



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Исследование процессов осаждения наносов

Исполнитель Казанцев Степан Ильич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

12 06 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧИМОСТЬ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕЧНЫХ НАНОСОВ	4
1.1 Формы частиц	5
1.2 Транспортировка речных наносов	7
1.3 Мутность	8
1.4 Рассеивание света в воде	10
1.5 Мутность и прозрачность	12
1.6 Батометрический метод	14
Глава 2. ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧНЫХ НАНОСОВ И МУТНОСТИ	16
2.1 Датчик	16
2.2 Принцип работы датчика	18
2.3 Программное обеспечение для обработки полученных данных	20
2.3	24
Глава 3. Лабораторные и практические испытания прибора	25
3.1 Первая сборка и тест	25
3.2 Проверка прибора в полевых условиях	27
3.3 Сравнение получаемых данных прибора с данными Батометрического метода	29
3.4 Проверка на чувствительность	31
3.5 Даймище	35
4. Вывод	37
Список использованной литературы	38

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач гидрологии является изучением речных наносов, так как переносимое количество потоком частиц определяет процессы формирования речного русла. Эти сведения одна из важнейших характеристик гидрологического режима рек. Данные о концентрации взвешенных наносов и их стоке применяются для решения множества практических задач.

Однако получение данных о стоке взвешенных наносов затруднено. В наше время, на сети гидрометслужбы используется батометрический метод для измерения концентрации взвешенных наносов. Этот метод является крайне энергозатратным в подготовке, сборе и обработке информации. В связи с вмешательством деятельности человека в эко-среду, появилась необходимость в моментальном анализе.

Глава 1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧИМОСТЬ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕЧНЫХ НАНОСОВ.

Практическая значимость речных наносов очень велика. Сведения о них являются важнейшей характеристикой гидрологического режима рек и их бассейнов. Количество переносимых наносов и их режим во многом определяют как формируется речное русло, заносимость судоходных каналов на реках и многое другое. Затрагивая транспорт наносов при искусственном воздействии на режим потока, может привести к непредвиденным последствиям, таким как изменение коренного русла и тд. Поэтому любое проектирование гидротехнических сооружений на реках требует учета режима транспорта наносов и учета влияния возводимых сооружений на условия движения твердого материала. Вопрос о заилении водохранилищ и прудов так же имеет большое практическое значение, которое определяет не только продолжительность существования водоема и его эффективность, но и условия его эксплуатации. В настоящее время сток наносов, его внутригодовая и многолетняя изменчивость, крупность наносов являются теми необходимыми исходными данными, которые наряду со сведениями о режиме стока воды используются при проектировании больших и малых водохранилищ. Аналогичные данные применяются и при сооружении отстойников и ирригационных систем.

При проектировании питьевого, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения (в том числе и орошения) особо выделяют мутность воды, т.е. содержанию взвешенных наносов в воде. При превышении нормы содержания частиц в воде проектируются специальные очистные сооружения. Для этих сооружений требуются сведения о наносах. Так же наносы можно использовать как сырье для промышленности, применять как строительный материал. В донных отложениях рек (в речном аллювии) могут содержаться ценные минералы: алмазы, золото, металлы платиновой группы и т. д. При этом следует иметь в виду два аспекта:

Первый, когда в аллювии велико содержание ценных примесей и его можно рассматривать как россыпи, идущие на промышленную разработку;

Второй, когда в аллювии содержание ценных примесей, минералов и сопутствующих пород, позволяет следуя по стоку обнаружить коренные месторождения минералов.

При разработке современных аллювиальных отложений в реке надо обратить внимание на последствия изъятия материала и на интенсивность его восполнения стоком наносов. Любые нарушения естественного руслового режима, ведущие к «разбалансированию» системы (транспорт наносов—русло), вызывают цепную реакцию. Последствия этой реакции должны быть заранее учтены и предусмотрены меры, направленные на предотвращение отрицательных явлений.

1.1 Формы частиц.

Речные наносы – это твердые частицы, которые образуются в результате эрозии водосборов и русел водотоков, абразии водоемов (разрушение надводного и подводного берега водоема или реки), переносимые течениями в озерах, водохранилищах, реках.

В состав речные наносов входят частицы различных размеров и форм. Форма частицы зависит от ее размера, природы вещества, из которого она состоит, от степени механической обработки в процессе движения. Наносы делят по размеру частиц на семь основных фракций; эти фракции могут подразделяться в свою очередь на две или три подфракции (табл. 1). Разделяющей эти фракции величиной является средний диаметр d , принимаемый как диаметр эквивалентной частице шара (по объему). Оценкой величины d , является ситовой анализ.

Таблица 1.

Классификация частиц наносов по их размерам d мм

Подфракции	Фракции						
	валуны	галька	гравий	песок	пыль	ил	глина
Крупные	больше 100	100—50	10—5	1,0—0,5	0,1—0,05	0,010—0,005	меньше 0,001
Средние		50—20	5—2	0,5—0,2	—		
Мелкие		20—10	2—1	0,2—0,1	0,05—0,01	0,005—0,001	

В геологии обломочный материал делят на следующие группы:

Крупнообломочные породы — валуны, галька и гравий — образуют группу псефитов. К пескам, именуемым псаммитами, относят частицы размером от 0,05 до 1,0 мм.

Пылеватая фракция (0,01—0,1 мм) называется алевритом.

Выделяемую в гидрологической классификации фракцию илов в геологии относят к грубодисперсной фракции глины, эти фракции составляют группу пелитов, а собственно глиной считается фракция $d < (0,002 \text{ мм})$ состоит из продуктов химического распада различных горных пород. В ней преобладают так называемые глинистые минералы, представляющие собой группу водных алюмосиликатов, железистых и марганциальных силикатов. Так же в глинах содержатся активные минералы, с характерным свойством глинистых пород-сцепление (каолин, монтмориллонит, гидрослюда).

В реках транспортируются наносы различного размера, поэтому выражение крупности частиц через один их средний размер представляется недостаточным. В гидрологии пользуются гранулометрическими кривыми наносов, которые получают на основании лабораторных анализов проб грунтов или транспортируемых частиц.

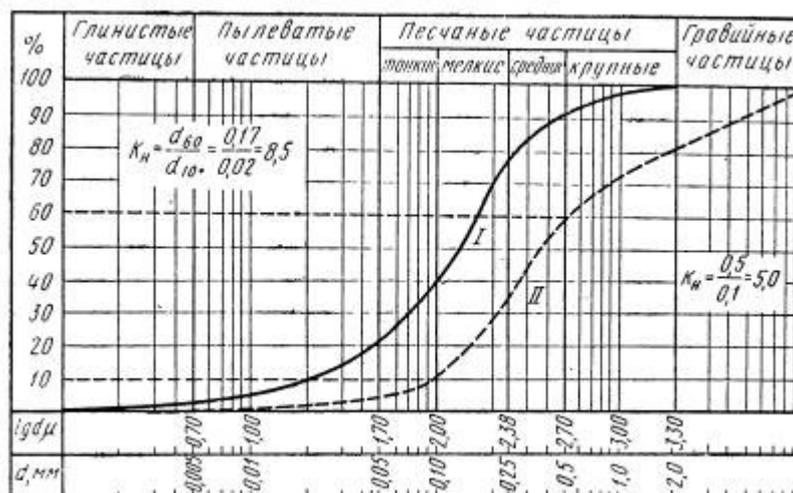


Рис. 1. Зависимость диаметра частиц от суммарного содержания фракции.

В процессе транспортировки наносов потоками происходит определенная сортировка частиц по крупности. Сортировка зависит от гидравлических характеристик потока, из-за чего зависит крупность транспортируемых им наносов. Изменения наиболее резко отражаются на крупных частицах, транспортирование этих частиц при снижении скорости течения ниже определенного предела прекращается. Сортировка никогда не бывает полной, она приводит лишь к сужению спектра крупности частиц; при этом предельные значения размеров частиц, как и их медианное значение, зависят, с одной стороны, от гидравлических параметров потока, а с другой — от состава частиц, имеющих в источниках питания потока наносами.

1.2 Транспортировка речных наносов.

Транспорт наносов в речных потоках имеет своеобразное поведение. Движение отдельных частиц отличается прерывистостью. Они либо находятся в движении, перемещаясь в одном из двух состояний, взвешенном или влекомом, или выпадают на дно потока или же выбрасываются на пойму, образуя на дне русла и на пойме массивы речного аллювия. Взамен утраченных

потоком частиц со дна отрываются новые, они присоединяются к частицам находящимся в движении, и вместе продолжают путь по течению.

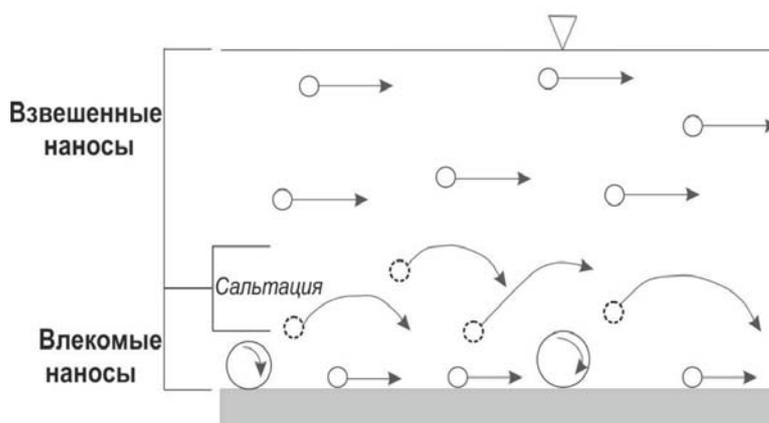


Рис.2. Структура наносов в потоке.

Режим речного потока можно охарактеризовать как неустановившийся: изменяется расход воды, уровень, скорость течения. Особенностью рек является изменчивость скорости потока длине, т.е. неравномерность течения. Это происходит из-за изменения размеров и формы поперечного сечения русла по его длине, наличием притоков, островов, различных донно-грядовых образований, закруглений русла и т. д. Течение речном потоке является турбулентным, особую роль в динамике потока и в формировании русловых структур играют крупномасштабные турбулентные образования.

1.3 Мутность.

При изучении речных наносов можно выделить такую тесно связанную характеристику как “мутность”.

Мутность воды - параметр, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием неорганических и органических тонкодисперсных взвесей, а также развитием планктонных организмов. Причиной мутности воды помимо наличия в ней песков, глин, неорганических соединений (гидроксида алюминия, карбонатов различных металлов), но и органические примеси,

например бактерио, фито или зоопланктон. Мутность может меняться из-за окисления соединений железа, марганца, это приводит к образованию коллоидов.

Мутность можно определять через сравнение исследуемого образца со стандартными взвесями.

Традиционно для стандартной взвеси использовали взвесь каолина (глины). Результат выражали в миллиграммах (каолина) на литр (или мг/дм³). Сейчас в качестве стандартной смеси любят использовать взвесь формазина (полимера) мутность измеряется в ЕМ/литр (единицы мутности), также ЕМ/Ф(формазин, ЕМФ), на английском FTU formazine turbidity unit.



Рис.3. Взвеси для сравнения.

Фотометрическая методика так же используется для определения мутности (стандарт ISO 7027, англ. Water quality - Determination of turbidity) единицей измерения мутности FNU (formazine Nephelometric Unit).

ВОЗ и агентство защиты окр. среды для измерения мутности используют единицу измерения NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Также используется Jackson Turbidity Unit (JTU), величина, обратная минимальной толщине воды, сквозь которую не видно пламени свечи.

Эти единицы между собой можно пересчитывать одна в другую.

$$1 \text{ FTU} = 1 \text{ ЕМФ} = 1 \text{ ЕМ/литр} = 1 \text{ FTU} = 1 \text{ FNU} = 1 \text{ NTU} = 0.053 \text{ JTU}$$

В зависимости от материала можно пересчитать в мг/л, от 1 NTU = 0.13 мг/литр (кремнезём в виде диатомита) до 1 мг/л (каолин). Соотношение 1 ЕМ/литр = 0.58 мг/литр для каолина.

1.4 Рассеивание света в воде.

Рассеивание света наблюдается в любой среде через которую он проходит. Вызвано это наличием оптических неоднородностей. Рассеивание может быть как слабым так и сильным, почти нет вещества которое совсем не рассеивало бы свет. В воде из-за наличия твердых взвешенных частиц нарушается прохождение света через воду.

Американская Ассоциация здравоохранения (АРНА) определяет мутность, как "численная характеристика оптического свойства, которая вызывает рассеивание и поглощение света вместо его прохождения через образец по прямой". Мутность можно рассматривать как характеристику относительной прозрачности воды. Измерение мутности можно определять не просто как определение количества взвешенных частиц в воде, но и как измерение рассеивания света на этих частицах. Проще говоря, мутность – это взаимодействие между взвешенными частицами и светом в воде.

Луч света который проходит через абсолютно чистую жидкость является практически неизменным, но из-за наличия молекул происходит рассеивание на небольшой угол. Из-за чего нет растворов с нулевой мутностью. Если имеется наличие взвешенных частиц то взаимодействие образца и света зависит от формы, размеры частиц.

Плюсом батометрического способа в данном случае является исключение влияния света на пробу.

Взаимодействие между частицами с светом происходит так:

Частица поглощая энергию света сама в последствии становится источником распространения света. Излучение частиц является причиной рассеивания падающего света.

Распределение света в пространстве определяется отношением размера частиц к длине волны.

Частицы размером меньше, чем длина волны падающего света дают почти симметричное рассеяние, количество излучаемого света почти одинаково. Показано на (Рис. 4А). С увеличением размера частиц, излучаемый свет из разных мест частицы, создает интерференционные картины, они складываются в направлении прохождения падающего света. В результате, интенсивность света, рассеиваемого "вперед" гораздо больше, интенсивности света который рассеивается в остальные стороны. Показано на (Рис.4В и 4С).

Мелкие частицы имеют свойство хорошего рассеивания коротковолнового света "синий", при этом на длинноволновой свет воздействие не оказывается "красный". Крупные частицы имеют обратное свойство: рассеивают "красный" свет лучше, чем "синий".

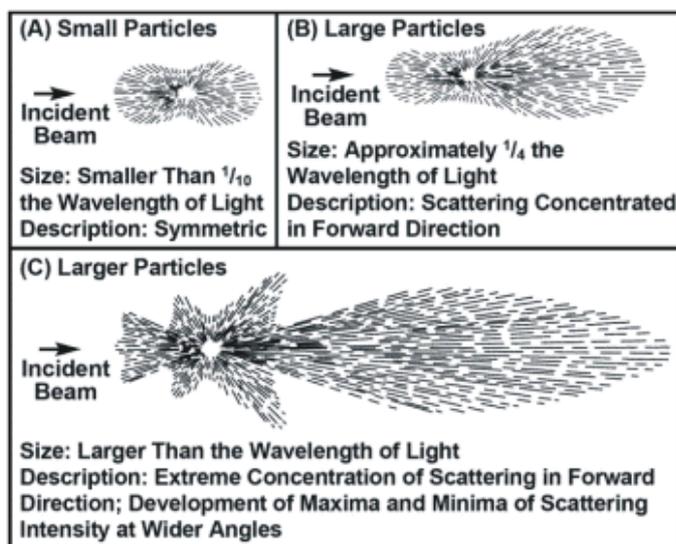


Рис. 4. Интенсивность рассеивания света через частицы разного размера.

А - мелкие частицы, размером менее $1/10$ длины волны падающего света, рассеяние симметричное.

В - крупные частицы, размером $1/4$ длины волны падающего света, преобладает рассеяние по направлению падающего света.

С - очень крупные частицы, размером более длины волны падающего света, рассеяние очень неравномерно.

Коэффициент преломления также влияет на распределение и интенсивность рассеяния. Сферическая частица рассеивает по направлению света больше, чем частица в форме кольца или иглы. Коэффициент преломления в данном случае характеризует угол отклонения луча света который проходит через границу между средами. Пример: жидкость. Чтобы рассеяние было возможно, коэффициент преломления частиц должен отличаться от коэффициента преломления жидкости. Чем сильнее различаются два этих коэффициента тем сильнее рассеяние.

Цвет так же имеет значение при рассеивании света. Окрашенное вещество поглощает свет в определенных диапазонах видимой области спектра, изменяя тем самым свойства как проходящего, так и отраженного света. В связи с этим часть света на детектор не попадает.

От увеличения концентрации частиц увеличивается и интенсивность рассеяния света.

1.5 Мутность и прозрачность.

Мутность воды обуславливаются некоторыми другими характеристиками воды:

–Осадок, он может как отсутствовать так и присутствовать, бывает незначительным, заметным, большим, очень большим, измеряется в миллиметрах.

– грубодисперсные примеси они определяются гравиметрически. Проба фильтруется и взвешивается высушенный фильтр. Основное значение имеет для сточных вод.

– прозрачность, измеряется посредством опускания опускания на глубину некоего объекта до глубины его минимального изображения (отверстия на диске, стандартный шрифт, крестообразная метка и т.п.).

Мутность можно определять не только фотометрически: (турбидиметрически – по ослаблению проходящего света или нефелометрически – по светорассеянию в отраженном свете), но и визуально - по степени мутности в мутномерной пробирке (10-12см). Проба описывается следующим образом:

- прозрачная;
- слабо опалесцирующая;
- палесцирующая;
- слабо мутная;
- мутная;
- очень мутная.

ГОСТ 1030 – Плевые методы анализа воды хозяйственно питьевого назначения.

Международный стандарт ИСО 7027 в который входит полевой метод определения мутности а также прозрачности с использованием диска Секки (рис. 2). Диск Секки представляет собой дискпокрытый белым пластиком или белой краской и прикрепленный к цепи (стержню, и т.п.). Диск обычно имеет диаметр 200 мм с шестью отверстиями, каждое диаметром 55 мм, расположенными по кругу диаметром 120 мм. Для определения мутности диск опускается до тех пор пока не начнет пропадать из виду. Делается замер погружения шнура или цепи когда диск еще видно. Замер повторяют несколько раз чтобы исключить влияние отраженного света от поверхности.

При показаниях меньше 1 м, запись происходит с точностью до 1 см;

При показаниях больше, 1 м, – запись с точностью до 0,1 м.

Удобство метода заключается в использовании мостов проходящих через реку, обрывов и любых других выступов.

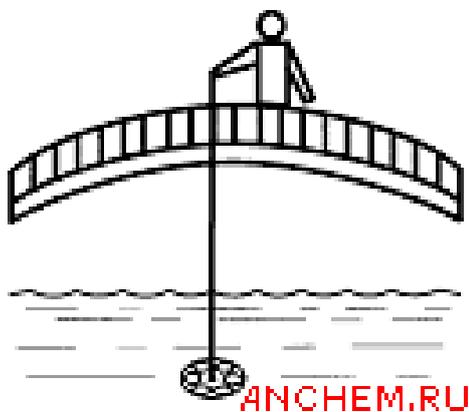


Рис. 5. Определение мутности-прозрачности с помощью диска Секки.

Прозрачность воды часто определяется вместе с мутностью, особенно когда окраска и мутность незначительна, минимальна.

1.6 Батометрический метод.

В настоящее время используется батометрический способ определения наносов и мутности.

Отбор проб на мутность при измерении расходы взвешенных наносов производится в тех же точка где и замеряется расход на скоростных вертикалях. Используются приборы под названием Батометр. Различают такие варианты как батометр-бутылка на штанге (ГР-16, ГР-16М), батометр-бутылка в грузе (ГР-15), вакуумный батометр (ГР-61). Все они являются батометрами длительного наполнения и позволяют определить осредненную во времени мутность воды.

Точность измерений зависит от скорости течения в этой точки. Чтобы минимализировать данную погрешность используют разные насадки.

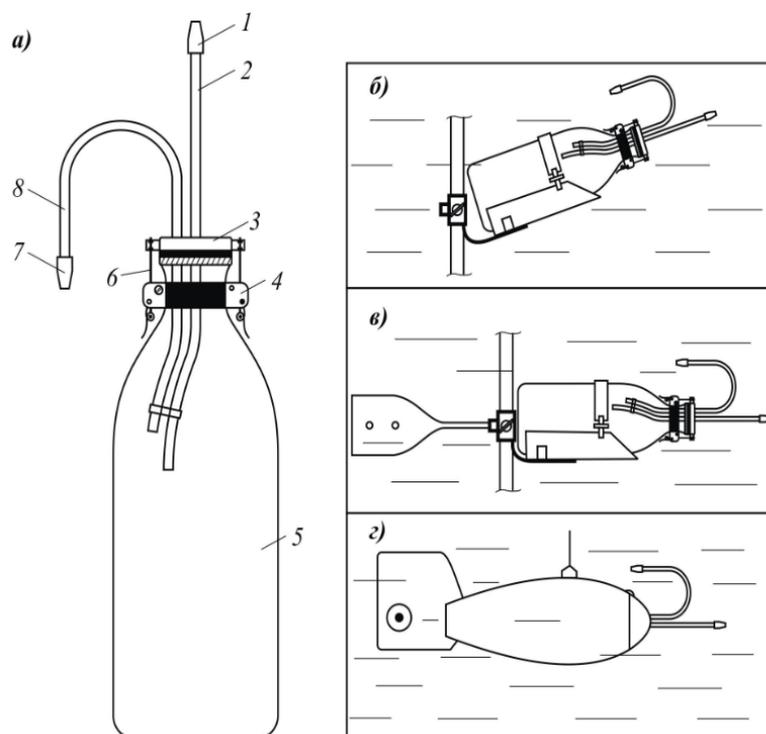


Рис. 6. Батометр бутылка.

а – общий вид; б – батометр-бутылка ГР-16; в – батометр-бутылка ГР-16М; г – батометр-бутылка ГР15.

1 – сменная насадка водозаборной трубки; 2 – водозаборная трубка; 3 – металлическая пробка-головка; 4 – хомут; 5 – бутылка емкостью 1 л; 6 – зажим головки; 7 – насадка воздухоотводной трубки; 8 – воздухоотводная трубка.

Отобранные пробы подвергают обработке. Она заключается в выделении частиц из воды, посредством их высушивания и взвешивания на аналитических весах. И определении массы выделенных наносов в граммах.

Отделение производится через фильтрование. Оно заключается в пропуске воды через специальный фильтр, изготовленный из мелкопористой фильтровальной бумаги с различным размером пор. На поверхности и в порах фильтра задерживаются все частицы наносов. Количество взвешенных наносов в пробе воды определяется по разнице результатов взвешивания фильтра до и после выделения на него наносов.

Глава 2.ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧНЫХ НАНОСОВ И МУТНОСТИ

Для исследования речных наносов и мутности был собран прототип прибора. В его задачу входит своевременное определение наносов в воде. Для его создания понадобилось:

- Датчик для измерения.
- Провод длиной 5-10м (для использования по типу диска Секки).
- Микросхема для вывода данных.
- Изоляция датчика от воды (из-за заглубления его в воду).
- Изоляция микросхемы для вывода данных на экран.
- Написание программного обеспечения для обработки полученных данных и вывод их на экран.

2.1 Датчик.

Для прибора использовался гравитационный датчик мутности arduino определяет качество воды, измеряя уровни мутности или непрозрачности. Он использует свет для обнаружения взвешенных частиц в воде путем измерения коэффициента пропускания и рассеяния света, который изменяется в зависимости от общего количества взвешенных твердых частиц (TSS) в воде. По мере увеличения TSS уровень мутности жидкости увеличивается. Датчики мутности используются для измерения качества воды в реках и ручьях, измерения сточных вод, контрольно-измерительных приборов для отстойников, исследований переноса наносов и лабораторные измерения. Этот датчик жидкости обеспечивает аналоговый и цифровой режимы вывода сигнала. Порог регулируется в режиме цифрового сигнала. Режим выбирается в соответствии с микроконтроллером.

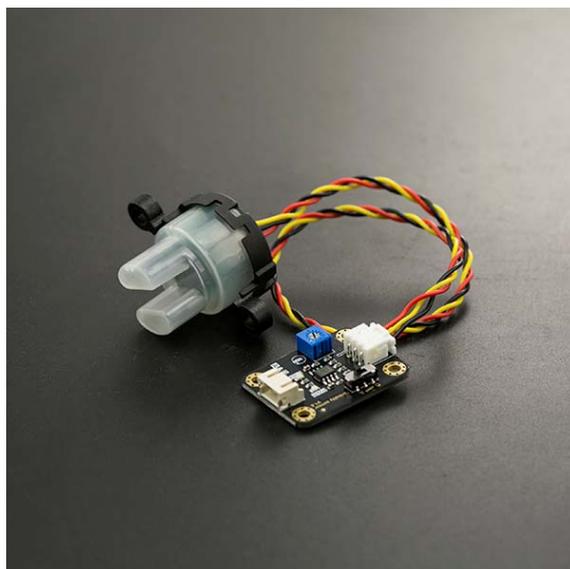


Рис. 7. Гравитационный датчик мутности arduino.

Так как верхняя часть датчика не водонепроницаемая, то он нуждается в изоляции от воды.

У датчика имеются следующие характеристики использования:

-Рабочее напряжение: 5 В постоянного тока

-Рабочий ток: 40 мА (макс.)

-Время отклика: <500 мс

-Сопротивление изоляции: 100 м (мин)

-Метод вывода:

-Аналоговый выход: 0-4,5 В

-Цифровой выход: сигнал высокого или низкого уровня (можно отрегулировать пороговое значение, отрегулировав потенциометр)

-Рабочая температура: 5 °С ~ 90 °С

-Температура хранения: -10 °С ~ 90 °С

-Вес: 30 г

-Размеры адаптера: 38 мм * 28 мм * 10 мм / 1,5 дюйма * 1,1 дюйма * 0,4 дюйма

Схема подключения для дальнейшего использования выглядит следующим образом:

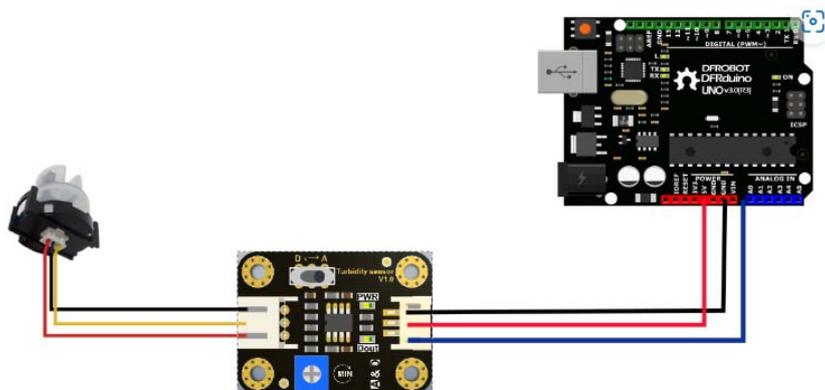


Рис. 8. Схема подключения датчика.

Датчик подключается через 5-10м. провод к микросхеме.

2.2 Принцип работы датчика.

Датчик измеряет количество света, поступающего от светового излучателя к светоприемнику, и на основе этого вычисляет мутность воды.

На рисунке показано что, модуль датчика мутности содержит 3 основные части: водонепроницаемый корпус, схема управления и соединительные провода. Измерительный датчик представляет собой оптическое устройство, состоящее из светодиода (передатчика света) и фототранзистора (приемника света).

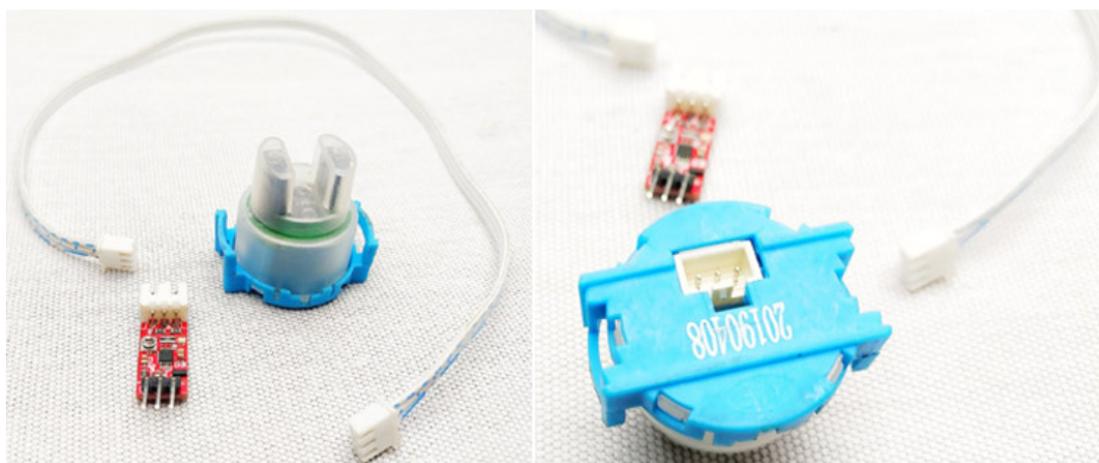


Рис. 9. Внешний вид датчика.

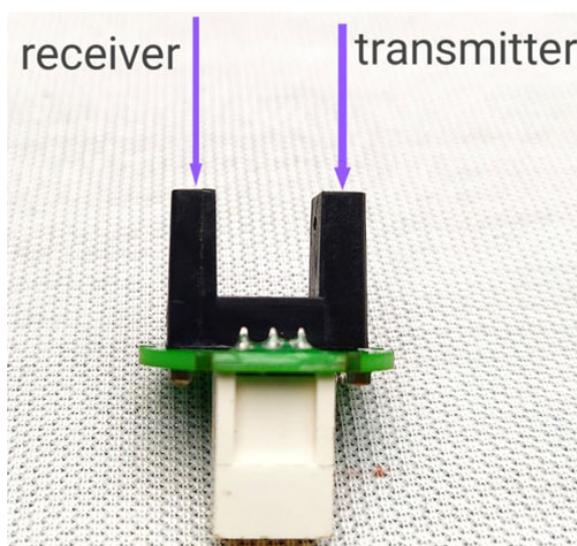


Рис. 10. Передающая и приемная части датчика.

Данный модуль использует инфракрасный диод в качестве источника света и инфракрасный приемник в качестве детектора света. Когда луч поступает из светодиода на своем пути рассеивается и поступает в фототранзистор, на выходе мы получаем напряжение. Производитель датчика использует данный график зависимости для определения мутности.

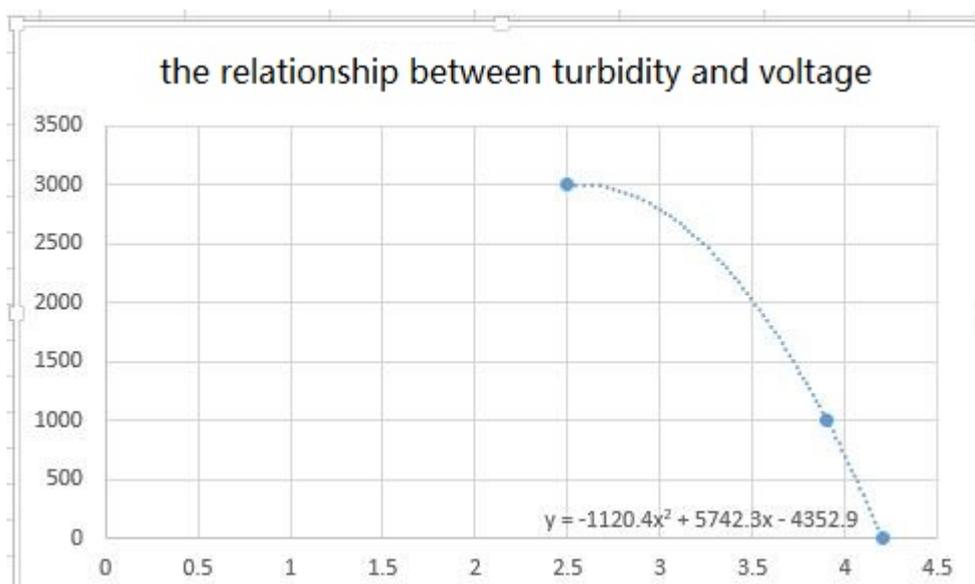


Рис. 11. График зависимости мутности от напряжения.

В ручную, методом экстраполяции по графику, имея напряжение производить вычисление мутности крайне сложно. Для этого на требуется программное обеспечение которое будет переводить полученное напряжение в значение мутности.

2.3 Программное обеспечение для обработки полученных данных.

Так как датчик изначально показывает напряжение в момент рассеивания луча частицами проходящими через него. Требуется программное обеспечение которое будет переводить данное напряжение в единицы измерения мутности и выводить полученные данные на дисплей.

```

TurbidityControl_12.1.ino
1 #define VERSION "1.2.1" // версия прошивки
2
3 // ----- БИБЛИОТЕКИ -----
4 #include <Wire.h> // Подключаем библиотеку для работы с аппаратной шиной I2C
5 #include <microSD3231.h> // Подключаем библиотеку для работы с RTC DS3231 (часы реального времени)
6 #include <EEPROM.h> // Подключаем библиотеку для работы с энергонезависимой памятью EEPROM
7 #include <gyverOLED.h> // Подключаем библиотеку для работы с OLED дисплеем
8 #include <arduino_I2C_Encoder.h> // Подключаем библиотеку для работы с энкодером I2C-Flash
9
10 // ----- ПИНЫ -----
11
12 #define PIN_TONE 13 // Объявляем пин для работы с пьезо бубером
13 #define PIN_SENSOR A7 // Объявляем пин для работы с автономным погружным датчиком
14 #define SYSTEM_DATA_ADDR 0
15 #define MAIN_MENU_ITEM 6
16 #define CONTRAST_POINT 15
17 #define IN_PERCENT 1
18 #define MIN_VALUE 0
19 #define MAX_VALUE 100
20 #define TIME_SENSOR 30
21
22 #define CONST_SENSOR 2 // корректировка сенсора
23
24
25 // ----- ОБЪЕКТЫ -----
26 arduino_I2C_Encoder enc(0x09); // Объявляем объект enc для работы с функциями и методами библиотеки arduino_I2C_Encoder, указывая адрес модуля на шине I2C.
27 GyverOLED<SH1106_128x64> oled; // Объявляем объект oled для работы с OLED дисплеем
28 MicroDS3231 rtc; // Объявляем объект rtc для работы с RTC DS3231 (часы реального времени)
29
30 const static uint8_t icons_8x8[][] PROGMEM = {
31 {0xff, 0x81, 0x81, 0x81, 0x81, 0x81, 0x81, 0xff}, //false sqr
32 {0xff, 0x81, 0xbd, 0xbd, 0xbd, 0xbd, 0x81, 0xff}, //true sqr
33 {0x78, 0x48, 0xcf, 0x1, 0xff, 0x2, 0x2, //11
34 {0x2, 0x2, 0x2, 0x2, 0x2, 0x2, 0x2, //1line
35 {0x40, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40, //40
36 {0x1e, 0x12, 0xf3, 0x80, 0xff, 0x40, 0x40, //40

```

Рис.12. Программное обеспечение часть 1.

```

37 {0x2, 0x2, 0xff, 0x1, 0xf7, 0x40, 0x40, 0xc8},
38 {0x40, 0x40, 0xff, 0x80, 0xfe, 0x2, 0x2, 0xc3}
39 };
40
41 boolean serviceFlag;
42 bool mainMenu = true;
43 bool sensorPW = false;
44 bool infoPW = false;
45
46 bool tt = false;
47 bool btn = false;
48
49 struct {
50 bool percent;
51 uint8_t contrast;
52 int16_t timeP;
53 bool soundP;
54 int16_t minP;
55 int16_t maxP;
56 } systemData;
57
58 float volt;
59 float ntu;
60
61 void setup(){
62 Serial.begin(9600);
63 EEPROM.get(SYSTEM_DATA_ADDR, systemData);
64
65 oledInit();
66 timeInit();
67 oledSplash();
68
69 enc.begin();
70
71 }
72

```

Рис.13. Программное обеспечение часть 2.

```
TurbidityControl_12.1 | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

TurbidityControl_12.1.ino
73 void loop(){
74   if(serviceFlag){
75     menuGUI();
76   }else{
77     readSensor();
78   }
79
80   if( enc.getButton(KEY_TIME_PRESSED) == 2000 ){ // Если время удержания кнопки возвращаемое функцией getButton больше 5000 миллисекунд, то...
81     serviceFlag = !serviceFlag; // Выводим текст.
82   }
83 }
84
85
86 void menuGUI(){
87   static int8_t pointer = 1; // Переменная указатель.
88
89   int turnL=0, turnR=0;
90
91   turnL=enc.getEncoder(ENC_TURN_LEFT); // Считываем количество тактов поворота энкодера влево (против часовой стрелки).
92   turnR=enc.getEncoder(ENC_TURN_RIGHT); // Считываем количество тактов поворота энкодера вправо (по часовой стрелке).
93
94   if(turnL){
95
96     if(mainMenu){
97       pointer = constrain(pointer - 1, 0, MAIN_MENU_ITEM);
98       if(pointer == 0){
99         pointer = MAIN_MENU_ITEM;
100       }
101     }
102     if(!mainMenu && pointer==1){
103       systemData.percent = constrain(systemData.percent - 1, 0, 1);
104       EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
105     }
106     if(!mainMenu && pointer==2){
107       systemData.timeP = constrain(systemData.timeP - 10, 30, 30000);
108       EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);

```

Рис.14. Программное обеспечение часть 3.

```
TurbidityControl_12.1 | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

TurbidityControl_12.1.ino
109 }
110 if(!mainMenu && pointer==3){
111   systemData.soundP = constrain(systemData.soundP - 1, 0, 1);
112   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
113 }
114 if(!mainMenu && pointer==4){
115   systemData.contrast = constrain(systemData.contrast - CONTRAST_POINT, 5, 255);
116   oled.setContrast(systemData.contrast);
117   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
118 }
119 if(!mainMenu && pointer==5){
120   systemData.minP = constrain(systemData.minP - 1, 0, 2000);
121   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
122 }
123 if(!mainMenu && pointer==6){
124   systemData.maxP = constrain(systemData.maxP - 1, 0, 2000);
125   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
126 }
127 }
128
129 if(turnR){
130   if(mainMenu){
131     pointer = constrain(pointer + 1, 0, MAIN_MENU_ITEM + 1);
132     if(pointer == MAIN_MENU_ITEM + 1){
133       pointer = 1;
134     }
135   }
136 }
137
138 if(!mainMenu && pointer==1){
139   systemData.percent = constrain(systemData.percent + 1, 0, 1);
140   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
141 }
142 if(!mainMenu && pointer==2){
143   systemData.timeP = constrain(systemData.timeP + 10, 30, 30000);
144   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);

```

Рис.15. Программное обеспечение часть 4.

```
TurbidityControl_121 | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

TurbidityControl_121.ino
145 }
146 if(!mainMenu && pointer==3){
147   systemData.soundP = constrain(systemData.soundP + 1, 0, 1);
148   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
149 }
150 if(!mainMenu && pointer==4){
151   systemData.contrast = constrain(systemData.contrast + CONTRAST_POINT, 5, 255);
152   oled.setContrast(systemData.contrast);
153   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
154 }
155 if(!mainMenu && pointer==5){
156   systemData.minP = constrain(systemData.minP + 1, 0, 2000);
157   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
158 }
159 if(!mainMenu && pointer==6){
160   systemData.maxP = constrain(systemData.maxP + 1, 0, 2000);
161   EEPROM.put(SYSTEM_DATA_ADDR,systemData);
162 }
163 }
164
165 if( enc.getButton(KEY_PUSHED) ){ // Если кнопка энкодера нажимается, то ...
166   Serial.println("Нажали"); // Выводим текст.
167   btn = !btn;
168   mainMenu = !mainMenu;
169   Serial.println(btn);
170 }
171
172 /* меню */
173 oled.clear(); // Очищаем буфер
174 oled.home(); // Курсор в левый верхний угол
175 oled.print(F(
176   "НАСТРОЙКИ\n\r"
177   "  \n\r"
178   "  В процентах\n\r"
179   "  Период опроса\n\r"
180   "  Звук\n\r"
181 ));
182
183 oled.setCursor(95,2);
184 if(systemData.percent == 0 ){
185   oled.print("выкл");
186 }else{
187   oled.print("вкл");
188 }
189 oled.setCursor(95,3);
190 oled.print(systemData.timeP);
191 oled.setCursor(95,4);
192 if(systemData.soundP == 0 ){
193   oled.print("выкл");
194 }else{
195   oled.print("вкл");
196 }
197 oled.setCursor(95,5);
198 oled.print(systemData.contrast);
199 oled.setCursor(95,6);
200 oled.print(systemData.minP);
201 oled.setCursor(95,7);
202 oled.print(systemData.maxP);
203
204 printPointer(pointer); // Вывод указателя
205
206 oled.update(); // Выводим кадр на дисплей
207 }
208
209 void drawBattery() {
210   oled.setCursor(112,0);
211   oled.drawByte(0b0011100); // пика
212   oled.drawByte(0b0011100); // пика
213   oled.drawByte(0b1111111); // стенка
214   oled.drawByte(0b1111111); // стенка
215 }
216
```

Рис.16. Программное обеспечение часть 5.

```
TurbidityControl_121 | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

TurbidityControl_121.ino
181 " Яркость\n\r"
182 " Минимальное \n\r"
183 " Максимальное \n\r"
184 ));
185 oled.setCursor(95,2);
186 if(systemData.percent == 0 ){
187   oled.print("выкл");
188 }else{
189   oled.print("вкл");
190 }
191 oled.setCursor(95,3);
192 oled.print(systemData.timeP);
193 oled.setCursor(95,4);
194 if(systemData.soundP == 0 ){
195   oled.print("выкл");
196 }else{
197   oled.print("вкл");
198 }
199 oled.setCursor(95,5);
200 oled.print(systemData.contrast);
201 oled.setCursor(95,6);
202 oled.print(systemData.minP);
203 oled.setCursor(95,7);
204 oled.print(systemData.maxP);
205
206 printPointer(pointer); // Вывод указателя
207
208 oled.update(); // Выводим кадр на дисплей
209 }
210
211 void drawBattery() {
212   oled.setCursor(112,0);
213   oled.drawByte(0b0011100); // пика
214   oled.drawByte(0b0011100); // пика
215   oled.drawByte(0b1111111); // стенка
216   oled.drawByte(0b1111111); // стенка
217 }
218
```

Рис.17. Программное обеспечение часть 6.

```
TurbidityControl_12.1.ino
217   for (byte i = 0; i < 6; i++) {
218     oled.drawbyte(0b1000001);
219   }
220   for (byte i = 0; i < 4; i++) {
221     oled.drawbyte(0b1011101);
222   }
223   oled.drawbyte(0b1000001);
224   oled.drawbyte(0b1111111); // nonea
225   // oled.update();
226 }
227
228 void printPointer(uint8_t pointer) {
229   // Указатель в начале строки
230   if (mainMenu){
231     oled.setCursor(0, pointer+1);
232     oled.print(">");
233   } else {
234     oled.setCursor(124, pointer+1);
235     oled.print("<");
236   }
237 }
238
239 void drawIcon8x8(byte index) {
240   size_t s = sizeof icons_8x8[index];
241   for (unsigned int i = 0; i < s; i++) {
242     oled.drawbyte(pgm_read_byte(&icons_8x8[index][i]));
243   }
244 }
245
246 void Power_tone(){
247   tone(PIN_TONE, 1350, 100);
248 }
249
250 void oledSplash(){
251   Power_tone();
252   oled.clear();
253 }
```

Рис.18. Программное обеспечение часть 7.

```
TurbidityControl_12.1.ino
223   oled.drawbyte(0b1000001);
224   oled.drawbyte(0b1111111); // nonea
225   // oled.update();
226 }
227
228 void printPointer(uint8_t pointer) {
229   // Указатель в начале строки
230   if (mainMenu){
231     oled.setCursor(0, pointer+1);
232     oled.print(">");
233   } else {
234     oled.setCursor(124, pointer+1);
235     oled.print("<");
236   }
237 }
238
239 void drawIcon8x8(byte index) {
240   size_t s = sizeof icons_8x8[index];
241   for (unsigned int i = 0; i < s; i++) {
242     oled.drawbyte(pgm_read_byte(&icons_8x8[index][i]));
243   }
244 }
245
246 void Power_tone(){
247   tone(PIN_TONE, 1350, 100);
248 }
249
250 void oledSplash(){
251   Power_tone();
252   oled.clear();
253   oled.setCursor(6,3);
254   oled.print(F("Turbidity_sensor \n\r\n\r"" v1.2.1"));
255   oled.update();
256   delay(3000);
257 }
258 }
```

Рис.19. Программное обеспечение часть 8.

Программное обеспечение написано на языке АРДУИН.

2.3

Глава 3. Лабораторные и практические испытания прибора.

При загрузке программного обеспечения в микросхему прибора, самым простым методом проверки является тест прибора на практике. Он позволяет выявить проблемы на стадии программирования или сборки прибора.

3.1 Первая сборка и тест.

При первой сборке и загрузке программного обеспечения, нужна была проверка правильности работы датчика. Понимания работает ли он, передавая и обрабатывая данные на дисплей.

Поставленной целью было:

- Проверка герметичности датчика заглубленного в воду.
- Проверка обработки и вывода данных на дисплей.



Рис. 20. Герметично закрытый датчик с подсоединением к кабелю.

Эксперимент заключался в следующем. В пластиковую бочку с водой была налита вода. Затем была добавлена навеска песка чтобы при взмучивании создать эффект мутности. Датчик намотали на палку положенную поперек бочки, для создания подвешивания датчика в центре бочки. Так как под действием силы тяжести, частицы имеют свойство оседать. Поэтому в эксперименте помимо выше перечисленных целей, было важно чтобы показания после взмучивания возвращались к началу. Т.е, изменение мутности в бочки перед взмучиванием, когда все осело. Изменения в момент взмучивания, и в процессе осаждения, пока значения не зафиксируется как при начале эксперимента.



Рис. 21. Бочка для эксперимента.

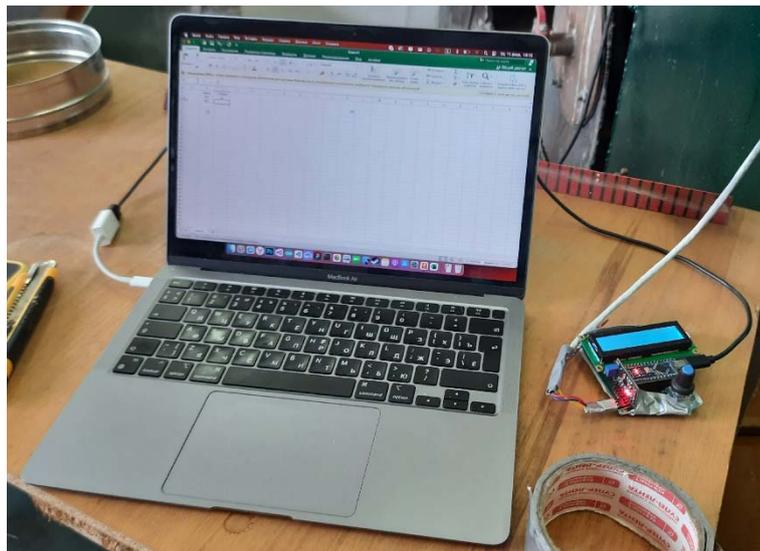


Рис. 22. Микросхема с дисплеем.

3.2 Проверка прибора в полевых условиях.

После предыдущего испытания была добавлена функция задания граничных условий. Чтобы данные выходили в диапазоне максимальных и минимальных единиц прибора, которые в последствии превращались в мутность в процентах. Для задания условий, на кафедре в лаборатории были выбраны два ведра. Первое было заполнено только водой (минимальный порог диапазона), во

второе была добавлена навеска для создания мутной среды (максимальный порог диапазона). После задачи граничных условий, замеры были проведены на Неве в разных точках.



Рис. 23. Практическая часть на реке.

Без изоляции от света	Чистая вода	Мутная вода
Ед. прибора	357	376
Проценты	13	38
С изоляцией от света	Чистая вода	Мутная вода
Ед. прибора	357	365
Проценты	57	69

Таблица. 2. Данные для граничных условий.

Спуск 1	Без колпачка
Ед. прибора	683 777
Проценты	181 246
	С колпаком
Ед. прибора	679 621
Проценты	115 151
Спуск 2	Без колпачка
Ед. прибора	513 551
Проценты	100 121
	С колпачком
Ед. прибора	721 783

Проценты	225 255
Парапет	Без колпачка
Ед. прибора	602 684

Таблица. 3. Практические данные.

По окончании эксперимента стало понятно что задание граничных условий оказалось интересным, но провальным решением так как данные не пригодны к использованию.

3.3 Сравнение получаемых данных прибора с данными Батометрического метода.

После перепрошивки прибора, которая отталкивалась только от (Рис. 11.), было решено сравнить показания прибора с данными от батометрического метода. Эксперимент проводился в лаборатории ГГИ недалеко от города Зеленогорск, в поселке Ильичево, Лен. Обл.

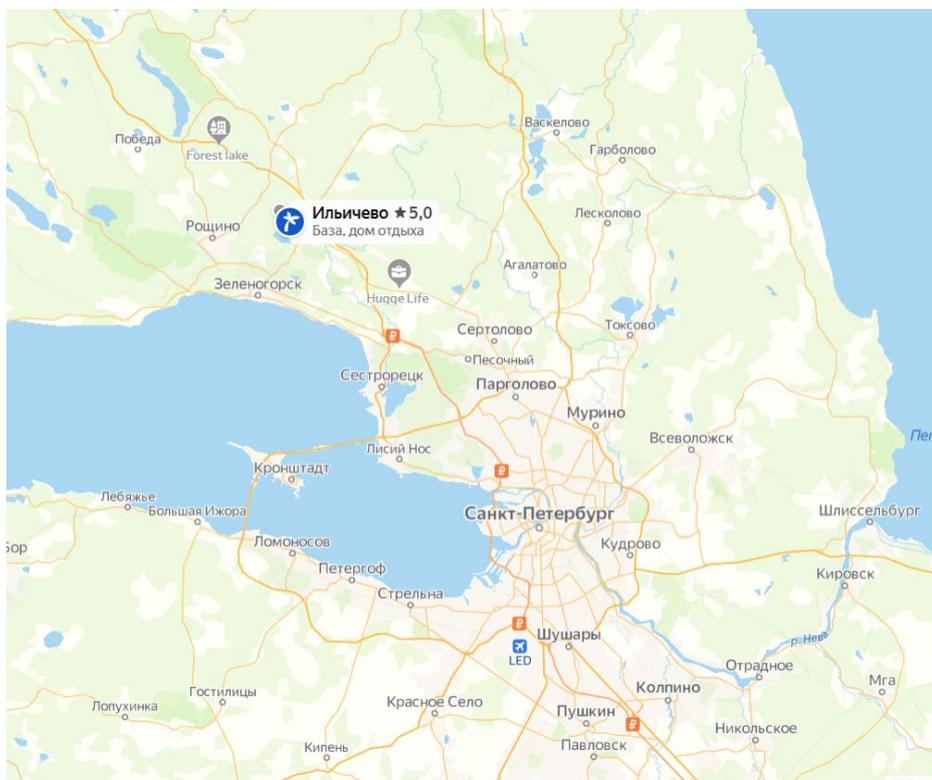


Рис. 24. Место проведения эксперимента.

На базе были проведены ряд экспериментов в лаборатории и на реке Юлля-Екки.



Рис. 25. Лабораторный эксперимент.

цилиндр № 1 масса навески пробы наносов 1,49 г	Vводы в цилиндре 1 литр	мутность в цилиндре, г/л	1,02	показания прибора	7,6	1768,1
цилиндр № 2 масса навески пробы наносов 1,05 г	Vводы в цилиндре 1 литр	мутность в цилиндре, г/л	0,71	показания прибора	3,3	0

Таблица. 4. Лабораторные исследования.

В лабораторных условиях столкнулись с проблемой. Из-за специфики сконструирования прибора данные измерения нельзя считать верными. Так как прибор опускался в пробирку после взмучивания и частицы успевали осесть, менялось только напряжение. В связи с этим было решено выйти на реку, в условиях постоянного переноса наносов.

Место отбора проб	глубина места отбора	глубина отбора	№ пробы/бутылки	№ фильтра	S, г/м ³	Показания прибора	
прав.б. 50 м ниже моста №1	0,28 м	пов. 01 м	нет	нет	7,0	7,0	0,0
прав.б. 15 м выше моста №1	0,48 м	пов. 01 м	1	81-11	12,0	8,1	0,0
		0,3 м	2	662-11	65,0	9,0	0,0
прав.б 20 м выше моста № 1 "Затон"	0,25 м	пов. 01 м	3	663-11	11,0	7,0	0,0
		0,2 м	4	675-11	23,0	6,0	9,0
лев.б. 15м выше моста № 1 напротив "Затон"	0,25 м	пов. 01 м	5	1006-03	4,0	8,0	0,0
		0,2 м	6	1007-03	50,0	7,2	0,0
лев.б. мост №2 ул. Лесная	0,55 м	пов. 0,1 м	7	1008-03	10,0	8,4	0,0
		0,4 м	8	1009-03	12,0	9,7	0,0

Таблица. 5. Натурные исследования.

При измерении наличия частиц и мутности в реке изменным было только напряжение в датчике, показания были на “0”. Это было вызвано тем что (Рис.11.), который предоставляет производитель датчика, и от которого мы отталкивались, считывает напряжение только с 2,5-4,5В.

Данные только этого диапазона переводятся в единицы мг/л. В связи с чем появился вопрос чувствительности датчика.

3.4 Проверка на чувствительность.

После неудачного эксперимента в лаборатории ГГИ, было решено провести проверку на чувствительность датчика. На какую минимальную крупность частиц может реагировать датчик. С помощью сита была выделена самая мелкая фракция в лабораторных условиях(меньше 0,05).



Рис. 26. Сито.



Рис. 27. Навеска прогнанная через сито.

Для проверки, прибор был опущен на дно ведра и зафиксирован. Чтобы при осаждении частицы проходили через датчик. Прибор залили определенным количеством воды (8 литров). Чтобы частицы не разносило по всей площади было придумано опускать их через трубку, задавая направление ровно перпендикулярно дну, ровно над датчиком.



Рис. 28.



Рис. 29.

На рисунках 28-29 показана установка. Сам эксперимент проходил на время. После высыпания навески в трубку запускался таймер и работал до тех пор, пока показания не вернутся к изначальным цифрам.

Время	Показания
0:00:00	0
0:00:03	1798,1
0:00:09	999,89
0:00:11	1798,1
0:00:15	1798,1
0:00:16	999,89
0:00:17	2394,63
0:00:19	1554,43
0:00:20	999,89
0:00:21	1277,16
0:00:22	1288,36
0:00:23	999,89
0:00:26	999,89
0:00:29	1840,09
0:00:31	2680,29
0:00:32	1288,36
0:00:33	999,89
0:00:34	999,89
0:00:36	999,89
0:00:40	1798,1
0:00:46	1554,43
0:00:53	999,89
0:01:07	999,89
0:01:17	999,89
0:01:24	1798,1
0:01:29	999,89
0:01:33	1798,1
0:01:34	999,89
0:01:37	999,89
0:01:39	999,89
0:01:43	1554,43
0:01:50	0

Таблица. 6. Полученные данные за время.

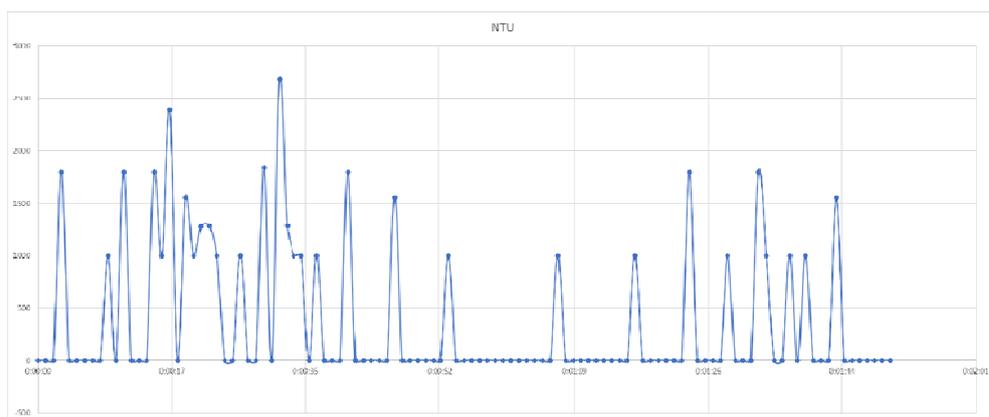


Рис. 30. График прохождения частиц во времени с учетом не попадания частиц на датчик.

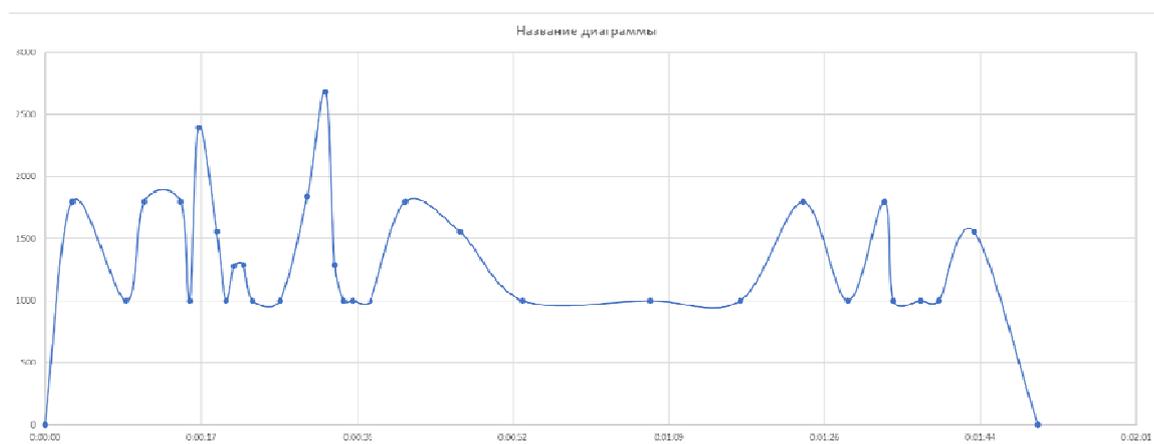


Рис. 30. График прохождения частиц во времени без учета не попадания частиц на датчик.

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

- Прибор улавливает мелкую крупность полученную через сито.
- Заметна пульсация, частицы осаждаются не постоянно, а частями.
- Скорость осаждения 0,08 см/с.
- После взвешивания стало известно что было использовано 0,49г навески.

Следовательно деля это значение на объем получаем 0,06г/л. Прибор же осреднив все показания показывает 682,69мг/дм³. В переводе 0,68г/л, что не сходится с фактическим весом навески.

3.5 Даймище

Закрывающий эксперимент проходил на территории базы практики ”Даймище”. После еще одной перепрошивки, прибор выдавал данные сразу в мг/л. Отталкиваясь от теории на которой производились расчеты (Рис. 11.) предоставленной производителем, оставалось только перевести данные в г/л или оставить как есть. Далее производились замеры на ручье “Красный” и реке “Оредеж”. Была выявлена проблема с которой не сталкивались ранее. Из-за сильно солнечной погоды датчик стал реагировать на свет и показывать совсем некорректные данные или же совсем их не показывать. Выявили это следующим образом, на солнце прибор показывал (максимальная мутность) и

по мере приближения в затемненную часть показания увеличивались, вплоть до (максимальная мутность).

4. Вывод

После всех вышеперечисленных испытаний прибора можно сделать вывод, что на данный момент прибор нельзя использовать. Так как не решена проблема с поглощением света. После каждой перепрошивки прибор показывал разные данные или же вообще их не показывал. Чтобы начать им пользоваться надо решить вышеперечисленные проблемы, затем сравнить еще раз на практике данные с прибора и данные полученные по методике. Только после решения этих проблем можно будет пользоваться прибором.

Список использованной литературы

1. А. В. Караушев, Теория и методы расчета речных наносов. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1977.

2.