

## Многоуважаемый Игорь Викторович!

Мой сын передал мне, увы, не очень новую (2007 г.), книгу «Игнорирование экологических угроз». Я постоянно посещал книжные магазины, а там книг на Вашу (нашу общую) тему и Ваших книг лет двадцать не видел.

Прочитал привезенную книгу запоем от корки до корки в тот же день. Ну, не стану ни хвалить, ни охаивать ее – нет серьезных оснований, хотя ...

Реализую искушение проверить надежность позиции автора книги по его отношению к решению, состоящему в не применении высшей математики для нетрадиционной трактовки известного численного метода расчета турбулентной диффузии в реках (А.В. Караушева) и по отношению к рекомендации не применять более метод В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера (ВОДГЕО).

По ВОДГЕО процесс смешения сточных вод с речными водами происходит без перемешивания воды, так как при равномерном течении в реке не наблюдается ни поперечных циркуляционных, ни расходящихся токов, которые бы вызваны были сбросом сточных вод и учитывались при расчетах. Диффузия по ВОДГЕО – это волшебное проникновение вещества в окружающую воду на десятки и даже сотни метров. Проникновения, в результате которого в расходящейся зоне смешения образуется единая (то есть – средняя) концентрация вещества. Она неосторожно названа максимальной концентрацией в сечении водотока (рис. 1). На основании этой схемы построена вся система мониторинга и сделаны попытки моделирования качества воды в реке.

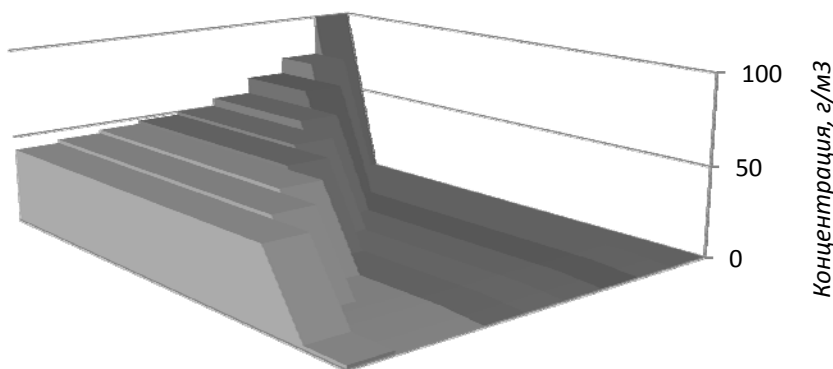


Рисунок 1. Распределение концентрации вещества в водоприемнике в результате вовлечения доли «у» расхода водоприемника в процесс разбавления сточных вод. Сброс береговой. Фоновая концентрация 2 г/м³

Сточная вода в реке состоит главным образом из  $H_2O$ . Это - основание считать ее тоже водотоком. Процесс объединения водотоков к сожалению не всегда можно увидеть. Но когда такая возможность возникает, то общий вид процесса резко отличается от про-

цесса, изображенного на рис. 1. В нем не обнаруживается ни какой области смешения с одинаковой концентрацией вещества.

Посмотрите снимки из космоса участков реки Ангары и Енисея, хранящиеся в программе Google. В реки впадает много притоков, вода которых по цвету резко отличается от воды основной реки, что позволяет проследить процесс объединения водотоков.

На рис. 2 показано устье р. Татарка с ее грязной дражной водой. На расстоянии 500 м после впадения ее в Ангару сохраняется ширина струи. Сохраняется весь букет грязи.



Рисунок 2. Распространение глинистой воды р. Татарки в водах р. Ангары. Светлый ореол, примыкающий к струе, - это струя от выше расположенного притока.

Далее по течению происходит постепенное снижение расхода внедренной струи. Но плотность и цвет изображения этой струи (концентрация) сохраняется на всем протяжении, составляющем десятки километров



Рисунок 3. Расположение двух соседних струй р. Каменка в р. Ангаре



Рисунок 4. Р. Рыбная, практически сохранившаяся в пределах снимка и ручей. Струя ручья отодвинула струю р. Рыбной от берега р. Ангары, но не объединяется ни со струей р. Рыбной, ни с водой р. Ангары в границе изображения (свыше 4-х километров) и далее. Новая загадка объединения водотоков



Рисунок 5. Устье р. Маны и впадение ее в р. Енисей под острым углом к течению. Из космоса струя р. Маны в Енисее прослеживается на расстоянии до 50 км.



Рисунок 6. Р. Томь в Новокузнецке. В нее впадает приток и течет вдоль левого берега Томи из под моста (возможно - это фенольная р. Обушка)

Границу контакта водотоков я собственными глазами и неоднократно видел на месте встречи синей воды, р. Енисея с голубой водой р. Ангары. Она представляет собой вертикальную плоскость, подобную растянутой прозрачной пленке, слабо поблескиваю-

щей при рассматривании ее как со стороны Енисея, так и со стороны Ангары. В этом месте река уверенно глубже 5 м. «Пленка» просматривается на глубину 3-4 метра.

Теперь рассмотрим рисунок 7, на котором изображено поле концентраций по А.В. Караушеву. Заданные исходные условия одинаковы с принятыми для рис. 1.

От схемы с расширяющейся струей (рис. 2) имеется резкое отличие: концентрация вещества убывает при перемещении к периферии берегового водотока. Концентрация в струе, примыкающей к берегу, наиболее высокая.

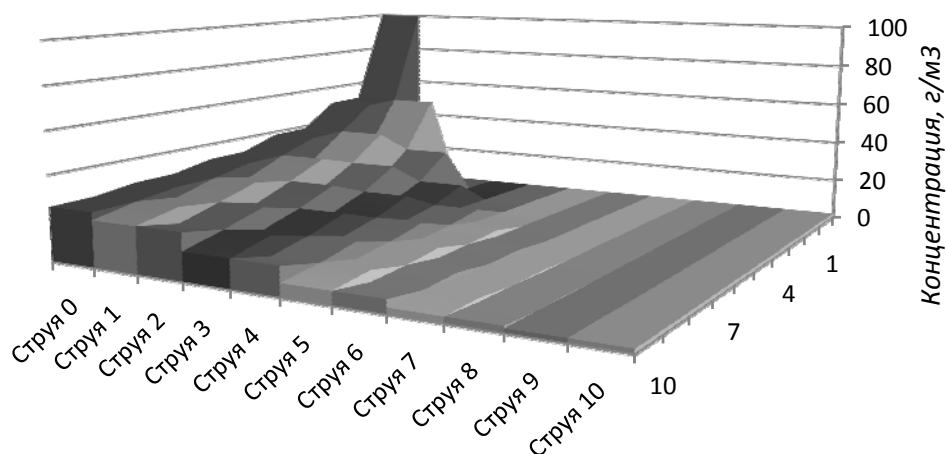


Рисунок 7. Распределение концентраций вещества в акватории по А.В. Караушеву при береговом положении сброса и фоне, равном 2 г/м³. Максимальная концентрация вещества находится в береговой струе, равной расходу сточных вод.

Струя имеет расход, равный расходу сточных вод. Она состоит из остатка струи сточных вод и дополнения ее речной водой как это показано на рис. 8.

Струя расчетная	
Доля сточных вод $\mu Q^{\text{ст}}$	Доля речных вод $(1 - \mu) Q^{\text{ст}}$ , или $(1 - \mu) Q_o^{\text{р}}$

Рисунок 8. Структура каждой струи в реке

Уравнение баланса расходов воды в струе:

$$Q_o^{\text{см}} = \mu Q^{\text{ст}} + (1 - \mu) Q_o^{\text{р}}, \quad (1)$$

Материальный баланс составит умножением каждой части струи на соответствующую концентрацию вещества:

$$C^{\text{см}} Q_o^{\text{см}} = \mu Q^{\text{ст}} C^{\text{ст}} + (1 - \mu) Q_o^{\text{р}} C^{\text{р}}, \quad (2)$$

Так как расход струй одинаков ( $Q_o^{\text{см}} = Q^{\text{ст}} = Q_o^{\text{р}}$ ), то:

$$C^{\text{см}} = \mu C^{\text{ст}} + (1 - \mu) C^{\text{р}}. \quad (3)$$

Примечание: Не следует приводить подобные члены уравнения, как это сделал И.Д. Родзиллер. Если это сделать, то опять получится основа для неверного вывода о том, что на реку влияет только превышение концентрации над фоном. Такой вывод за последние 50 лет нашел многочисленные приложения, играющие отрицательную роль в защите вод от загрязнения. Например, пользователи вычитают из отчетов 2-тп (водхоз) произвольную фоновую массу, или еще: мониторинг ищет превышение над фоном, который считает нулевым (ни кто его системно не изучает).

Результат применения балансовой формулы (3) точно равен результату численного решения для клетки поля, которое по А.В. Караушеву рассчитывается как средняя концентрация в соседних струях предшествующего ряда.

Известно, что численный метод А.В. Караушева является решением в конечных разностях дифференциального уравнения турбулентной диффузии (В.М. Маккавеева). Затруднения в его применении были вызваны, по крайней мере, двумя причинами:

- установившимся необоснованным мнением, что максимальная концентрация вещества в таком поле не имеет определенных координат и для ее выявления необходим расчет поля на всей акватории, протянувшейся от выпуска сточных вод до контрольного створа;
- трудоемкостью расчета концентрации вещества в каждой клетке поля, численность которых могла превышать миллион.

Положение максимальной концентрации в створе вполне определяется рисунками 2-6. Долю струи  $\mu$  можно определить построением поля, приняв концентрацию вещества в сточных водах равной единице, а концентрацию фона в реке равной нулю. Но это как раз та трудоемкая работа, которая перенесла метод в состав резерва. Для избавления от нее автор предложил формулу:

$$\mu = (0,5 \pi k)^{-0.5}. \quad (4)$$

где  $k$  – номер шага процесса. На основе метода А.В. Караушева получено:

$$k = \frac{L}{\Delta X}, \quad (5)$$

где  $L$  – расстояние до расчетного створа,  $m$ ,  $\Delta X$  – шаг процесса,  $m$ .

Формула работает с погрешностью в интервале от  $\pm 0,1\%$  до  $\pm 8,0\%$ , а в среднем (по результатам разработки более 100 проектов)  $\pm 2,5\%$  от значения, определяемого построением поля. Теперь, в основном, исчезла надобность в построении поля. Метод В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера тоже пора забыть.

Формула не действует в условиях длительного сжатия водотока берегами, когда нарушается весь режим формирования струй в водотоке. Здесь не действует не только эта формула. Любое аналитическое решение непременно должно быть ограничено по условиям, предшествующим завершению объединения водотоков (в устаревшем понимании –

полному смешению). В этой единственной ситуации только численный метод позволяет получить объективную картину.

Метод А.В. Караушева для берегового выпуска отражает среднюю концентрацию вещества в струе, имеющей размер струи сточных вод, и расположенной у берега реки. Такая концентрация является экстремальной в сечении водотока. Она может быть максимальной, минимальной или не отличимой от фона. Но метод не предназначен для расчета концентрации в сохранившейся доле струи. Здесь и так все ясно. Концентрация в остатке струи не меняется от места впадения и до конца его (остатка) существования.

Итак, струя сточных вод, внедренная в реку с берега, существует, до момента завершения процесса объединения водотоков (равномерного распределения концентрации в сечении водотока или истончения струи). За это время она проходит расстояние в десятки километров.

Я дважды слышал лично от И.Д. Родзиллера (при двух неудачных попытках поделиться с ним результатами своих поисков) фразу: «Убивает не масса, убивает концентрация». Первая половина его знаменитой фразы не верна. Концентрация вещества в воде – это характеристика раствора вещества. В реке смешиваются растворы. Концентрация раствора после их смешивания определяется по правилу химиков-аналитиков через массовый расход вещества и расходы воды.

Сточные воды и речная вода характеризуются расходом массы вещества (QC). Концентрация смеси не может рассчитываться как средняя, как функция глубины, или чего-то еще, например, по теории вероятностей. Выражение (3) применять можно постольку, поскольку при его выводе принято, что расходы воды в выражении (2) одинаковы. Иначе пришлось бы вести расчет через потоки веществ по выражению (2).

На основе изложенного разработано расширение численного метода А.В. Караушева в виде аналитического продолжения.

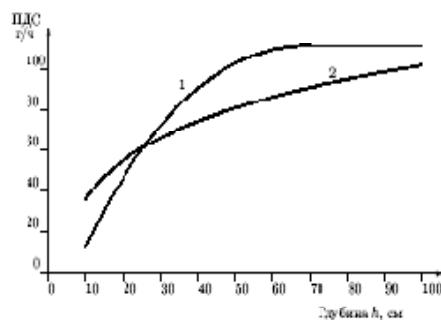
Здесь, с целью популяризации, я ушел от подробностей и описания процесса глубинного выпуска сточных вод. Не показано множество выводов и доказательств. Например, доказательство, что в реках ВСЕГДА достигается выравнивание концентрации по ширине реки («полное смешение»).

В заключение привожу результат математического эксперимента (таблица и график). Они иллюстрируют большую (свыше 2,8 раза) погрешность приближенного метода В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера по сравнению с основным методом А.В. Караушева. Подобных негативных результатов имеется много и в разных диапазонах.



Таблица 2.6. Предельно допустимый сброс по БПК<sub>5</sub> по методам А.В. Караушева и В.А. Фролова - И.Д. Родионцева

Глубина реки	Ширина реки	По Караушеву		По ВОДГЕО		Отношение $\frac{ПДС_1}{ПДС_2}$
		$\Delta X$	$\mu$	$ПДС_k$	$n$	$ПДС_f$
0,1	13,47	5,641	3,0838	13,1	33,29	36,6
0,2	6,73	0,889	3,0296	43,0	48,93	53,8
0,3	4,49	0,302	3,0156	70,5	59,56	65,5
0,4	3,37	0,141	3,0124	88,7	67,2	73,9
0,5	2,69	0,077	3,0108	101,9	72,89	80,2
0,6	2,24	0,0478	3,0101	108,9	77,24	85,0
0,7	1,92	0,0318	0,01	110,0	80,88	89,0
0,8	1,68	0,0223	0,01	110,0	83,29	91,6
0,9	1,5	0,0163	0,01	110,0	85,39	94,1
1	1,35	0,0123	0,01	110,0	87,42	96,2
1,1	1,22	0,0096	0,01	110,0	88,75	97,6

Рис. 14. Норма ПДС, рассчитанная двумя методами при береговом выпуске сточных вод. Соотношение расходов воды  $Q^{(1)}/Q^{(2)} = 100$ . По А.В. Караушеву (1) и по В.А. Фролову (метод ВОДГЕО) (2).

Все подробности – в книге, которая выйдет в свет в сентябре – октябре, если ни чего не случится. Кстати, в своей книге я привел формулы, чуть сложнее перечисленных, хотя включил численное решение задачи о диффузных потерях энергии в струях (двух мерная задача) по уравнению, аналогичному уравнению В.М. Маккавеева.

Теперь позвольте задать Вам вопросы.

Изменилось ли Ваше отношение к возможности сброса сточных вод в реки вообще на основе картинок (рис 2-6) и сопровождающего текста?

Недостаточная точность методов, применяемых в инструкциях, является причиной установления льготных норм, приводящих к оправданию сброса сточных вод, якобы не загрязняющих воду. В книгах Вы не обособляете ее как причину растущего загрязнения вод. Появилось ли сомнение в правильности игнорирования этой причины?

Вы оценили положительно увеличение строгости норм ПДК в 3-370 раз. Но теперь качество воды в реках по таким показателям будет оцениваться соответственно худшим в 3-370 и более раз. Не является ли подобное нормирование одной из причин «растущего загрязнения вод»?

Надеюсь получить ответ вне зависимости от того, прав я или нет.

Ваш почитатель Вит. А. Знаменский.

Среда, 12 августа 2009 г.- вторник, 18 августа 2009 г..