

**Актуальные
проблемы
современной науки®**

№ 2 (137) 2024 г.

ISSN 1680-2721

Саидганиева Ш.Т. кизи (Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Узбекистан)

Энтомофауна растения амарант в Узбекистане и меры борьбы с вредными видами 171

Тешабоев Н. (Ферганский государственный университет, Узбекистан)

Влияние микроэлементных удобрений, используемых для подкормки хлопка, на изменение веса коробочки хлопка..... 175

Турдалиев А.Т. (Кокандский филиал Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Узбекистан), Мамадалиев М.З. угли (Ферганский государственный университет, Узбекистан)

Влияние рисовой соломы, местных и минеральных удобрений на листовую площадь озимой пшеницы 179

Хамираев У.К. (Научно-исследовательский институт садоводства, виноградарства и виноделия имени академика М. Мирзаева, Узбекистан)

The effect of mineral fertilizers on the development of rhizoctonia and wilt diseases of potatoes. 183

Хамираев У.К. (Научно-исследовательский институт садоводства, виноградарства и виноделия имени академика М. Мирзаева, Узбекистан), Содиков Б.С. (Ташкентский государственный аграрный университет, Узбекистан)

Disease of sprout rhizoctoniosis in potatoes..... 187

Хурсанов Х.Ж., Махматмуродов А.У. (Самаркандский институт агроинноваций и научных исследований, Узбекистан)

Эффективность методов биологической и химической борьбы против озимой и хлопковой совков (на примере культуры табака)..... 192

Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры

Нарзуллаев Ж.Д., Исаев С.Х. (Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан)

Эффективность полива цветной капусты сорта «Раскот» методом дождевания 197

Нормурадов Д.С., Хайитов М.А., Халмирзаев Б.Х., Рахимов Р.Р., Садинов С.И. (Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, Узбекистан)

Качество рассады и урожайность перспективных сортов и гибридов томата в условиях Самаркандской области 201

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Маликов Э.Н., Исаев С.Х. (Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан), Худайкулов С.И. (Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Узбекистан)

Математическая модель определения длины пути перемешивания речной и сточной воды для орошения..... 205

Норкулов У., Шамсиев А., Эшонкулов Ж. (Ташкентский государственный аграрный университет, Узбекистан), Бегимкулов И. (Самаркандская научно-опытная станция Научно-исследовательского института овощебахчевых культур и картофеля, Узбекистан)

Рост, развитие и урожайность масличных и кормовых культур, высаженных после наводнения в Сардобе 212

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Маликов Э.Н., докторант

Исаев С.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

(Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан)

Худайкулов С.И., доктор технических наук, профессор

(Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Узбекистан)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ПУТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РЕЧНОЙ И СТОЧНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

В данной статье исследуются теории смешения речной и сточной воды. Анализируется смешения речной и сточной воды и устанавливается створа полного смешения. Приводится аналитическая формула об определении расстояния до створа, расположенного на расстоянии $l_{см}$ при выпуске с берега на прямом участке реки: у фарватера на прямом участке реки и с берега на выпуклом изгибе реки.

Ключевые слова: *математическая модель орошения, коэффициент извилистости реки, поливной воды, коэффициент турбулентной диффузии.*

Введение. Постановка задачи по определению мелиоративной оценки по основным показателям. Для разработки методов расчёта среднесоленных 3–10 г/л. (минерализованных) вод коллектора Шўрўзак Сырдарьинской области, необходимо располагать данными о возникновении плотностных течений и о разрушении во всем диапазоне переходного режима, от устойчивого плотностного расслоения до развитого турбулентного течения. При этом необходимо знать кинематическую структуру течения в засоленных землях. Кроме того, в условиях реальных речных необходимо учитывать плановое расширение потока, макроустойчивость сбрасываемой струи в пространстве (блуждание турбулентной затопленной струи в ограниченном пространстве и прилипание ее к боковым границам, происходящее аналогично эффекту Коанда), ветровое воздействие на гидравлику течений и т. д. [4]

Задача оказывается чрезвычайно сложной. Этим, очевидно, и обуславливается отсутствие в литературных источниках рекомендаций по учету неоднородности жидкости в инженерных методах расчета течений водоемов,

Проблема глубоководного сброса сточных вод в каналы и водоёмы актуальна не только на сегодняшний день.

Методы. Математическая модель процесса поступления сточных вод в каналы представляется как проникание свободной струи в неограниченное полупространство с определенными физико-химическими свойствами. В инженерных расчетах наибольшее распространение получила простейшая форма турбулентного струйного течения в покоящейся струе, так называемая затопленная струя. Согласно расчетной схеме, при истечении жидкости с равномерным начальным полем скоростей u_0 – свободная струя становится турбулентной и частично смешивается с окружающей ее покоящейся жидкостью. Кроме того, струя увлекает за собой граничащую с ней жидкость и поэтому количество жидкости, протекающей

через поперечное сечение струи увеличивается по мере удаления от начального створа, но одновременно уменьшается ее скорость при постоянном полном импульсе струи.

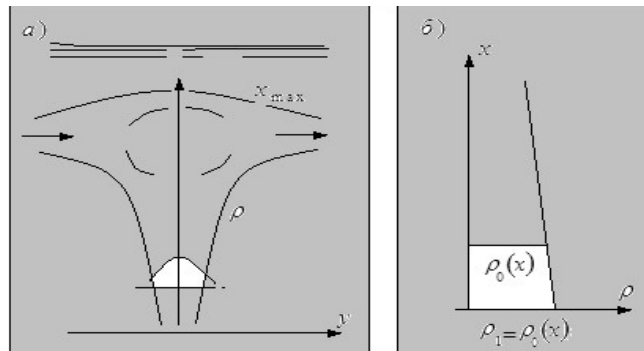


Рис. 1. Схема факела сточных вод (а) и распределения плотности по глубине (б)

Характерным для турбулентной струи, как показывает теория и многочисленные опыты, является то, что протяжение таких течений в поперечном направлении всегда мало по сравнению с протяжением в продольном направлении и, кроме того, в поперечном направлении градиент скорости всегда значителен. Для оценки увеличения ширины зоны перемешивания и уменьшения скорости свободных струй в основном пользуются дифференциальными уравнениями плоской задачи гидромеханики. Рис. 1.

Результаты. В данной статье исследуются теории смешения речной и сточной воды. В теории смешения речной и сточной воды важное значение имеет вопрос об отыскании створа полного смешения. В.А. Фролов для определения расстояния до створа, расположенного на расстоянии $l_{см}$ от выпуска сточных вод, предлагает формулу

$$l_{см} = \left[\frac{1}{\alpha} 2,31 \lg \frac{k_{см} - k_{\kappa}}{k_{max} - k_{\kappa}} \right] \quad (1)$$

где α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения; $k_{ст}$ – концентрация вещества в сточной воде; k_{κ} – конечная усредненная концентрация веществ в створе полного смешения; k_{max} – максимальная концентрация вещества в искомом створе.

Для определения коэффициента α В.А. Фроловым найдена эмпирическая зависимость

$$\alpha = \phi \xi \sqrt{\frac{E}{q_{см}}}$$

где ϕ – коэффициент извилистости реки, равный отношению полной длины русла l от сброса до заданного створа к расстоянию между этими створами по прямой l_1 т. е. $\phi = \frac{l}{l_1}$; ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод; при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске на середину $\xi = 1,5$; $q_{см}$ – расход сточных вод; E – коэффициент турбулентной диффузии.

Анализ формулы (1) показывает изменение расстояния $l_{см,max}$ в зависимости от изменения концентрации вещества в речной и сточной водах при постоянных величинах Q (расход реки), q и H . Створ полного смешения должен находиться на строго определенном расстоянии от места выпуска сточных вод, независимо от того, какое количество примесей содержится в речной и сточной водах [1, 3]. И длина пути перемешивания смешения речной и сточной воды определяется формулой:

$$l_{cm} = \left[\frac{1}{\alpha} \ln \frac{Q}{\left(\frac{100}{p} - 1 \right) q_{cm}} \right]^3 = \left[\frac{2,3}{\alpha} \lg \frac{Q}{\left(\frac{100}{p} - 1 \right) q_{cm}} \right]^3 \quad (2)$$

Учитывая, что для целей водоснабжения обеспеченность смешения допустимо принимать равной $p = 85\%$, эту формулу можно переписать в виде:

$$l_{cm} = \left[\frac{2,3}{\alpha} \lg \frac{5,68 \cdot Q}{q_{cm}} \right]^3 \quad (3)$$

Значение коэффициента турбулентной диффузии определяется для приближенных расчетов на равнинных реках (при $c \geq 50$) по формуле М.В. Потапова

$$E = \frac{1}{200} H_{cp} \vartheta_c,$$

а для более точных расчетов - по формуле В.М. Маккавеева или А.В. Карашева

$$E = \frac{gH_{cp} \vartheta_c}{2mC}$$

где C – коэффициент Шези; m – коэффициент Базена-Буссинеска, равный 22,3. Формула В.М. Маккавеева позволяет учитывать гидравлические условия русла и поэтому применима для всех водотоков, а не только для равнинных. Если по ходу расчета требуется определить только длину пути полного перемешивания (без последующего определения коэффициента разбавления в промежуточных створах) и если величина E может быть найдена по формуле М.В. Потапова, то формулу (3) можно переписать в относительно развернутом виде, а именно:

$$l_{cm} = \frac{2,3^3 \cdot 20}{\varphi^3 \xi^3 H_{cp} \vartheta_c} \left[\lg \frac{5,68 \cdot Q}{q_{cm}} \right]^3$$

Или

$$l_{cm} = \frac{2433,4 q_{cm}}{\varphi^3 \xi^3 H_{cp} \vartheta_c} \left[\lg \frac{5,68 \cdot Q}{q_{cm}} \right]^3 \quad (4)$$

И.Д. Родзиллер предлагает определять E по формуле:

$$E = \frac{l_1}{l} \frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_3} E_1 + \frac{1}{l} \sum_{i=2}^n E_i \quad (5)$$

где l – полная длина участка; l_1, l_2, \dots, l_n – длина участков с одинаковыми гидравлическими условиями; ϑ_{cm} – скорость подхода сточных вод к водотоку; ϑ_3 – скорость течения водотока в загрязненной струе; эта величина определяется только наблюдениями в натуре; для проектируемых сооружений вместо ϑ_3 можно подставить ϑ_{cp} реки в створе поступления стоков, при этом, если $\vartheta_{cm} < \vartheta_3$ или $\vartheta_{ct} < \vartheta_{cp}$ то принимается $\frac{\vartheta_{cm}}{\vartheta_3} = 1$.

Даже при уточнении величины E указанным методом получается санитарный запас около 10%.

Анализ. Л.Г. Демидовым разработаны формулы определения длины пути перемешивания для двух очертаний речного русла в плане: по прямой и по дуге круга (разумеется, эти геометрические термины следует понимать приближенно), поэтому в приводимых ниже формулах Л.Г. Демидова непосредственно не участвуют величины коэффициента извилистости. Точно также Л.Г. Демидов дает отдельные выражения для условий выпуска сточных вод с берега и у фарватера. На этом основании в его формулах отсутствует коэффициент, учитывающий условия поступления загрязнений (сточных вод) в источник водоснабжения. Всего Л.Г. Демидовым предложено пять формул:

1) при выпуске с берега на прямом участке реки:

$$l_{cm} = n \vartheta_{cp} \left(\frac{Q}{H_{cp} \vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \left(\frac{1}{\vartheta_n} + \frac{2}{\vartheta_n + A_0} \right) \quad (6)$$

или, подставляя

$$c_1 = \left(\frac{1}{\vartheta_n} + \frac{2}{\vartheta_n + A_0} \right)$$

$$l_{cm} = n \vartheta_{cp} c_1 \left(\frac{Q}{H_{cp} \vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \quad (7)$$

2) при выпуске у фарватера на прямом участке реки

$$l_{cm} = n \vartheta_{cp} c_2 \left(\frac{Q}{H_{cp} \vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \quad (8)$$

где

$$c_2 = \left(\frac{2}{\vartheta_n + A_0} \right) \quad (9)$$

3) при выпуске с берега на выпуклом изгибе реки

$$l_{cm} = \left(\frac{Q}{H_{cp} \vartheta_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \left[n_1 \left(\frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_{n.u}} - \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \beta}{2} \right) + n \left(\frac{\vartheta_{cp}}{\vartheta_{n.u} + A_0} - \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \beta}{2} \right) \right] \quad (10)$$

здесь и далее $\vartheta_{n.u}$ – средняя по сечению скорость поперечной циркуляции на изгибе, определяемая по формуле

$$\vartheta_{n.u} = \sqrt{\frac{2\vartheta_{cp}^2}{r}} = \frac{\vartheta_{cp}}{\sqrt{0,5r}}, \quad (11)$$

где r – радиус изгиба по оси потока, соответствующий углу изгиба β .
Поэтому

$$g_{n.u} = \sqrt{\frac{2g_{cp}^2}{r}} = \frac{g_{cp}}{g_{n.u.}} = \frac{g_{cp} \sqrt{0,5r}}{g_{cp}} = \sqrt{0,5r} \quad (12)$$

и формулу (10) можно переписать в виде:

$$l_{cm} = \left(\frac{Q}{H_{cp} g_c} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \left[n_1 \left(\sqrt{0,5r} - tg \frac{180 - \beta}{2} \right) + n \left(\frac{g_{cp}}{g_{n.u} + A_0} - tg \frac{180 - \beta}{2} \right) \right] \quad (13)$$

4) при выпуске с берега на вогнутом изгибе реки с учетом формулы [12].

$$l_{cm} = \left(\frac{Q}{H_{cp} g_c} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \left[n_1 \left(\sqrt{0,5r} + tg \frac{180 - \beta}{2} \right) + n \left(\frac{g_{cp}}{g_{n.u} + A_0} + tg \frac{180 - \beta}{2} \right) \right] \quad (14)$$

5) при выпуске у фарватера на изгибе реки

$$l_{cm} = n \left(\frac{Q}{H_{cp} g_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right) \left[\left(\frac{g_{cp}}{g_{n.u} + A_0} - tg \frac{180 - \beta}{2} \right) \right] \quad (15)$$

В этих формулах: n – доля ширины реки от берега до фарватера на прямом участке (обычно принимается $n = 0,6$) или от выпуклого берега до фарватера на изгибе; n_1 – доля ширины реки от вогнутого берега до фарватера, следовательно, всегда $n + n_1 = 1$; A_0 – линейный коэффициент турбулентной диффузии или глубина проникания молекул из одной области в другую; при ширине турбулентной диффузии, обычно принимаемой равной единице, и при площади сечения в области диффузии, также равной единице, числовые значения находятся по формуле [2].

$$A_0 = 0,25 \sqrt{H_{cp}^3 i} \quad (16)$$

g_n – средняя по сечению скорость поперечной циркуляции на прямом участке:

$$g_n = 1,77 k \sqrt{i} \quad (17)$$

k – коэффициент пропорциональности.

Л.Г. Демидов рекомендует принимать числовое значение k в зависимости от гидравлического уклона: при i от 0,1 до 0,0001 k принимается множитель

$$\left(\frac{Q}{H_{cp} g_{cp}} - \sqrt[3]{q_{cm}} \right)$$

При условии, что q_{cm} невелико (обычно q_{cm} колеблется от 0,1 до 3 м³/с), величиной $\sqrt[3]{q_{cm}}$ можно пренебречь [3-5]. Учет этой величины целесообразен только при расчете смешения вод

со сточными водами, расход которых достигает 50% и более основного стока. В таком случае: при выпуске с берега на прямом участке реки

$$l_{cm} = \frac{0,5Qc_1}{H_{cp}} \quad (18)$$

при выпуске у фарватера на прямом участке реки

$$l_{cm} = \frac{Qc_2}{H_{cp}} \quad (19)$$

Обсуждение. Разработанный А.В. Карашевым метод [3] решения задач смешения дает наиболее точные результаты, но он весьма трудоемок.

Это объясняется необходимостью иметь точные данные о скорости течения и глубинах потока по ширине и длине участков с одинаковыми скоростями и глубинами, что, разумеется, делает расчет громоздким.

Для условия выпуска сточных вод в центре русла при равномерном поступлении их в источник водоснабжения с постоянной скоростью, равной скорости течения в водотоке, Риммар [1,3] предложил формулу для определения удаленности створа l_δ от створа поступления их в водоток. Эта формула получена для плоской задачи путем решения уравнения турбулентной диффузии методом конечных разностей

$$l_\delta = \frac{r_\delta N^2}{H_{cp}} \quad (20)$$

где r_δ – безразмерный коэффициент, зависящий от l_δ (%):

Подставляя $N = \frac{MC}{g}$ в формулу (20), получим:

$$l_\delta = \frac{r_\delta MCB^2}{gH_{cp}} \quad (21)$$

где $M = 0,7C + 6$ при $10 \leq C \leq 60$; $M = 48$ при $C > 60$ (здесь C – коэффициент Шези).

Из выражения (21) выходит, что при прочих равных условия величина l_δ изменяется только в зависимости от величины r_δ , показывающей неравномерность полноты перемешивания сточных вод с водой водотока.

Заключение. В статье рассматривается математическая модель процесса поступления сточных вод в каналы. Задача моделируется как проникание свободной струи в неограниченное полупространство с определенными физико-химическими свойствами. В инженерных расчетах наибольшее распространение получила простейшая форма турбулентного струйного течения в покоящейся струе, так называемая затопленная струя. Согласно расчетной схеме, при истечении жидкости с равномерным начальным полем скоростей. В результате свободная струя становится турбулентной и частично смешивается с окружающей ее покоящейся жидкостью. Кроме того, струя увлекает за собой граничащую с ней жидкость и поэтому количество жидкости, протекающей через поперечное сечение струи увеличивается по мере удаления от начального створа, но одновременно уменьшается ее скорость при постоянном полном импульсе струи.

В данной статье исследуются теории смешения речной и сточной воды. В теории смешения речной и сточной воды важное значение имеет вопрос об отыскании створа полного смешения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ибад-Заде Ю.А., Гурбанов С.Г., Азизов С.Г.* Распределение концентрации веществ загрязнения в открытом потоке. – Тр.ин-та/Бак.фил. ВНИИВОДГЕО, 1976, вып. XIII.
2. *Barr D.I.H.* Model simulation of vertical mixing in stratified flowing water. The Eng.,1963, vol.215, № 5587.
3. *Караушев А.В.* О некоторых аспектах проблемы смешения сточных вод и самоочищения потоков. – В.Н. Материалы по вопросам самоочищения водоёмов. Таллин, 1965.
4. *Худайкулов С.И., Каландаров А.Д.* Дренаж ва дренаж тизимидаги ер ости сувлариҳаракатини моделлаштиришнинг математик усуллари. Вухоро, 2017. 160 б.
5. *Худайкулов С.И., Яхишбоев Д.С.* Моделирование динамики развития стратификационных течений многофазных жидкостей. Ташкент, 2017 г. 162 с.