловое   | 1956              | 347,5  | 342,5  | 4160                                      | 2140                                      | 1956-69           | 13    | 413   | 31,77   | 19  | 1,67                             | 100   | 0,24                            | 0,467                 |
| Тюямуюнское               | Амударья, русловое    | 1980              | 130,0  | 120,0  | 2340                                      | 250                                       | 1980-87           | 7     | 528   | 75,43   | 47,5  | 1,59                             | 117   | 0,222                           | 0,468                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1980-88           | 8     | 559   | 69,88   |   | 1,47                             | 144   | 0,246                           | 0,576                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1980-89           | 9     | 565   | 62,78   |   | 1,32                             | 130   | 0,23                            | 0,52                  |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1980-90**         | 10    | 559   | 55,90   |   | 1,18                             | 98**  | 0,175                           | 0,392                 |
|                           |                       |                   |        |        |   |   | 1980-91           | 11    | 664   | 60,36   |   | 1,27                             | 125   | 0,188                           | 0,50                  |
|                           |                       |                   |        |        |   | 1980-92                                   | 12                | 782   | 65,17   |   | 1,37  | 160                              | 0,205   | 0,64                            |                       |

Продолжение табл. 3.1.1

| 1                 | 2                  | 3    | 4      | 5      | 6      | 7    | 8       | 9  | 10    | 11    | 12   | 13   | 14    | 15    | 16    |
|-------------------|--------------------|------|--------|--------|--------|------|---------|----|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|                   |                    |      |        |        |        |      | 1980-93 | 13 | 867   | 66,69 |      | 1,40 | 185   | 0,213 | 0,74  |
|                   |                    |      |        |        |        |      | 1980-95 | 15 | 913   | 60,87 |      | 1,28 | 200   | 0,219 | 0,80  |
|                   |                    |      |        |        |        |      | 1980-96 | 16 | 994   | 61,87 |      | 1,30 | 230   | 0,231 | 0,92  |
| Ташкент-<br>ское  | Ангрен<br>русловое | 1963 | 394,0  | 371,65 | 250,0  | 18,0 | 1963-84 | 21 | 46,2  | 2,2   | 1,24 | 1,96 |       |       |       |
|                   |                    |      |        |        |        |      | 1963-97 | 35 | 59,81 | 1,709 |      | 1,53 | 12,36 | 0,207 | 0,686 |
| Андижанское       | Кара-<br>дарьё     | 1983 | 906,0  | 846,5  | 1900   | 150  | 1985-03 | 21 | 255,2 | 12,15 | 6,8  | 1,79 | 55,03 | 0,216 | 0,367 |
| Ахангаранск<br>ое | Аханга<br>ран      | 1972 | 1043,0 | 1010,0 | 200,16 | 9,4  | 1972-02 | 30 | 12,1  | 0,400 | 6,17 | 6,17 | 3,6   | 0,273 | 0,3   |
| Хиссаракское      | Акдарья            | 1985 | 1118   | 1040   | 170    | 10   | 1985-03 | 18 | 22,4  | 1,244 |      |      | 10    | 0,357 | 1,0   |
| Пачкамарское      | Гузар<br>дарья     | 1967 | 676,0  | 636    | 260    |      | 1967-70 | 4  | 11    | 2,75  | 0,28 | 9,68 |       | 0,318 | 0,86  |
|                   |                    |      |        |        |        |      | 1967-86 | 20 | 27    | 1,35  |      | 4,75 |       |       |       |
|                   |                    |      |        |        |        |      | 1967-96 | 30 | 53,55 | 1,78  |      | 6,44 |       |       |       |



### 3.2 Вывод расчётной зависимости для определения твёрдого стока.

**Твёрдый сток.** Большинство рек вместе с водой переносят значительное количество наносов. Реки, относимые по рельефу водосборной площади к горным и равнинным, по своей длине разделяются на верхнюю, среднюю и нижнюю части. В реках зрелых, достигших равновесия, таких как Амударья и Сырдарья, в верхней части наблюдаются более или менее интенсивные размывы русла, в средней части – преимущественно перенос наносов и частично местные подмывы берегов, и в нижней – отложение наносов. В более молодых реках размывы русла и берегов и блуждание реки по пойме наблюдается на всём протяжении (например, реки Заравшан, Сурхан-Дарья, Чирчик, Карадарья, Нарын и др). В средних и нижних частях старых рек размывы русла менее значительны [9], [21], [24], [46].

В горных районах во время таяния ледников и снега, во время выпадения ливней происходят размывы крутых склонов, тальвегов, нередко обвалы выветрившихся и подмытых потоком горных пород. Наносы, передвигаясь с водой, постепенно истираются; характерно изменение размеров слагающих русло горных рек наносов: в верховьях – преимущественно крупные булыги, далее – крупная галька, ниже – мелкая галька и гравий, и в низовьях – пески и гравий.

Большую часть твёрдого стока составляют взвешенные наносы, количество донных наносов обычно значительно меньше, чем взвешенных, за исключением селевых потоков [10], [22], [37],[42].

При заполнении объёмов подпёртых бьефов и водохранилищ наносами, регулирующая способность их сокращается, что приводит к необходимости составления прогноза заиления.

По М.М. Гришину [16], верхние бьефы гидроузлов подразделяются на подпёртые бьефы и водохранилища. Разделение основано на различном уровненом режиме при эксплуатации: в подпёртых бьефах уровень воды

поддерживают примерно на одной отметке в пределах от НПУ до ФПУ, в водохранилищах его для перерегулирования расходов во времени изменяют в значительном диапазоне – от УМО до НПУ.

Данные о заилении всех водохранилищ, расположенных на территории Республики Узбекистан, имеющих в нашем распоряжении, приведены в таблице 3.2.1.

Находим значение

$$\alpha = R_{\Gamma} \cdot t \cdot \frac{2}{W_H + W_K} \quad (3.2 - 1)$$

$W_H$  - ёмкость водохранилища в начале расчётного периода, млн. м<sup>3</sup>;

$W_K$  - ёмкость водохранилища в конце расчётного периода, млн. м<sup>3</sup>;

$R_{\Gamma}$  - объём твёрдого стока в верхнем бьефе водохранилища за расчётный период, млн. м<sup>3</sup>/год;

$t$  - продолжительность периода, в годах.

Все эти данные были нанесены на логарифмическую сетку  $\alpha = f(H_{НПУ})$ . Оказалось, что все точки лежат на кривой (или вблизи неё),

$$\alpha = \left( \frac{H_H}{H_{НПУ}'} - 1 \right) \cdot 0.004 \quad (3.2 - 2)$$

где  $H_{НПУ}'$  - относительный нормальный подпёртый уровень – (абсолютная отметка НПУ относительно уровня моря);

$H_H=1600$  м- высота, выше которой объём наносов стремится к нулю.

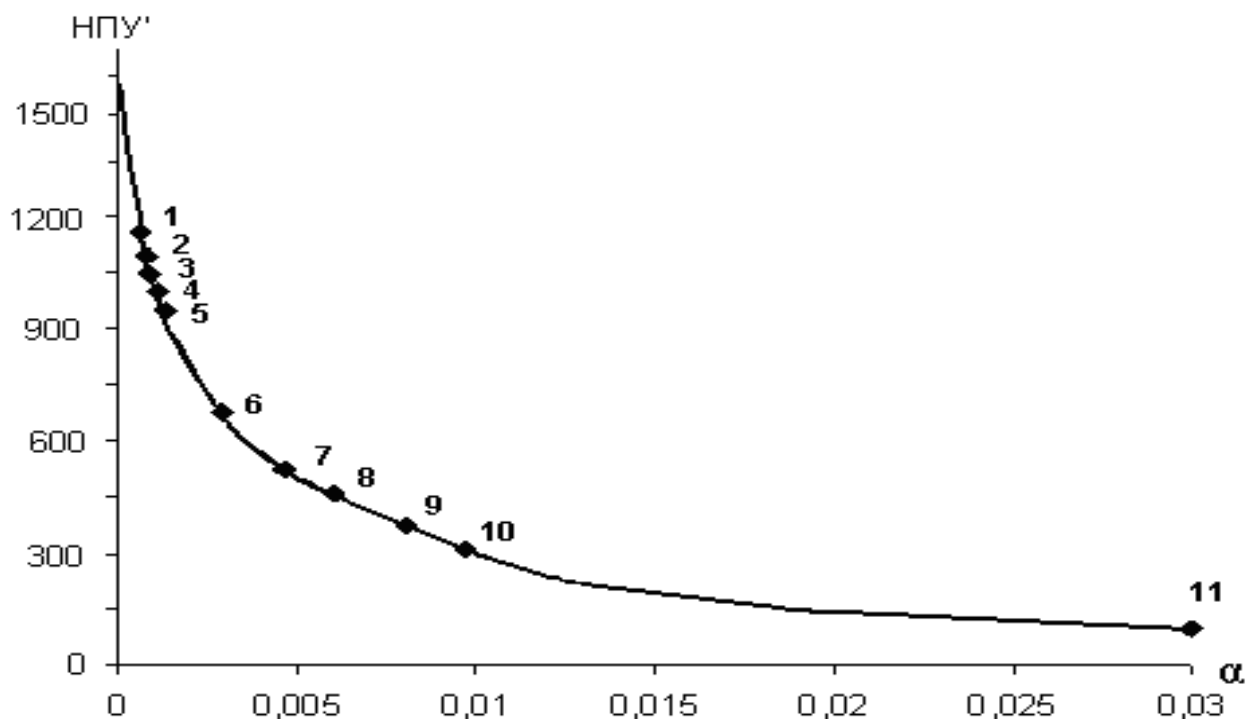
Расчеты, выполненные по зависимости (3.2 – 2) показали хорошую сходимость с натурными данными, что важно при расчётах заиления русловых водохранилищ.

**Динамика заиления крупных русловых водохранилищ**

**Таблица 3.2.1**

| №  | Водохранилище   | НПУ    | Общий объем $W_{об}$ , млн.м <sup>3</sup> | Период наблюдения | $W_{зо}$ , млн.м <sup>3</sup> | $T$ , лет | $R_{г}$ , млн.м <sup>3</sup> /г. | $W_{зо}/W_{об} * 100\%$ | $W_{зо}/W_{об} * 100\%$ среднее | $W_{к}$ , млн.м <sup>3</sup> | $W_{н}$ , млн.м <sup>3</sup> | $W_{к} + W_{н2}$ | $\alpha$ | $\alpha_{ср}$ |
|----|-----------------|--------|---|-------------------|-------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|----------|---------------|
| 1  | 2               | 3      | 4   | 5                 | 6                             | 7         | 8                                | 9                       | 10                              | 11                           | 12                           | 13               | 14       | 15            |
| 1  | Ахангаранское   | 1070,5 | 200                                       | 1972-2000         | 12,1                          | 28        | 0,432                            | 0,216                   | 0,216                           | 187,9                        | 200                          | 193,9            | 0,00223  | 0,00223       |
| 2  | Пачкамарское    | 676    | 260                                       | 1967-70           | 11                            | 4         | 2,75                             | 1,06                    | 0,75                            | 249                          | 260                          | 254,5            | 0,01085  | 0,00788       |
|    |                 |        |   | 1967-86           | 27                            | 20        | 1,35                             | 0,519                   |                                 | 233                          | 260                          | 246,5            | 0,00547  |               |
|    |                 |        |   | 1967-96           | 53,55                         | 30        | 1,71                             | 0,658                   |                                 | 2065                         | 260                          | 133,2            | 0,0733   |               |
| 3  | Кайраккумское   | 347,5  | 4160                                      | 1956-58           | 97                            | 3         | 32,33                            | 0,777                   | 0,682                           | 4063                         | 4160                         | 4112             | 0,00786  | 0,007114      |
|    |                 |        |   | 1956-60           | 143                           | 5         | 28,6                             | 0,688                   |                                 | 4017                         | 4160                         | 4088             | 0,007    |               |
|    |                 |        |   | 1956-66           | 221                           | 11        | 20,6                             | 0,495                   |                                 | 3939                         | 4160                         | 4050             | 0,00508  |               |
|    |                 |        |   | 1956-69           | 413                           | 13        | 31,76                            | 0,763                   |                                 | 3747                         | 4160                         | 3952             | 0,00803  |               |
|    |                 |        |   | 1956-75           | 560                           | 19        | 29,47                            | 0,708                   |                                 | 3600                         | 4160                         | 3880             | 0,0076   |               |
| 4. | Чимкурганское   | 488,2  | 500                                       | 1962-71           | 51,1                          | 9         | 5,68                             | 1,136                   | 0,879                           | 449                          | 500                          | 474,5            | 0,012    | 0,0098        |
|    |                 |        |   | 1962-73           | 54                            | 11        | 4,91                             | 0,982                   |                                 | 446                          | 500                          | 473              | 0,0104   |               |
|    |                 |        |   | 1962-2000         | 98,59                         | 38        | 2,59                             | 0,518                   |                                 | 401,6                        | 500                          | 451              | 0,00574  |               |
| 5. | Южно-Сурханское | 415    | 800                                       | 1962-71           | 98,4                          | 9         | 10,93                            | 1,366                   | 1,34                            | 701,6                        | 800                          | 751              | 0,01455  | 0,01205       |
|    |                 |        |   | 1971-75           | 53,6                          | 5         | 10,71                            | 1,339                   |                                 | 648                          | 701,6                        | 675              | 0,01587  |               |
|    |                 |        |   | 1976-79           | 42                            | 4         | 10,5                             | 1,3125                  |                                 | 602                          | 648                          | 625              | 0,0169   |               |
|    |                 |        |   | 1980-89           | 41                            | 10        | 4,1                              | 0,5125                  |                                 | 561                          | 602                          | 582              | 0,00706  |               |
|    |                 |        |   | 1990-96           | 32                            | 7         | 4,57                             | 0,571                   |                                 | 529                          | 561                          | 545              | 0,00834  |               |
|    |                 |        |   | 1997-2002         | 30                            | 6         | 5                                | 0,625                   |                                 | 500                          | 529                          | 514              | 0,00973  |               |
| 6. | Ташкентское     | 394    | 250                                       | 1963-85           | 46                            | 23        | 2                                | 0,8                     | 0,75                            | 204                          | 250                          | 227              | 0,00881  | 0,0084        |
|    |                 |        |   | 1963-97           | 59,81                         | 34        | 1,759                            | 0,7                     |                                 | 180                          | 250                          | 220              | 0,008    |               |
| 7. | Кассансайское   | 1128,5 | 165                                       | 1943-53           | 0,989                         | 10        | 0,099                            | 0,06                    | 0,091                           | 163                          | 165                          | 164              | 0,000603 | 0,00092       |
|    |                 |        |   | 1943-60           | 2,43                          | 17        | 0,143                            | 0,0876                  |                                 | 162,6                        | 165                          | 164              | 0,000872 |               |
|    |                 |        |   | 1943-65           | 3,486                         | 22        | 0,158                            | 0,0958                  |                                 | 161                          | 165                          | 163              | 0,000969 |               |

|     |               |      |       |         |       |    |       |        |       |        |      |       |          |         |
|-----|---------------|------|-------|---------|-------|----|-------|--------|-------|--------|------|-------|----------|---------|
|     |               |      |       | 1943-69 | 5,6   | 28 | 0,2   | 0,1212 |       | 160    | 165  | 162   | 0,001233 |         |
| 8.  | Русловое ТМГУ | 130  | 2430  | 1980-85 | 585   | 5  | 117   | 4,815  | 2,988 | 1845   | 2430 | 2137  | 0,0547   | 0,0341  |
|     |               |      |       | 1980-86 | 450   | 6  | 75    | 3,086  |       | 1980   | 2430 | 2205  | 0,034    |         |
|     |               |      |       | 1980-87 | 528   | 7  | 75,4  | 3,103  |       | 1902   | 2430 | 2166  | 0,0348   |         |
|     |               |      |       | 1980-88 | 585   | 8  | 73,1  | 3,008  |       | 1945   | 2430 | 2138  | 0,0342   |         |
|     |               |      |       | 1980-89 | 565   | 9  | 62,8  | 2,58   |       | 1865   | 2430 | 2147  | 0,0292   |         |
|     |               |      |       | 1980-90 | 559   | 10 | 55,9  | 2,3    |       | 1871   | 2430 | 2150  | 0,026    |         |
|     |               |      |       | 1980-91 | 664   | 11 | 60,4  | 2,633  |       | 1766   | 2430 | 2095  | 0,0288   |         |
|     |               |      |       | 1980-92 | 781   | 12 | 65,1  | 2,679  |       | 1649   | 2430 | 2040  | 0,0319   |         |
|     |               |      |       | 1980-93 | 867   | 13 | 66,2  | 2,72   |       | 1563   | 2430 | 1996  | 0,0333   |         |
| 9.  | Андижанское   | 905  | 1900  | 1983-03 | 255   | 21 | 12,14 | 0,639  | 0,639 | 1645   | 1900 | 1772  | 0,00635  | 0,00635 |
| 10. | Тупаланское   | 960  | 500   | 1985-03 | 16,63 | 19 | 0,875 | 0,175  | 0,175 | 483,34 | 500  | 491,7 | 0,00178  | 0,00178 |
| 11. | Хиссаракское  | 1118 | 147,6 | 1986-03 | 22,4  | 18 | 1,244 | 0,843  | 0,843 | 147,6  | 170  | 158,8 | 0,0078   | 0,0078  |



- 1- Кассансайское водохранилище (НПУ=1128,5 м);
- 2- Гиссаракское водохранилище (НПУ=1118 м);
- 3- Ахангаранское водохранилище (НПУ=1070,5 м);
- 4- Тупаланское водохранилище (НПУ=960,0 м);
- 5- Андижанское водохранилище (НПУ=905,0 м);
- 6- Пачкамарское водохранилище (НПУ=676,0 м);
- 7- Чимкурганское водохранилище (НПУ=488,2 м);
- 8- Южносурханское водохранилище (НПУ=415,0 м);
- 9- Ташкентское водохранилище (НПУ=394,0 м);
- 10- Кайраккумское водохранилище (НПУ=347,5 м);
- 11- Русловое ТМГУ (НПУ=130,0 м).

Рис. 3.2.1. график зависимости  $\alpha = f(\text{НПУ}')^i$

Из этого графика видно, что коэффициент приведённой мутности водотока  $\alpha$  и связанный с ним годовой твёрдый сток реки, отлагаемый в верхнем бьефе руслового водохранилища, напрямую зависят от географического расположения объекта: чем ниже расположено водохранилище, тем больше величины коэффициента приведённой мутности и годового твёрдого стока, и чем выше отметка его расположения - тем меньше. При отметке выше 1600 м величины коэффициента приведённой мутности и годового твёрдого стока, стремятся к нулю.

### 3.3. Порядок расчёта твёрдого стока реки

Расчёт проводим в следующем порядке:

1. Зная НПУ, определяется приведённая мутность потока  $\alpha$  по зависимости (3.2- 2)

$$\alpha = \left( \frac{H_H}{H_{НПУ}^I} - 1 \right) \cdot 0.004$$

2. Зная ёмкость водохранилища, определяется твёрдый сток реки в первый год эксплуатации

$$R_{\Gamma} = \frac{\alpha \cdot W_o}{\Delta t}$$

где  $\Delta t = 1$  год.

3. Задаваясь длительностью периода  $t$  (в годах), вычисляем объём водохранилища к концу 1-й стадии

$$W_{O_p} = W_o - R_{\Gamma} \cdot t$$

1. Определяется общий твёрдый сток реки за период  $t$

$$R_{\Gamma} \cdot t = W_{cp} \cdot \alpha \quad \text{где} \quad W_{cp} = \frac{W_H + W_K}{2}$$

тогда

$$R_{\Gamma_{cp}} = \alpha \cdot W_{cp} \cdot \frac{1}{t}$$

5. Определяется ёмкость водохранилища, остающаяся к концу 2-ой стадии

$$W_K = W_H - R_{\Gamma} \cdot t$$

6. Полученная зависимость в виде

$$R_{\Gamma} = \alpha \cdot \frac{W_H + W_K}{2} \cdot \frac{1}{t}$$

рекомендуется только для русловых водохранилищ, расположенных на территории Средней Азии. Для других территорий эту зависимость следует уточнить.

Например: для Южно-Сурханского водохранилища, имеющего НПУ=415,0, ёмкостью 800 млн. м<sup>3</sup>, в первый год эксплуатации (1962 г.)

$$\alpha = \left( \frac{H_H}{H_{ПУ}^I} - 1 \right) \cdot 0,004 = 0,0154 - 0,004 = 0,0114$$

$$R_{\Gamma} = 800 \cdot 10^6 \cdot 0,0114 = 9,12 \text{ млн. м}^3/\text{год.}$$

В конце 2003 года ёмкость водохранилища  $W_K = 503 \text{ млн. м}^3$ .

Средняя величина ёмкости

$$W_{cp} = \frac{800 + 503}{2} = 651 \text{ млн. м}^3$$

$$R_{\Gamma cp} = 651 \cdot 0,0114 = 7,42 \text{ млн. м}^3/\text{год}$$

За 41 год эксплуатации в водохранилище откладывается

$$W_{з.о} = 41 \cdot 7,42 \cdot 10^6 = 304 \text{ млн. м}^3 \text{ наносов.}$$

Фактически в водохранилище за указанный срок отложилось

$$W_{з.о} = 800 \cdot 10^6 - 503 \cdot 10^6 = 297 \text{ млн. м}^3 \text{ наносов.}$$

### 3.4. Определение коэффициента корреляции

Степень взаимного влияния, или взаимосвязи, двух случайных величин можно выразить особым безразмерным числом, называемым *коэффициентом корреляции*.

Чтобы подойти к математическому выражению этого коэффициента, представим себе ряд значений величин  $x$  и  $y$ , измеренных в определённые моменты времени,

$$\begin{array}{cc} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ x_k & y_k \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{array}$$

$$x_n \quad y_n$$

Число членов ряда предполагаем достаточно большим, чтобы вычисленные по ним средние значения обладали большой точностью; вычтем из каждого значения обоих рядов соответственное среднее значение и образуем два ряда приращений

$$\begin{array}{cc} x'_1 & y'_1 \\ x'_2 & y'_2 \\ \dots & \dots \\ x'_n & y'_n \end{array}$$

Среднее значение их произведений  $\overline{x'y'}$  носит название *момента корреляции*.

Очевидно, что в случае, когда чаще наблюдаются одинаковые знаки этих отклонений, то и среднее значение произведения  $\overline{x'y'}$ , составленное из их суммы, будет по абсолютной величине сравнительно велико. В случае же когда положительным отклонениям  $x$  одинаково часто соответствуют и положительные и отрицательные отклонения  $y$ , это произведение по абсолютной величине будет мало.

Оказалось весьма удобным и плодотворным для получения безразмерного коэффициента делить момент корреляции на произведение средних квадратичных отклонений обеих величин. Полученное частное и называется коэффициентом корреляции

$$r_{xy} = \frac{\overline{x'y'}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (3.4-1)$$

Определим границы изменения этого коэффициента. Для этого возьмём среднее значение квадрата величины

$$\frac{x'}{\sigma_x} \pm \frac{y'}{\sigma_y}$$

Раскрываем

$$\overline{\left( \frac{x'}{\sigma_x} \pm \frac{y'}{\sigma_y} \right)^2} = 1 \pm 2 \frac{\overline{x'y'}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} + 1 = 1 \pm 2 \cdot r + 1.$$



А так как левая часть равенства положительна, то имеем  $\pm 2 \cdot r + 2 \geq 0$ , отсюда следует  $0 \leq r \leq 1$ .

Но мы уже знаем, что при полной независимости между  $x$  и  $y$  момент корреляции, а следовательно, и коэффициент корреляции равны нулю; значит имеем два крайних значения  $r = \pm 1$ , соответствующие наличию функциональной зависимости между этими величинами.

Все промежуточные значения коэффициента корреляции между  $-1$  и  $+1$  характеризуют меру тесноты связи между двумя случайными величинами. Но необходимо подчеркнуть условность в построении дроби в зависимости (3.4-1), числитель и знаменатель которой отвечают различным и, по существу, мало связанным друг с другом характеристикам двух рядов: числитель характеризует степень согласованности между собой изменения обеих величин, знаменатель же выражает степень разбросанности значений, или дисперсию каждой из величин в отдельности.

Вероятная ошибка коэффициента корреляции равна

$$\varepsilon_r = \pm 0,67 \cdot \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}},$$

где  $n$  – число пар значений  $x$  и  $y$ .

Коэффициент корреляции

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

где  $r_{xy}$  - коэффициент корреляции;

$x_i, y_i$  - случайные параметры;

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}; \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$n$  - число переменных величин.

| № | НПУ= $x$ | $\alpha_{\bar{n}\delta} = \delta$ | $ x_i - x $ | $(x_i - x)^2$ | $ y_i - y $ | $(y_i - y)^2$ | $\sum (.) \cdot (.)$ |
|---|----------|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|
| 1 | 1128,5   | 0,00092                           | 434,62      | 188894,54     | 0,008       | 0,000064      | 3,48                 |

|          |        |          |         |           |          |            |       |
|----------|--------|----------|---------|-----------|----------|------------|-------|
| 2        | 1118,0 | 0,0078   | 424,12  | 179877,77 | 0,0011   | 0,0000012  | 0,466 |
| 3        | 1070,5 | 0,00223  | 376,62  | 141842,62 | 0,0066   | 0,0000435  | 2,486 |
| 4        | 960,0  | 0,00178  | 266,12  | 70819,854 | 0,00717  | 0,0000514  | 1,91  |
| 5        | 905,0  | 0,00635  | 211,12  | 44571,654 | 0,0026   | 0,0000067  | 0,55  |
| 6        | 676,0  | 0,00788  | -17,88  | 319,6944  | 0,00107  | 0,0000011  | 0,019 |
| 7        | 488,2  | 0,00980  | -205,68 | 42304,262 | 0,00085  | 0,0000007  | 0,175 |
| 8        | 415,0  | 0,01205  | -278,88 | 77774,054 | 0,0031   | 0,00000096 | 0,86  |
| 9        | 394,0  | 0,00840  | -299,88 | 89928,014 | 0,00055  | 0,0000003  | 0,165 |
| 10       | 347,5  | 0,007414 | -346,38 | 119979,1  | 0,001836 | 0,0000033  | 0,636 |
| 11       | 130,0  | 0,0341   | -563,88 | 317960,65 | 0,0251   | 0,00063    | 14,15 |
| $\Sigma$ | 7632,7 | 0,09842  | 3425,16 | 1274272,1 | 0,057976 | 0,0008118  | 24,9  |

$$r_{xy} = \frac{24,9}{\sqrt{12742721 \cdot 0,0008118}} = \frac{24,9}{1128,84 \cdot 0,028} = 0,79$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. - Л.: Гидрометеиздат, 1981.- 240с.
2. Авакян А.Б. Водохранилища и окружающая среда. - М.: изд. общества «Знание», 1982. -48 с.
3. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. - М.: Мысль, 1987. -325 с.
4. Алтунин С.Т. Заиление водохранилищ и размыв русел в нижнем бьефе плотин // Русловые процессы и гидротехническое строительство. -Т., 1957г. - 336с.
5. Алтунин С.Т. Водозаборные узлы и водохранилищ. -М.: 1964.- 431с.
6. Артамонов К.Ф. Регулировочные сооружения при водозаборе на реках в предгорных районах. - Фрунзе, 1963. -334с.
7. Артамонов К.Ф. и др. Русловые наносохранилища на малых горных реках (Крошкин А.Н., Быстров Н.Н.) // Гидротехника и мелиорация. 1974, №6. -С.34-37.
8. Артамонов К.Ф., Гребенщиков П.С. Натурные исследования заиления Орто – Токайского водохранилища // Заиление водохранилищ и борьба с ним. - М., 1970.-С. 35-38.
9. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. 1956. -323с.
10. Водохранилища мира. -М.: Наука, 1979. - 287 с.
11. Вуглинский В. С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР, -Л.: Гидрометеиздат, 1991.- 222 с.
12. Гаппаров Ф.А. Определение потерь воды на испарение из водохранилищ при недостаточных метеоданных: Дис. на соискание учёной степени к.т.н.. - Ташкент, 2003г. - 120 с.
13. Гончаров В.Н., Полтавцев В.И. Русловые деформации, возникающие при устройстве водохранилищ // Метеорология и гидрология. 1956, №5, - С.44-49.

14. Гостунский А.Н. Устойчивое русло // В кн.: Вопросы гидротехники, -Ташкент, 1955, вып.1.-С. 25-32.
15. Гришин М.М. Роль водохранилищ и их эффективность в условиях водного хозяйства Средней Азии: Тр. Средазгипроводхлопка, вып.8. –Т., 1977. –С. 11-19.
16. Джалалов А.А. Водопользование и правовая культура – традиция народов бассейна Аральского моря // Водные ресурсы Центральной Азии (Материалы научно-практической конференции, посвящённой 10-летию МКВК 20-22 февраля 2002 г.). - Алматы, 2002г. -С. 10-14.
17. Замарин Е.А. Размыв нижнего бьефа // Гидротехническое строительство, 1941, №2. -С. 31-36.
18. Замарин Е.А., Попов К.В. и др. Курс гидротехнических сооружений. – М: Сельхозгиз, 1946г. –С. 151-155.
19. Зедгенидзе А.С., Мечитов И.И. Приёмы расчёта хронологического хода заиления подпёртых бьефов взвешенными и донными наносами // В кн.: Русловые процессы. - М., 1958, -С. 299-306.
20. Ибад-Заде Ю.А. Движение наносов в открытых руслах. - М.: Стройиздат, 1974. -352 с.
21. Исмагилов Х.А. Некоторые морфометрические зависимости Амударьи в среднем и нижнем течении: Тр. САНИИРИ. –Т., 1968, вып.117. –С.70-91.
22. Карасёв И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. -288с.
23. Караушев А.В. Теория и метод расчёта заиления малых водохранилищ и прудов: Тр. ГГИ (Гос. гидрологический институт), 1966, вып. 132. –С.68-71.
24. Караушев А.В. Речная гидравлика. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. -416 с.
25. Караушев А.В. Теория и метод расчёта речных наносов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 271 с.
26. Каюмов О.А. Морфометрические закономерности р. Амударьи: Труды САНИИРИ. - Ташкент, 1974, вып 140. –С. 3-9.
28. Кереселидзе Н.Б., Крутовая В.И. Методика расчёта заиления горных водохранилищ с учётом геодинамических береговых процессов и

- удаления наносов. - Тбилиси: Мецниереба, 1982. - 20 с.
29. Кипшакбаев Н.К, проф. Соколов В.И. Водные ресурсы бассейна Аральского моря – формирование, распределение, водопользование // Водные ресурсы Центральной Азии: Материалы научно-практической конференции, посвящённой 10-летию МКВК 20-22 февраля 2002 г. – Алматы, 2002г. - С. 18-20.
30. Козьменко А.С. Заиление речных водохранилищ и борьба с ним. - М.: Сельхозиздат, 1959. - 167 с.
31. Кондратьев Н.Е. и др. Русловой процесс.–Л.: Гидрометеиздат, 1956.-371с.
32. Конспект лекций по дисциплине «Экология», раздел: Экологическое обоснование ведения сельского и водного хозяйства. – Т. 2000 г. -115с.
33. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. - 622 с.
34. Кромер Р.К. Метод расчёта занесения верхних бьефов речных водозаборов // Гидротехника и мелиорация, 1985, №12. - С. 18-21.
35. Кузьмин И.А. Калганова М.В. Общие деформации в нижних бьефах гидроузлов и вопросы их расчёта // В кн.: Доклады Всесоюзного совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. – Т., 1974, -С.56-62.
36. Кулеш Н.П. О процессе заиления и занесения водохранилищ. // Гидротехническое строительство, 1964, №8. -С. 49-52.
37. Кулеш Н.П. Расчёт заиления водохранилищ на реках, несущих большое количество взвешенных наносов // В кн.: Заиление водохранилищ и борьба с ним. - М., 1970. -С. 53-62.
38. Кумина Т.Д. Михалев В.А. Инженерная гидрология: Лабораторный практикум. - Л. 1980. - 71 с.
39. Лапшенков В.С., Лубинчик Е.И. Опыт моделирования русловых деформаций р. Сырдарьи у Чардарьинского гидроузла // В кн.: Вопросы гидротехники. - Ташкент, 1963, вып. 13. –С.123-128.
40. Лапшенков В.С. Прогнозирование заиления верхних бьефов гидроузлов // Сб. статей советских специалистов: Борьба с наносами в

- водозаборных сооружениях оросительных каналов. - М., 1975. - 89 с.
41. Лапшенков В.С. Расчёт заиления водохранилищ при постоянном уровне в квазиламинарном режиме течения // Известия АН УзССР. Серия техн. Наук, 1965, №2. –С. 76-85.
42. Латипов К.Ш., Джурабеков С. Осаждение неоднородных по крупности частиц в жидкости // В кн.: Аэродинамика многофазных сред. – Т.: ФАН, 1967.-С.35-42.
43. Леви И.И., Кулеш Н.П. Движение сильно насыщенного мелкими наносами потока в водохранилищах и особенно методики расчёта заиления таких водохранилищ: Тр. лаборатории озероведения АН СССР, 1958, том 7. -С. 87-90.
44. Макаров А.И., Вейнерт В.А. О классификации водоёмов (водохранилищ): - Тр. координационного совещания по гидротехнике, 1976, вып. 107. -С. 8-11.
45. Мирцхулава Ц.Е. Прогноз общего размыва русл при искусственном изменении их режима // В кн.: Работа нижних бьефов гидравлических сооружений. - М.,1969., -С. 155-169.
46. Мостков М.А. Очерк теории руслового потока. – М., 1955. -246с.
47. Мухаммедов А.М., Кулеш Н.П. Мухаммедов Я.С. Условия образования и движения донного плотного потока в водохранилище Нурекской ГЭС. //Заиление водохранилищ и борьба с ним. – М.: Колос, 1970. –С. 18-31.
48. Мухаммедов А.М., Сивец Н.Н. Опыт эксплуатации Верхнезеравшанского водозаборного гидроузла // В кн.: вопросы гидротехники. - Ташкент, 1963, вып.13. –С. 145-186.
49. Мухаммедов А.М. Эксплуатация низконапорных гидроузлов на реках, транспортирующих наносы. – Ташкент: ФАН, 1976. - 237с.
50. Мухамеджанов Ф.Ш. Расчёт перестроения русла у низконапорных плотин // В кн: Пособия и методические указания для расчётов и проектирования. -Ташкент, 1962. - 45 с.

51. Мухамеджанов Ф.Ш. Приближённый способ расчёта промыва занесенного наносами подпёртого бьефа // Гидротехническое строительство, 1962, №6, - С. 36-38.
52. Пилюсов Э.М., Скрыльников В.А. Некоторые результаты лабораторных исследований общего русла р. Вахш в связи со строительством Нурекской ГЭС. // В кн.: вопросы гидротехники, -Ташкент, 1965, вып.24. -С. 129-139.
53. Пулатов А.Г. Расчёт распределения крупности отложений в верхнем бьефе низконапорного гидроузла: Сб. научных трудов (САНИИРИ).-Т., 1976, вып. 151. - С. 74-78.
54. Пулатов А.Г., Скрыльников В.А. Расчёт занесения подпёртых бьефов низконапорных гидроузлов для однородного состава донных наносов: Сб. научных трудов (САНИИРИ). - Ташкент, 1979, вып. 154. - С. 182- 187.
55. Рабкова Е.К. Теоретические основы расчёта переформирования русл рек при переброске стока и регулирований: Сб. научных трудов (Университет Дружбы Народов), 1982. - С. 43-67.
56. Румянцев И.С., Кромер Р.К. Режим занесения верхних бьефов ирригационных низконапорных гидроузлов // Доклады ВАСХНИЛ, 1980, №8. - С. 38-40.
57. Садыков А.Х., Белесков Б.И., Гаппаров Ф.А. Наполнение и сработка водохранилищ в маловодных условиях // Мелиорация и водное хозяйство: Сб. научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1997. – С. 130 – 133.
58. Садыков А.Х., Гаппаров Ф.А. Метод расчёта ежегодного сокращения объёма водохранилища на основе водных балансов предыдущих лет его эксплуатации: Сб. научных трудов (к 80–летию САНИИРИ им. В.Д.Журина). - Ташкент, 2006г.. - С. 404-410.
59. Скрыльников В.А К вопросу расчёта заиления подпёртых бьефов гидроузлов // Вопросы гидротехники, Ташкент, 1963, вып.13. - С. 87-104.
60. Скрыльников В.А., Кожевникова М.С. Расчёт заиления подпёртых бьефов гидроузлов и водохранилищ // Пособие к ВСН 11-14-76. (САНИИРИ), - Ташкент, 1984. -51 с.

61. Скрыльников В.А. Некоторые закономерности процесса занесения верхних бьефов низконапорных гидроузлов // Труды САНИИРИ. - Ташкент, 1970, вып.120. - С. 231-248.
62. Скрыльников В.А, Пулатов А.Г. О расчёте кривой подпора в верхнем бьефе низконапорных гидроузлов // Известия АН УзССР. Сер. Техн. Наук. 1976, №6. -С. 45-47.
63. Скрыльников В.А, Пулатов А.Г. О расчёте продолжительности занесения верхних бьефов низконапорных гидроузлов // Известия АН УзССР. Сер. Техн. Наук. 1976, № 4. -С. 51-55.
64. Скрыльников В.А, Пулатов А.Г. Расчёт кривой подпора в процессе занесения верхнего бьефа низконапорных гидроузлов: Сб. научных трудов (САНИИРИ), 1976, вып. 151. - С. 67-71.
65. Скрыльников В.А., Кеберле С.И., Белесков Б.И. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ. - Ташкент: Издательство «Мехнат», 1987.- 244 с.
66. Скрыльников В.А. Расчёт заиления водохранилищ // Известия АН УзССР. Серия техн. Наук, 1988, №8. -С. 30-33.
67. Скрыльников В.А. Методы расчёта элементов и режимов эксплуатации магистрального питания открытых оросительных систем: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, 1996 г.- 366 с.
68. Тер-Абрамянц Г.А. Размыв отложений наносов при гидравлической промывке головных участков каналов и отстойников: Труды ВНИИГиМ (Всесоюз. НИИ гидротехники и мелиорации), 1957, том 24. - С. 23-42.
69. Фортунатов М.А. Проблема сооружения водохранилищ и предварительные итоги их учёта в различных частях света // В кн.: Материалы 1 науч. техн. совещ. по изуч. Куйбышевского водохранилища, вып.1. -Куйбышев, 1963. -С. 203-211.
70. Фортунатов М.А. Типизация и группировка водохранилищ различного назначения // В кн.: Материалы межвуз. Науч. Конф. По вопросу изуч. Влияния водохранилищ на природу и хозяйство окружающих территорий.



-Калинин, 1970. - С. 8-12

71. Хачатрян А.Г., Шапиро Х.Ш., Щарова З.И. Заиление и промыв ирригационных отстойников и водохранилищ. - М.: Колос, 1966. -239 с.

72. Шамов Г.И. Заиление водохранилищ.-М.-Л.:Гидрометеиздат,1959.-139с.

73. Шапиро Х.Ш. Методика заиления верхних бьефов гидроузлов на р. Амударье // Гидротехническое строительство, 1963, №2. - С. 41-42.

74. Шапиро И.А. Заиление русловых водохранилищ. // В кн.: Заиление водохранилищ и борьба с ним. М., 1970. - С. 155-179.

75. Шнеер И.А. Осаждение наносов и грунтов: Научные труды (Ташкентский Государственный Университет), - Т., 1964, вып.237. - С. 5-152.

76. Шолохов В.Н. К вопросу о формировании русл в бьефах низконапорных плотин на горно-предгорных участках рек: Тр. САНИИРИ,1957,вып.84.-36с.

77. Эдельштейн К.К. Морфологическая классификация водохранилищ. – М: Вестник МГУ, 1977, №5. - С. 96 – 04.

78. Brune G.M. Trap efficiency of reservoirs. Trans. Amer. Geophys. Union,1953, vol.34, № 3. -p. 617-635.

79. Sediment control methods: d. Reservoirs.-J. Hydraul. Dsiv. Proc. Amer. Soc, of Civil Eng., 1973, № 4.-p. 45-48.