



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 Особенности русловых процессов на реках
с глубоким промерзанием грунтов (на примере р.Надым)

Исполнитель Бубнов Андрей Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель канд. физ. -мат. наук
(ученая степень, ученое звание)

Саноцкая Надежда Александровна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение.....	3
1 Свойства и особенности многолетнемерзлых грунтов территории севера Западной Сибири.....	5
1.1 Особенности многолетнемерзлых грунтов.....	5
1.2 Свойства многолетнемерзлых грунтов	10
2 Физико-географическая характеристика и гидрологические особенности р. Надым	11
2.1 Природные условия	11
2.2 Растительность.....	13
2.2 Климат рассматриваемой территории.....	14
2.3 Гидрометеорологическая изученность	24
3 Русловые процессы	25
3.1 Русловой процесс на р.Надым по участкам.....	34
3.2 Деформации русла на р.Надым	44
3.3 Инженерные мероприятия.....	46
Заключение	48
Список литературы	49

Введение

В 2019 году постановлением муниципальной администрации Надымского района был утверждён план по развитию региона до 2030 года. Одним из пунктов этого плана было развитие речного транспорта. Речной транспорт занимает значимую роль в структуре экономики Надыма. Ежегодно через Надымский речной порт доставляется топливо в отдалённые сёла и деревни. Из этого можно сделать вывод, что знание гидравлических характеристик, движения побочной, осерёдков и гряд на данной территории может иметь значительный интерес и представлять особую важность для реализации экономического потенциала Надымского района.

Русловой процесс реки является сложным многофакторным явлением, которое имеют тесную взаимосвязь со многими природными особенностями территории, по которой протекает река. Климатические и антропогенные факторы, а также антропогенное влияние являются основными аспектами, которые влияют на форму, интенсивность и направленность русловых процессов.

Целью данной дипломной работы является исследование влияния природных и антропогенных факторов, которые влияют на русловые процессы реки Надым, большая часть территории которой находится на территории распространения вечной мерзлоты.

Данными для исследований послужили материалы экспедиционных исследований и научно-технических отчётов Государственного гидрологического института по исследованию русловых процессов рек Сибири, статьи в сети интернет и прочие источники.

Данная выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх глав и заключения. В первой главе рассмотрены свойства и особенности многолетнемёрзлых грунтов. Во второй главе было произведено физико-географическое описание района исследования данной дипломной работе, а также произведён анализ основных величин, влияющих на развитие

руслового процесса. В третьей главе рассмотрено как происходило морфологическое развитие выбранного, экономически важного для региона, участка реки Надым. Также предложены различные инженерные мероприятия для урбанизированных территорий

1 Свойства и особенности многолетнемерзлых грунтов территории севера Западной Сибири

1.1 Особенности многолетнемерзлых грунтов

Согласно одному из определений: Русловой процесс—это изменение морфологического строения речного русла и поймы под действием природных и антропогенных факторов. Одним из природных руслоформирующих факторов, определяющих развитие руслового процесса, являются многолетнемерзлые грунты. Рассмотрим их свойства немного подробнее. [1]

Многолетнемерзлые грунты – это породы, имеющие отрицательную температуру и содержащие лед в составе, который не оттаивает в течение долгого промежутка времени – от нескольких лет до многих тысячелетий. Областью распространения многолетней мерзлоты является северное полушарие Земли (север Евразии и Северной Америки). Многолетняя мерзлота занимает около 25% суши Земли. В России многолетней мерзлотой занято почти 65% территории. В ЯНАО многолетняя мерзлота занимает всю территорию региона. На рисунке 1.1 представлен снимок разреза многолетней мерзлоты. [2]



Рисунок 1 – Многолетняя мерзлота

Затем рассмотрим карту распространения вечной мерзлоты по территории России



Рисунок 2 – Распространение многолетнемерзлых пород в России

На представленной карте можно увидеть, что вечная мерзлота занимает приблизительно 2/3 территории нашей страны. Она разделена на несколько градаций: Непрерывная, островная, прерывистая и сезонная. Непрерывная вечная мерзлота-это та мерзлота, которая покрывает собой больше 90 % выбранного участка. Прерывистая вечная мерзлота-это мерзлота, которая покрывает от 50 до 90 % указанной территории. Островная мерзлота покрывает менее 50% указанной территории. Вечная мерзлота может не образовываться под реками, под большими озёрами или в зоне тектонических разломов, где тепло Земли поступает из глубин на поверхность.

Рассмотрим схему строения слоя вечной мерзлоты.



Рисунок 3 – Схема строения слоя вечной мерзлоты

На данном рисунке вертикальная ось разделяет положительные и отрицательные температуры. Справа от оси находятся положительные температуры, а слева-отрицательные. Кривые на данном рисунке обозначают максимальные и минимальные температуры в течение года. Зелёным цветом здесь отмечен сезонноталый слой. Сезонноталый слой – это тот слой почвы, который оттаивает в теплые периоды года. Температурные кривые соединяются в точке нулевых годовых колебаний температуры. Точка нулевых годовых колебаний температуры – это точка в которой температура постоянна (На глубине от 10 до 15 м.). Далее можно увидеть, что с увеличением глубины повышаются температурные значения. В тот момент, когда температура грунта достигает 0 С слой вечной мерзлоты заканчивается и там находится подошва слоя. [3]

Главными характеристиками мерзлоты являются: распространение, мощность, температура, льдистость и ландшафтные особенности.

Самые низкие температуры мерзлых пород наблюдаются в торфяниках. Самые высокие наблюдаются в песчаных отложениях. Разница температур этих грунтов в одном и том же районе достигает 3-4°С.

Величина глубины сезонного протаивания многолетней мерзлоты уменьшается с юга на север. В подзоне северной тайги мощность сезонного протаивания доходит до 2 м. Величина сезонного протаивания на севере тундры доходит 1 м.

Мощность мерзлой толщи у полярного круга колеблется от 400-450 до 250-300 м. Южнее полярного круга мёрзлые толщи имеют в своём составе двухслойное строение: верхний слой мёрзлых толщ прослеживается до глубины 30-80 м, в свою очередь, на промежутке и глубины 90-150 залегают талые породы, которые отделят верхний слой от реликтовой толщи мерзлых пород. Нижняя граница реликтового слоя отмечена на глубинах до 300 м и более.

В зоне преимущественно монолитного строения мерзлых толщ, на широте полярного круга, широко распространены повторно-жильные льды и многолетние бугры пучения. Самые лучшие условия для морозобойного растрескивания грунтов с формированием повторно-жильных льдов существуют в пределах безлесных северных участков и торфяников.

В зоне двухслойного строения мерзлых толщ повторно-жильные льды встречаются только в северной части зоны, в свою очередь крупные бугры пучения здесь разрушаются.

В районе исследуемой территории южная граница распространения многолетнемерзлых пород проходит в пределах 62°. Вдоль неё многолетнемерзлые породы залегают редкими островками на безлесных участках, главным образом в торфяниках. Севернее 62-ой параллели эти породы занимают более значительную площадь, чем талые породы, и могут встречаться даже на участках, которые поросли лесом. Ещё севернее мёрзлые породы имеют в основном сплошное распространение и отсутствуют только под руслами крупных рек и глубоких озёр. Под менее крупными водотоками

и водоёмами верхняя поверхность мёрзлых пород залегает на глубине нескольких десятков метров. Вблизи южной границы области многолетнемерзлых пород располагается широкая зона, в пределах которой температура грунта близка к нулю; к северу температура многолетнемерзлых пород постепенно понижается и в заполярных районах достигает -10°C . [4]

1.2 Свойства многолетнемерзлых грунтов

Основными свойствами многолетнемерзлых грунтов являются:

1. Термодинамические параметры изменяются в общем закономерно, вызывая закономерные изменения состояния мерзлых пород и соответственно их физических свойств в некоторых пределах.

2. Физические свойства мерзлых грунтов относительны и зависят от характера и свойства воздействий. Примером этого является изменение свойств льда и мерзлых грунтов, в частности их прочности при реологических процессах

3. Свойства мерзлых рыхлых пород очень чувствительны к изменению температуры, так как в них, особенно при изменении последней вблизи нуля градусов, резко изменяется содержание незамерзшей воды. Изменение количества незамерзшей воды влияет на большую часть физических и химических свойств дисперсной мерзлой породы.

4. При промерзании дисперсных и особенно глинистых пород в связи с миграцией влаги и льдовыделением резко изменяется их строение, что также влияет на их физические и механические свойства. Следует иметь в виду, что повторные замерзания и оттаивания дисперсных по род могут приводить к необратимым изменениям их свойств по сравнению с состоянием до замораживания: грунт изменяет структуру, и в том числе дисперсность, в нем увеличивается количество свободной воды, возрастает фильтрационная способность, изменяется прочность, электрические свойства и т. д.

5. Влажные песчаные грунты при промерзании резко изменяют свои свойства при отрицательных температурах, близких к нулю; глинистые же грунты при замерзании изменяют свои свойства более монотонно и плавно в более значительном диапазоне отрицательных температур. Неразрушенные скальные породы изменяют свои физические и механические свойства в наименьшей мере.[3]

2 Физико-географическая характеристика и гидрологические особенности р. Надым

2.1 Природные условия

Река Надым протекает по территории Надымского района Ямало-Ненецкого автономного округа. Исток Надыма находится на границе с Белоярским районом. Устье реки находится в Обской губе Карского моря. Название реки происходит от ненецкого «неидэм» – «топи, болотистая местность», что хорошо отражает особенности данной местности.

Исток Надыма расположен на озере Нумто. Река течёт сначала на северо-восток, а поворачивает на северо-запад. Воды реки протекают по таёжной и лесотундровой зонам. Дельта Надыма заболочена и разветвлена на несколько рукавов.

В бассейне реки наблюдается большое количество водотоков. Общее количество рек, ручьёв и проток достигает 2800. Свыше 2300 из них имеют длину более 10 км. Рек длиной от 50 до 100 км насчитывается 54. Рек, протяжённостью более 100 км насчитывается 16. Главные притоки Надыма: левые – Левая Хетта, Хейгияха, Ярудей, правые – Татлягаяха, Симиеган, Танлова, Правая Хетта, Большой Ярудей.

Озёрность речного бассейна достигает 8,7 %. Общее число озёр – 44,8 тыс. Их общая площадь достигает 5570 км². Однако большая часть из них, 98,5 %, имеют площадь менее 1 км². Озёр площадью свыше 10 км² на данной территории находится всего пять: Нумто, Аркаяхтлато, Сымпатото, Понитояй и Куйкуто. Карта водосбора реки Надым представлена на рисунке ниже. [5]



Рисунок 4 – Схема водосбора реки Надым

2.2 Растительность.

Рассматриваемый район по зональному делению входит в зону лесотундры и таёжную зону.

Здесь на десятки километров тянутся заболоченные елово-лиственненные леса с примесью кедра, берёзы, осины.

Также на водоразделах можно встретить отдельные лиственницы и заросли карликовой берёзы, ивы и ольхи. В долинах и поймах рек широко распространены низинные болота. Окраины болотных массивов обнесены березой и сосной. Южные части водосбора Надыма относятся к зоне таежных лесов и заняты на большей своей площади пихтой, сосной, елью и кедрами.

[5]



Рисунок 5 – Растительность на реке Надым

2.2 Климат рассматриваемой территории

Приведём климатическую характеристику рассматриваемой территории. Для этого выберем метеостанцию, данные которой наиболее точно отражают метеоусловия, происходящие на территории исследования данной работы. Метеостанция в селе Ныда наиболее удовлетворяет данной задаче. На карте ниже приведено расположение села Ныда.



Рисунок 6 – Местоположение села Ныда

После этого рассмотрим значения температуры на данной метеостанции. Среднемесячные и среднегодовые значения температуры приведены в таблице ниже.

Таблица 1 – Данные о температуре на станции Ныда

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1948	-23,9	-23,7	-20,2	-8,2	-0,8	6,9	13,3	10,3	8	-1,2	-9,7	-24,7	-6,2
1949	-17,3	-26,4	-17	-6,4	-3,5	2,9	9,6	12,3	3,7	-2	-17,1	-24,6	-7,2
1950	-29,3	-26,8	-14,7	-9,4	-2	9,1	13,5	10,7	6	-2,5	-13,3	-18,9	-6,5
1951	-23,9	-30,8	-21,6	-3,8	-2,8	4,5	14,7	10,1	7,1	-1,1	-13,7	-14,9	-6,4
1952	-22,8	-19,1	-27,6	-12,3	-4,8	5,6	13,4	10,3	7,1	-7,9	-20,8	-26,2	-8,8
1953	-23,4	-22,3	-20,1	-3,6	-0,4	7,5	15,6	12,8	3,2	-3,9	-21,2	-13,3	-5,8
1954	-21,6	-29,6	-17,7	-8,7	-3,7	8	14,8	11,1	5,5	-1,5	-14,5	-16,8	-6,2
1955	-14,7	-29,7	-23,3	-6,8	-0,3	9,3	14,7	10,2	4,9	-0,3	-21,2	-29,7	-7,2
1956	-22,1	-24,6	-13,7	-17,8	-2,8	6,3	17,5	12,2	3,1	-6,3	-16,7	-18,6	-7,0
1957	-21,9	-23,2	-27,9	-10,2	-1,2	8,3	15	14	6	-5,9	-25,6	-25,2	-8,2
1958	-21,5	-25,1	-27,1	-16,9	-6,6	4,8	13,6	9	1,6	-5,2	-14,2	-30,9	-9,9
1959	-21,3	-23,4	-14,9	-17,5	-3,7	6,6	15,2	12,5	6,9	-6,5	-13,6	-21,2	-6,7
1960	-28,6	-30,8	-27,6	-12,9	-6,7	7,1	11,8	8,2	5,4	-7,9	-19,8	-18,3	-10,0
1961	-23,3	-21,2	-7,9	-8,8	-4,8	5,4	14,8	11,5	5,2	-6,1	-16,5	-21,5	-6,1
1962	-18,7	-17,5	-16,7	-7,5	0	8,1	16,6	10,8	7,6	-6,9	-13,3	-21,8	-4,9
1963	-22,9	-20,8	-26,5	-12,4	-4	7,4	14,8	12,4	3,8	-1,8	-15,4	-28,7	-7,8
1964	-28,5	-21,6	-23,4	-17,8	-4,8	4,4	16	10,1	6,8	-5,2	-21,5	-19,7	-8,8
1965	-24,2	-24,9	-16,4	-13,2	-4,8	5,5	16,8	12,1	3,9	-6,4	-24,4	-21,8	-8,2
1966	-23,2	-35,8	-24,2	-15,6	-4,5	3,7	13,7	10,5	5,4	-9,8	-15,8	-20	-9,6
1967	-26,1	-23,6	-11	-5,5	-3,2	7,3	15,5	11	4,7	-0,3	-8	-15,9	-4,6
1968	-25,8	-18,7	-9,5	-13,2	-2,7	2,6	11,2	10,3	3,1	-5,9	-25,7	-32,1	-8,9
1969	-32,2	-30,4	-21,4	-14,7	-8	4,9	14,7	8,5	4	-6,7	-8,9	-19,2	-9,1
1970	-28,4	-23,4	-15,7	-14,2	-7,5	1,8	11,9	8	6,4	-8	-16	-22,5	-9,0
1971	-25,7	-30,4	-20,1	-16,5	-2,9	4,6	11,6	11,4	5,6	-7	-9,9	-19,8	-8,3
1972	-28,5	-22,9	-20,7	-8,6	-7,5	3,9	10,6	9,9	2,7	-3,3	-21,2	-21,7	-8,9
1973	-29,9	-17,5	-16,8	-8,3	-2,9	6,7	12,6	12,7	3,3	-5	-12,8	-20,7	-6,6
1974	-27,2	-29,4	-17,6	-10,7	-5,4	2,3	14,4	10,8	5,4	-8,4	-25,2	-15,6	-8,9
1975	-21,7	-23	-17,8	-9,8	-4,6	4,9	14	10,7	7,3	-6,2	-18	-18,5	-6,9
1976	-22,6	-25,2	-17,2	-6,7	-2,5	7,1	14,8	12,4	5,7	-12,1	-11,8	-21,1	-6,6
1977	-28,4	-33,2	-22,6	-6	1,3	11	13,7	10,9	5,7	-11,5	-6,7	-22,1	-7,3
1978	-24,1	-25,4	-16,8	-16,6	-5,1	2,4	14,9	8,5	4,1	-3	-13,5	-26,9	-8,5
1979	-29,4	-33,2	-25,7	-14,8	-2,6	4,5	14,1	11,5	7,5	-6,4	-12,9	-23,3	-9,2
1980	-27	-18,8	-19,5	-8,6	-3,8	6,2	10,7	9	5,4	-1,1	-17,5	-18,9	-7,0
1981	-14,2	-21	-22,3	-9,8	-5,9	7,5	11,8	15	5,9	-3	-9,3	-14,8	-5,0
1982	-26,3	-24	-24,1	-5,9	0,1	9,7	15,4	10	4,1	-11	-14,2	-13,5	-6,6
1983	-18,7	-20,7	-16,7	-14,8	-6,4	7,7	14,1	11,1	6,3	-2,1	-13,1	-18	-5,9
1984	-15,7	-17	-14,3	-20,1	-4,4	7,8	15,3	12,8	6,1	-7	-24,8	-20,1	-6,8
1985	-29	-30,9	-15,7	-11,2	-5,3	5,4	12,1	11,3	7,3	-2,9	-17,1	-24	-8,3
1986	-22,6	-25,5	-14,8	-11,1	-4,4	4,7	14,3	10,4	2,9	-1,7	-8	-27,9	-7,0
1987	-27,7	-22,7	-18	-14,5	-1,6	3,3	15,6	10,8	5,2	-1,9	-18,8	-20,6	-7,6
1988	-20,1	-27,3	-13,6	-17,9	-3	5,2	13	11,5	5,9	-4,8	-15,2	-16	-6,9
1989	-27,1	-20,9	-12	-16,1	-1,9	8,1	16,2	12,3	4,2	-3,1	-13,9	-22,5	-6,4
1990	-29,9	-24,2	-16	-7	-0,9	8,6	18,9	11,1	4,4	-7	-21,5	-20,3	-7,0
1991	-22,6	-24	-22,9	-5,4	0,3	10,9	14,6	9,7	8,4	-2	-13	-24,5	-5,9
1992	-26,2	-20,4	-15,3	-20,6	-1	3,7	13,4	12,2	3,1	-10,2	-21,4	-17,7	-8,4
1993	-18,5	-18,7	-12,2	-12,3	-5,4	8,6	16,4	11,4	5,4	-5,3	-13,3	-22,3	-5,5
1994	-25,5	-33,5	-11,1	-10	-5,3	9	15,1	12	5	-2,5	-19,3	-23,7	-7,5
1995	-14,2	-12	-14,8	-0,5	0,4	5,3	14,4	13,3	5,8	-3,3	-16,5	-23,5	-3,8
1996	-22,4	-17,7	-12,7	-14,4	-3,1	5,8	15,7	8,6	1,7	-2,4	-9,4	-19,6	-5,8
1997	-28	-28	-12,8	-2,6	0,9	6,1	9,2	9,7	7,4	-1	-17,6	-28	-7,1
1998	-23	-31,2	-14,5	-15,9	-4,5	5,3	15,4	12,4	1,8	-10,7	-29,7	-24,1	-9,9
1999	-28,7	-18,1	-25,6	-14,9	-4,9	3,9	13,2	10,6	4,5	-2,4	-17,2	-15	-7,9
2000	-29,3	-21,1	-14,2	-7,3	-1,3	9,7	13,2	14,6	4,7	-4,4	-19,7	-28,6	-7,0
2001	-31,6	-28,1	-22,4	-12,7	0,1	8,9	11,8	14,4	5,9	-5,9	-14,8	-17,9	-7,7
2002	-25,5	-21,5	-17	-10,8	-1,3	8,6	13,8	10,6	2,7	-2,8	-15,3	-26,4	-7,1
2003	-25,6	-24,7	-18,9	-10	0,5	11,7	13,2	15,2	6,1	-2	-20,1	-17,8	-6,0
2004	-19,6	-22,7	-19,7	-18,7	-3,9	10,6	15,3	9,6	4	-4,9	-10,4	-24,1	-7,0
2005	-17	-21,1	-18,5	-12,6	0,4	8,8	15,4	11,5	7,8	0	-7,8	-18,4	-4,3
2006	-31,7	-21,8	-16,8	-19,3	-2,8	9	15,2	10	5,5	-7,7	-21,2	-19,7	-8,4
2007	-12,7	-31,8	-16,2	-3,9	-5,9	5,9	18,5	11,1	6,2	1,3	-11,4	-16,5	-4,6
2008	-15,8	-19,1	-17,9	-11,9	-2,8	5,1	14,1	11,8	6,5	-2,9	-13,7	-14,9	-5,1
2009	-22,9	-26,7	-17	-9,9	-5,6	6,3	14,1	12,9	8,4	-2,5	-21,2	-31,3	-8,0
2010	-25,7	-33,7	-17	-10,5	-2,5	6,7	11,5	10,3	3,4	0,1	-15,1	-25,4	-8,2
2011	-21,4	-24,2	-10,5	-4,4	1,3	11,8	10,7	9,7	8	-0,3	-14,1	-12,7	-3,8
2012	-19,9	-16,3	-15,8	-7,3	-1	15,1	16,2	11,2	7,6	-2,9	-15,1	-17,6	-3,8
2013	-28,7	-18,6	-25,3	-7,1	-2,3	6,9	17,3	12,3	4	-5	-11,1	-20	-6,5
2014	-31,5	-29,3	-11,4	-7,1	-1,3	9,4	12,1	10,8	3,4	-7,2	-15,4	-17,3	-7,1
2015	-25,8	-21,7	-12,1	-5,1	2,1	12,7	13,8	10,8	5,2	-6,2	-14,2	-18,4	-4,9
2016	-19,7	-10,6	-13,2	-4,2	-2,1	14,7	19,3	13,8	9,6	-1,4	-19,3	-27,2	-3,4
2017	-24,2	-22,1	-5,8	-10,9	-5,1	8,2	15,4	11,3	4	-1,1	-11,1	-11	-4,4
2018	-19,4	-23	-22	-11,3	-6,2	8,3	15,1	11,5	7,5	-0,6	-14,7	-17	-6,0
2019	-22,2	-23,7	-9,9	-10,3	-1,1	6,4	18,4	13	5,6	-1,7	-15,6	-16	-4,8
2020	-18,4	-12,4	-9,6	-2,2	5	9,5	14,7	14,9	9,1	-2,7	-9,2	-21,7	-1,9

Далее построим график хода среднегодовых температур на данной метеостанции.

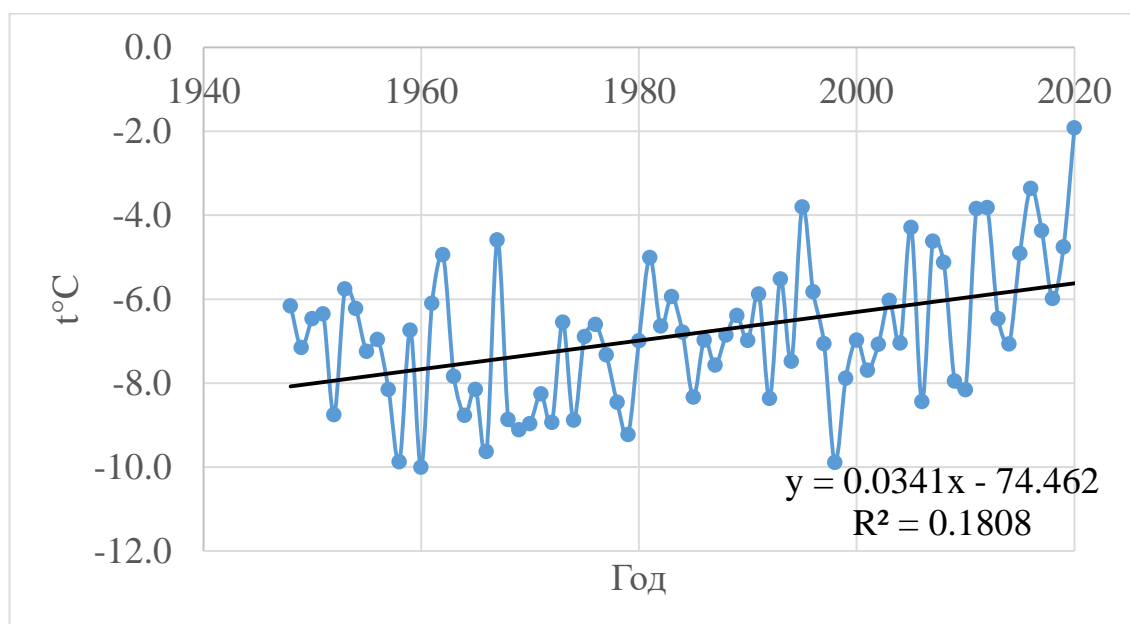


Рисунок 7 – График хода годовых температур на станции Ныда

На данном графике можно увидеть, что наблюдается тренд на увеличение среднегодовых температур. Минимальное значение составляет -10°C . Оно было зафиксировано в 1958 году. Максимальное значение составляет $-1,9^{\circ}\text{C}$. Оно было зафиксировано в 2020 году.

Далее проведём проверку ряда среднегодовых значений температуры на однородность при помощи критериев Фишера и Стьюдента. Проверка на однородность будет проведена при помощи пакета «анализ данных», который включен в программное обеспечение Microsoft Excel. Если эмпирическое значение статистик Фишера и Стьюдента получилось меньше теоретического, то проверка пройдена успешно и ряд однороден. Результаты проверки приведены в таблице ниже

Таблица 2– Проверка ряда среднегодовых температур Ныды на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Критерии	Значения		Нулевая гипотеза	
	Эмпирические	Статистические	Содержание	Результат
Фишера	0,7	0,5	D1=D2	Опровергается
Стьюдента	-3,2	1,9	tcp1=tcp2	Не опровергается

Далее проведём проверку на значимость тренда. Значимость тренда – это степень существенности вклада тренда в изменчивость характеристики [6]. Проверка на значимость будет производиться при помощи критерия Стьюдента. Если отношение $\frac{|R|}{\sigma_R}$ получилось равным меньше чем $t_{2\alpha}$ (Статистика Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$), то тренд можно считать не значимым. Значение σ_R вычисляется по следующей формуле:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}}. \quad (1)$$

Результаты проверки приведены в таблице ниже

Таблица 3– Проверка ряда среднегодовых температур Ныды на значимость тренда

Вид	n	R ²	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2\alpha}=5\%$	Значимость
$t_{сргод}$	73	0,1808	0,4252	0,1074	3,9585	1,995	Значим

Далее построим график хода среднемесячных температур на Станции Ныда

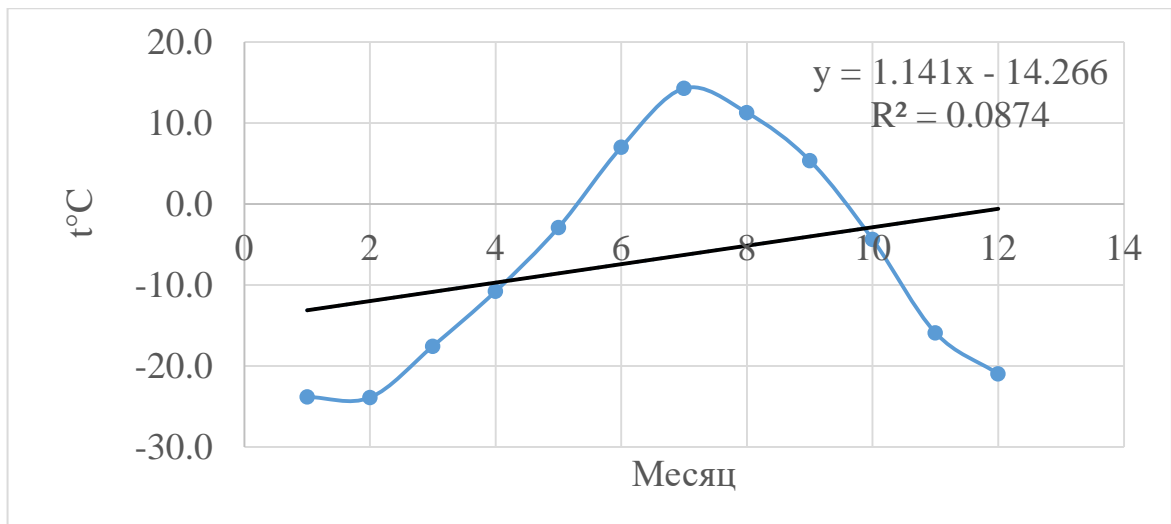


Рисунок 8 – График хода среднемесячных температур на станции Ныда

На данном графике можно увидеть, что максимальное значение среднемесячных температур зафиксировано в июле. Оно составляет 14,3°C. Минимальное значение зафиксировано в январе. Оно составляет -23,7°C.

Далее проведём проверку ряда среднемесячных значений на однородность по критериям Фишера и Стьюдента. Результаты проверки приведены в таблице ниже

Таблица 4– Проверка ряда среднемесячных температур Ныды на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Критерии	Значения		Нулевая гипотеза	
	Эмпирические	Статистические	Содержание	Результат
Фишера	0,7	0,1	D1=D2	Опровергается
Стьюдента	-1,3	2,2	tcp1=tcp2	Опровергается

После проверки на однородность проведём проверку на значимость линейного тренда среднемесячных температур. Результаты проверки приведены в таблице ниже.

Таблица 5– Проверка ряда среднегодовых температур Ныды на
 значимость тренда

Вид	n	R^2	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a=5\%}$	Значимость
$t_{\text{срмес}}$	12	0,0874	0,3	0,3	1,0	2,228	Не значим

Помимо температуры воздуха существенное влияние на величину стока оказывают осадки. Проведём анализ данных об осадках на метеостанции Ныда в период с 1966 по 2020 год. Данные об осадках приведены в таблице ниже.

Таблица 6– Данные об осадках на станции Ныда

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X	XII	Год
1966	55,4	8,2	16,3	7,3	45,3	83,7	176	135,3	65,3	37,9	45,5	10,1	57,2
1967	30,7	17,1	19,6	29,3	23,9	45,1	91,3	50	43,2	51,1	23,9	16,6	36,8
1968	5,8	13,9	36,8	15,2	34,2	46,6	63,4	86,6	28,6	41,5	22,3	11,3	33,9
1969	5,7	9,3	15,6	22,6	17,4	68,8	69,8	50,7	50,8	10,2	28,8	9,4	29,9
1970	25	10,2	16	14,6	24,4	78,2	59,4	71,8	38,6	26,2	19,6	14,1	33,2
1971	23,3	3,4	14	17,6	19,9	33,3	54,1	55,1	76,8	36,7	56,5	16,5	33,9
1972	33,8	22,7	11,2	26,4	39,6	12,4	54,5	98,3	29,7	51,2	20,7	32,9	36,1
1973	42,5	16	20,6	18,8	18,4	56,8	43	69,2	84	43,3	31,6	34,6	39,9
1974	20,3	10,2	27,1	21	26,3	27,4	35,4	50	101,4	33,9	13,2	19,9	32,2
1975	27	16	14,8	26	30,5	125,3	33,7	76,7	36,2	31,6	15,8	21,2	37,9
1976	15,8	20,7	9,6	6	24,9	12,6	3,7	37,8	75,9	24,8	43,7	33,7	25,8
1977	14,3	17,8	39,1	23,9	76,4	29,5	23,2	37,5	36,8	29,6	34,1	34,3	33,0
1978	28,7	17,2	39,4	15,8	31,5	62,2	111,3	47,8	51,3	59,2	28,3	41,9	44,6
1979	27,6	20,7	20,2	4,8	22	55,9	89,2	64,3	55,5	46,5	33,1	18,5	38,2
1980	16,4	16	6,9	13,4	29	27	37,4	41,9	54,7	32,4	18,4	15,1	25,7
1981	9,4	17,2	30,9	44,5	17,4	20,4	29,7	43,8	56,9	20,1	20,8	25,4	28,0
1982	23,6	23,7	4,1	15,3	29,5	45,4	48	137,1	80,3	27	44,9	35,3	42,9
1983	28,8	23,4	29	13,9	32	55,6	62,6	107	34,2	25,9	26,1	30,8	39,1
1984	26,7	47,1	15,2	15,8	10,4	46,9	43,7	62,7	36,4	34,4	29,9	40,1	34,1
1985	24,2	4,3	19	19,2	20,4	79,9	75,9	86,3	43,7	51,4	13,6	27,1	38,8
1986	23,3	15,6	25,5	21,3	25,5	34,3	106,1	33,3	55,1	48,8	26,5	21,4	36,4
1987	40,8	32,6	20,7	32	26,2	37,2	34,2	32,1	28,6	23,2	25,2	37,4	30,9
1988	41,4	14,1	12,6	21,7	28,8	45	48,4	85,2	42,7	55,7	24,3	26,6	37,2
1989	32,3	25,2	36	20,9	37,3	69	47,7	31,4	16,3	37,1	36,4	16,3	33,8
1990	17,2	11,9	33	15,4	17,6	10,6	11,9	41	64,3	35	16,1	35,2	25,8
1991	20,1	67,7	1,6	22,3	26,3	57,6	58,2	38,7	47,2	43,8	30,7	16,2	35,9
1992	8,1	11,9	9,9	0,2	31,4	53,2	70,7	63,1	35,3	38,7	24,4	25,2	31,0
1993	11,5	11,1	10,1	3,1	18,4	17,1	46	57,1	50,5	66,5	23	7,6	26,8
1994	7,9	5,8	12,8	13,5	36,9	46,9	22,6	26,2	39,8	17,1	14,2	6,1	20,8
1995	23,8	23,7	7,1	24,5	37,9	23,5	42,3	71,1	38,6	29,4	22,7	27,5	31,0
1996	40,3	12,1	6,8	15,3	25,1	20,6	52,6	59,1	22,1	34,7	17,4	20,4	27,2
1997	4,2	11,6	19,3	27,2	27,5	35,6	51,7	32	30,9	39,6	38	29,7	28,9
1998	15,2	8,6	37,9	25,7	55,7	28,8	17,1	66,9	30,1	31,2	7,6	34,5	29,9
1999	14	12	8	20,2	40,9	37,5	70,4	52,9	48	29,1	35,6	12,7	31,8
2000	5	6,2	5,5	24,7	7,5	29,2	6,2	40,9	10,7	28,4	14,7	11,7	15,9
2001	11,3	7,2	10,3	10,4	18,2	59,9	53,2	81,4	8,9	22,6	15,2	34	27,7
2002	18,9	12	14	7,2	29,5	50,8	81,7	62,5	51,4	26,2	19,6	12,4	32,2
2003	11,7	16,5	10	17,6	8,5	42,1	36,9	16,9	58,5	31,7	11,5	21,3	23,6
2004	15,5	12,3	19	12,1	19,2	28,8	2,7	56,8	56,1	46,8	20	6,3	24,6
2005	9,2	18	11,6	27,6	24,8	35,7	46,3	54,9	29,1	31,7	26,5	18,4	27,8
2006	4,5	13,6	12,9	3,4	25	43,3	80,3	25,4	60,9	50,8	20,6	15,8	29,7
2007	15,9	9,9	8,8	16,1	14,4	27,1	27,1	30,1	37,5	27,7	21,5	11,2	20,6
2008	6	10,6	13	16,2	21,4	21	12,7	41,9	15,6	35,5	24	15,9	19,5
2009	18	6,5	14,7	48,6	40,8	19,3	41,9	47	48	49,3	19,4	13,6	30,6
2010	13,4	5,5	17,5	11,4	21,5	80,7	28,8	27,8	54,6	43,2	44,6	12	30,1
2011	18,2	12,5	40,2	27,1	17,6	30,2	85,9	67,7	35,4	47,3	26,8	26	36,2
2012	16,5	12,6	16,9	39,4	45	64,1	110,3	47,2	40	31	16,9	14,8	37,9
2013	16,9	14,6	19	18,1	20,8	32,9	49,5	71	25,8	73,3	39,2	48,2	35,8
2014	25,8	7,6	22,1	73	49,7	39,3	82,8	21,1	56,5	29,2	31,8	23,5	38,5
2015	27,8	18,2	40,6	36,2	20,7	58,2	135,2	62,7	32,7	24,8	18,7	13,7	40,8
2016	13,6	18,4	30,4	31,5	11,5	12,8	14,8	63,2	31	25,8	15,6	17,1	23,8
2017	14,7	19,5	16,4	25,9	46,5	44,3	6,6	97	72,1	41,4	38,5	25,1	37,3
2018	21,4	11,1	33,7	13,3	31,1	63,7	11,4	21,2	51,7	49	39,6	27	31,2
2019	14	11,5	22	30,1	40,9	42,9	40,9	92,1	46,1	63,7	16	22,8	36,9
2020	15,9	17,2	33,4	30	31,8	67,3	51,7	53,9	17,8	74,1	29,5	19,7	36,9

Построим график хода среднегодовых осадков по времени.

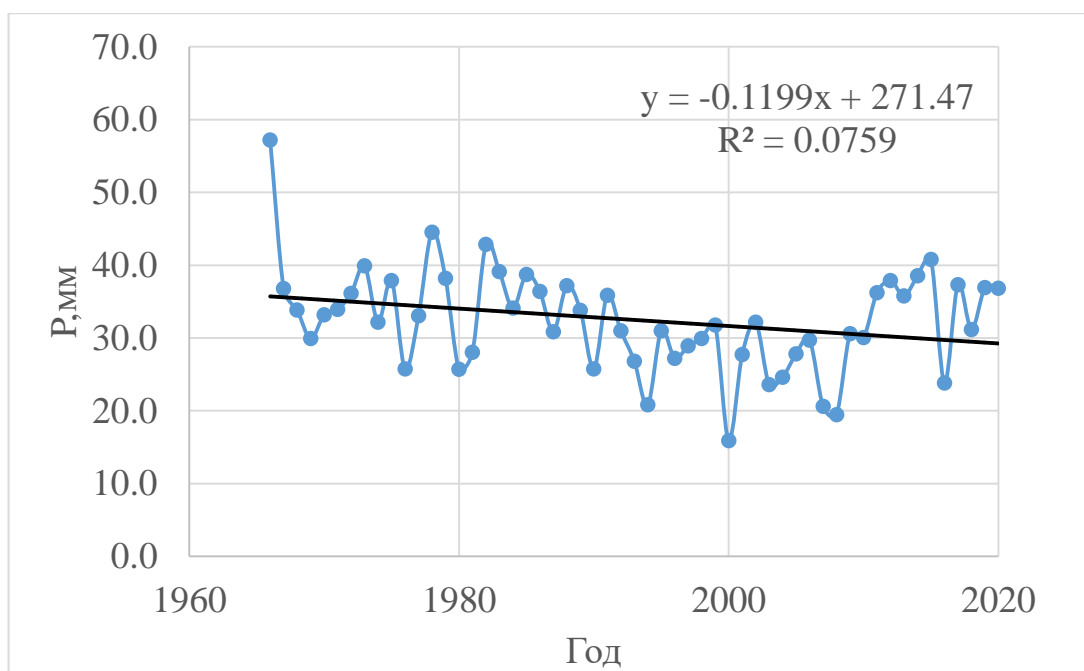


Рисунок 9 – График хода среднегодовых осадков на станции Ныда

На данном графике можно увидеть, что происходит тренд на уменьшение осадков. Максимальное значение составляет 57,2 мм, и оно было зафиксировано в 1966 году. Минимальное значение составляет 15,9 мм. Оно было зафиксировано в 2000 году.

Проведём анализ ряда среднегодовых осадков на однородность при помощи критериев Фишера и Стьюдента. Анализ на однородность, как и в случае с температурами, будет проводиться при помощи пакета «Анализ данных», который встроен в программное обеспечение Microsoft Excel. Результат приведён в таблице ниже.

Таблица 7– Проверка ряда среднегодовых осадков Ныды на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Критерии	Значения		Нулевая гипотеза	
	Эмпирические	Статистические	Содержание	Результат
Фишера	0,9	0,5	$D1=D2$	Опровергается
Стьюдента	-12	2	$t_{cp1}=t_{cp2}$	Не опровергается

Далее проведём проверку ряда среднегодовых осадков на значимость линейного тренда. Результаты проверки приведены в таблице ниже

Таблица 8– Проверка ряда среднегодовых температур Ныды на значимость тренда

Вид	n	R ²	R	σR	R / σ _R	t _{2α=5%}	Значимость
t _{сргод}	55	0,0759	0,2755	0,132	2,086	2,007	Значим

Далее построим график хода среднемесячных температур на данной станции

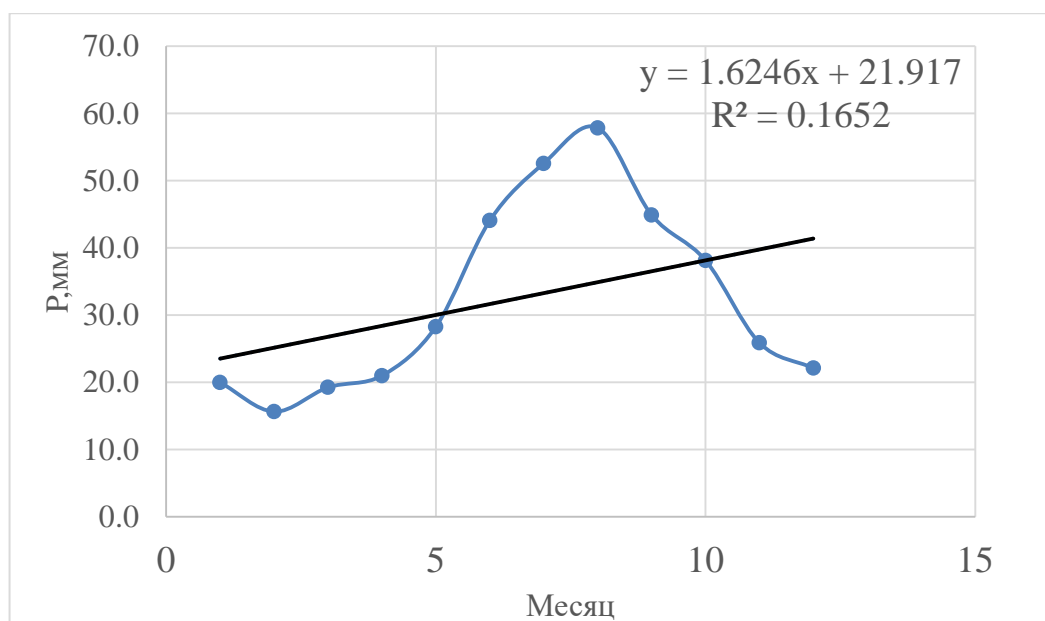


Рисунок 10 – График хода среднемесячных осадков на станции Ныда

Далее проведём проверку ряда среднемесячных осадков на однородность. Результаты приведены в таблице ниже.

Таблица 9– Проверка ряда среднегодовых осадков Ныды на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Критерии	Значения		Нулевая гипотеза	
	Эмпирические	Статистические	Содержание	Результат
Фишера	0,5	0,1	D1=D2	Опровергается
Стьюдента	-2,1	2,2	tcp1=tcp2	Не опровергается

После проверки на однородность проведём проверку на значимость линейного тренда. Результаты приведены в таблице ниже.

Таблица 10– Проверка ряда среднемесячных осадков Ныды на значимость тренда

Вид	n	R^2	R	σ_R	$ R / \sigma_R$	$t_{2a}=5\%$	Значимость
P	12	0,1652	0,4064	0,2889	1,4067	2,007	Не значим

2.3 Гидрометеорологическая изученность

Район недостаточно изучен. Посты гидрологических наблюдений за период существования периодически прекращали свою работу, переносились, наблюдения производились не весь год. На данный момент в этом районе расположено 3 гидрологических поста. Один на самом Надыме и два на его притоках: Правой Хетте и Хейгияхе. Карта местоположения гидрологических постов представлена ниже.

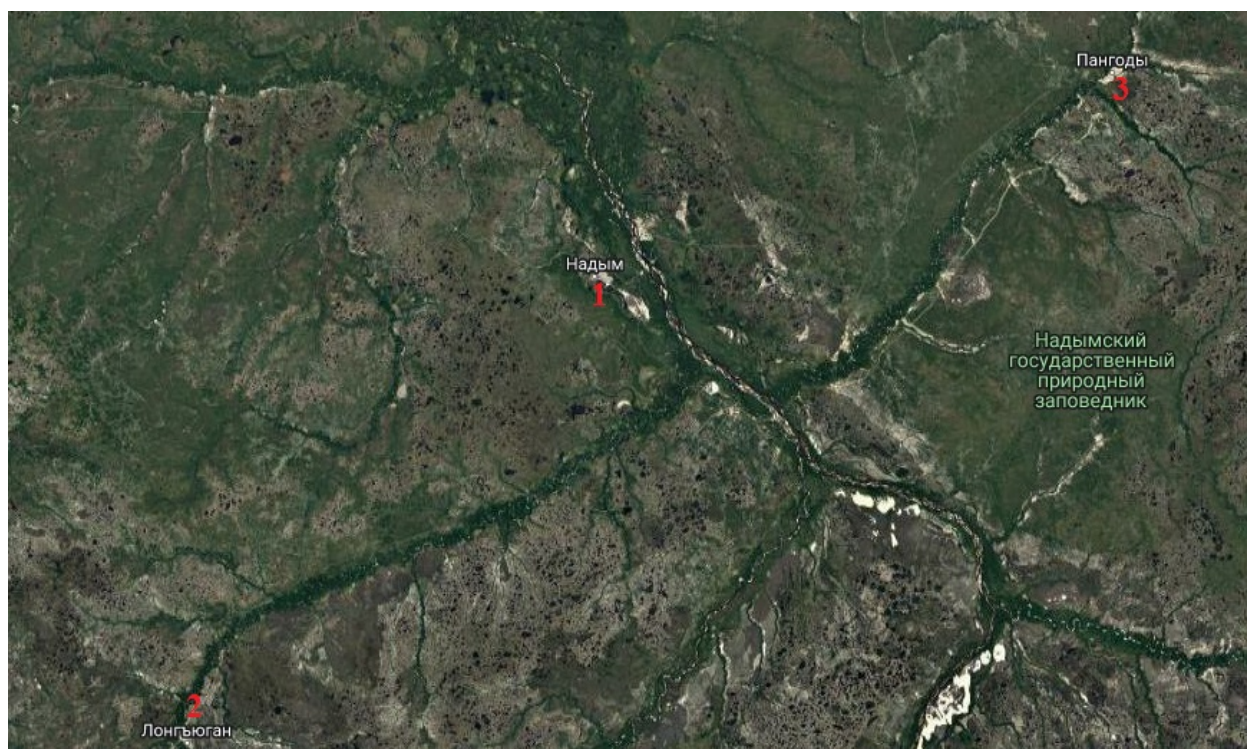


Рисунок 11– Карта расположения гидрологических пунктов

(1 – Надым; 2 – Лонгъюган; 3 – Правя Хетта)

3 Русловые процессы

Так как формирование русла реки неразрывно связано с расходом, проходящим через неё, то перед изучением русловых процессов р.Надым будет целесообразно провести восстановление расходов воды, потому что в исходных данных наблюдались пропуски. Проводить восстановление расходов будем при помощи метода гидрологической аналогии. Использование метода гидрологической аналогии предусматривает наличие и выбор реки-аналога. Река-аналог должна удовлетворять следующим требованиям: река-аналог должна быть незарегулированной, площадь водосбора реки-аналога отличается от площади водосбора расчётной реки не более чем в 10 раз, количество наблюдённых лет на реке-аналоге должно превышать 40 лет, река-аналог не должна быть горной рекой. [7]

В качестве реки-аналога была выбрана река Пур и пост, расположенный в деревне Самбург

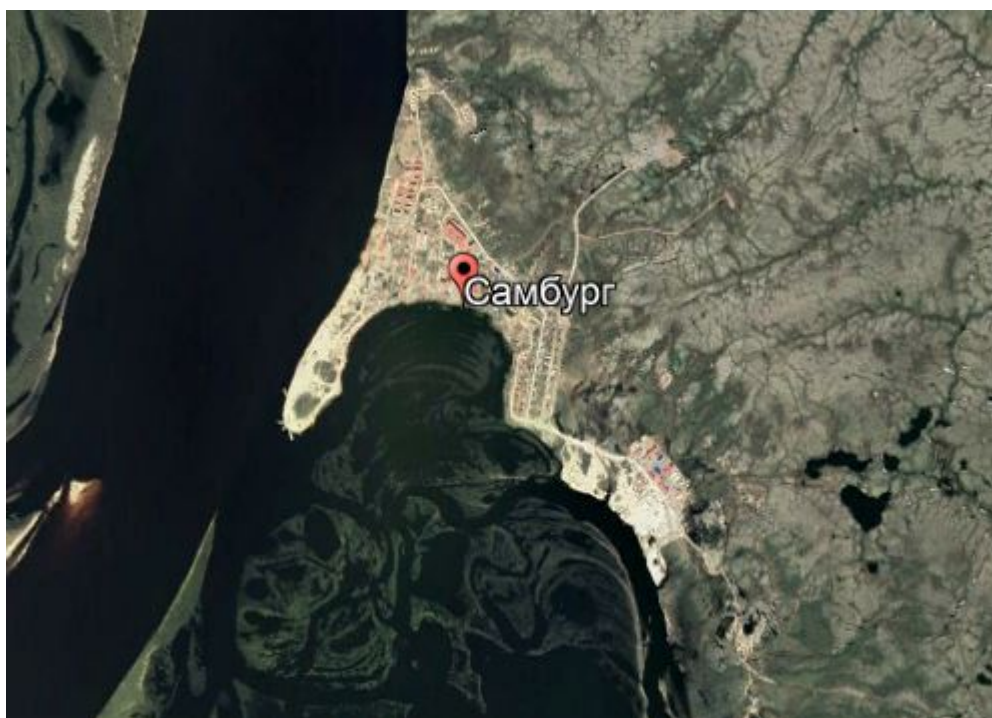


Рисунок 12– Местоположение деревни Самбург

Ниже представлена таблица с данными о среднегодовых расходах на реке Пур

Таблица 11– Среднегодовые расходы реки Пур, д.Самбург

Год	Qcp	Год	Qcp	Год	Qcp	Год	Qcp	Год	Qcp
1939	1060	1956	811	1973	1020	1990	887	2007	987
1940	1010	1957	771	1974	881	1991	916	2008	947
1941	974	1958	913	1975	1090	1992	780	2009	872
1942	920	1959	1020	1976	846	1993	825	2010	964
1943	913	1960	881	1977	702	1994	783	2011	839
1944	729	1961	904	1978		1995	777	2012	790
1945	695	1962	812	1979		1996	811	2013	767
1946	900	1963	975	1980		1997		2014	
1947	1010	1964	878	1981	972	1998		2015	
1948	1040	1965	1040	1982		1999	1028	2016	952
1949	893	1966	976	1983		2000	874	2017	1076
1950	733	1967	806	1984		2001	1128	2018	
1951	853	1968	826	1985	919	2002		2019	
1952	776	1969	699	1986	1070	2003	1067		
1953	809	1970	862	1987	966	2004	1043		
1954	827	1971	1030	1988	739	2005	939		
1955	903	1972	1010	1989		2006	826		

Далее построим график связи среднегодовых расходов реки Пур и реки Надым

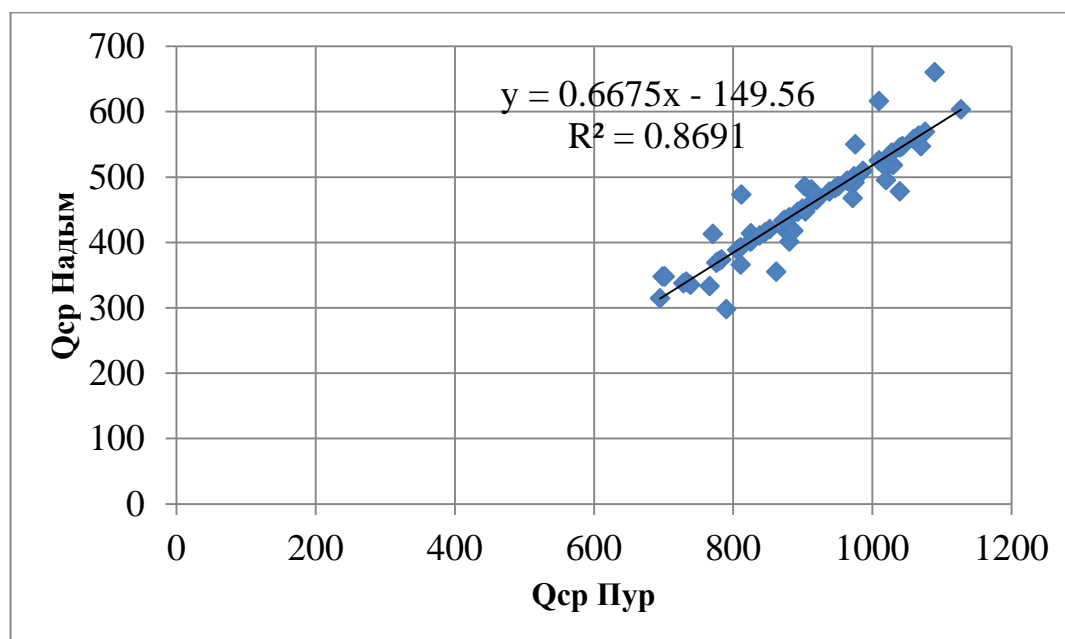


Рисунок 13– График связи среднегодовых расходов реки Пур и реки Надым

Через уравнение линейной регрессии, которое выведено на графике, проведём восстановление среднегодовых расходов. Результат восстановления представлен в таблице ниже.

Таблица 12– Восстановленные среднегодовые расходы реки Надым, г.Надым

Год	Qcp	Год	Qcp	Год	Qcp	Год	Qcp	Год	Qcp
1939	558	1956	366	1973	495	1990	418	2007	510
1940	525	1957	413	1974	438	1991	474	2008	483
1941	501	1958	481	1975	660	1992	372	2009	433
1942	465	1959	515	1976	416	1993	401	2010	494
1943	460	1960	401	1977	348	1994	374	2011	411
1944	337	1961	447	1978	477	1995	369	2012	298
1945	315	1962	473	1979	373	1996	392	2013	333
1946	452	1963	492	1980	469	1997		2014	409
1947	525	1964	416	1981	468	1998		2015	494
1948	545	1965	478	1982	392	1999	537	2016	486
1949	447	1966	550	1983	402	2000	434	2017	569
1950	340	1967	388	1984	409	2001	603	2018	294
1951	420	1968	414	1985	468	2002		2019	372
1952	369	1969	348	1986	547	2003	563		
1953	391	1970	355	1987	493	2004	547		
1954	403	1971	518	1988	335	2005	477		
1955	486	1972	616	1989	408	2006	402		

Теперь проведём проверку получившегося ряда расходов на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Таблица 13– Проверка ряда среднегодовых расходов Надыма на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Критерии	Значения		Нулевая гипотеза	
	Эмпирические	Статистические	Содержание	Результат
Фишера	1,0	1,7	D1=D2	Не опровергается
Стьюдента	0,4	1,9	tcp1=tcp2	Не опровергается

Теперь построим график хода восстановленного ряда среднегодовых расходов.

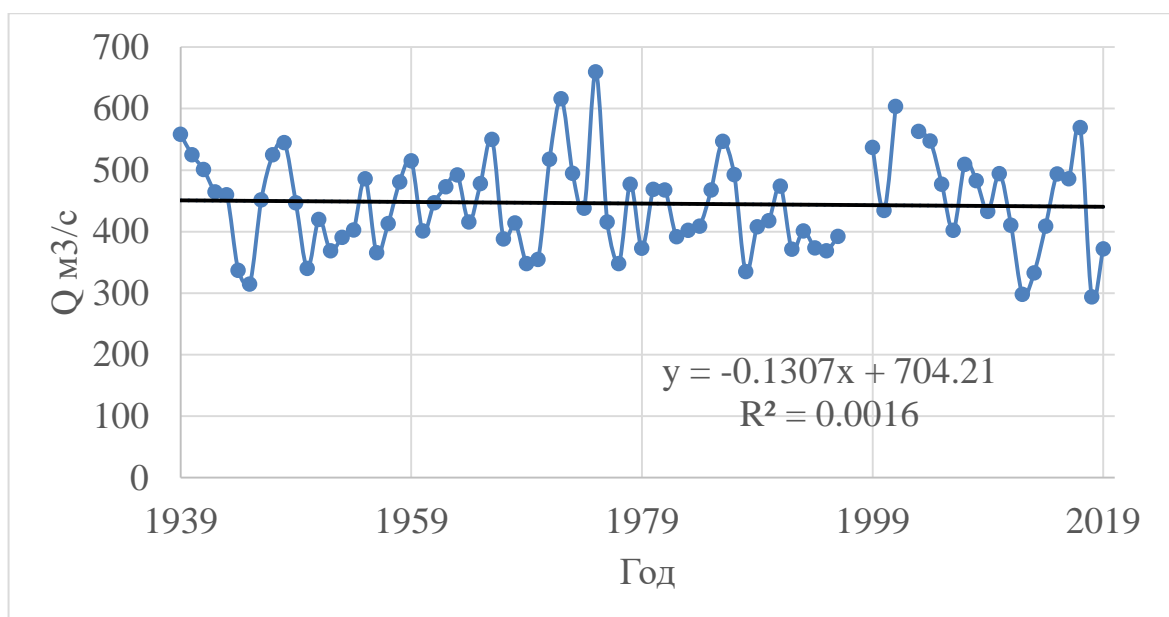


Рисунок 14 – График хода восстановленных среднегодовых расходов на станции Самбург

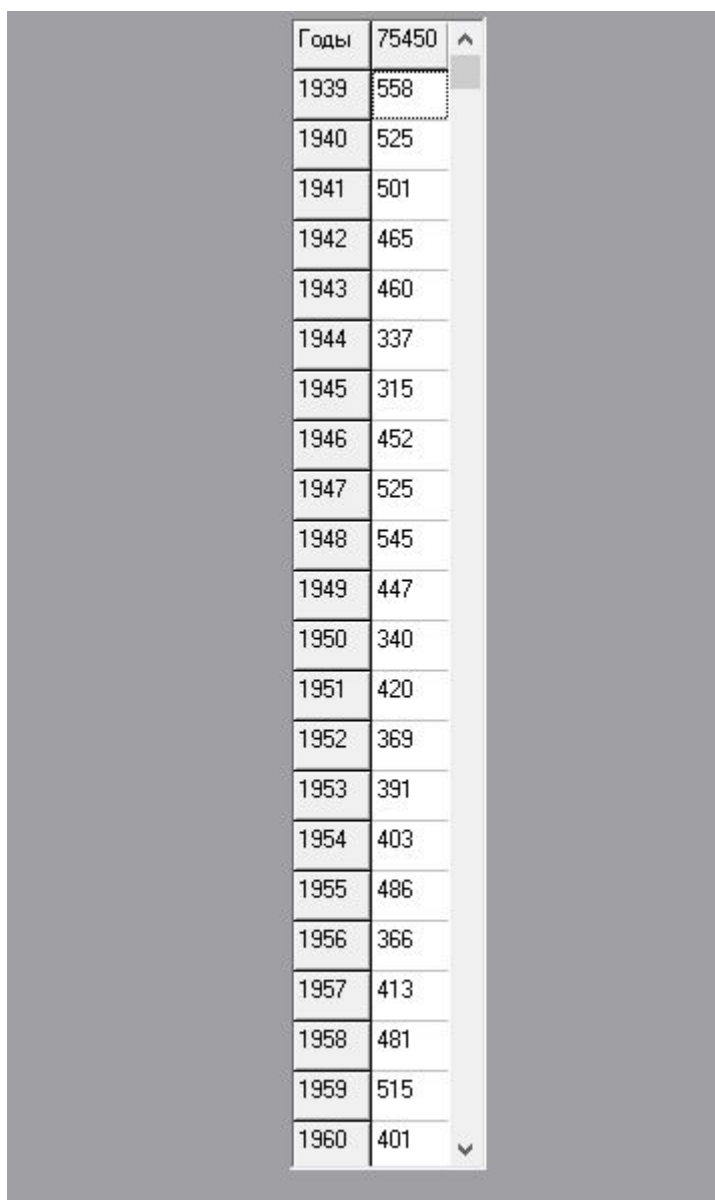
После построения графика хода среднегодовых осадков проведём проверку на значимость линейного тренда. Результат проверки приведён в таблице ниже.

Таблица 14– Проверка ряда восстановленных среднегодовых реки Надым, пост г.Надым на значимость тренда

Вид	n	R ²	R	σ _R	R /σ _R	t _{2α=5%}	Значимость
Q	81	0,0016	0,04	0,11	0,3558	1,991	Не значим

Теперь на основе полученных данных проведём построение кривой обеспеченностей Крицкого-Менкеля. Построение кривой обеспеченностей будет выполнено при помощи программного обеспечения HydroStatCalc. Ниже будет расписан способ построения кривой обеспеченности пошагово.

Шаг 1: Привести исходный файл данных в файл формата .txt так как это единственный формат системных файлов с которым программа способна работать. Ниже представлен фрагмент вывода данных внутри программы.

A screenshot of a data table with two columns: 'Годы' (Years) and numerical values. The table is scrollable, with a scrollbar on the right side. The data is as follows:

Годы	75450
1939	558
1940	525
1941	501
1942	465
1943	460
1944	337
1945	315
1946	452
1947	525
1948	545
1949	447
1950	340
1951	420
1952	369
1953	391
1954	403
1955	486
1956	366
1957	413
1958	481
1959	515
1960	401

Рисунок 15– Фрагмент выведенных данных

Шаг 2: При помощи левой кнопки выбираем ряд данных для анализа и нажимаем на кнопку «анализ данных», расположенную в правом нижнем углу экрана. После этого в левом верхнем углу экрана станет активной кнопка «обеспеченности». После нажатия на неё на экране появится кривая обеспеченности. По умолчанию программа HydroStatCalc будет строить кривые обеспеченности Пирсона III типа. Поменять тип кривой обеспеченности можно при помощи кнопки «Тип кривой», которая расположена под кривые обеспеченности. Ниже представлена кривая обеспеченности для среднегодовых расходов воды[8].

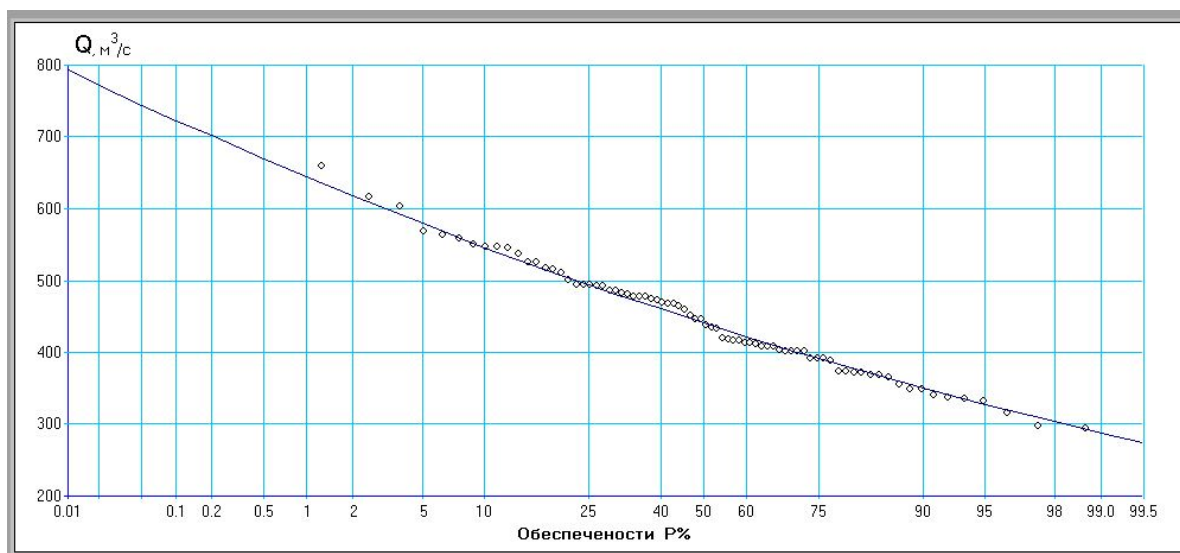


Рисунок 3.3– Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля для среднегодовых расход р.Надым, г.Надым

Так как в формировании русла немаловажное значение имеют и максимальные расходы воды, то проведём восстановление максимальных среднегодовых расходов.

Таблица 15–Максимальные среднегодовые расходы реки Пур, д.Самбург

Год	Q _{макс}	Год	Q _{макс}	Год	Q _{макс}	Год	Q _{макс}	Год	Q _{макс}
1939	7410	1956	5630	1973	6710	1990	6670	2007	5591
1940	6990	1957	7060	1974	6400	1991	7450	2008	6300
1941	4490	1958	6830	1975	7470	1992	5991	2009	5873
1942	6230	1959	7400	1976	7930	1993	6188	2010	5663
1943	7580	1960	4900	1977	6220	1994	5683	2011	5505
1944	5300	1961	7350	1978	6810	1995	5177	2012	4921
1945	4650	1962	5660	1979	6930	1996	5512	2013	5269
1946	5300	1963	7210	1980	5740	1997	5335	2014	7600
1947	6160	1964	5920	1981	6790	1998	6221	2015	6569
1948	7940	1965	5880	1982	5590	1999	6214	2016	5315
1949	5660	1966	6430	1983		2000	4980	2017	4760
1950	6410	1967	5120	1984	5564	2001	6378	2018	5558
1951	6960	1968	5200	1985	5240	2002	6208	2019	
1952	5350	1969	5700	1986	6470	2003	6365		
1953	6360	1970	6250	1987	7740	2004	6109		
1954	5970	1971	6400	1988	6250	2005	5860		
1955	6280	1972	6470	1989	6110	2006	5026		

Проведём построение графика связи максимальных среднегодовых расходов реки Пур и реки Надым.

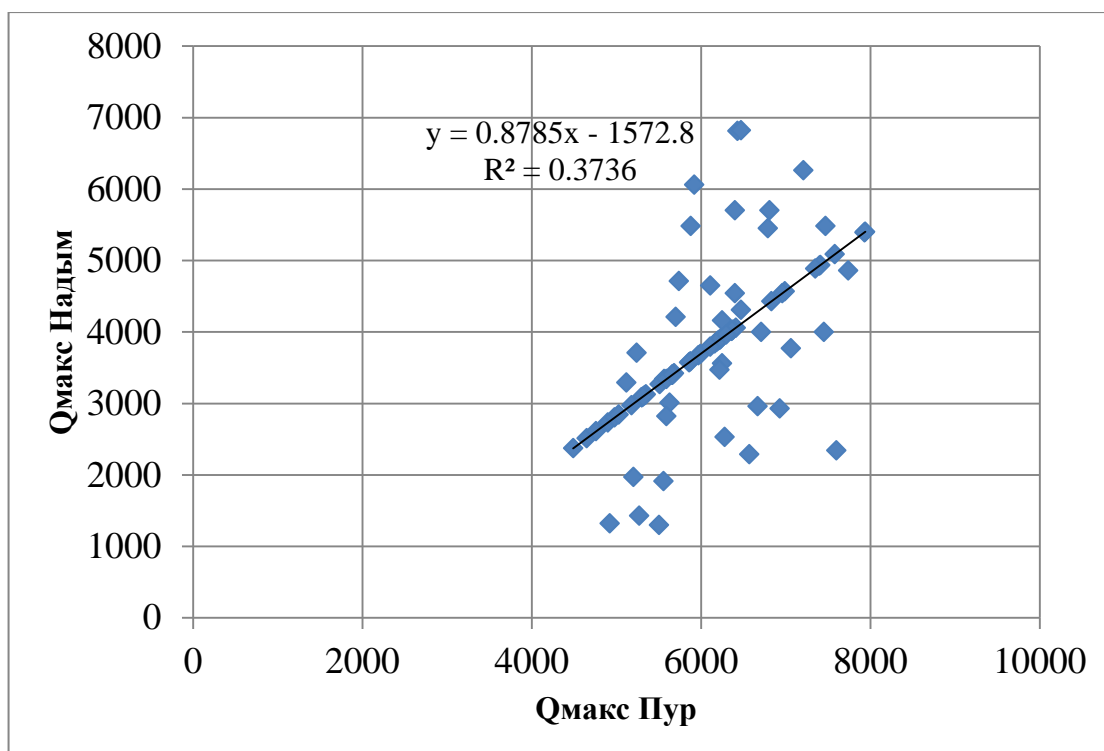


Рисунок 16– График связи максимальных среднегодовых расходов реки Пур и реки Надым

Проведём восстановление максимальных среднегодовых расходов при помощи уравнения связи, выведенного на графике

Таблица 16–Восстановленные максимальные среднегодовые расходы реки Надым, г.Надым

Год	Qмакс	Год	Qмакс	Год	Qмакс	Год	Qмакс	Год	Qмакс
1939	4937	1956	3010	1973	4000	1990	2960	2007	3339
1940	4568	1957	3770	1974	4540	1991	4000	2008	3961
1941	2372	1958	4427	1975	5480	1992	3690	2009	3587
1942	3900	1959	4928	1976	5394	1993	3863	2010	3402
1943	5086	1960	2732	1977	3470	1994	3419	2011	1300
1944	3083	1961	4884	1978	5700	1995	2975	2012	1320
1945	2512	1962	3400	1979	2930	1996	3269	2013	1430
1946	3083	1963	6260	1980	4710	1997	3114	2014	2340
1947	3839	1964	6060	1981	5450	1998	3892	2015	2290
1948	5402	1965	5480	1982	2820	1999	3887	2016	3096
1949	3400	1966	6810	1983	4790	2000	2802	2017	2609
1950	4058	1967	3290	1984	3340	2001	4031	2018	1910
1951	4542	1968	1970	1985	3710	2002	3881	2019	2080
1952	3127	1969	4210	1986	4310	2003	4019		

Продолжение таблицы 16									
1953	4014	1970	3560	1987	4860	2004	3794		
1954	3672	1971	5700	1988	4160	2005	3575		
1955	2530	1972	6820	1989	4650	2006	2843		

Проведём проверку получившегося ряда расходов на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Таблица 17– Проверка ряда среднегодовых расходов Надыма на однородность по критериям Фишера и Стьюдента

Критерии	Значения		Нулевая гипотеза	
	Эмпирические	Статистические	Содержание	Результат
Фишера	1,6	1,7	D1=D2	Не опровергается
Стьюдента	3,3	1,9	tcp1=tcp2	Опровергается

Теперь выполним проверку восстановленного ряда максимальных расходов на значимость линейного тренда

Таблица 18– Проверка ряда восстановленных среднегодовых реки Пур, пост д.Самбург на значимость тренда

Вид	n	R ²	R	σ_R	R / σ_R	t _{2a=5%}	Значимость
Q	81	0,1359	0,3686	0,1046	3,5249	1,991	Значим

Теперь выполним построение кривой обеспеченности для максимальных среднегодовых расходов воды. Алгоритм построения кривой остался неизменным

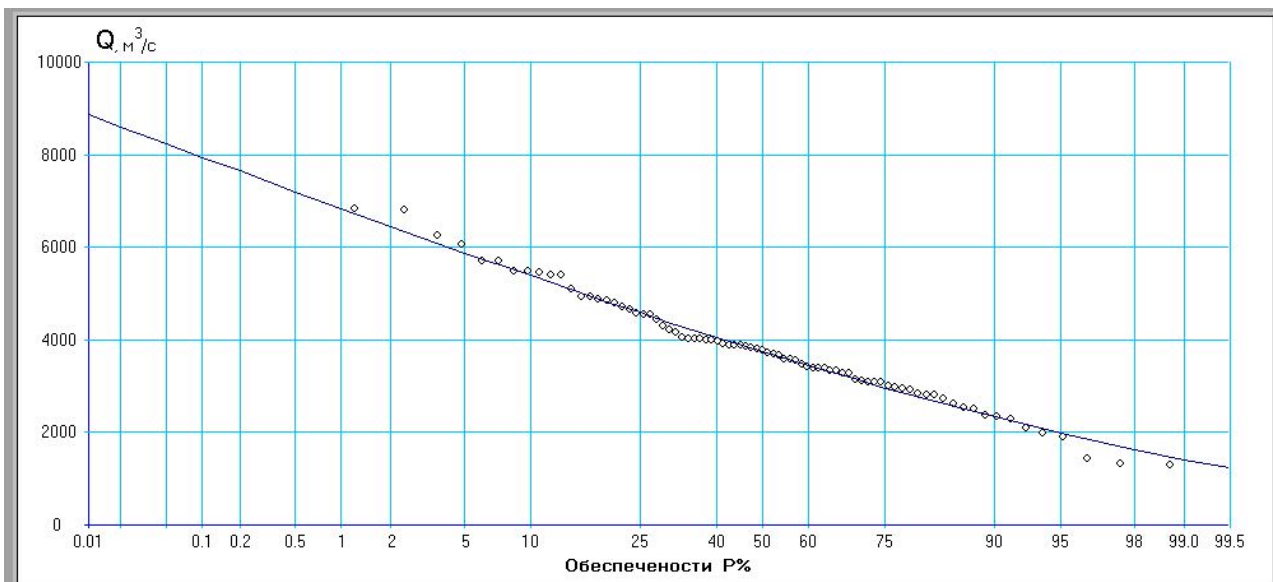


Рисунок 17– Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля для максимальных расходов р.Надым, г.Надым

3.1 Русловой процесс на р.Надым по участкам

Участок р. Надым, с 117 км/ створ у бывшего ж/д моста/ выбран из тех соображений, что начиная с ухвостья острова, напротив Надымского водомерного поста и вверх, судоходство затруднено и в межень невозможно из-за мелей, поэтому знание гидравлических характеристик на этом участке, движение осередков, побочней, гряд, деформации дна и берегов представляют значительный интерес.



Рисунок 18– Участок р.Надым у старого ж/д моста

(Дата создания:27.05.2020)



Рисунок 19– Участок р.Надым у старого ж/д моста

(Дата создания:31.05.1984)

Река на этом участке разделена залесенным островом на две протоки. Длина острова по оси 3,5 км, ширина по миделю 1,1 км. Правая, более многоводная протока, пропускная способность которой в меженный период в 3 раза больше левой, в свою очередь разделена на несколько протоков меньших по размеру, в длину от 1,5 км до 0,5 км и сравнительно молодыми, покрытыми кустарниковой растительностью, островами.

Как правило, ниже ухвостья всех островов в этом участке тянутся песчаные косы, длина которых иногда достигает 0,3-1,5 км.

Ширина реки в пределах рассматриваемого участка колеблется от 0,9 в нижней и верхней частях участка и до 2,5 км в середине.

Ширина левой протоки изменяется от 500 до 900 м, левой 200 м в верхней части участка и до 450 м в нижней.

Глубины в правой протоке изменяются в значительных пределах: от 5 м на плесовых участках и до 0,5 м на перекатах.

Левая протока более мелководная с глубинами соответственно от 2,5 м от 0,10 м. С понижением уровня воды на каждый см в левой протоке появляются все новые песчаные острова, осередки, а имеющиеся ранее увеличиваются в размерах. На многих участках левую протоку, несмотря на ширину 200-250 м можно перейти вброд.

Средние и максимальные скорости течения в правой-основной протоке соответственно оказались равными 0,57 м/сек, 0,99 м/сек в левом рукаве 0,40 м/сек, 0,90 м/сек.

Правый берег протоки более высокий, до 2-3,5 м, обрывистый, подвержен размыву, имеют небольшие уступы, соответствующие по высоте продолжительному стоянию различных меженных уровней. В весенний период острова и берега реки затопляются паводочными водами, о чем свидетельствуют остатки прошлой водной растительности на прибрежных кустарниках, следы ледохода на стволах деревьев.

Для того, чтобы определить вид руслового процесса на данном участке, рассмотрим какие бывают виды русловых процессов. Ниже будет приведена классификация русловых процессов, разработанная в Государственном гидрологическом институте. [4]

1) Свободное меандрирование

Основными отличительными чертами данного вида руслового процесса является то, что излучины русла проходят замкнутые циклы переформирований, при которых русло из прямого участка достигает состояния петли, при этом происходит постепенное увеличение его кривизны и асимметричности. После этого происходит прорыв перешейка, а затем данный цикл действий повторяется вновь. В самом начале процесса меандрирования до углов разворота в 75 градусов наблюдается сползание, когда угол разворота достигает значений от 120 до 150 градусов – сползание прекращается, после этого происходит разворот излучин вокруг фиксированных точек в перегибах русла. После выполнения всех предыдущих действий значения угла разворота могут достигать от 240 до 270 градусов. Схема развития русла реки по схеме свободного меандрирования приведена на рисунке ниже.

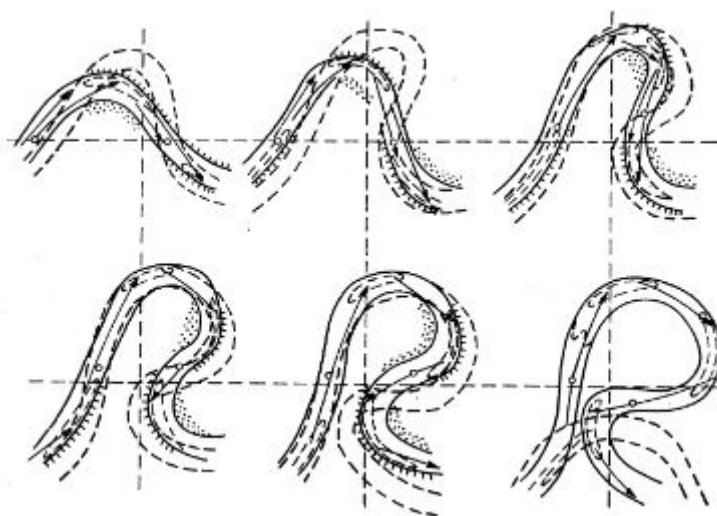


Рисунок 20– Свободное меандрирование

У свободного меандрирования есть подвид, который называется беспрепятственное свободное меандрирование. Свободное меандрирование называется беспрепятственным, когда оно происходит в условиях отсутствия ограничивающего влияния склонов долины. В данном случае пояс меандрирования множество раз переходит от одного склона долины к другому. В результате этого получаются пойменные массивы, который огибаются серией. В серия излучин обладает общими признаками одной излучины, что позволяет их рассматривать как единое морфологическое образование.

2) Незавершённое меандрирование

Развитие реки по схеме свободного меандрирования, может оказаться прерванным образованием спрямляющего потока. Такое развитие называется незавершённым меандрированием. Данный спрямляющий поток может возникать и на ранних стадиях меандрирования, если глубина затопления поймы велика, для того, чтобы это произошло. Образование потока, спрямляющего излучину, происходит постепенно. Первоначально он действует только в высокое половодье, но затем происходит его постепенное развитие и он может принимать в себя и меженные расходы. В результате такого развития старое главное русло отмирает, спрямляющий поток, в свою очередь, начинает повторять весь цикл развития. Все выше перечисленные явления влияют на то, что в случае незавершенного меандрирования можно встретить явление раздвоения русла. Полная смена цикла развития в этих условиях обычно продолжается долгое время. Схема незавершённого меандрирования приведена на рисунке ниже.

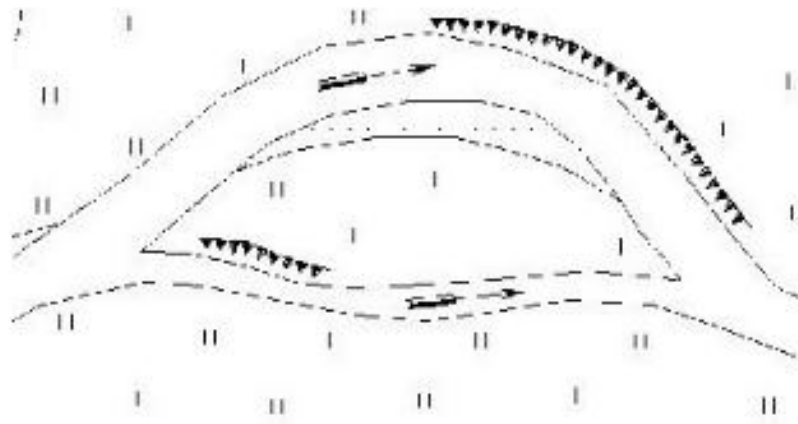


Рисунок 21– Незавершённое меандрирование

3) Пойменная многорукавность

Пойменная многорукавность является дальнейшим развитием незавершенного меандрирования. В результате пойменной многорукавности на реке образуется серия спрямляющих протоков и сеть протоков вторичного происхождения, которая соединяет эти протоки. Образование длинных протоков в притеррасной пойме, спрямляющих пойменные массивы, встречается в низовьях больших рек. Каждый проток может развиваться самостоятельно и в них могут появляться ленточные гряды, побочни и излуцины.

4) Ограниченное меандрирование

Избыток предельного уклона дна долины для переноса донных наносов приводит к образованию слаборазвитых излуцин. Деформации излуцин осуществляются путем сползания вниз по течению реки с сохранением их форм и размеров. Размываемой оказывается часть вогнутого берега ниже вершины излуцины, а намываемым – участок выпуклого берега также ниже этой вершины. При образовании излуцин создается пляж – образование, подобное побочню. Последний закономерно сползает, в то время как пляж может смещаться только вместе со сползанием всей излуцины. Участок

берега, огибаемый излучиной, представляет собой пойменный массив, поверхность которого наклонена, обычно вниз по течению реки и от прирусловой части к притеррасной (присклоновой). На поверхности пойменного массива часто наблюдаются гривы (следы прежних береговых валов); в плане они огибают нижнюю часть выпуклого берега излучины. В разрезе пойменный массив сложен наносами той же крупности, что и донные наносы в русле, а верхние слои представлены отложениями взвешенных наносов, обычно слоистых (толщина слоев примерно соответствует размерам половодья). В период половодья поток спрямляется, пересекая пойменные массивы, в межень он извилистый. Коэффициент извилистости при ограниченном меандрировании примерно равен 1,2, а угол разворота излучин не превышает 90°

5) Ленточно-грядовый тип

При ленточно-грядовом типе руслового процесса на дне реки образуются ленточные гряды, которые представляют собой единую цепь, которая сползает вниз по течению и занимает всю ширину русла. Пойма не характерна и не является результатом деформаций, происходящих в русле реки с этим типом процесса. У самой высокой части гряды наблюдается стрелка из песчаных отложений, направленная вниз по течению реки.

Ленточно-грядовый тип редко наблюдается как самостоятельный. Данный тип образовывается на участках русла с благоприятными условиями для его устойчивости и сползания. Такие условия обычно имеются в верховьях рек во временных излучинах русла и в каналах. Во время сползания гряд связи створ проходит сначала подвалье гряды, затем ее гребень и лобовой склон. В связи с этим отметки дна русла испытывают периодические колебания с амплитудой, которая равна высоте гряды. Помимо выше перечисленного, на изменения отметок дна влияет намыв гряд в половодье в результате продвижения наносов из предыдущей гряды и

отложения их на гребне в период подъема паводка, размыв гребня и обмеление подвалов на его спаде.

6) Побочный тип

Для побочного типа русловых процессов опознавательным признаком является единая цепь мезоформ с шагом, который сильно превосходит ширину русла. Побочный тип характерен тем, что в плане гребни гряд перекошены по отношению к средней линии русла, при этом направление перекоса в двух смежных грядах противоположно. В межень образуются песчаные отмели, примыкающие в шахматном порядке. Гряды ограничиваются меженным руслом, которое вследствие обсыхания возвышенных оказывается извилистым. В свою очередь затопленная часть гряды образует пережат, характерный тем, что он постоянно сползает вниз по течению вместе с побочными. Пойма не образуется. Пойма может быть обнаружена только в том случае, если она унаследована. Схема побочного типа руслового процесса приведена на рисунке ниже.

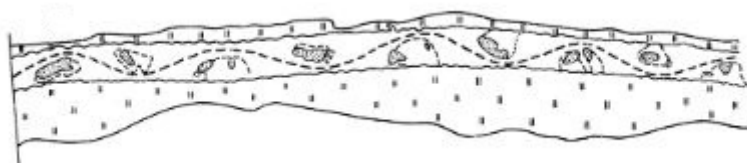


Рисунок 22– Побочный тип

7) Русловая многорукавность

При русловой многорукавности протоки появляются в результате обтекания множества мезоформ, которые находятся в русле. Из-за этого при русловой многорукавности основной отличительной чертой протока является малая глубина. Русловая многорукавность сильно распространена, когда поток оказывается перегруженным донными наносами. Такое явление может происходить в следующих случаях: при переходе реки с горы на равнину, происходит массовый переход взвешенных наносов в донные из-за уменьшения скоростей течения; на участках с резким увеличением поступления наносов в главный поток из притоков; на участках после

прорыва излучин или образования спрямляющих протоков и на участках затрудненного транспорта. В результате отложения наилка на осередках они растут в высоту, способны зарастать и образовывать острова. Высота этих островов над меженным уровнем может быть значительной и близка к амплитуде колебаний уровня воды (например, на р. Тунгуске высота островов может достигать 20 м и более). Протоки между осередками и островами могут начать меандрировать. При смещении русла в плане одни острова могут размываться, у других образуются пляжи. В случае, когда осередок или остров вызывает существенный местный подпор, его приверх вначале подвергается размыву, затем при увеличении подпора у приверха начинают откладываться наносы. Приверх может нарастать в высоту из-за напозания движущихся по руслу микроформ и ленточных гряд. С низовой части острова может образовываться коса, так называемое ухвостье. Благоприятные условия для отложения наносов в ухвостье создаются тогда, когда при обтекании острова струи в потоке не сходятся под большим углом (небольшие скорости течения). При схождении этих струй под большим углом ухвостье может размываться вплоть до полного исчезновения.

Таким образом, осередки и острова в условиях русловой многорукавности могут сползать вниз по течению, перемещаться вверх по реке и в поперечном к ней направлении. Так же как при ленточногрядовом и побочневом типах руслового процесса, основные деформации при русловой многорукавности происходят в результате движения мезоформ. Однако, если в первых двух случаях транспорт донных наносов может осуществляться в результате движения одиночных мезоформ (ленточных гряд и побочней), то при русловой многорукавности для увеличения пропускной способности русла происходит его распластывание.

Несмотря на то что при увеличении ширины русла скорости течения несколько убывают, русло оказывается способным пропустить большее количество наносов благодаря значительному увеличению фронта их перемещения. В широком русле возникают сложные системы течений, что

способствует образованию разнообразных подвижных форм скоплений наносов. В русле реки обычно обнаруживаются ряды ленточных гряд. В условиях резких колебаний уровня воды часть из них образует осередки – обнажившиеся вершины этих гряд. В ходе меандрирования протоков осередки и острова могут полностью срабатываться, а также причлениваться к пойме. В этом случае в пойму врезаются обращенный к берегу рукав; когда он удлиняется вследствие изгиба настолько, что уклон его уменьшается, наносы перестают двигаться и происходит занесение рукава. Причленившиеся к берегу острова обычно легко обнаруживаются по наличию сходящихся дугообразно изогнутых серий полос (серий береговых валов), выпуклостью обращенных от реки, т. е. концами, выходящими к реке.

Таким образом, русловая многорукавность может существовать в нескольких разновидностях.

1. Русловая многорукавность типа блуждающего русла. Преобладает перемещение наносов в форме ленточных гряд, беспорядочно расположенных по ширине реки. Они возникают и разрушаются настолько быстро, что динамическая ось потока часто меняет свое положение (блуждает по руслу). В этих случаях русло реки особенно сильно распластано.

2. Русловая многорукавность осередкового типа. Основные деформации осуществляются в виде сползания ленточных гряд с обсыхающими в межень вершинами (осередками), остающимися в это время незаросшими. Возможны разнообразные смещения осередков в плане.

3. Русловая многорукавность островного типа. В русле находится группа подвижных островов, образовавшихся в результате разрастания осередков (отложение наилка, зарастание). Возможно объединение и расчленение островов (обычно поперечными протоками), их сползание и регрессивное переформирование, перемещение поперек реки. Острова характерны овальными очертаниями, однако в зависимости от строения речной долины вытянутость островов по длине реки различна. На участках

сужений долины острова приобретают очень удлиненный характер. Высота островов зависит от амплитуды изменения уровня и объема переносимых потоком взвешенных наносов, способных формировать мощный наилок. При амплитуде в десятки метров острова возвышаются над меженным уровнем также на десятки метров.

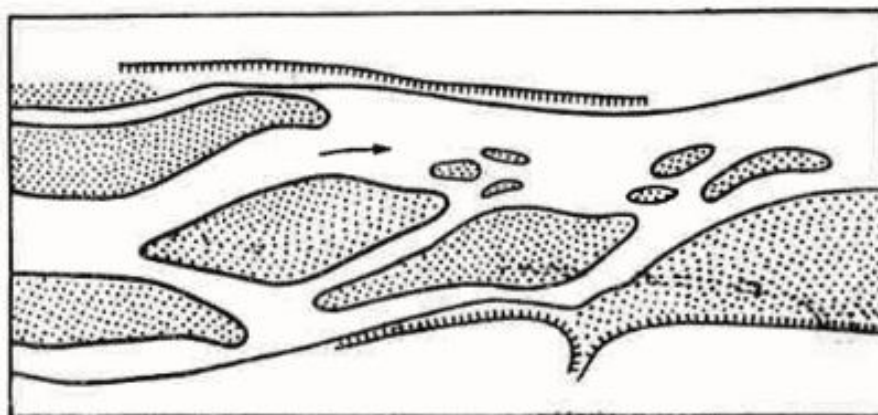


Рисунок 23– Русловая многоруканность

Согласно приведённым выше формам типов руслового процесса на данном участке является «Русловая многоруканность» данный тип руслового процесса характеризуется распластанным руслом, по которому в наволочный период перемещаются мезоформы: осередки, побочни и ленточные гряды, в разной степени обсыхающие в период межени и создающие многоруканный облик русла.

3.2 Деформации русла на р.Надым

На основе спутниковых снимков данного участка 1984 и 2020 годов можно сделать вывод о характеристиках линейных деформаций, которые здесь происходили в период между датами создания этих снимков.

Для выделения зон размыва и намыва, отражающих общую тенденцию плановых деформаций русла реки, сопоставлялись снимки хорошо выраженных бровок берегов русла, островов и оттоков, которые вырабатываются в результате длительного взаимодействия потока и грунтов, слагающих дно долины, непосредственным наложением одна на другую.

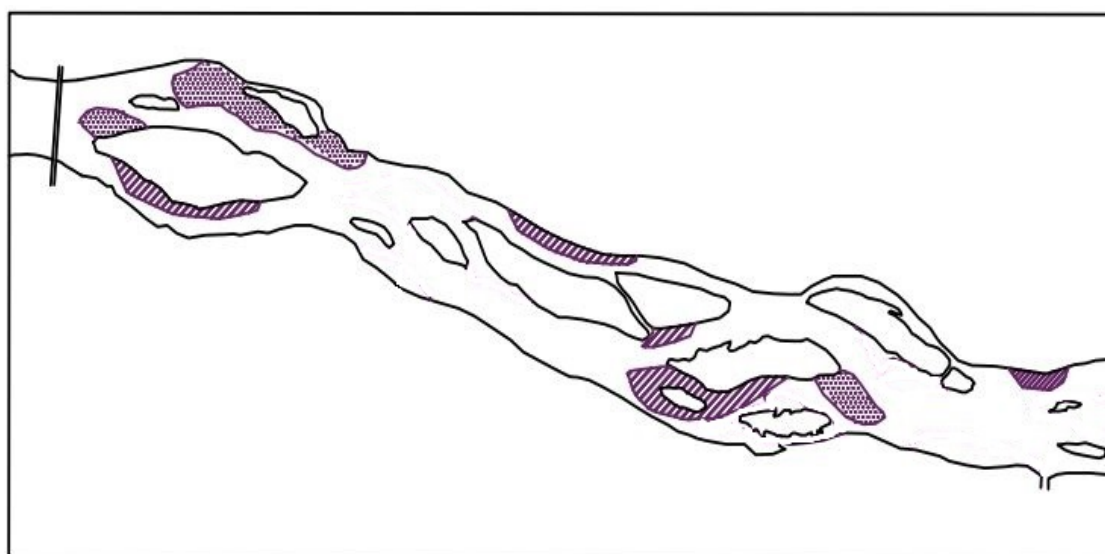


Рисунок 24– Карта русловых деформаций

В период между съёмками 1984 и 2020 годов деформации русла были однонаправленными, т.е. происходил устойчивый размыв и намыв данного участка берега русла или островов. При сопоставлении контуров намечаются площади размыва и намыва берегов русла и островов. Сразу после старого железнодорожного моста расположен залесённый остров у берегов которого тянутся песчаные косы, ширина которых достигала 1,5 км в 1984 году, в 2020 году их ширина значительно уменьшилась. На другой стороне этого острова произошёл намыв площадью 0,5 м. На острове, расположенном у правого берега площадь намыва составляет 2,1 км. У острова расположенного ниже по течению произошёл размыв песчаных кос. Площадь размыва составила 2,2

км. У другой оконечности этого острова произошёл намыв площадью 1,1 км
Также ширина песчаных кос значительно уменьшилась и у берегов других
островов на данном участке.

3.3 Инженерные мероприятия

В предыдущих разделах рассмотрены свойства и особенности многолетнемерзлых грунтов, проведен анализ гидрометеорологических величин, оказывающих влияние на русловые процессы, также составлена карта русловых деформаций на выбранном участке реки Надым. Теперь проведем описание инженерных мероприятий, которые следует проводить в урбанизированных территориях

Долговременное загрязнение речного русла, изменение речного стока, главным образом в сторону его уменьшения, нарушение режима уровней и скоростей течения привело к развитию необратимых русловых изменений, которые не могут быть устранены без направленного инженерного воздействия.

Задача регулирования русловых процессов на урбанизированных территориях состоит в том, чтобы в условиях действия факторов урбанизации, отрицательно сказывающихся на ходе русловых процессов, обеспечить необходимые гидравлические, эксплуатационные, санитарно-токсикологические и экологические показатели речного русла и водотока в целом.

Решение этой задачи может производиться с использованием всего арсенала инженерных методов, включающего землечерпание, устройство различных русловыправительных сооружений, направленно влияющих на гидравлику речного потока и ход руслового процесса. Комплекс инженерных мероприятий должен предусматривать очистку сбросных и сточных вод и особенно поверхностного стока, являющихся поставщиками загрязненных взвесей, осаждение которых может привести к повторному загрязнению русла. В этот комплекс должна входить система специального регулирования стока, позволяющая в условиях его максимального хозяйственного использования, свойственного урбанизации, обеспечить регулярную самопромывку водотока в паводок и режим транспорта мелких взвесей в межень без дополнительных затрат воды на эти цели. В связи с высокой

стоимостью русловыправления с применением землечерпательных методов гидравлические методы промывки русла остаются единственным оперативным средством поддержания русел рек в должном санитарном состоянии.

Очистка русел рек от загрязненных донных грунтов в пределах крупных промышленных центров обладает рядом особенностей, существенно отличающих ее от обычных русловыправительных работ. По сравнению с устройством русловыправительных прорезей, оказывающих на речной поток локальное влияние, очистка русла, изменяющая форму поперечного сечения, шероховатость, смоченный периметр, на участках большой протяженности оказывает существенное влияние на структуру всего потока, его гидродинамику и ход руслового процесса на очищенном участке. Особенности этого влияния должны тщательно изучаться и учитываться в расчетах заносимости и размывов очищенного русла.

Наряду с отличиями, рассмотренными выше, проектирование очистки русла от загрязнений имеет ряд общих черт с проектированием русловыправительных прорезей. И в том, и в другом случае проектные решения должны строиться с учетом особенностей руслового процесса на основе требования максимально продолжительной устойчивости нового русла. Очистка русла должна проектироваться по высокому классу капитальности на основе более детального исследования реального руслового процесса в очищенном русле с обязательными привлечением модельных исследований.[11]

Заключение

Проведённые исследования в данной выпускной квалификационной работе представляют собой освещение одной из важнейших задач современной гидрологии, а именно освещение развития русловых процессов в условиях многолетнемерзлых грунтов рек слабо изученных территорий. По итогам исследований можно сделать следующие выводы:

1) На исследуемой территории наблюдается тренд на увеличение среднегодовых и среднемесячных значений температуры воздуха, что оказывает большое влияние на развитие русловых процессов

2) Также на исследуемой территории наблюдается тренд на увеличение среднегодовых и среднемесячных осадков.

3) Было произведено восстановление среднегодовых и максимальных осадков на реке Надым, что поможет в исследовании развития русловых процессов данной реки

4) При помощи программного обеспечения AutoCAD была составлена карта русловых деформаций по современному и ретроспективному космическим снимкам и было составлено описание территорий где произошёл намыв и размыв площадей территории. Также была оценена направленность русловых деформаций.

Список литературы

- 1) Барышников, Н. Б. Динамика русловых потоков и русловые процессы / Н. Б. Барышников, И. В. Попов. — 1-е изд. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. — 454 с.
- 2) Достовалов, Б. Н. Общее мерзлотоведение / Б. Н. Достовалов, В. А. Кудрявцев. — 1-е изд. — Москва: МГУ, 1967. — 404 с.
- 3) Цытович, Н. А. Механика мерзлых грунтов / Н. А. Цытович. — 1-е изд. — Москва: Высшая школа, 1973. — 448 с.
- 4) Исследование руслового процесса реки Надым / А. А. Левашов, В. В. Коваленко, Ю.А.Гавриленко, Ю.А. Кузьмин [и др.]. — Ленинград: ГГИ, 1974. — 279 с.
- 5) Самойлова, Г. С. Ямало-Ненецкий автономный округ / Г. С. Самойлова. – Текст: электронный // Большая Российская энциклопедия: [сайт]. – URL: <https://bigenc.ru/geography/text/4926339> (дата обращения: 25.11.2021).
- 6) Сикан, А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / А. В. Сикан. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: РГГМУ, 2007. — 279 с.
- 7) Малинин, В. Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации / В. Н. Малинин. — 1-е изд. — Санкт-Петербург: РГГМУ, 2008. — 408 с.
- 8) Кокорев, А. В. Руководство пользователя: Программные средства автоматизации инженерных гидрологических расчетов HydroStatCalc / А. В. Кокорев, А. В. Рождественский, А. Г. Лобанова. — 1-е изд. — Санкт-Петербург: ГГИ, 2015. — 50 с.
- 9) ВСН 163-83 «Учёт деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне подводных переходов и магистральных трубопроводов (Нефтегазопроводов)». 1985.

10) СП-33-101-2003 «Определение основных гидрологических характеристик».-2003

11) Боровков, С. В. Русловые процессы и динамика речных потоков на урбанизированных территориях / С. В. Боровков. — 1-е изд. — Ленинград: Гидрометеоиздат, 1989. — 283 с.