

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АССИМИЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния определенных факторов на ассимилирующей способности воды водотоков.

Ключевые слова: вода, водотоки, аэрация, гидродинамическая характеристика, река Ак-Буура, городская канализационная очистная станция.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE ASSIMILATING POWER OF THE WATER STREAM

The article presents the results of experimental studies of the influence of certain factors on the assimilative capacity of water in watercourses.

Key words: water, watercourses, aeration, hydrodynamic characteristics, Ak-Buura River, municipal sewage treatment station.

Экспериментальные исследования по изучению ассимилирующей способности водного потока проводились в лабораторных условиях для определения факторов, влияющих на аэрацию и насыщению исследуемой воды кислородом воздуха. Экспериментальные исследования проводились на моделях гидротехнических сооружений. Модели сооружений были определены исходя из геометрических размеров сооружений и устройств, а гидродинамическая характеристика принималась исходя из реальных условий реки Ак-Буура.

При исследовании было изучено насыщение воды кислородом воздуха при прохождении ее через водослив. Размеры лотка, в которой проводились исследования, составляли в сечении с шириной 0,20 м, высотой 1,4 м и общей длиной 18 м.

Изучаемый первый (стационарный) водослив устанавливался после 5 м от входа исследуемой воды. Второй изучаемый водослив (мобильный) устанавливался на расстоянии от 4 до 10 м от стационарного водослива.

В ходе экспериментальных исследований были предусмотрены два вида водосливов:

Водослив прямоугольный с широким порогом, с размерами:

высота- $H_{вс} = 0,4; 0,70$ и $1,0$ м,

ширина- $B_{вс} = 0,20$ м,

длина $L_{вс} = 1,0$ м.

Водослив с тонкой стенкой с размерами:

высота- $H_{вс} = 0,4; 0,70$ и $1,0$ м,

ширина- $B_{вс} = 0,20$ м.

экспериментальная установка была выполнена из оргстекла, что обеспечивала возможность визуального наблюдения гидродинамических процессов исследуемой воды.

В качестве исследуемой воды была использована имитированная вода, у которой была заранее изменена БПК₅ с помощью добавлением в водопроводную воду, воды с Бишкекской городской канализационной очистной станции после вторичного отстойника. Имитированная вода находилась в цистерне емкостью около 10 м³. Расход исследуемой воды подаваемая в экспериментальный лоток изменялся с помощью вентиля.

Выполнению экспериментальных исследований предшествовало анализ результатов исследований профессора Пааль Л. Л. [1,2], Худенко Б. М. [3], Вавилина В. А. [4], Сакварелидзе В.В. [5] и др.

Результаты исследований указанных инженеров позволяют констатировать, что из всех конструкций водосливов аэраторов заслуживают внимание для решения поставленных задач конструкции водосливов с широким порогом и с тонкой стенкой. Кроме того, заслуживает внимание вопрос изучения расстояний между порогами, что позволяет обеспечивать стабильность максимального насыщения загрязненной воды кислородом воздуха. Поэтому изучение ассимилирующей способности водного потока проводилось в два этапа:

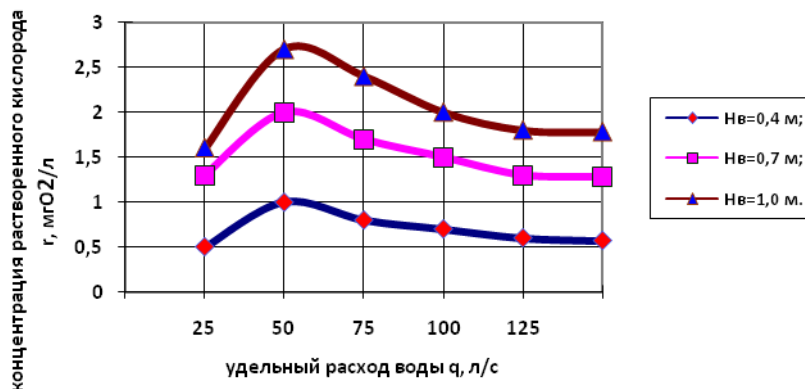
влияние размеров конструкции водосливов с широким порогом и с тонкой стенкой;

изменение ассимилирующей способности воды в промежуточном расстоянии между водосливами.

На рис. 1 показаны изменения концентрации растворенного кислорода в воде r , в зависимости от изменения удельного расхода воды q и высоты водосливов H_e . Исследования проводились для водосливов с широким порогом и с тонкой стенкой в следующем порядке.

Удельный расход воды $q= 25; 50; 75; 100$ и 125 л/с, соответственно и поочередно устанавливались вентилем предусмотренный на линии подачи исследуемой воды, и определялся с помощью треугольного водослива. Каждый из установленных расходов воды пропускались через водосливы с высотой $H_e=0,4; 0,7$ и $1,0$ м, соответственно и поочередно. Таким образом, изменялись удельный расход воды и высота водосливов. При каждом расходе воды и высоте водосливов определялись количество растворенного кислорода в воде. Значение концентрации растворенного кислорода в исследуемой воде приравнивалась к нулю.

а)



б)

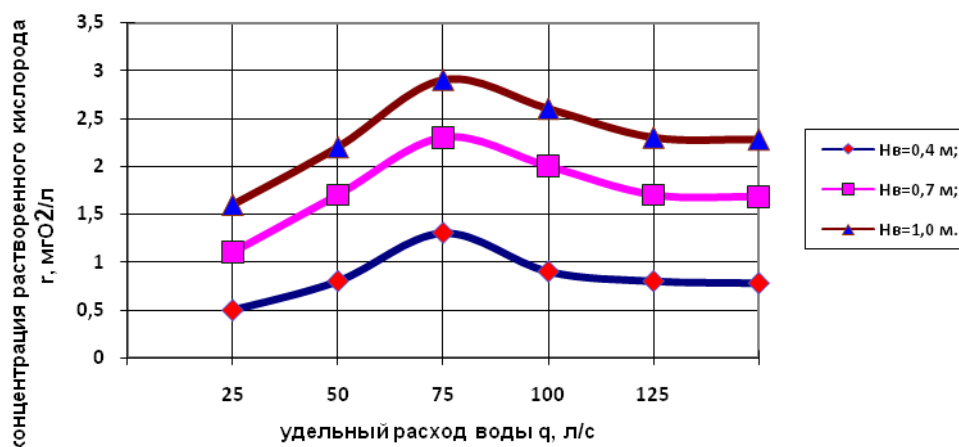


Рис. 1. Зависимости концентрация растворенного кислорода r , $мгО_2/л$ от удельного расхода воды q , $л/с$ и высоты водослива $H_в$, $м$: а) при водосливе с широким порогом; б) при водосливе с тонкой стенкой.

Из таблиц 1 и 2 видно, что значения растворенного кислорода в воде при каждом из высот водосливов до определенного значения расхода воды возрастает, затем резко падает, после чего равномерно убывает. Это свидетельствует о том, что на практике нужно обратить внимание на то, что процессы возрастания, падение и убывание для каждого типа водосливов происходит при разных значениях расхода воды.

Таблица 1

Зависимости концентрация растворенного кислорода r , $мгО_2/л$ от удельного расхода воды q , $л/с$ и высоты водослива с широким порогом $H_в$, $м$

Высота водослива $H_в$, м	Удельный расход воды q , л/с				
	25	50	75	100	125
0,4	0,5	1,0	0,8	0,7	0,6
0,7	1,3	2,0	1,7	1,5	1,3
1,0	1,6	2,7	2,4	2,0	1,8

Из кривых графика (рис. 1) следует, что для каждого типа водослива существует оптимальный расход воды: для водослива с широким порогом- около 50 л/с; для водослива с тонкой стенкой- около 75 л/с.

Таблица 2

Зависимости концентрация растворенного кислорода r , $мгО_2/л$ от удельного расхода воды q , $л/с$ и высоты водослива с тонкой стенкой $H_в$, $м$

Высота водослива $H_в$, м	Удельный расход воды q , л/с				
	25	50	75	100	125
0,4	0,5	0,8	1,3	0,9	0,8
0,7	1,1	1,7	2,3	2,0	1,7
1,0	1,6	2,7	2,8	2,6	2,3

При увеличении высоты водослива и постоянном расходе воды возрастают количества захватываемого воздуха и объем зоны аэрации, что способствует к увеличению переносу кислорода. Увеличение расхода воды при постоянной высоте водослива приводит

к уменьшению времени пребывания воды в зоне аэрации, то есть уменьшению переноса кислорода.

Сопоставляя эти противоположно действующие факторы, можно оптимизировать ассимилирующую способность воды.

С целью определения влияния изменения значений расстояния между первым (стационарным) и вторым (мобильным) водосливами и удельного расхода воды в лотке на аэрационную способности водосливов проведены опыты. Исследования проведены на водосливе с широким порогом высотой $H_e=1,0$ м. расстояния между водосливами устанавливались на отметках $L_p= 2; 4; 6$ и 8 метров от стационарного водослива. При каждой из установленных расстояний через водосливы пропускалась вода с расходом соответственно $q= 40; 80; 100$ и 120 л/с. При каждом пропуске воды через водосливы и расстоянии между ними определялись значения аэрационной способности водосливов. Определенные значения занесены в таблицу 3.

Таблица 3

Влияние расстояния между водосливами L_p и удельного расхода воды q на аэрационной способности водосливов Ψ

Удельный расход воды q , л/с	Расстояние между водосливами L_p , м				
	2	4	6	8	10
40	0,88	0,91	1		
80	0,86	0,88	0,92	1	
100	0,84	0,85	0,87	0,91	1
120	0,82	0,83	0,84	0,87	0,96

Из динамики кривых графика (рис. 2) видно, что при расположении мобильной водобойной стенки в зоне аэрации ($L_p =2$ м от стационарного водослива) аэрационная способность водосливов не высоки. В зависимости от увеличения удельного расхода воды в лотке наблюдается убывание значений аэрационной способности водосливов.

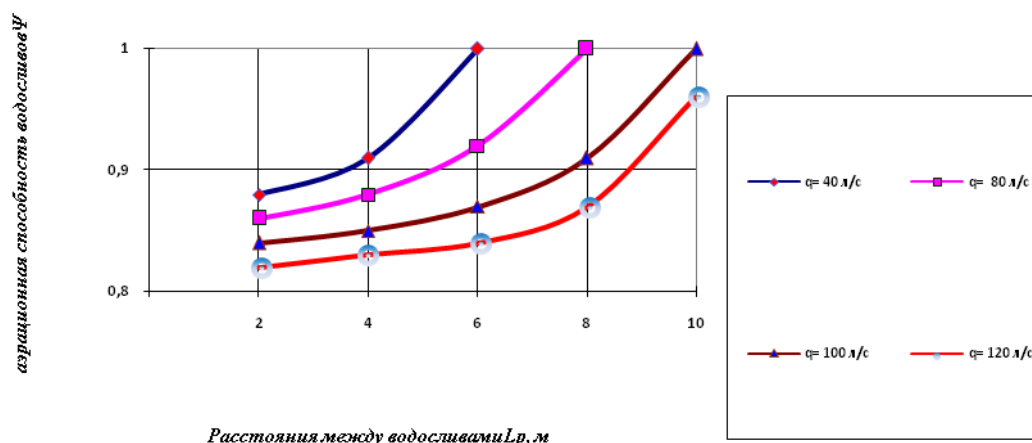


Рис. 2. Влияние расстояния между водосливами L_p и удельного расхода воды q на аэрационной способности водосливов Ψ .

При расположении мобильного водослива на расстоянии $L_p =4$ м, наблюдается рост значения аэрационной способности водосливов для относительно малых расходах воды.

Рост значения аэрационной способности водосливов активизировался при расположении мобильного водослива на расстоянии $L_p =6$ м от стационарного для всех

расходов для $q=80$ л/с. Таким образом, для расходов воды $q=40$ и 80 л/с наиболее оптимальным представляется значение Lp от 4 до 8 м, а для $q=100$ и л/с выше, значение Lp от 8 до 10 м. При таких значениях Lp и q наблюдаются наиболее эффективные значения аэрационной способности водосливов Ψ .

Динамика зависимости BPK_5 , мг O_2 /л от высоты от высоты водослива H_6 , м и удельного расхода воды q , л/с показаны на рис.3.

Исследования проводились при удельных расходах воды $q=25; 50; 75; 100; 125$ л/с, и высотах водослива $H_6=0,4; 0,7$ и $1,0$ м в следующем порядке. В лоток размещался водослив высотой $H_6=0,4$ м и пропусклась вода с удельными расходами вышеуказанном порядке, регулируемая как предыдущих исследований. При каждой комбинации высоты водослива и расхода воды, определялись значения BPK_5 и заносились в таблицы 4 и 5. Опыты проводились для водосливов с широким порогом с тонкой стенкой. Первоначальные значения BPK_5 задавались согласно с вышеуказанным условиям.

Таблица 4

Зависимости BPK_5 , мг O_2 /л от удельного расхода воды q , л/с и высоты водослива с широким порогом H_6 , м

Высота водослива H_6 , м	Удельный расход воды q , л/с				
	25	50	75	100	125
0,4	4,9	4,2	4,3	4,4	4,5
0,7	4,2	3,1	3,5	3,8	4,0
1,0	3,2	1,6	2,3	2,7	2,9

Из динамики кривых рис. 3 видно, что при постоянной высоте водослива для каждого расхода воды значения BPK_5 разные. Наблюдается характерное уменьшение значения BPK при определенных расходах воды у обоих типов водосливов. Для водослива с широким порогом уменьшение значения BPK происходит при расходе воды около 50 л/с, а для водослива с тонкой стенкой – около 75 л/с. Этот процесс можно объяснить тем, что аналогичных расходах и тех же типах водосливов наблюдались повышение концентрации растворенного кислорода в воде (рис. 1, табл. 1 и 2). При постоянном расходе воды уменьшение значения BPK происходит с уменьшением высоты водосливов.

Таблица 5

Зависимости BPK_5 , мг O_2 /л от удельного расхода воды q , л/с и высоты водослива с тонкой стенкой H_6 , м

Высота водослива H_6 , м	Удельный расход воды q , л/с				
	25	50	75	100	125
0,4	4,9	4,2	3,0	3,5	3,9
0,7	4,2	3,1	2,1	2,9	3,1
1,0	3,0	2,2	1,1	1,5	2,1

Это возможно связано тем, что с увеличением высоты водосливов увеличивается поверхность и время контакта вода-воздух, что способствует насыщению воды кислородом воздуха.

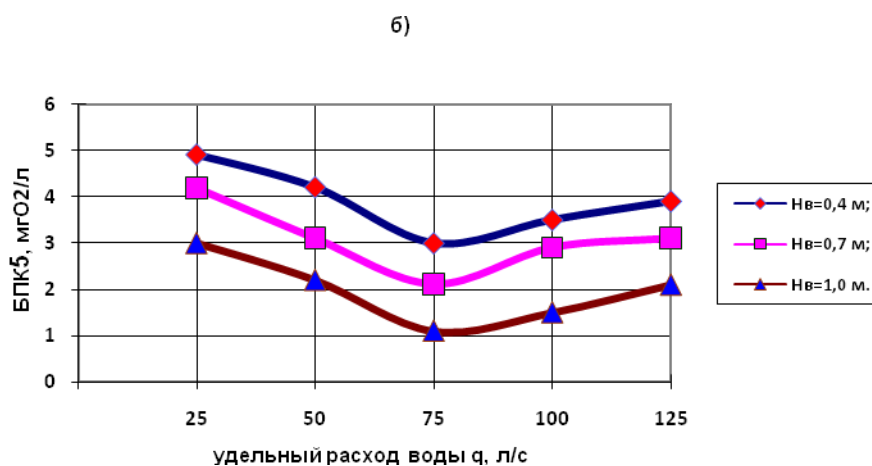
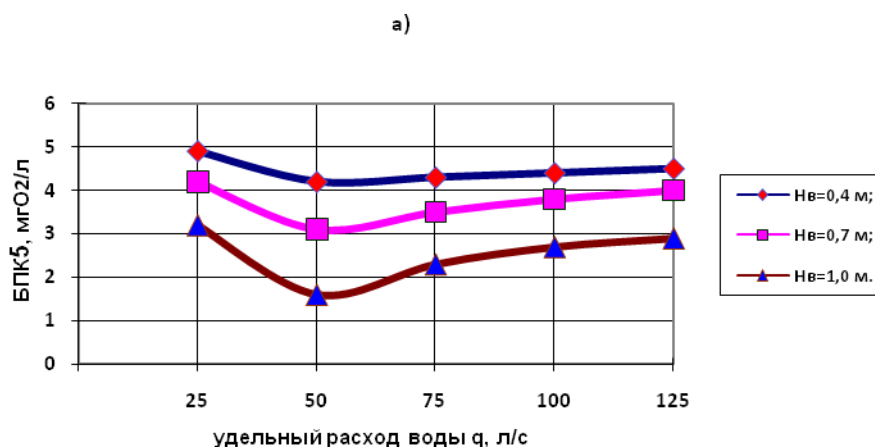


Рис. 3. Зависимости БПК₅ от удельного расхода воды и высоты водослива:
 а) для водослива с широким порогом; б) для водослива с тонкой стенкой.

Исследования динамики значения концентрации растворенного в воде кислорода в зависимости от высоты водосливов (рис. 4) и удельного расхода воды производились в следующем порядке. В лоток подавалась вода с расходом $q=25$ л/с и пропусклась через водослив с широким порогом высотой $H_e=0,4$ м. Затем, при постоянной высоте водослива повторялись опыты с изменением расхода воды $q=50; 75; 100$ и 125 л/с. При каждом изменении определялась концентрация растворенного кислорода в воде. После чего изменялись высота водослива на $H_e=0,7$ и $1,0$ м, с повторением изменения расхода воды. Исследования в такой же комбинации проводились с изменением типа водослива на водослив с тонкой стенкой. Для анализа брались среднее значения показателя растворенного кислорода, каждой высоты водослива при постоянном расходе воды.

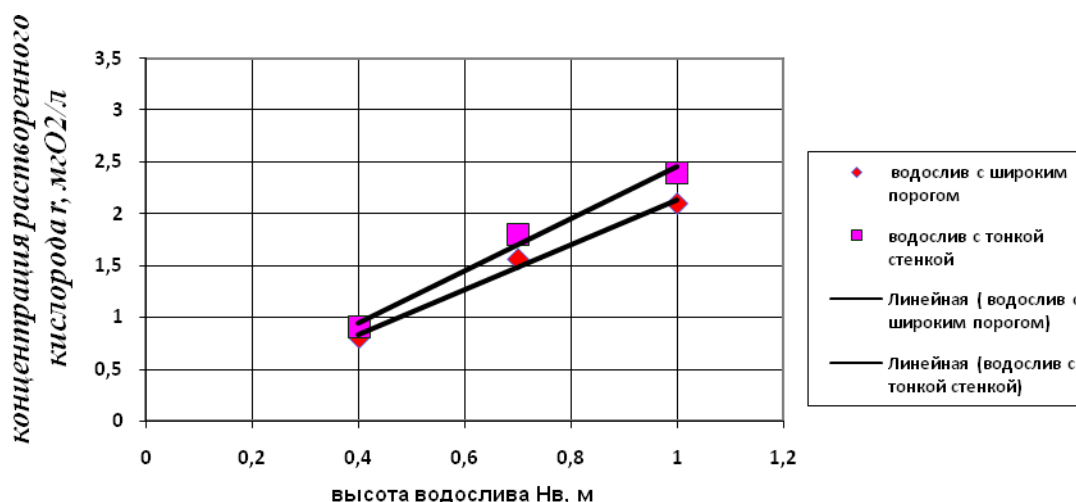


Рис. 4. Зависимость концентрации растворенного кислорода в воде от высоты водосликов

Из рис. 4 видно, что при повышении высоты водосликов увеличивается насыщенность воды кислородом. Эту зависимость можно описать линией первого порядка с углом наклона α .

Анализируя вышеизложенные факты можно сделать следующие выводы:

значения растворенного кислорода в воде при каждом из высот водосликов до определенного значения расхода воды возрастает, затем резко падает, после чего равномерно убывает. Это свидетельствует о том, что на практике нужно обратить внимание на то, что процессы возрастания, падение и убывание для каждого типа водосликов происходит при разных значениях расхода воды;

влияние расстояния между водосливами на аэрационную способности водосликов значительно зависит от удельного расхода воды;

с увеличением высоты водосликов увеличивается поверхность и время контакта вода-воздух, что способствует насыщению воды кислородом воздуха;

При постоянном расходе воды уменьшение значения БПК₅ происходит с уменьшением высоты водосликов, а при постоянной высоте водослива для каждого расхода воды значения БПК₅ разные;

Литература:

1. Пааль Л. Л. Инженерные методы расчета формирования качества воды водотоков. Ч-1. – Таллин, 1976. -44с.
2. Вельнер Х. А., Айтсам А.М., Пааль Л. Л. Об основах инженерного расчета самоочищающей способности водотоков// Научные доклады по вопросам самоочищения водоемов и смещение сточных вод. – Таллин, 1965. С. 117-143.
3. Худенко Б. М., Шпирт Е. А. Аэраторы для очистки сточных вод. –М.: Стройиздат, 1973.- 113с.
4. Вавилин В. А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочистки в реках. –М.: Наука, 1983. -260 с.
5. Сакварелидзе В. В. Аэрация потоков на водосливных поверхностях плотин и быстротоках//Изв. ТНИСГЭИ. Т. 18.–М, 1969. С. 87-102.
6. Кислородный баланс и реаэрация водотоков /Кондратюк В. Г.//Водные ресурсы. -1977. - №2. –С. 27-40.