

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ РЕК АХАНГАРАН И ЧИРЧИК

<sup>1</sup>Ахмедова Т. А. к. т. н.,

<sup>2</sup>Шарипов О. О.,

<sup>2</sup>Пулатов С. М.,

<sup>2</sup>Каримова Д. Ф.,

<sup>2</sup>Азимов С. С.

<sup>1</sup>Узбекистан, Ташкент, Научно-исследовательский Гидрометеорологический институт  
Центра Гидрометеорологической службы при Министерстве по чрезвычайным ситуациям  
Республики Узбекистан;

<sup>2</sup>Узбекистан, Ташкент, Ташкентский Институт Инженеров Ирригации и Механизации  
Сельского Хозяйства

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_wos/12062018/5748](https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/12062018/5748)

---

## ARTICLE INFO

**Received:** 18 April 2018

**Accepted:** 16 May 2018

**Published:** 12 June 2018

---

## KEYWORDS

pool, pollution, quality, organic,  
inorganic matter, heavy metal, river,  
water

---

## ABSTRACT

Chirchik and Akhangaran rivers are polluted with sewage from many industrial enterprises, communal-household and collector-drainage from irrigated fields, and industrial and communal-domestic waters are concentrated discharges. Below them, there are zones of contamination of a certain length. The results of calculations of these lengths by different methods for ions of heavy metals and nitrogen compounds are presented in the article.

---

**Citation:** Ахмедова Т. А., Шарипов О. О., Пулатов С. М., Каримова Д. Ф., Азимов С. С. (2018) Изучение влияния источников загрязнения на качество воды рек Ахангаран и Чирчик. *Web of Scholar*. 6(24), Vol.2. doi: 10.31435/rsglobal\_wos/12062018/5748

---

**Copyright:** © 2018 Ахмедова Т. А., Шарипов О. О., Пулатов С. М., Каримова Д. Ф., Азимов С. С. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

---

**Введение.** Чирчик-Ахангаранский бассейн расположен в среднем течении реки Сырдарья. Реки Чирчик и Ахангаран и их притоки испытывают мощнейший антропогенный пресс, поскольку на территории Ташкентской области, где протекают эти водотоки, сфокусированы крупные промышленные центры, такие как Ташкент, Чирчик, Янгиюль и другие. Также необходимо отметить, что Ташкентская область - одна из густонаселенных территорий во всей республике. Это определило необходимость изучения и оценки качества вод рек Чирчик и Ахангаран и степени воздействия их на прилегающие территории.

В городах Ташкентской области сосредоточено около 70 % промышленного потенциала Республики Узбекистан. Здесь проживает более 25 % населения республики. Коммунально-бытовые и промышленные сточные воды загрязняют водоёмы и водотоки различными специфическими загрязняющими веществами, в том числе ионами тяжелых металлов. Некоторые из них являются канцерогенными, другие обладают токсичностью. Всемирная Организация Здравоохранения предупреждает, что 80 % заболеваний на планете вызваны потреблением некачественной питьевой воды. Кроме тяжелых металлов, нами изучалось загрязнение воды азотсодержащими веществами. В системе гидрохимического мониторинга изучаются азот аммонийный, нитритный и нитратный. Они представляют собой продукты превращения аммиака.

Аммиак является конечным неорганическим веществом в процессе превращения органических веществ в неорганические (фекалии, выделения гидробионтов и т.п.). Это неустойчивые ионы аммония ( $NH_4^+$ ), и сначала они переходят в нитритные ( $NO_2^-$ ) под влиянием бактерий нитрификаторов в присутствии кислорода. Нитритные ионы также неустойчивы и переходят в одно из самых устойчивых соединений азота в воде - нитратные ионы ( $NO_3^-$ ).

Азот аммонийный – один из главных показателей санитарного состояния водных объектов, который является продуктом микробиологических процессов аммонификации органических веществ. Именно для него рассчитаны длины зон загрязнения.

Тяжелые металлы в воде. Комплексы, образуемые почвенными кислотами с солями железа, алюминия, титана, урана, ванадия, меди, молибдена и других тяжелых металлов, относительно хорошо растворимы в условиях нейтральной, слабокислой и слабощелочной сред. Поэтому металлоорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на весьма значительные расстояния. Особенно важно это для маломинерализованных поверхностных вод, в которых образование других комплексов невозможно.

Тяжелые металлы и их соли - широко распространенные промышленные загрязнители. В водоемы они поступают из естественных источников (горных пород, поверхностных слоев почвы и подземных вод), со сточными водами многих промышленных предприятий и атмосферными осадками, которые загрязняются дымовыми выбросами. Многие соединения тяжелых металлов токсичны. Большая часть неорганических соединений металлов поступает в живые организмы гидробионтов с пищей.

Свинец воздействует на нервную систему, печень, пищеварительную систему. Никель не так токсичен, как свинец, но он легко абсорбируется в органах дыхания, вызывает острый желудочный дискомфорт. Интоксикация никелем приводит к разрушению сердечной и других тканей. Свинец - промышленный яд, способный при неблагоприятных условиях оказаться причиной отравления. В организм человека проникает главным образом через органы дыхания и пищеварения. Удаляется из организма очень медленно, вследствие чего накапливается в костях, печени и почках.

Медь относится к числу активных микроэлементов, участвующих в процессе фотосинтеза и влияющих на усвоение азота растениями. Недостаточное содержание меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию растительных организмов. Вместе с тем избыточные концентрации меди оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы.

Воздействие тяжелых металлов пагубно сказывается на окружающей среде: приводит к загрязнению воды, отравлению гидробионтов тяжелыми металлами. Такое воздействие связано преимущественно с антропогенным фактором, так как предприятия не производят должную очистку сбрасываемых вод, что отрицательно сказывается на экологии.

Основным источником поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности и альдегидные реагенты, используемые для уничтожения водорослей. Медь может появляться в воде в результате коррозии медных изделий в технике. В подземные воды она поступает при взаимодействии воды с медесодержащими горными породами.

В воде медь может находиться в виде комплексных соединений с органическими и минеральными веществами. В сточных водах обогатительных фабрик, фабрик искусственного волокна и гальванических цехов большая часть меди находится в виде комплексов.

Сбросы сточных вод в водотоки и водоёмы создают значительную неоднородность качества воды в них. Образуются зоны загрязнения, в них нарушаются естественные гидрохимические и гидробиологические процессы, а концентрации загрязняющих компонентов оказываются выше установленных норм по санитарным, рыбохозяйственным и рекреационным показателям не только воды, но и грунтов дна.

Параллельно с этим, в водоёмах и водотоках происходит самоочищение вод, при котором уменьшаются концентрации загрязняющих веществ под влиянием смешения и разбавления чистой водой.

Обычно комплексные показатели для обобщенной оценки качества воды разрабатываются для установления пригодности водных ресурсов для отдельных видов водопользования.

Предельные значения отдельных характеристик предельно допустимых концентраций (ПДК) определяются на основе натуральных наблюдений за состоянием водных объектов, испытывающих различную степень антропогенной нагрузки, или исходя из требований, предъявляемых к воде определенными видами водопользования. В настоящее время наиболее детально разработаны ПДК для хозяйственно-питьевого водоснабжения и нужд рыбного хозяйства.

Изучение литературы по вопросу оценки качества воды привело к выводу, что в наших условиях при сравнительной скудности материалов наиболее информативным для оценки качества воды, а затем для экологического картирования, являются коэффициенты, рассчитываемые по формуле, аналогичной формуле индекса загрязнения воды – ИЗВ.

По аналогии с ИЗВ нами рассчитан комплексный коэффициент загрязнения воды тяжелыми металлами ( $K_{тм}$ ) для рек и каналов Чирчик-Ахангаранского бассейна по формуле:

$$K_{тм} = \frac{S_i \cdot ПДК_i}{n},$$

где  $S_i$  – средняя многолетняя концентрация  $i$ -металла,  $ПДК_i$  – предельно допустимая концентрация этого вещества,  $n$  – число металлов.

По рассчитанным коэффициентам оказалось, что загрязнение тяжелыми металлами в бассейне Ахангарана в полтора (в верховьях реки) или два раза (в низовьях) ниже, чем в бассейне Чирчика. Это связано не только с антропогенным влиянием, но и высоким геохимическим фоном. Так, по данным (6) «Кызылтапагеология» в южной и восточной части бассейна Чирчика, ландшафты обогащены медью, свинцом, цинком, мышьяком и другими металлами.

В бассейне Ахангарана загрязнение воды тяжелыми металлами мало меняется от верховьев бассейна к низовьям, максимальным оно оказалось в р. Ахангаран ниже дюкеров Ташканала и в устье канала Карасу (левобережного).

**Результаты исследования.** В целом, в бассейне Чирчика, комплексный коэффициент загрязнения воды тяжелыми металлами менялся от 3,24 (р. Угам) до 12,26 (кан. Карасу правобережный). Воды самого Чирчика - в верховьях и низовьях примерно одинаково загрязнены металлами, а каналы (Карасу правобережный, Салар, протока Калган-Чирчик) содержат ионы тяжелых металлов в 1,5 -2 раза больше, чем р. Чирчик. Это, вероятнее всего, связано со сбросом в них промышленных сточных вод Ташкента и Янгиюля.

Промышленные, бытовые, сельскохозяйственные сточные воды, сбрасываемые в водные объекты без очистки, часто после неэффективной очистки вносят в гидрохимический и гидробиологический режимы изменения, влияющие на качество воды, нарушая нормальную жизнедеятельность водных флоры и фауны. Такой процесс антропогенного изменения состава и свойств природных вод, ухудшение их качества для всех видов водопользования называются загрязнением воды.

Процессам загрязнения воды в реках и водоёмах противостоит процесс самоочищения, под которым понимают совокупность гидродинамических, биохимических и физических процессов, приводящих к изменению концентрации загрязняющих веществ, а при полном самоочищении – к восстановлению естественного качества воды.

Загрязнение и самоочищение водных масс являются взаимосвязанными процессами. Концентрация загрязняющего вещества, по мере удаления от места сброса в водотоке в процессе разбавления, уменьшается. Если в отдаленном створе она падает до содержания этого вещества в реке до момента сброса сточных вод, то такой гидроствор считается створом достаточного перемешивания, и расстояние до него от места сброса вод называется длиной зоны загрязнения. Нами рассчитаны эти длины для концентрации загрязняющего вещества в реке от момента сброса сточных вод.

Для расчета длин зон загрязнения в Государственном гидрологическом институте (ГГИ) в г. Санкт-Петербург предложено несколько комбинированных методов: метод Н.Н. Лапшева, экспресс-метод ГГИ, разработанный М.А. Бесценной, метод номограмм Л.И. Фаустовой.

Метод Н.Н. Лапшева позволяет рассчитывать длины зон загрязнения с учетом начальной разбавления, если наблюдается значительная разница между скоростью истечения сточной жидкости и скоростью течения в потоке, куда сбрасывают эту жидкость. Конечная расчетная формула для расстояния от створа выпуска до створа, замыкающего зону загрязнения  $X_{кон}$  следующая:

$$X_{\text{кон}} = \frac{d}{0,48 \cdot (1 - 3,12m)}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр загрязнённой струи или гидравлический радиус, который в реках при отсутствии ледостава практически равен средней глубине потока

$$m = \frac{V_{\text{течен}}}{V_{\text{сточ}}}$$

$V_{\text{течен}}$  – средняя скорость реки;

$V_{\text{сточ}}$  – скорость в струе сточной жидкости, которая принимается равной 2м/сек.

Прежде чем проводить вычисления по формуле (1), мы взяли значения скоростей течения из таблиц измеренных расходов воды за 2016 год, расходов воды, средних глубин и ширин для ряда гидростворов на реках Ахангаран и Чирчик.

Еще один упрощенный метод расчета – экспресс-метод ГГИ, разработанный М. А. Бесценной. В нем, в качестве характеристики концентрации загрязняющего вещества в любом заданном гидростворе принята величина  $\chi$  – показатель разбавления, определяемый по формуле:

$$\chi = \left( \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{cm}}} - \frac{S_n}{S_{\text{cm}}} \right) \quad (2)$$

где  $S_{\text{max}}$  – максимальная из измеренных концентраций загрязняющего вещества (ЗВ);

$S_{\text{ct}}$  – концентрация ЗВ в сточных водах;

$S_n$  – концентрация ЗВ в створе достаточного перемещения.

Расчет длины зоны разбавления  $X$  ведется по следующей формуле:

$$X \geq \frac{0,14 \cdot Q_{\text{cm}} \sqrt{\frac{N}{H}}}{\chi (Q_{\text{cm}} + Q_n) \phi} B \quad (3)$$

где  $Q_{\text{cm}}$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сек;

$N$  – характеристическое число, зависящее от коэффициента Шези;

$B$  – ширина реки, м;

$Q_n$  – расход воды в реке в месте поступления сточных вод.

Характеристическое число  $N$  в свою очередь вычисляется по формуле:

$$N = \frac{MC}{g} \quad (4)$$

где  $C$  – коэффициент Шези;  $g$  – ускорение свободного падения, равное 9,81м<sup>2</sup>/сек.

По классификации А.В. Караушева, по особенностям гидродинамического режима реки Чирчик и Ахангаран можно отнести к рекам предгорной зоны, для которых коэффициент Шези изменяется от 20 до  $40 \frac{\sqrt{M}}{\text{сек}}$  ;

$\hat{H}$  – безразмерная глубина, представляющая собой следующую дробь:

$$\hat{H} = \frac{H}{B},$$

где  $H$  – измеренная глубина; средняя ширина, м;

$\phi$  – параметр извилистости, выражаемый отношением:

$$\phi = \frac{l_{\text{фарватер}}}{l_{\text{прям}}}$$

здесь  $l_{\text{фарватер}}$  – длина участка, измеренная по фарватеру;

$l_{\text{прям}}$  – длина этого же участка, измеренная по прямой. Поскольку у нас не было возможности измерить длины рек по фарватеру, в расчетах  $\phi$  принят равным единице.

Расчеты длин загрязнения произведены также по методу номограмм, разработанному в ГГИ. Он позволяет определить параметры зон загрязнения в зависимости от основных гидравлических факторов русла реки. При разработке метода предварительно для рек разных типов по условиям турбулентного перемешивания были проведены численные эксперименты. В качестве размеров зон загрязнения использовались относительная длина  $\lambda_{\text{загряз}}$  и площадь зоны загрязнения  $\eta_{\text{загряз}}$ . Показатель  $\lambda_{\text{загряз}}$  вычисляется по формуле:

$$\lambda_{\text{загряз}} = \frac{L_{\text{загряз}}}{B} \quad (5)$$

где  $L_{\text{загряз}}$  – длина зоны загрязнения,  $B$  – средняя ширина потока.

Показатель относительной площади зоны загрязнения определяется по следующей зависимости:

$$\eta_{\text{загряз}} = \frac{\omega_{\text{загряз}}}{\omega_{\text{общ}}} \quad (6)$$

где  $\omega_{\text{загряз}}$  и  $\omega_{\text{общ}}$  – общая площадь водной поверхности и площадь зоны загрязнения между створом, где поступают сточные воды, и створом достаточного перемешивания.

В результате обобщения материалов численных экспериментов построены расчетные номограммы. На первой из них изображены линии, соответствующие в определенной кратности разбавления от 2-кратного до 90-кратного (рисунок 1).

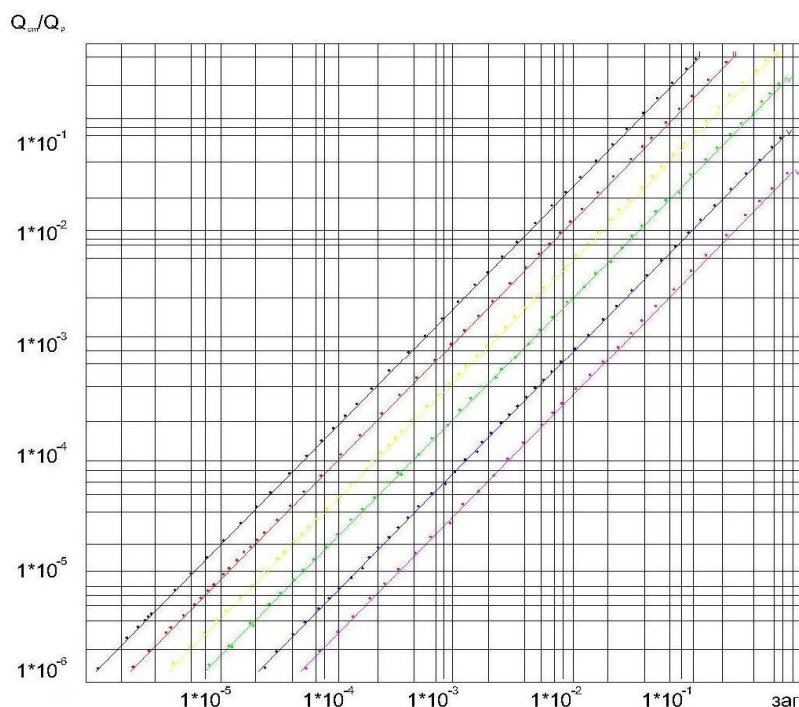


Рис. 1. Зависимость  $Q_{\text{см}}/Q_p$

I – 2-кратное разбавление, II – 5-кратное разбавление, III – 10-кратное разбавление, IV – 20-кратное разбавление, V – 40-кратное разбавление, VI – 90-кратное разбавление

На второй номограмме – 5 линий, относящиеся к определенному типу рек по особенностям гидродинамического режима - от больших равнинных до малых горных (рисунок 2).

Порядок определения длины зон загрязнения  $L_{\text{загряз}}$  по номограммам следующий:

номограммы рекомендуются для определения размеров зон загрязнения при любых соотношениях расходов сточных и речных вод  $L_{\text{загряз}}$ .

1) Пользуясь 1-ой номограммой, по соотношению расходов сточных и речных вод для определённой кратности разбавления снимаем значение относительной площади загрязнения -  $\eta_{\text{загряз}}$ . По 2-ой номограмме для определенного типа и группы рек по найденному значению  $\eta_{\text{загряз}}$  находим относительную длину зоны загрязнения  $L_{\text{загряз}}$ ;

2) По формуле (4) при определённой ширине русла, полученной при измерении конкретного расхода воды в гидростворе реки, ближайшем к месту сброса сточных вод, определяем длину зоны загрязнения:

$$L_{\text{загряз}} = \lambda_{\text{загряз}} B \quad (7)$$

Обозначения те же, что и в формуле (5).

Расчеты производились с использованием данных о химическом составе сточных вод рек Ахангаран и Чирчик в 2016 году.

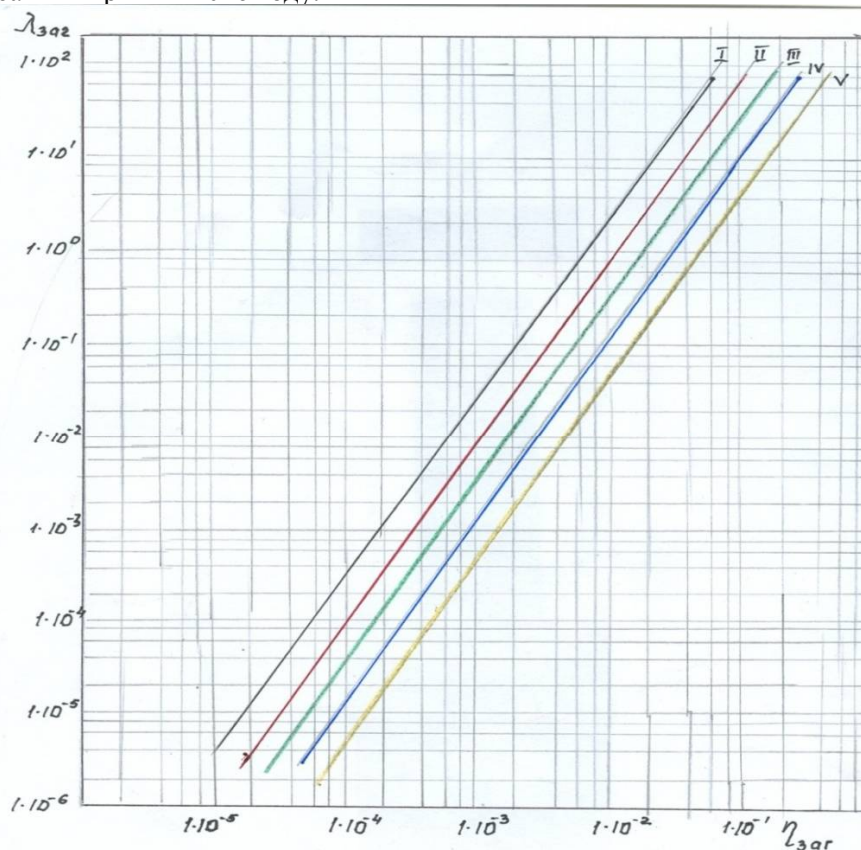


Рис. 2. График связи

*I – большие равнинные реки, II – средние горные реки, III – средние равнинные реки предгорий, IV – малые равнинные, V – малые горные реки*

Из рассмотренных нами загрязняющих веществ, концентрации ионов аммония в сточных водах наиболее существенно отличаются от речных. Ниже приведены примеры расчета длин зон загрязнения ионами аммония рек Чирчик и Ахангаран разными способами.

1. Экспресс-методом ГГИ, разработанным М.А. Бесценной. Сначала рассчитываем показатель разбавления:

$$\chi = \left( \frac{S_{\max}}{S_{cm}} - \frac{S_n}{S_{cm}} \right)$$

где  $S_{\max}$  – максимальная концентрация ионов аммония в реке;  
 $S_{ct}$  – содержание их в сточной жидкости треста «Сувокова» г. Ангрена;  
 $S_n$  – содержание их в реке у пгт. Солдатское;

$$\chi = \left( \frac{0,21}{4,35} - \frac{0,17}{4,35} \right) = 0,05 - 0,04 = 0,01$$

Длина зоны загрязнения:

$$X \geq \frac{0,14 \cdot Q_{cm} \sqrt{\frac{N}{H}}}{\chi (Q_{cm} + Q_n) \phi} B$$

$$\phi = \frac{l_{фарватер}}{l_{прям}}$$

Здесь  $l_{фарватер}$  – длина участка, измеренная по фарватеру;  $l_{прям}$  – длина этого же участка, измеренная по прямой. Поскольку у нас не было возможности измерить длины рек по фарватеру, в расчетах принимаем  $\phi = 1$ .

$N$  – безразмерное характеристическое число;

Характеристическое число  $N$  вычисляется по формуле (4);

**Выводы.** Согласно вышеизложенному можно сделать вывод о том, что по классификации ГГИ реки Чирчик и Ахангаран относятся к средним горным - их бассейны находятся в предгорьях Чаткальского хребта и коэффициент Шези для них принимается 40;  $g$  – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м<sup>2</sup>/сек;  $M$  – коэффициент, зависящий от  $C$ . При условии  $10 < C < 60$

$$M = 0,7C + 6 = 28 + 6 = 34.$$

Тогда,

$$N = \frac{34 \cdot 40}{9,81} = 139 \text{ м}$$

Далее вычисляем искомую длину  $X$  по формуле (3), при

$$\hat{H} = \frac{H}{B} = \frac{3,02}{31} = 0,1$$

$Q_{сточ} = 1,48$  л/сек. Количество сточных вод в реке Ахангаран 46720 м<sup>3</sup> или 1,48 л/сек. подставляем в формулу (3), получаем 24,9 м.

2. Также для р. Ахангаран у пгт. Солдатское рассчитываем длину зоны перемешивания по методу Н. Н. Лапшева:

$$X_{кон} = \frac{d}{0,48 \cdot (1 - 3,12m)}$$

$d$  – диаметр загрязнённой струи или гидравлический радиус, который при отсутствии ледостава равен средней ширине потока  $d - 31$  м;

$$m = \frac{V_{\text{течен}}}{V_{\text{сточ}}}$$

где  $V_{\text{течен}}$  – скорость течения в реке;

$V_{\text{сточ}}$  – скорость, которая принимается равной 2м/сек при отсутствии измерений.

$$m = \frac{2,54}{2} = 1,27$$

$$X_{\text{кон}} = \frac{31}{0,48 \cdot (1 - 3,12 \cdot 1,27)} = \frac{31}{1,42} = 21,8 \text{ м}$$

Длина зоны загрязнения, рассчитанная по методу Л. И. Фаустовой - по номограммам оказалась равной 29 м. И так длины зон загрязнения реки Ахангаран – 24,9; 21,8 и 29 м.

Аналогичные расчеты выполнены для реки Чирчик, у створа Троицкий, также для ионов аммония. По методу М. А. Бесценной длина зоны загрязнения равна 312 м, по методу Н. Н. Лапшева - 218 м, по методу Л. И. Фаустовой – 280 м, то есть довольно заметные различия, как и для реки Ахангаран.

Вероятно, это связано с отсутствием у нас данных о величине сбросов сточных вод в конкретный день измерения расходов воды, то есть наши расчеты весьма ориентировочные.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшев Н. Н. Расчеты выпусков сточных вод. - М.: Стройиздат.-1987.-88с.
2. Бесценная М. А. Усовершенствование экспресс-метода расчета разбавления сточных вод в реках. // Труды ГГИ, вып 191.-1986.-С.201-208.
3. Фаустова Л. И. Зависимость размеров зон загрязнения от гидрологических факторов. //Труды ГГИ, вып 249.-1989.-С109-114.
4. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь – Л.: Гидрометеиздат. -1978.-С.45.