

Всероссийский конкурс юных
исследователей окружающей среды

округ "Город Губаха" Пермского края

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
"Школа №2" с кадетскими классами

Номинация: Зоология и экология
беспозвоночных животных

**Влияние удельных нагрузок на видовой состав активного ила
биологических очистных сооружений г.Губахи**

Автор: Нечаев Максим Альбертович,
ученик 10 «Д» класса
Муниципального бюджетного общеобразовательного
учреждения "Средняя общеобразовательная школа №14"
(Новый образовательный центр)

Научный руководитель: Михеева Наталья Михайловна,
Начальник лаборатории отделения ПСВ
цеха ВиВ ПАО «Метафракс»

Губаха — 2019 г.

Оглавление

Введение	3
1. Литературный обзор	4
2. Физико-географическая характеристика Губахинского городского округа.....	7
3. Характеристика сооружений биологической очистки отделения ПСВ цеха ВиВ.....	8
4. Материал и методика	11
5. Результаты исследований.....	14
5.1 Фауна активного ила аэротенков очистных сооружений ПАО «Метафракс»	14
5.2 Индекс Жмур	14
5.3 Удельные нагрузки на активный ил в июле 2019 года	16
Выводы	18
Заключение.....	18
Список литературы и интернет-ресурсов	19
П Р И Л О Ж Е Н И Е	20

Введение

Очистка сточных вод – одна из важнейших частей поддержания экологической обстановки в городах всего мира. Этим процессом занимаются специальные очистные сооружения. Пройдя несколько этапов, изначально загрязненные воды становятся относительно чистыми. Биологические очистные сооружения находятся и в городе Губахе. Для очистки сточных вод используются живые организмы, называемые активным илом.

На жизнедеятельность и активность живых организмов активного ила влияет ряд факторов: температура воды, водородный показатель, питательные вещества. Наиболее важным фактором являются удельные нагрузки, которые зависят от концентрации органических веществ, поступающих на очистку.

Поэтому перед нами была поставлена **цель**: оценить влияние удельных нагрузок на видовой состав активного ила биологических очистных сооружений г. Губахи.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить видовой состав активного ила в течение июля 2019 года;
2. Определить индекс Жмур;
3. Проследить за изменением удельных нагрузок в течение июля 2019 года.

Объект исследования: влияние удельных нагрузок на видовой состав активного ила биологических очистных сооружений г. Губахи

Предмет исследования: живые организмы активного ила биологических очистных сооружений г. Губахи

Научная значимость: определение видового состава активного ила биологических очистных сооружений г. Губахи

Практическая значимость: применение индекса Жмур для определения удельных нагрузок.

Актуальность: изучение зависимости видового состава активного ила от удельных нагрузок на биологических очистных сооружениях г. Губахи.

1. Литературный обзор

Сточные воды – это пресные воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения. По происхождению сточные воды могут быть классифицированы на следующие: бытовые, производственные и атмосферные (<http://stroy-spravka.ru>).

В зависимости от происхождения, вида и качественной характеристики примесей сточные воды подразделяют на три основные категории: бытовые (хозяйственно-фекальные), производственные (промышленные) и дождевые (атмосферные) (<https://delfin.one>).

В нашем случае мы рассматриваем бытовые сточные воды – различные отходы, попадающие в канализацию (различные моющие средства, человеческие отходы). Через канализацию сточные воды попадают на очистные сооружения.

Воду подвергают очистке, чтобы удалить из нее как болезнетворные организмы, так и вредные химические вещества. Биологическая очистка – величайшее изобретение человечества, обеспечившее ему чистую воду, а следовательно, саму жизнь, поскольку это наиболее эффективный, быстрый и дешевый способ удаления органических загрязняющих веществ из сточных вод. Биологические очистные сооружения делятся на группы: сооружения механической очистки, аэротенки и вторичные отстойники. Каждый из них занимается своей деятельностью. Сооружения механической очистки совершают основную работу. Они очищают воду, отправляют их на аэротенки и отстойники. Аэротенки в дальнейшем очищают воду с помощью воздуха. Главной целью Аэротенков является убрать осадочный активный ил и более углубленно очистить воду. Во вторичных отстойниках происходит процесс отделения активного ила от очищенной воды. Далее пробы очищенных вод отправляются в лабораторию, где специалисты проводят анализы, в которых определяют, годна ли вода для питья. Основными анализами являются: измерение мутности воды, анализ на ионы аммония, определение водородного показателя и т.д. В состав стока могут входить тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, СПАВы (синтетические поверхностно-активные вещества), азотистые соединения и химические соединения. Активный ил также анализируют в лаборатории, так как в его состав могут войти бактерии, водоросли, грибы, простейшие и многоклеточные. После лабораторных анализов, делается индикаторная оценка процесса биологической очистки. До настоящего времени не существует совершенной системы биоиндикации процесса биологической очистки, и остается справедливым утверждение о множестве различных данных, трактующих взаимосвязь качества очистки специфических организмов (Ревелль, Ревелль, 1995 г., Жмур, 1997г.).

Удельные нагрузки (количество загрязняющих веществ, приходящаяся на единицу массы активного ила) лучше всего отражают метаболическое

состояние биологической системы. Добиться той или иной требуемой степени очистки воды и минерализации ила можно путём изменения соотношения количеств подаваемых загрязняющих веществ и работающего в системе ила. Величина нагрузки на 1г активного ила по БПК различна для разных сооружений. Низкие нагрузки – меньше 150 мг на 1 г сухого вещества ила; средние – 200-350 мг/г; высокие – более 400-900 мг/г. При средних нагрузках аэротенки работают устойчиво, обеспечивая высокое качество очистки сточных вод, при нагрузках более 400 мг/г – работа сооружений становится нестабильной (повышается иловый индекс, ухудшается качество очищенных сточных вод); при низких нагрузках происходит полная нитрификация азота аммонийных солей до нитратов (Жмур, 2003г.).

Гидробиологический анализ заключается в оценке, с помощью микропирования, состояния и структурных особенностей биоценоза активного ила, организмы которого обладают способностью реагировать на состав и свойства очищаемых сточных вод (Жмур, 1997г.).

В биоценозах активного ила присутствуют представители шести отделов микрофлоры (бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые микроводоросли) и девяти таксономических групп микрофауны (жгутиконосцы, саркодовые, инфузории, первичнополостные, и вторичнополостные черви, брюхоресничные черви, коловратки, тихоходки, паукообразные) (Жмур, 1997г.).

Активный ил представляет собой комплекс бактерий, необходимых для биологического очищения стоков в специализированных очистных сооружениях. Выглядит активный ил как различные по размеру хлопья, плавающие в воде или закрепленные на загрузке септика. Очищение стоков производится за счет поглощения органической составляющей простейшими микроорганизмами, а также биохимического окисления. Активному илу свойственно перманентное увеличение численности микроорганизмов, что не всегда необходимо и может проявляться нестабильным соотношением массы бактерий и поступающих сточных вод. Так как вместе со стоками в емкость попадает питательная для микроорганизмов среда, необходимо контролировать концентрацию загрязнений сточных вод. В противном случае может наблюдаться вспухание или отмирание культур, входящих в состав активного ила (<https://howseptik.com>).

Видовое разнообразие является мерой видовой неоднородности сообщества, поэтому оно складывается из двух факторов: от числа видов, составляющих биоценоз и распределения численности между отдельными видами. Таким образом, значение индекса видового разнообразия зависит от двух факторов: от числа видов, составляющих биоценоз и распределения численности между отдельными видами. Чем выше индекс видового разнообразия, тем богаче биоценоз, тем лучшее качество очистки будет обеспечено (Жмур, 2003г.).

Видовое разнообразие активного ила наилучшим образом характеризуется модифицированным индексом Ciba(далее индекс Жмур), так как в индексе Жмур заложена информация, как о количестве видов, так и об их численном распределении. (Жмур, 2003г.)

2. Физико-географическая характеристика Губахинского городского округа

Губаха – один из крупнейших городов Пермского края. Он расположен на западном склоне Уральских гор под $58^{\circ}02$ северной широты и $57^{\circ}35$ восточной долготы. Абсолютная высота над уровнем моря 235 м.

Городской округ «Город Губаха» (город и пригородная территория) вытянут с запада на восток на 110 км, с севера на юг в среднем 25 км. На севере он граничит с Кизеловским районом, на юго-западе – с Добрянским, на юге и востоке – с Гремячинским. Характерной особенностью геологического строения этого района является наличие многочисленных складок (синклиналей и антиклиналей), образовавшихся при формировании Уральского хребта. Губаха стоит на главной Кизеловской антиклинали.

Климат умеренно-континентальный, средняя годовая температура $+0,13^{\circ}\text{C}$. Средняя летняя температура $+13,39^{\circ}\text{C}$, средняя зимняя -13°C . Из-за большого количества осадков (800 мм в год) воздух, особенно в летний период, влажный.

В Уральских горах формируется река Косьва, к бассейну которой относятся около 75% территории Губахинского городского округа; 25% - к бассейну реки Вильвы. С 1947 г. на Косьве действует Широковская ГЭС. Протекает около трёх десятков малых рек. Все вместе они создают густую речную сеть Прикамья.

Реки Губахинского округа подвержены хозяйственно-фекальным и промышленным загрязнениям (угольные шахты, металлургическая, химическая промышленность). Загрязнение воды вызывает многочисленные болезни человека. Состояние рек округа является мало исследованным, значимым для губахинцев и жителей края.

Забота о здоровье и жизни современных и будущих поколений, требует эффективной очистки вод, бережного отношения к их чистоте. И начинается всё с малого: малой Родины, малых городов, малых рек.

3. Характеристика сооружений биологической очистки отделения ПСВ цеха ВиВ

Отделение по очистке промышленных и сточных вод (ПСВ) цеха водоснабжения и водоотведения (ВиВ) предназначено для полной очистки грязных стоков. Вода проходит полную биологическую и механическую очистку, после чего она отвечает требованиям ПДС (предельно-допустимого сброса). (Приложение 1, рис. 1)

На очистные сооружения поступают сточные воды с города Губахи и ПАО «Метафракс» в количестве 31620 м³/сутки.

Вначале стоки попадают в приёмную камеру, затем идут на механическую очистку: решётки, песколовки и первичные отстойники (Приложение 1, рис 2), где освобождаются от твёрдых отходов, песка и органической взвеси (сырого осадка). К сооружениям биологической очистки относятся аэротенки (Приложение 1, рис. 3,4), илоотделители и вторичные отстойники.

После первичных отстойников (Приложение 1, рис 1), очищенная от механических примесей сточная вода поступает в четырехкамерные аэротенки (Приложение 1, рис. 3,4), где протекают процессы биологического окисления. Сюда же по циркуляционным лоткам поступает активный ил от илоотделителей и вторичных отстойников. Биологическое окисление – широко применяемый на практике метод очистки производственных сточных вод, позволяющий очистить их от многих органических примесей. Биологический метод очистки сточных вод основан на способности микроорганизмов использовать в процессе своей жизнедеятельности различные растворенные и частично взвешенные загрязняющие вещества сточной жидкости. В искусственных условиях сооружений формируется естественный биоценоз, состав которого специфичен и зависит от состава промышленных вод.

Активный ил по внешнему виду представляет собой мелкие хлопья от светло – до темно-коричневого цвета, которые состоят из большого числа многослойно расположенных или флокулированных клеток. Активный ил – это амфотерный коллоид, имеющий отрицательный заряд. Поверхность бактерий, образующих хлопья активного ила достигает 100 м² на 1 грамм сухого ила. Размер хлопьев обычно составляет от 0,1 до 0,5 мм и иногда достигает (2-3) мм и более

Процесс биологической очистки представляет собой непосредственный контакт загрязнений с оптимальным количеством микроорганизмов активного ила в течение необходимого периода времени с последующим эффективным отделением активного ила от очищенной воды.

Биологическое окисление осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), включающим множество различных бактерий, простейших и высокоорганизованных организмов (водорослей, грибов, колероваток, червей, клещей и т.д.), связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями (метабиоза, симбиоза и антагонизма).

Основные процессы, протекающие в сооружениях биологической очистки сточных вод, заключаются в следующем:

1 Активный ил адсорбирует вещества стока, одновременно начинается процесс окисления органических веществ. Адсорбированный субстрат гидролитически расщепляется под действием внеклеточных ферментов микроорганизмов активного ила.

2 Биохимическое окисление растворенных и адсорбированных загрязнений достигает максимального значения под действием микроорганизмов активного ила. В этот же момент начинается процесс нитрификации. Она происходит после окисления веществ, тормозящих работу нитрификантов (углеводы, органические кислоты и их соли, неприродные органические соединения).

3 Постепенное прекращение биохимического окисления органических веществ, нитрификация и регенерация активного ила.

Окисление различных органических веществ происходит с различной скоростью; вначале окисляются легкоокисляемые соединения. Находящиеся в растворенном состоянии органические вещества сточных вод окисляются раньше адсорбированных

Эффективность очистки зависит от структуры и биологических свойств активного ила. Структура хлопьев ила – это компактность, плотность, размер и флокулирующие свойства. Биологические свойства ила – это количество и качества жизни в нем, ферментативная активность, типы организмов, видовое разнообразие и т.д.

На развитие в активном иле отдельных групп микроорганизмов и в связи с этим на направленность процесса очистки решающее влияние оказывает состав промышленных сточных вод.

Самыми важными факторами формирования биоценоза илов очистных сооружений является состав обрабатываемой воды и величина нагрузки на ил. Действие других факторов – температуры, перемешивания, концентрации растворенного кислорода – практически не изменяет качественного состава илов, но влияет на количественное соотношение различных групп микроорганизмов.

Таким образом, искусственно культивируемые микроорганизмы освобождают воду от загрязнений, а метаболизм этих загрязнений в клетках обеспечивает их энергетические потребности, прирост биомассы и восстановление распавшихся веществ клетки. Биологическим путем могут обрабатываться очень многие сложные и разнообразные органические вещества. Переработке подвергаются также некоторые не окисленные неорганические соединения – сероводород, нитриты и т.п.

Многокамерные аэротенки по способу подачи сточных вод и их потоку относятся к типу вытеснителей, а по виду аэрации представляют собой аэротенки с пневматической аэрацией. Окислительный процесс в аэротенках -

вытеснителях происходит неравномерно: в начале аэротенка - быстрее, а по мере приближения к концу и уменьшения количества субстрата – медленнее.

Аэротенк очистных сооружений отделения ПСВ цеха ВиВ представляет собой резервуар прямоугольной формы размером 12 х 13,5 м, в котором аэрируется сточная жидкость, смешанная с активным илом.

Воздух, подаваемый в аэротенки, перемешивает обрабатываемую жидкость с активным илом и насыщает ее кислородом, необходимым для жизнедеятельности бактерий, удаляет метаболиты, хемоокисляет загрязняющие вещества.

Наиболее важными факторами, влияющими на развитие и жизнеспособность активного ила, а также качество биологической очистки, являются температура, наличие питательных веществ, содержание растворенного кислорода в иловой смеси, значение рН среды, присутствие токсинов.

В илоотделителях и вторичных отстойниках иловая смесь отделяется от сточной воды.

В блоке доочистке происходит более глубокая доочистка воды от активного ила с помощью барабанных фильтров и каркасно-засыпных фильтров.

Перед сбросом очищенной сточной воды в реку Косьву в контактных резервуарах осуществляется обеззараживание с помощью гипохлорита натрия.

4. Материал и методика

Исследования проводились в течение июля 2019 года в лаборатории цеха ВиВ ПАО Метафракс. Было отобрано 36 проб, сделано 144 химических и 36 гидробиологических анализа. Камеральная обработка материала проходила с помощью светового микроскопа «Микмед». Для определения организмов использовался «Фауна аэротенков (Атлас)(1984)

В ходе исследований использовались следующие методики для проведения химических анализов: методика измерений бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода, ХПК) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом ПНД Ф 14.1:2:4.190-03; методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97, измерение прозрачности с помощью цилиндра Снеллена и стандартного шрифта. БПК измерялось манометрическим методом.

Методика измерений бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода, ХПК) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом ПНД Ф 14.1:2:4.190-03.

Диапазон измерений значения ХПК составляет 5,0 – 800 мг/л (с учётом разбавления пробы).

Измерения ХПК выполняют методом, основанным на обработке пробы воды бихроматом калия и H_2SO_4 при $t_{0} = +150^{\circ}C$ в присутствии катализатора процесса химического окисления – сульфата серебра. Нагревание пробы и последующее измерение оптической плотности проводят в герметичных оптических виалах в специальном термореакторе «Термион». Для снижения мешающего влияния хлоридов в анализируемую пробу добавляют сульфат ртути (II). Измерение оптической плотности раствора проводят в диапазоне длин волн 340-350 нм или 580-620 нм, на анализаторе жидкости «Флюорат – 02» в зависимости от ожидаемых значений ХПК.

Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97.

Методика количественного химического анализа проб вод (природных, сточных, питьевых, подземных и т.д.) для определения величины рН в диапазоне от 1 до 14 потенциометрическим методом. Метод определения величины рН проб воды основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из стеклянного электрода, потенциал которого определяется активностью водородных ионов, и вспомогательного электрода сравнения с известным потенциалом.

Для определения прозрачности надильовой воды пробу из аэротенков помещали в мерный цилиндр для отстаивания в течение 40 минут, после чего осторожно переливали надильовую воду в цилиндр Снеллена и с помощью отпечатанного текста определяли её прозрачность.

Манометрический метод измерения БПК:

Бактерии потребляют кислород и выделяют углекислый газ. Биохимическое потребление кислорода может быть определено напрямую, посредством измерения давления кислорода, или же косвенно – измеряя давление углекислого газа. В манометрических методах измеряется изменение давления. Но откуда же ему взяться, если известно, что моль любого газа имеет объем 22,4 литра, т.е. превращение молекулы кислорода в молекулу углекислого газа не вызовет изменения давления. Вот тут сказывается присутствие гидроксида натрия в горлышке бутылки. Гидроксид натрия взаимодействует с углекислым газом, образуя карбонат натрия. Вследствие того, что углекислый газ удаляется из газовой фазы, происходит падение давления, пропорциональное количеству поглощенного кислорода, которое и пересчитывается в значение БПК.

Удельные нагрузки на 1г беззольного вещества активного ила по БПК рассчитывались по формуле:

$$N_L = \frac{L_{\text{осв}} Q_{\text{ср}} 100}{a_{\text{ср}} X W},$$

где $L_{\text{осв}}$ – БПК во взболтанной пробе осветлённой воды (после первичных отстойников), мг/дм³; $Q_{\text{ср}}$ – среднесуточный приток сточных вод, м³/сут; W – общий объем всех работающих аэротенков и регенераторов, м³; X – беззольное вещество, (100 – зольность активного ила); $a_{\text{ср}}$ – средняя доза активного ила, г/дм³.

Индекс Жмур рассчитывался по формуле:

$$D_m = n + Y_m,$$

где n – число видов, а величина Y связана с равномерностью распределения организмов по видам:

$$Y_m = \frac{1}{1 - \frac{1}{n}} \left(Y - \frac{1}{n} \right).$$

Диапазон возможного изменения индекса Жмур

$$n < D_m < (n + 1).$$

Его целая часть $[D_m]$ совпадает с количеством видов в популяции

$$D_m = n.$$

Однако дробная часть $\{D_m\}$, ответственная за равномерность распределения организмов по видам, уже не зависит от количества видов и заключена в диапазоне

$$0 < \{D_m\} < 1.$$

5. Результаты исследований

5.1 Фауна активного ила аэротенков очистных сооружений ПАО «Метафракс»

За время проведения исследований в активном иле было зафиксировано не менее 66 видов организмов, в том числе 47 видов одноклеточных и 19 видов – многоклеточных. Список животных активного ила биологических очистных сооружений (БОС) г. Губахи находится в Приложении. Они относятся к 44 родам, 17 отрядам, 8 классам и 6 типам. Наиболее многочисленным типом является Простейшие, из многоклеточных – Коловратки (Приложение 2 рис.1).

По видовому составу первые места занимают рода *Epistylis* (5 видов) и *Vorticella* (6 видов) кругоресничных инфузорий, род *Aspidisca* (4 вида) брюхоресничных инфузорий, по три вида относятся к родам *Bodo* жгутиковых, *Centropyxis* раковинных амёб, *Lecane* плоимидных коловраток (Приложение 3, рис. 3,4). По одному виду было обнаружено в 36 родах изученных животных. (Приложение 2 табл.1)

В активном иле выделяются следующие группы: мелкие жгутиковые (*Bodo globosus*, *B. putrinu*, *B. saltans*, *Oicomonas socialis*), бентосные (*Amoeba lymax*, *A. proteus*, *Arcella vulgare*, *Centropyxis aculeate*, *C. minor*, *C. plagiostoma*) и планктонные (*Euglypha acantophpra*, *Trinema enchelis*, *Actinophorus sol*) амёбы и солнечники, свободноплавающие (*Chilodonella uncinata*, *Coleps hirtus*, *Leptopharynx costatus*, *Litonothus fasciola* (Приложение 2, рис.2), *Porodon sp.*, *Stylonychia pustulata*, *Tetrahymenapyris formus*, *Paramecium caudatum*, *Uronema nigricans*, *Aspidisca costata*, *A. lynceus*, *A. sulcata*, *A. turrrita*, *Euplotes patella*) и прикрепленные инфузории (*Carchesium batoligetiense*, *Epistylis bimarginata*, *E. plicatilis*, *E. polenici*, *E. surceolata*, *E. thienema*, *Opercularia curvicaula*, *O. phryganeae*, *Opisthystyla sp.*, *Vorticella alba*, *V. Aeguliata* (Приложение 2, рис.6), *V. conica*, *V. Convollaria* (Приложение 2, рис.9), *V. picta*, *V. submicrostoma*, *Rabdophria sp.*, *Podophria carchesii*, *Tokophrya mollis*). (Приложение 2 табл.1)

Экосистема активного ила устойчива, её населяют различные экологические группы микро-и-макроорганизмов, разнообразные по видовому составу, которые охватывают все трофические уровни пищевой цепи – растительноядные, бактериоядные, хищники, паразиты и деструкторы.

5.2 Индекс Жмур

Индекс Жмур наиболее наглядно показывает видовое разнообразие активного ила. В состав активного ила может входить огромное количество видов макро- и микроорганизмов. Среди них можно встретить разнообразных инфузорий, коловраток, солнечников, червей и другие организмы. Одни виды могут постоянно присутствовать в составе ила и на их жизнедеятельность не сказываются различные изменения факторов среды обитания – эврибионты (*Bodo globosus*, *B. putrinu*, *B. saltans*, *Oicomonas socialis*, *Arcella vulgare*,

Centropyxis aculeata, Euglypha acantophra, Aspidisca turitta, Coleps hirtus, Epistylis urceolata, Opercularia curvicaula, Opercularia phryganeae, Tokophrya mollis, Rhabdophrya sp., Ptygura sp., Lecane arcuate, Lecane inermis, Chaetonotus maximus, Aelosoma hemprichi, Pseudechiniscus sp.), другие же в силу определённых условий исчезают из фауны и встречаются крайне редко - стенобионты (*Peranema sp., Actinophorus sol, Aspidisca sulcata, Vorticella aequiliata* (Приложение 2, рис.6), *Vorticella alba, Vorticella conica, Vorticella picta, Opisthystyla sp., Epistylis polenici, Dicranonophorus forcipatus* (Приложение 2, рис.7), *Cephalodella gibba, Lecane stichaea, Lepadella sp., Nais pseudoobtusa, Rotaria rotatoria, Lironotus fasciola* (Приложение 2, рис.2), *Stylonychia pustulata, Paramecium caudatum*). (Приложение 2 табл.1)



Рис.1 График показаний индекса Жмур в течение июля 2019 года

Наименьшее значение индекса 15,18 было зафиксировано 18 июля 2019 года. Это связано с тем, что накануне были сбросы по органическим веществам, соответственно уменьшилось количество растворённого кислорода в аэротенках и прозрачность надилловой воды. В активном иле наблюдались мёртвые организмы и их цисты. (Рис.1, Приложение 3 табл.1)

Наибольшее значение во время исследований индекс достигал 25 июля (34,28). Это связано с тем, что в среде сложились более стабильные условия с достаточным количеством растворённого кислорода и питательных веществ без разовых сбросов органических веществ. Состояние активного ила было удовлетворительное, с нормальной жизнедеятельностью. (Рис.1, Приложение 3 табл.1)

В среднем за весь исследовательский период индекс Жмур составил 27,2, что показывает на многообразие организмов активного ила и достаточно устойчивую экосистему, так как резких спадов и подъёмов в значении индекса в течение июля 2019 года не наблюдалось. (Приложение 3 табл.1)

5.3 Удельные нагрузки на активный ил в июле 2019 года

В ходе исследований были проведены химические анализы на следующие компоненты: водородный показатель, прозрачность, биохимическое потребление кислорода (БПК) и биохроматную окисляемость.

Водородный показатель незначительно меняется на протяжении месяца и находится в нейтральной среде (6-7 ед.рН). (Приложение 3, табл. 3)

Показатель прозрачности, в отличие от рН, немного отклонялся на протяжении месяца. Наименьшее значение приходится на 17 июля. В этот день было зафиксировано малое количество организмов, что было связано с резкими изменениями условия обитания – разовые сбросы органических веществ. БПК и значения ХПК после первичных отстойников в течение месяца сильно не изменялись, исключением были лишь разовые сбросы органических веществ (7 раз за месяц). (Приложение 3, табл. 3)

Результаты БПК в основном были стабильны, они зависели от количества атмосферных осадков, которые разбавляли концентрацию органических веществ в сточной воде. (Приложение 3, табл. 3) Дожди в основном проходили в первой половине месяца, потом их количество уменьшилось, и в конце месяца они прекратились. Это отразилось на значениях удельных нагрузок на активный ил, так как они зависят от концентрации БПК.



Рис.2 График удельных нагрузок аэротенков в течение июля 2019 года

На протяжении первой половины месяца удельные нагрузки не превышали значения 151 мг на 1 г сухого вещества ила (среднее значение 86 мг на 1 г

сухого вещества ила) и соответствовали низким. Ил недополучал питательные вещества и был голодным, поэтому разовые сбросы его быстро выводили из равновесного состояния и некоторые организмы погибали или превращались в цисты. Во второй половине месяца показатели удельной нагрузки в среднем возросли до 136 мг на 1 г сухого вещества ила с наибольшим показателем 271 мг на 1 г сухого вещества ила. Значения удельных нагрузок стали приближаться к средним значениям. Количество питательных веществ для организмов активного ила увеличилось в 1,6 раз. Максимального значения показатель достигал 27 июля 2019 года, индекс Жмур имел одно из наибольших значений. В этот период система активного ила стала более устойчивой к изменению условий окружающей среды. (Рис.2, Приложение 2, табл.2)

В ходе исследований выяснилось, что на изменении удельных нагрузок активный ил реагирует спустя некоторое время. Наиболее ярко это видно на рисунках 2 и 3. Пиковые моменты на графике удельных нагрузок приходятся на 8, 10, 16, 23, 24, 27 июля. (Рис.2, Приложение 2, табл.2) Это отображается на графике индекса Жмур примерно через 1 сутки. Можно проследить, что при резком повышении или понижении нагрузок значение индекса падает. Это связано с тем, что нагрузки влияют на жизнедеятельность организмов. При этом индекс достигает наибольшего значения в те дни, когда нагрузки находятся в среднем диапазоне значений, следовательно, при средних нагрузках создаются оптимальные условия для развития и жизнедеятельности организмов.

Выводы

1. Фауна аэротенков БОС города Губахи в иле 2019 года составила не менее 66 видов, относящиеся к 17 отрядам. Экосистема активного ила устойчива, её населяют различные экологические группы микро-и-макроорганизмов, разнообразные по видовому составу, которые охватывают все трофические уровни пищевой цепи – растительоядные, бактериоядные, хищники, паразиты и деструкторы.
2. В среднем за весь исследовательский период индекс Жмур составил 27,2, что показывает на многообразие организмов активного ила и достаточно устойчивую экосистему, так как резких спадов и подъёмов в значении индекса в течение июля 2019 года не наблюдалось.
3. Среднее значение удельной нагрузки в аэротенках БОС города Губахи в июле 2019 года составило 111 мг на 1 г сухого вещества ила, что соответствует низким показаниям. Это связано с большим количеством осадков, которые разбавили сточные воды. Организмы активного ила недополучали питательных веществ и были голодающими. На изменении удельных нагрузок активный ил реагирует спустя некоторое время. При резком повышении или понижении нагрузок значение индекса Жмур падает. При этом индекс достигает наибольшего значения в те дни, когда нагрузки находятся в среднем диапазоне значений, следовательно, при средних нагрузках создаются оптимальные условия для развития и жизнедеятельности организмов.

Заключение

В дальнейшем планируется провести повторные наблюдения за активным илом БОС г.Губаха в зимний период, во время весеннего половодья и в летний период во время засушливой погоды.

За помощь в проведении исследований благодарю моего научного руководителя Михееву Наталью Михайловну, Семёнову Елену Николаевну, инженера-микробиолога отделения ПСВ цеха ВиВ ПАО Метафракс.

Список литературы и интернет-ресурсов

1. Методика определения бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом с применением анализатора жидкости «Флюорат-02» (ПНД Ф 14.1:2:4.190-03).
2. Методика измерений рН в водах потенциометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97).
3. Методика определения прозрачности надидовой воды (ФР 1.31.2008.04400)
4. Н.С. Жмур «Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками» Москва. Издательство «Луч» 1997г.
5. Н.С. Жмур «Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками» Москва. Издательство «АКВАРОС» 2003г.
6. П. Ревель, Ч. Ревель «Среда нашего обитания. Книга вторая «Загрязнения воды и воздуха»» Москва. Издательство «Мир» 1995г.
7. Фауна аэротенков (Атлас). – Л., Наука, 1984. – 264 с.
8. «Что нужно знать о БПК» <http://www.ecoinstrument.com.ua/chto-nuzhno-znat-o-bpk/> 01.07.2019 г.
9. «Сточные воды. Краткая характеристика» <http://stroy-spravka.ru> 20.10.2019 г.
- 10.«Что такое активный ил для очистки сточных вод и как это работает» <https://howseptik.com> 01.11.2019 г.
- 11.«Автономная канализация в частном доме» <https://delfin.one/> 01.11.2019 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ



Рис.1 БОС г.Губаха вид со спутника



Рис.2 Первичные отстойники БОС г.Губаха



Рис.3 Аэротенки БОС г.Губаха



Рис.4 Аэротенки БОС г.Губаха



Рис.5 Иловая смесь в аэротенках БОС г.Губаха



Рис.6 Блок ёмкостных сооружений
БОС г.Губаха

Фауна активного ила БОС г.Губаха

Одноклеточные животные

Тип Простейшие – *Protozoa*

Класс Жгутиковые – *Mastigophora*

Отряд Эвгленовые – *Euglenales*

Peranema sp.

Отряд Эубодоневые – *Eubodonida*

Bodo globosus

B. putrinus

B. saltans

Oicomonas socialis

Класс Саркодовые – *Sarcodina*

Отряд Амёбы – *Amoebida*

Amoeba lymax

A. proteus

Отряд Раковинные амёбы – *Testacea*

Arcella vulgare

Centropyxis aculeate

C. minor

C. plagiostoma

Euglypha acantophora

Trinema enchelis

Отряд Солнечники – *Heliozoa*

Actinophrys sol

Класс Инфузории – *Infusoria*

Отряд Равноресничные – *Holotricha*

Chilodonella uncinata

Coleps hirtus

Leptopharynx costatus

Porodon sp.

Litonotus fasciola

Stylonychia pustulata

Tetrahymenapyris formus

Paramecium caudatum
Uronema nigricans

Отряд Брюхоресничные – *Hypotricha*

Aspidisca costata
A. lynceus
A. sulcate
A. turrrita
Euplotes patella

Отряд Кругоресничные – *Peritricha*

Carchesium batorligetiense
Epistylis bimarginata
E. plicatilis
E. polenici
E. surceolata
E. thienema
Opercularia curvicaula
O. phryganeae
Opisthystyla sp.
Vorticella alba
V. aeguliata
V. conica
V. convollaria
V. picta
V. submicrostoma

Отряд Сосущие – *Suctoria*

Rabdophria sp.
Podophria carchesii
Tokophrya mollis

Многоклеточные животные

Тип Коловратки – *Rotatoria*

Отряд Бделлоидные – *Bdelloidea*

Habrotrocha collaris
Limnias melicerta
Philodina roseola
Ptygura sp.

Rotaria citrina

R. elongata

R. rotatoria

Отряд Моногонатные - *Monogonata*

Cephalodella gibba

Dicranonophorus forcipatus

Отряд Плоимидные – *Ploimidae*

Lecane arcuate

L. inerpis

L. stichaea

Lepadella sp.

Encentrum lupus

Тип Круглые черви – *Nematoda*

Тип Брюхоресничные черви – *Gastrotricha*

Класс Хетониды – *Chaetonoideae*

Отряд Хетонотиды – *Chaetonotida*

Chetonotus maximus

Тип Кольчатые черви - *Annelida*

Класс Малощетинковые – *Oligoheata*

Nais pseudoobtusa

Aelosoma hemprichi

Тип Тихоходки – *Tardigrada*

Класс Гетеротардиграды- *Heterotardigrada*

Отряд Артротардиграды – *Arthrotardigrada*

Pseudechiniscus sp.



Рис.1 Соотношение типов организмов активного ила БОС г.Губаха

Организм /дата	3.07. 2019	5.07. 2019	8.07. 2019	9.07. 2019	10.07. 2019	11.07. 2019	12.07. 2019	15.07. 2019	16.07. 2019	17.07. 2019	18.07. 2019	19.07. 2019	22.07. 2019	23.07. 2019	24.07. 2019	25.07. 2019	26.07. 2019	27.07. 2019	Всего	Вывод
Жгутиковые	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16	Присутствует постоянно
<i>Peranema</i>									+					+					2	Присутствует периодически
<i>Arcella</i>	+	+	+	+	+		+		+			+	+	+	+	+	+	+	14	Присутствует постоянно
<i>Centropyxis aculeata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18	Присутствует постоянно
<i>Centropyxis s. minor</i>			+	+	+			+	+									+	6	Присутствует периодически
<i>Centropyxis plagiostoma</i>									+	+					+		+		4	Присутствует периодически
<i>Euglypha acantophora</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18	Присутствует постоянно

																				0		
<i>Trinemaenchelys</i>	+					+		+	+												4	Присутствует периодически
<i>Actinophryssol</i>				+																	1	Присутствует периодически
<i>Aspidisca costata</i>	+	+					+	+	+			+	+	+		+	+	+			11	Присутствует периодически
<i>Aspidisca turrata</i>	+	+			+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+			14	Присутствует постоянно
<i>Aspidiscalynceus</i>							+	+					+	+	+	+	+	+			8	Присутствует периодически
<i>Aspidiscasulcata</i>												+		+	+						3	Присутствует периодически
<i>Euplotespatella</i>						+			+		+	+		+		+	+	+			8	Присутствует периодически
<i>Colepshirtus</i>	+	+	+	+	+	+		+		+			+	+	+	+	+	+			14	Присутствует

																				постоянно	
<i>Leptopharynxcostatus</i>		+	+				+	+	+	+	+									7	Присутствует периодически
<i>Litonotuslamella</i>	+							+	+	+	+		+	+	+					10	Присутствует периодически
<i>Litonotusfasciola</i>				+												+				2	Присутствует периодически
<i>Porodon</i>	+	+	+	+												+	+	+		7	Присутствует периодически
<i>Stylonychiapustulata</i>					+															1	Присутствует периодически
<i>Tetrahymenapyriformis</i>						+														1	Присутствует периодически
<i>Parameciumcaudatum</i>			+	+																2	Присутствует периодически
<i>Uronemanigrificans</i>				+	+						+				+					4	Присутствует

<i>s</i>																				вует периодич ески	
<i>Chilidonellauncinata</i>	+							+	+								+	+	+	6	Присутст вует периодич ески
Голые амебы					+	+		+									+		+	5	Присутст вует периодич ески
<i>Vorticellaalba</i>	+																			1	Присутст вует периодич ески
<i>Vorticellaaequiata</i>	+											+							+	3	Присутст вует периодич ески
<i>Vorticellaconica</i>		+																		1	Присутст вует периодич ески
<i>Vorticellaconvallaria</i>	+	+					+		+			+	+	+	+	+			+	10	Присутст вует периодич ески
<i>Vorticellasubmicrostoma</i>		+			+	+						+	+	+	+					7	Присутст вует периодич ески

<i>Vorticellapicta</i>	+	+																	+	3	Присутствует периодически	
<i>Opisthystyla</i>													+								1	Присутствует периодически
<i>Epistylisbimarginata</i>		+			+	+	+	+	+				+	+							8	Присутствует периодически
<i>Epistylisplicatilis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+											9	Присутствует периодически
<i>Epistylisurceolata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+						13	Присутствует периодически
<i>Epistylis thienemanni</i>							+											+	+	+	4	Присутствует периодически
<i>Epistylis polenici</i>	+																				1	Присутствует периодически
<i>Operculariacurvicula</i>	+		+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	14	Присутствует постоянно

<i>Operculariaphryganeae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14	Присутствует постоянно
<i>Carchesiumbatorligetiense</i>								+	+	+	+		+	+	+	+	+		9	Присутствует периодически
<i>Tokophryamollis</i>	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16	Присутствует постоянно
<i>Rhabdophrya</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	17	Присутствует постоянно
<i>Podophryacarchesia</i>														+			+	+	4	Присутствует постоянно
<i>Philodinaroseola</i>	+	+	+		+			+				+	+				+	+	10	Присутствует периодически
<i>Rotariacitrina</i>	+	+	+	+	+						+	+				+	+		10	Присутствует периодически
<i>Rotariaelongata</i>	+	+	+	+	+	+		+					+						8	Присутствует периодически

																				ески	
<i>Rotariarotatoria</i>		+																		1	Присутствует периодически
<i>Ptygura</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	17	Присутствует постоянно	
<i>Limniasmelicerta</i>			+						+	+					+	+			5	Присутствует периодически	
<i>Habrotrochacollaris</i>																+			1	Присутствует периодически	
<i>Dicranophorusforcipatus</i>																		1	1	Присутствует периодически	
<i>Cephalodellagibbata</i>				+																Присутствует периодически	
<i>Lecane (Monostyla) arcuata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18	Присутствует постоянно	
<i>Lecaneinermis</i>	+	+	+	+	+	+		+	+			+		+	+	+		+	13	Присутствует периодически	

																				ески	
<i>Lecanestichaea</i>												+		+						2	Присутствует периодически
<i>Lepadella</i>					+				+										+	3	Присутствует периодически
<i>Encentrumlupus</i>			+	+					+	+										5	Присутствует периодически
<i>Nematoda</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+							+				10	Присутствует периодически
<i>Chaetonotus</i>	+	+	+		+	+	+		+			+	+	+		+	+	+	+	14	Присутствует постоянно
<i>Nais</i>							+													1	Присутствует периодически
<i>Aelosoma</i>	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16	Присутствует постоянно
<i>Tardigrada</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	17	Присутствует

																				постоянно
Всего	31	29	30	24	25	26	26	30	29	17	15	25	28	25	26	34	23	31		
Случайный вид	0	0	0	9	7	8	12	14	8	0	0	10	9	5	8	10	8	11		
Субдоминантный вид	28	27	27	13	16	15	9	14	20	15	14	14	17	19	17	23	14	19		
Доминантный вид	2	2	3	2	1	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1		

Таблица 1 Результаты гидробиологического анализа

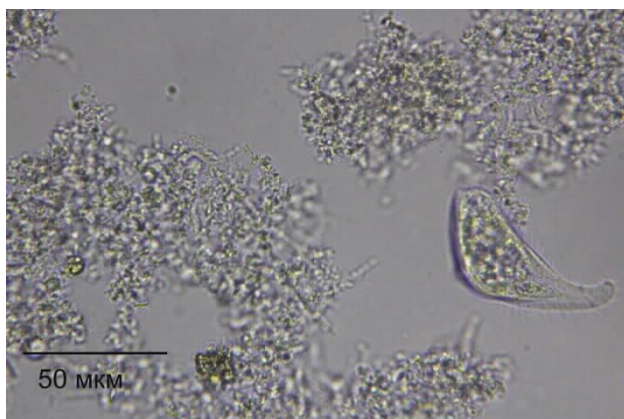


Рис.1 Инфузория *Litonotus fasciola*

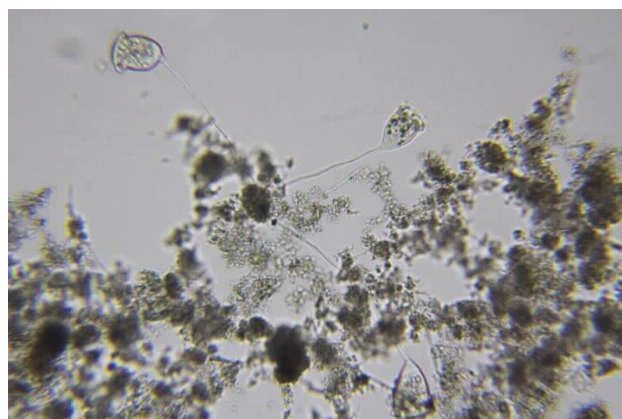


Рис.2 Общий вид ила, инфузории *Vorticella*

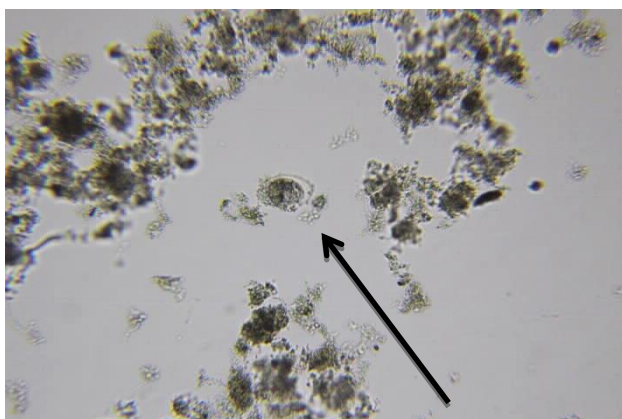


Рис.3 Яйцо коловратки

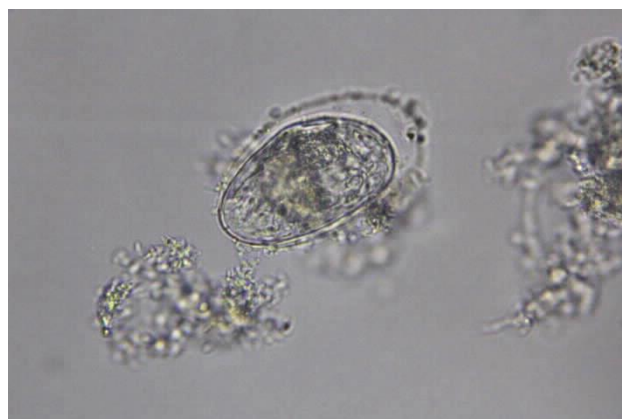


Рис.4 Яйцо коловратки при увеличении

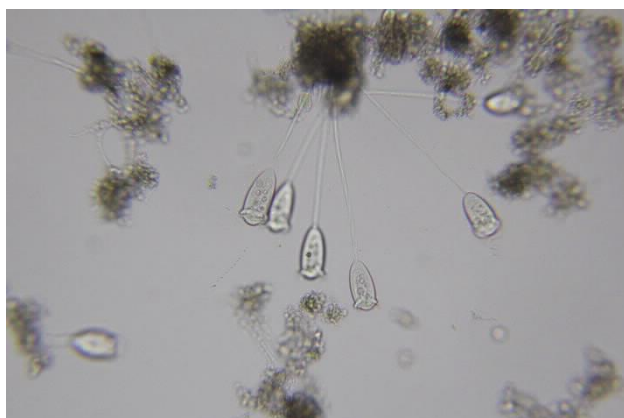


Рис.5 Инфузория *Vorticella aequilata*

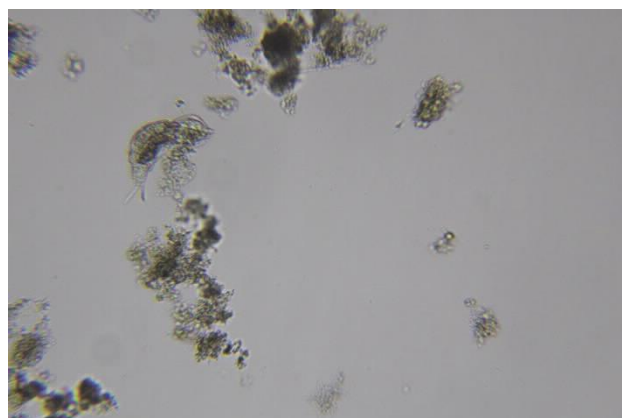


Рис.6 Коловратка *Dicranophorus forcipatus*

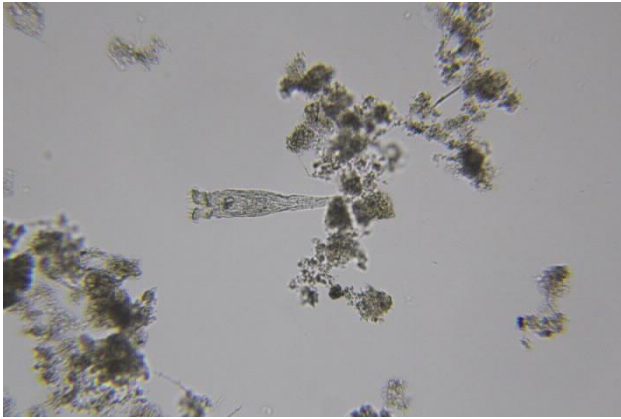


Рис.7 Коловратка *Rotaria elongata*



Рис.8 Инфузория *Vorticella convallaria* с пищеварительными вакуолями

Таблица 1 Показатели индекса Жмур в течение июля 2019 года

Дата	3.07.	5.07.	8.07.	9.07.	10.07	11.07	12.07	15.07	16.07	17.07	18.07	19.07	22.07.	23.07	24.07	25.07	26.07.	27.07.
	2019	2019	2019	2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	2019	.2019	.2019	.2019	2019	2019
Индекс Жмур	31,40	29,42	30,42	24,39	25,40	26,32	26,32	30,29	29,26	17,36	15,18	25,29	28,29	25,35	26,23	34,28	23,20	31,20

Таблица 2 Показатели удельных нагрузок аэротенков в течение июля 2019 года

Дата	3.07.	5.07.	8.07.	9.07.	10.07	11.07	12.07	15.07	16.07	17.07	18.07	19.07	22.07.	23.07	24.07	25.07	26.07.	27.07.
	2019	2019	2019	2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	.2019	2019	.2019	.2019	.2019	2019	2019
Удельные нагрузки	117	62	43	44	151	82	112	95	66	105	121	187	80	160	63	116	121	271

Таблица 3 Химические показатели проб активного ила в течение июля 2019 года

Дата	3.07. 2019	5.07. 2019	8.07. 2019	9.07. 2019	10.07 .2019	11.07 .2019	12.07 .2019	15.07 .2019	16.07 .2019	17.07 .2019	18.07 .2019	19.07 .2019	22.07. 2019	23.07 .2019	24.07 .2019	25.07 .2019	26.07. 2019	27.07. 2019
БПК,	5,82	5,76	4,41	4,48	4,47	4,59	4,29	4,21	3,53	4,16	2,98	4,10	3,52	3,70	3,38	3,73	3,60	4,12
рН, ед. рН	7,2	7,3	7,3	7,2	6,7	6,8	6,9	7,3	6,9	7,5	6,7	7,2	7,3	7,2	6,9	7,0	7,0	7,3
ХПК,	674	349	251	240	600	290	251	318	253	304	481	738	404	575	225	432	760	738
Прозрачн ость, см	8,5	7,3	7,1	6,8	5,8	5,8	6,9	5,3	6,0	4,5	5,4	6,0	7,5	6,0	7,0	6,0	6,2	5,4