

Муниципальное казенное учреждение
дополнительного образования
Новохоперского муниципального района Воронежской области
«Станция юных натуралистов»

Мониторинг содержания растворенного кислорода в реках Савала и Хопёр

Автор:

Муравьёв Иван, обучающийся
МКУ ДО «Станция юных
натуралистов»

Руководители:

Хлипитько Нина Леонидовна,
Методист МКУ ДО «Станция юных
натуралистов»,
Вдовина Наталья Николаевна,
педагог д/о
МКУ ДО «Станция юных
натуралистов»

г. Новохоперск,
2020 год

Содержание

Введение.....	2
1. Теоретическая часть работы.....	3
1.1 Объекты исследования.....	4
1.2 Растворённый кислород	4
1.3 Погодно-гидрологические условия	5
2. Методика исследования.....	6
3. Результаты исследования.....	7
Выводы и перспективы.....	10
Список источников.....	11
Приложение.....	12

Введение

Кислород - один из наиболее важных элементов в водной экосистеме. Он контролирует протекание многих химических реакций, является основой для высших форм жизни и индикатором общего состояния экосистемы. В 2019 году мы провели определение содержания растворённого кислорода в озере Большое Голое, расположенном в Хопёрском государственном природном заповеднике. В ходе исследования мы отметили увеличение значения биохимического потребления кислорода в летний период, что сигнализирует об увеличении органических веществ в природной воде. Мы решили провести подобное исследование на реках Хопёр и Савала. Количественное определение содержания растворённого кислорода позволит нам оценить их экологическое состояние, ведь от этого показателя зависит жизнь водоёма и его обитателей. В этом и заключается актуальность нашей работы.

Цель работы - провести количественное определение содержания растворённого кислорода в реках Савала и Хопёр методом йодометрического титрования и оценить экологическое состояние этих водоёмов.

Перед нами стояли **задачи**:

- изучить информацию по теме исследования в различных источниках;
- провести определение содержания растворённого кислорода в пробах воды, взятых на различной глубине из реки Савала и Хопёр в разное время суток;
- сравнить данные с показателями озера Большое Голое;
- провести определение биохимического потребления кислорода в природной воде из рек Савала и Хопёр в июне, июле и августе;
- проанализировать полученные данные.

Количество растворённого кислорода в природной воде – один из основных показателей. Эта тема широко освещена. Научных статей по содержанию кислорода конкретно в реке Хопёр и Савала мы не нашли. На Станции юннатов во время байдарочной экспедиции 2013 года проводилось определение растворённого кислорода в приповерхностных слоях с помощью оксиметра. В ходе своей работы мы изучим динамику зависимости содержания растворённого кислорода в реках Хопёр и Савала от времени суток, температуры и глубины водоёма с помощью метода Винклера.

Питание объектов преимущественно снеговое. 2020 год отличался низким паводком. Уровень воды был заметно ниже по сравнению с предыдущими годами. Определение кислородного режима проводилось в аномально жаркий и засушливый год, что очень важно для дальнейшего мониторинга объектов исследования.

Пойменные озёра Хопёрского заповедника относятся к озёрам со средней минерализацией. Высокое содержание биогенных веществ обуславливает активные биологические процессы. В таких условиях содержание кислорода в воде оказывается важнейшим гидрохимическим фактором, определяющим направление и интенсивность биологических процессов, протекающих в водной массе. Общая для всех озёр закономерность состоит в снижении содержания кислорода в воде от 10-15 мг/л осенью до менее 1 мг/л к концу ледостава [1].

Наш объект исследования - озеро Большое Голое. Название озера связано с отсутствием на берегах древесной растительности. Оно находится около поселка Варварино, в притеррасной части реки Хопер (рис.2). Вдоль его берега проходит экотропа, оборудован пляж. Протяженность озера Большое Голое - 1,2 км, площадь – 11 га, максимальная глубина около 4 м. В озеро впадает ерик из озера Малое Голое и вытекает ерик в р. Хопер [6]. Питание озера осуществляется за счёт весенних паводковых вод, грунтовых подземных вод, а также атмосферных осадков. Так как водоём получает обильное питание грунтовыми водами, в нём отмечено максимальное содержание кислорода в течение всего холодного периода [1].

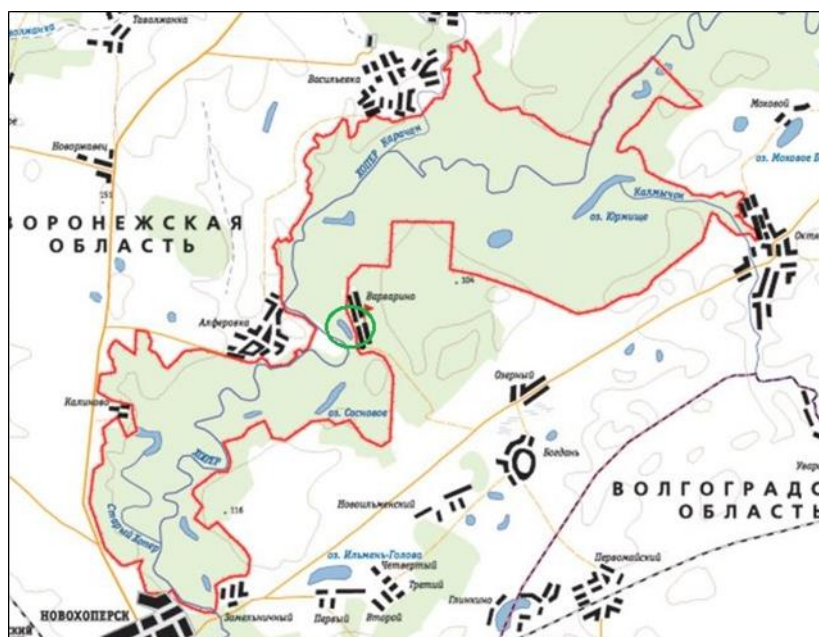


рис.2. Объект исследования на карте Хопёрского государственного природного заповедника.

1.2. Растворённый кислород

Кислород постоянно присутствует в природной воде. Его количество определяет химико-биологическое состояние водоёма. Кислород поступает в поверхностные воды с осадками, в результате процессов абсорбции его из атмосферы и продуцирования в результате фотосинтеза водных растений. Он расходуется на

дыхание водных организмов, а также химические и биохимические процессы окисления органических и некоторых неорганических веществ (Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S и др.). Скорость потребления кислорода увеличивается с ростом температуры и количеством веществ, подвергающихся окислению. Содержание растворённого кислорода зависит от времени суток и сезона. Минимальное содержание растворённого кислорода для нормальной жизнедеятельности рыб составляет примерно 5 мг O_2 /л [5].

1.3. Погодно-гидрологические условия.

Один из важнейших для поймы показателей - высота и продолжительность паводка. В 2019 г. на реке Хопер был низкий непродолжительный паводок. Вода поднялась на 2 м 74 см, этот уровень отмечался около недели, затем начался спад. В 2020 году вода поднялась на 1 м 68 см с 09.05.2020 по 15.05.2020, затем уровень воды начал спадать [8].

Мы проанализировали данные о средней температуре воздуха и среднемесечном количестве осадков по летним месяцам в 2019 и 2020 годах.

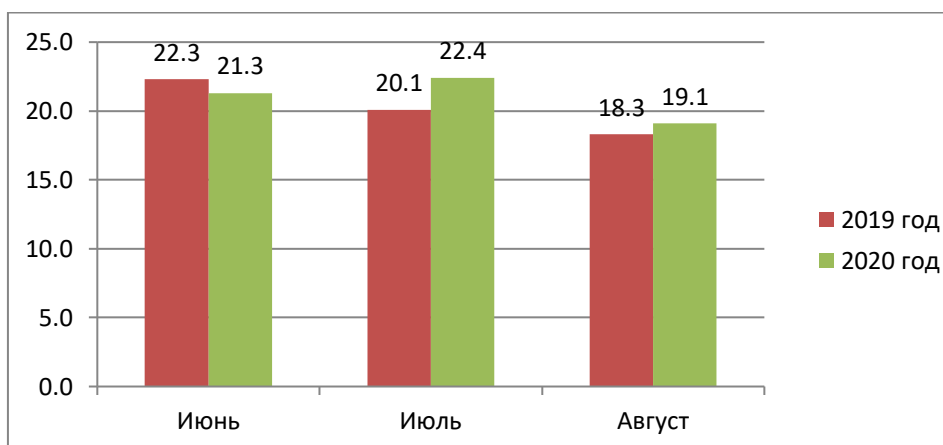


рис.3. Среднее значение температуры воздуха, градус Цельсия.

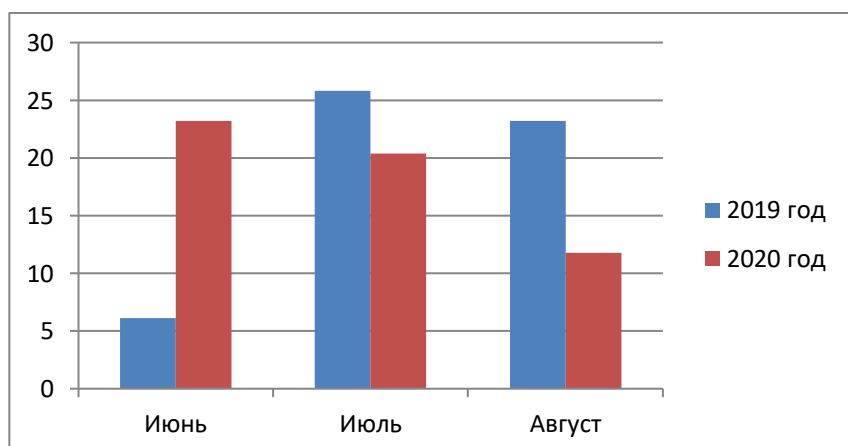


Рис. 4. Среднее количество осадков, мм.

Самая высокая температура была отмечена в июле 2020 года, она составила 22,4°C (рис.3). Температура воздуха летом 2020 года была выше, чем в 2019 году. При этом мы отметили резкое сокращение количества осадков. Данные взяты на метеостанции Хоперского заповедника.

Уровень воды в реке Хопёр летом 2020 года резко сокращался. В конце августа отмечен рекордно низкий уровень за последние 13 лет – 65 см. Осадков выпало заметно меньше, по сравнению с 2019 годом (рис. 4). С 12 сентября началось его повышение после долгожданных осадков – 67 см. На данный момент уровень воды в реке Хопёр составляет 130 см [8]. Аналогичная ситуация сложилась и на реке Савала.

2. Методика исследования

Сбор материала для исследовательской работы проводился летом 2020 года на реках Новохопёрского муниципального района Хопёр и Савала. Нас заинтересовало их химико-биологическое состояние. Для его оценки мы изучим кислородный режим водоёмов в июне, июле и августе.

На начальном этапе работы мы изучили литературные данные по теме исследования. В 2018 году на Станции юных натуралистов проводился анализ качества природной воды из рек Савала и Хопёр, который показал, что содержание хлорид-ионов, сульфат-ионов, рН, ионов аммония не превышает ПДК. Самые высокие значения общей минерализации были получены в образце из реки Савала. Самой чистой оказалась проба из реки Хопер[6]. Для уточнения экологического состояния рек Савала и Хопёр мы определим содержание растворённого кислорода на разной глубине утром, днём и вечером в июне, июле и августе в течение 5 дней. Для оценки количества органических примесей в природной воде из рек Савала и Хопёр мы определим изменение БПК 5 за летние месяцы (июнь, июль, август). Определение содержания растворённого кислорода проводится йодометрическим методом [5],[7].

Для исследования кислородного режима водоёма мы отбирали пробы воды три раза в день: в 9 ч, в 13 ч и в 19 ч в течение трёх дней. Также были отобраны пробы с различной глубины озера: приповерхностные слои (около 15 см), глубина 0,5 м, 1 м. Температуру измеряли с помощью кондуктометра СОМ- 100.

Полученные данные обрабатывались (см. приложение). По ним нами были построены диаграммы, сделаны выводы о кислородном режиме рек Савала и Хопёр, проведена оценка содержания органических веществ.

Используемые программы: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point.

III. Результаты исследования

Все данные, полученные в результате нашего исследования, представлены в приложении, в таблицах 1, 2, 3.

Анализ образцов, взятых с различной глубины, показал, что содержание растворённого кислорода в реках отличается. Содержание растворённого кислорода в реке Савала заметно выше и значение показателя существенно зависит от глубины. Содержание растворённого кислорода в природной воде из реки Хопёр на различной глубине различается слабо, в пределах 0,5 мг O₂/л. Нами не получено пересыщенности приповерхностных слоёв растворённым кислородом, как в озере Большое Голое (рис.5).

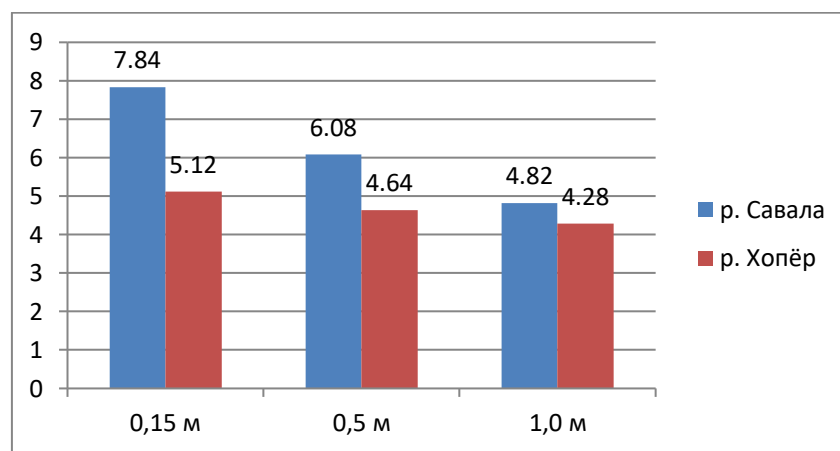


Рис. 5. Содержание растворённого кислорода на различной глубине рек Савала и Хопёр, мг O₂/л.

Мы считаем, что это связано с перемешиванием воды и перераспределением кислорода в толще водоема. В озере Большое Голое перемешивания водных слоёв практически не происходит. Значение содержания растворённого кислорода в приповерхностных слоях пойменных озер Хопёрского заповедника превышает 20 мг O₂/л. С уменьшением светового потока продуцирование кислорода в процессе фотосинтеза уменьшается, поэтому на дне озера количество растворённого кислорода минимально.

Течение рек Савала и Хопёр существенно отличается. Вода в реке Савала движется медленно, проплыть против течения не составляет труда. На реке Хопёр такое невозможно, течение сносит пловца. При анализе литературы, мы нашли информацию о роли турбулентного перемешивания в реках. Турбулентный характер движения воды в реках обуславливает перемешивание водной массы. В результате такого перемешивания осуществляется активная реэрация воды - происходит поступление O₂ из атмосферы при недосыщении воды этим газом и удаление его из воды в случае пересыщения, то есть формируется кислородный режим. Также внутри

турбулентного потока в различных направлениях и с различными относительными скоростями перемещаются отдельные объемы воды, обладающие различными размерами. На реке Хопёр мы часто наблюдали появление на поверхности водного потока маленьких воронок - водоворотов, быстро появляющихся и так же быстро исчезающих, как бы растворяющихся в общей массе воды. На реке Савала такого не происходит. Интенсивность перемешивания снижается со скоростью водного потока.

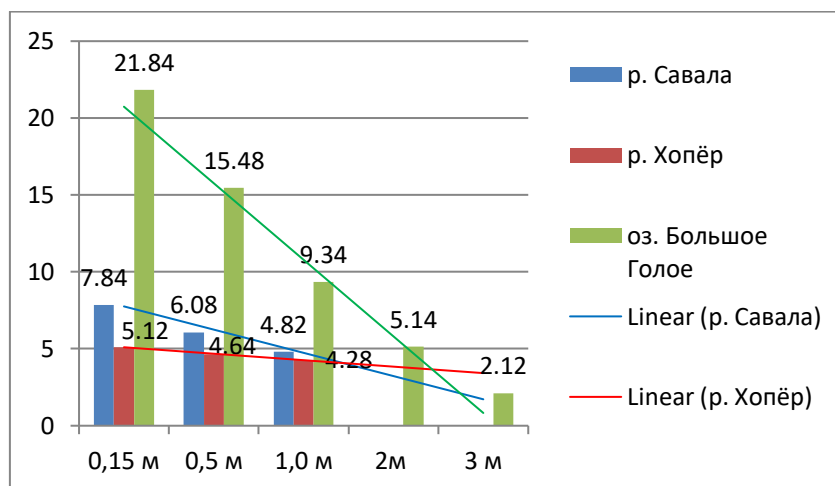


Рис.6 Изменение содержания растворённого кислорода от глубины водоёма.

В ходе анализа образцов, взятых в различное время суток, максимальные значения растворённого кислорода были зафиксированы в 13 часов (рис. 7-8).

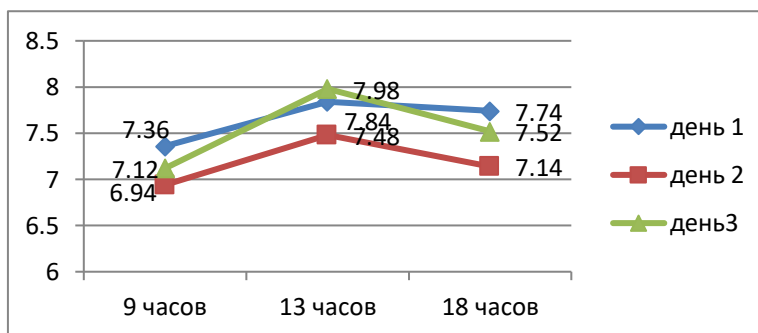


Рис. 7. Содержание растворённого кислорода в разное время суток в июне на реке Савала, мг O₂/л.

Вечером, в 18 часов содержание растворённого кислорода снижалось. Мы считаем, что это связано с увеличением температуры воды за дневное время. Аналогичные результаты были получены и на озере Большое Голое. В данном исследовании мы не зафиксировали влияния скорости водного потока. Также мы отметили более высокое содержание растворённого кислорода вечером, по сравнению с утренними часами. Можно предположить, что это связано с эффективностью процессов фотосинтеза в дневное время.

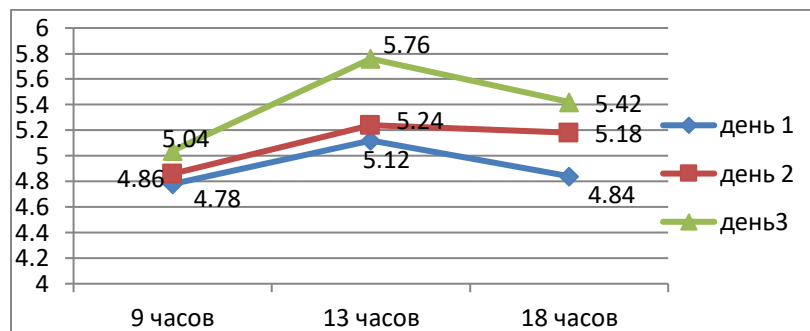


Рис. 8. Содержание растворённого кислорода в разное время суток в июне на реке Хопёр, мг O₂/л.

В августе нами отмечено незначительное снижение содержания растворённого кислорода (рис. 9). Максимальные значения растворённого кислорода также были зафиксированы в 13 часов, минимальные показатели отмечены утром.

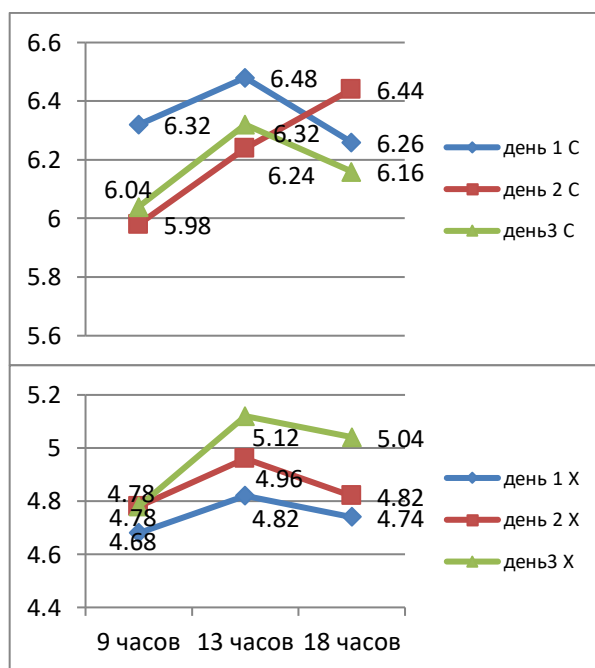


Рис. 9. Содержание растворённого кислорода в разное время суток в августе на реках Хопёр и Савала, мг O₂/л.

Мы считаем, что полученные результаты связаны с увеличением расхода кислорода на процессы окисления. Это подтверждается результатами определения биохимического потребления кислорода (БПК 5). В июне это значение соответствовало чистой воде (1,1 мг O₂/л – 1,9 мг O₂/л) в реке Хопёр и умеренно-загрязнённой воде (2,0 мг O₂/л - 2,9 мг O₂/л) в реке Савала. В течение летних месяцев значение БПК 5 увеличивалось. В августе этот показатель поднялся до 2,98 мг O₂/л в реке Савала и приблизился к значению, соответствующему загрязнённой природной воде (3,0 мг O₂/л - 3,9 мг O₂/л). Данные представлены на рисунке 10.

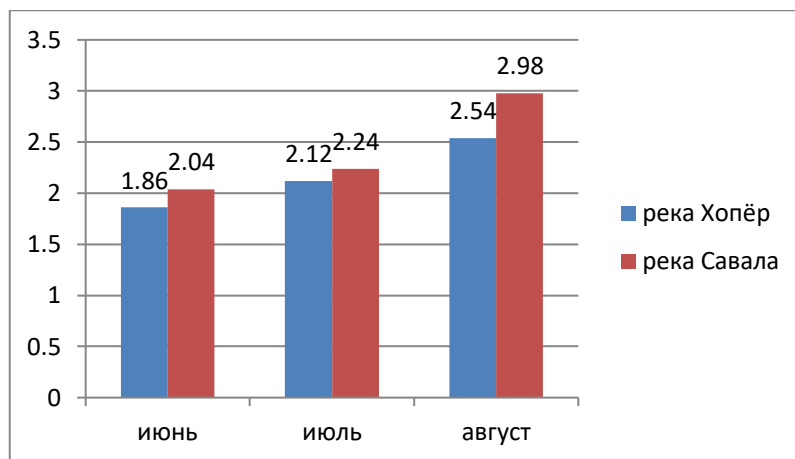


Рис.10. Значение БПК5 в июне - августе в реках Савала и Хопёр, мг O₂/л.

4. Выводы.

В ходе проведённого исследования изучена информация о кислородном режиме рек Савала и Хопёр, проведено сравнение с результатами, полученными при исследовании кислородного режима озера Большое Голое в 2019 году.

Анализ проб природной воды с различной глубины рек Савала и Хопёр показал, что одним из главных факторов при формировании кислородного режима является скорость течения реки, а именно турбулентное перемешивание водных масс. Направление водных потоков в течении реки Хопёр носит сложный характер. Наряду с параллельным берегам движением воды имеются внутренние течения в потоке, направленные под различными углами к оси движения потока. Это приводит к выравниванию значений содержания растворённого кислорода на разной глубине.

В течение лета мы отметили повышение значения биохимического потребления кислорода, что сигнализирует об увеличении органических веществ в природной воде из рек Савала и Хопёр. В реке Хопёр значение БПК5 ниже, по сравнению с данными, полученными при анализе проб из реки Савала, и соответствует «умеренно загрязнённой воде». Значение БПК5 в природной воде из реки Савала соответствует «загрязнённой воде».

Заключение.

Явление перемешивания имеет большое гидрологическое значение. Мы продолжим исследование водоёмов нашей местности. Также мы планируем продолжить изучение процессов, протекающих в водной массе озера. Их важной характеристикой служит первичная продукция органического вещества. Наше исследование позволит выяснить уровень биологической продуктивности водоёма и оценить эффективность продукционных процессов.

Список источников

1. Давыдов Л.К., Дмитриева А.А., Конкина Н.Г. Общая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 463 с.
 2. Гончаров А. В., Исаев В. А., Лобченко Е. Е., Ничипорова И. П. Особенности кислородного режима рек в бассейнах Волги, Оби и Лены // Водные ресурсы, 2011, том 38, № 5, с. 564–570
 3. Петин А.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В. Анализ и оценка качества поверхностных вод Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
 4. Порфирьева А.В., Зиятдинова Г.К., Медянцева Э.П. и др. Гидрохимический анализ: учеб.пособие / – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2018. – 88 с.
 5. РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом.
 6. Сергеев К.С. Химический анализ природной воды из рек Савала и Хопёр/ Материалы XIII региональной научно-практической конференции учащихся г. Воронежа и Воронежской области «От любви к природе к культуре природопользования», – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2019. – 86 с.
 7. Содержание растворенного кислорода в воде: Методические указания/ Составитель Кузьмина И.А. - НовГУ, Великий Новгород, 2007. – 12 с.
- Ресурсы интернет:
7. [Доклад Мин. природы](#)
 8. - <https://allrivers.info/gauge/hoper-novohopersk/>

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Результаты исследования в июне

	9-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды	13-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды	18-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды
День1 Савала	7,36	18/21	7,84	19/28	7,74	19/23
Хопёр	4,78	18/20	5,12	19/28	4,84	19/20
День2 Савала	6,94	18/20	7,48	20/28	7,14	20/24
Хопёр	4,86	18/20	5,24	19/28	5,08	19/20
День3 Савала	7,12	18/21	7,98	20/29	7,52	19/22
Хопёр	5,04	18/20	5,76	20/29	5,42	19/20

2. Результаты исследования в июле

	9-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды	13-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды	18-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды
День1 Савала	15,48	25/28	7,62	25/34	15,76	26/32
Хопёр	5,18	25/28	5,32	25/34	5,38	27/34
День2 Савала	15,95	25/28	16,42	25/34	16,24	26/33
Хопёр	5,46	25/28	5,74	26/35	5,32	27/32
День3 Савала	15,34	25/28	15,58	25/34	15,42	26/33
Хопёр	5,34	25/28	5,22	26/35	5,28	26/32

Таблица 4. Результаты исследования в августе

	9-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды	13-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды	18-00, мг O ₂ /л	Температура воздуха/воды
День1 Савала	6,32	25/28	6,48	25/34	6,26	25/30
Хопёр	4,68	25/29	4,82	25/34	4,74	24/31
День2 Савала	5,98	25/28	6,24	25/33	6,44	24/29
Хопёр	4,78	25/29	4,96	25/34	4,82	25/30
День3 Савала	6,04	24/28	6,32	24/32	6,16	24/32
Хопёр	4,78	25/29	5,12	25/34	5,04	25/30

Таблица 3. Содержание кислорода на различной глубине рек Савала и Хопёр.

Глубина, м	0,15 м	0,5 м	1 м	2 м	3 м
Савала Растворённый кислород, мг О ₂ /л	7,84	6,08	4,82	-	-
Хопёр Растворённый кислород, мг О ₂ /л	5,12	4,64	4,28	-	-



Отбор проб с помощью батометра Молчанова



Река Савала



Этапы анализа



Титрование пробы



Титрование пробы



Река Хопёр

Величина БПК₅ в водоемах с различной степенью загрязненности .

Степень загрязнения (классы водоемов)	БПК ₅
Очень чистые	0,5 - 1,0
Чистые	1,1 - 1,9
Умеренно загрязненные	2,0 - 2,9
Загрязненные	3,0 - 3,9
Грязные	4,0 - 10,0
Очень грязные	> 10,0