

**КУРЕЙСКАЯ ГЭС.  
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН**

*ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ*

**Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные  
решения**

**Часть 2. Гидротехнические сооружения**

**Книга 3. Результаты анализа современного  
состояния русловой и правобережной во II  
понижении каменно-земляных плотин**

**2220-КР2.3**

**Том 4.2.3**

**КУРЕЙСКАЯ ГЭС.  
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН**

*ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ*

**Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные  
решения**

**Часть 2. Гидротехнические сооружения**

**Книга 3. Результаты анализа современного  
состояния русловой и правобережной во II  
понижении каменно-земляных плотин**

**2220-КР2.3**

**Том 4.2.3**

Заместитель генерального директора  
- главный инженер

**В.В. Петров**

Главный инженер проекта

**В.Л. Мильцин**

Инов. № подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	

## Содержание тома

Обозначение	Наименование	Примечание (стр.)
2220-КР2.3-С	Содержание тома	2
2220-КР2.3	Текстовая часть	3
1-413/Ку-1499-ПЗ	АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» Анализ результатов ранее выполненных проектно-изыскательских работ по Курейской ГЭС, в том числе научно-исследовательских работ	7

Состав проектной документации представлен отдельным томом №2220-СП  
«Состав проектной документации».

Согласовано																					
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	2220-КР2.3-С																		
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата													
			Разработал	Кадушкина					Содержание тома	Стадия	Лист	Листов									
			Проверил	Мутовкина				П			1										
			Нач. отдела	Мильцин				Акционерное общество «Ленгидропроект»													
Н. контр.	Муркина																				
ГИП	Мильцин																				



## Введение

Проектная документация разработана АО «Ленгидропроект» в соответствии с техническим заданием к Дополнительному соглашению №1 к Договору №НТЭК-32-1044/21 от 26.07.2021г. с АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» (АО «НТЭК») на выполнение работ по разработке проектной документации «Курейская ГЭС. Реконструкция земляных плотин» (приложение А том. 1.1.2, №2220-ПЗ1.2 Раздел 1. Пояснительная записка, Часть 1. Пояснительная записка, Книга 2. Приложения).

Проектная документация выполнена в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ №87 от 16.02.2008г. «Положение о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию», Градостроительным Кодексом Российской Федерации, нормативными документами, действующими на территории Российской Федерации.

Курейская ГЭС на реке Курейка находится на севере Красноярского края на землях Туруханского района, в п.Светлогорск. Створ ГЭС располагается на 101,0км от впадения р.Курейки в р.Енисей.

Курейская ГЭС сдана и введена в эксплуатацию в 2003 году.

Назначение ГЭС - энергоснабжение Норильского, Игарского и Курейского промышленных районов и обеспечение судоходства в нижнем бьефе гидроузла, в том числе для вывоза руды Курейского графитового рудника.

Гидроэлектростанция входит в замкнутую Норильскую энергосистему, не связанную с единой энергосистемой страны. Выдача мощности обеспечивается на напряжении 220кВ по одноцепной ВЛ 220кВ Усть–Хантайская ГЭС – Игарка – Курейская ГЭС и двухцепной ВЛ-220кВ "Курейская ГЭС – Норильск».

В соответствии с техническим заданием проектная документации (ПД) предусматривает реконструкцию земляной русловой плотины и земляной правобережной плотины во II понижении в связи с необходимостью изменения для этих сооружений конструктивных и объемно-планировочных решений, которые определены решениями Центральной приёмочной комиссии при сдаче Курейской ГЭС и результатами наблюдений и обследований, выполненных в период её эксплуатации.

Целью реконструкции является повышение безопасности эксплуатации русловой и правобережной плотины во II понижении в проектном режиме в соответствии с

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

2220-КР2.3

требованиями действующей нормативной документацией и обеспечение порядка пропуска максимального стока расчетных вероятностей превышения с учетом требований СП 58.13330.2019 (актуализированная редакция) для периода работы ГЭС как при действующем ограничением по максимальной допустимой отметке наполнения водохранилища 95,60м, так и при отметке ФПУ 97,30м утверждённой в техническом проекте.

Характеристики, технические показатели и конструктивные параметры русловой плотины и правобережной плотины во II понижении принимаются в соответствии с ранее разработанной проектной и исполнительной документацией, по материалам заключений секций к Акту Центральной приемочной комиссии РАО «ЕЭС России» по приемке в эксплуатацию Курейской ГЭС от 8 мая 2003г., утверждённого приказом РАО «ЕЭС России» №273 от 21.05.2003г., результатов натурных наблюдений и многофакторных обследований, а также инженерных изысканий выполненных в 2021 – 2022гг.

Другие гидротехнические сооружения, входящие в состав гидроузла и напорного фронта, в том числе левобережная плотина и правобережная плотина в III понижении, а также все бетонные сооружения (поверхностный водосброс, водоприёмник и водоводы ГЭС, здание ГЭС, строительный тоннель и др.) объектами реконструкции не являются и в проектной документации не рассматриваются.

В проекте реконструкции не пересматриваются компоновка, состав основных сооружений и технические показатели гидроузла (установленная мощность, среднесуточная выработка электроэнергии, количество и тип гидроагрегатов, отметки водохранилища УМО, НПУ и ФПУ, данные по объёмам и площадям водохранилища и др.), которые принимаются в соответствии с утверждённой документацией и заключениями Центральной комиссии в акте приёмки в эксплуатацию законченного строительством объекта.

По заданию Заказчика и в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса РФ и Федерального закона «Об экологической экспертизе» в целях обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды, предотвращения и уменьшения воздействия планируемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и связанных с ней социальных, экономических и иных последствий, а также выбора оптимального варианта реализации такой деятельности с учетом экологических, технологических и социальных аспектов в рамках договора с АО «НТЭК» выполнена

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	2220-КР2.3	Лист

разработка материалов «Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) для проектной документации «Курейская ГЭС. Реконструкция земляных плотин». Согласно Требованиям Приказа Минприроды России №999 от 01.12.2020г. реализованы процедуры общественных обсуждений проекта технического задания на разработку материалов ОВОС и предварительных материалов «Оценка воздействия на окружающую среду».

Доработанные по результатам общественных обсуждений окончательные материалы оценки воздействия, в составе проектной документации по договору «Курейская ГЭС. Реконструкция земляных плотин» представлены на Государственную экологическую экспертизу федерального уровня.

Представленные материалы разработаны АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», работы выполнены в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и технического задания.

В настоящем томе приводятся результаты анализа современного состояния русловой каменно-земляной плотины и правобережной каменно-земляной плотины во II понижении с учётом данных натурных наблюдений, выполненных инженерных изысканий, а также рекомендуемый состав мероприятий и конструктивных решений выполняемого проекта.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					2220-КР2.3	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.		Подп.



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»  
(АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»)



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор по научной деятельности, д.т.н.

В.Б. Штильман  
2022 г.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**Проведение научно-технического сопровождения разработки проекта  
реконструкции земляных плотин Курейской ГЭС  
(Договор № 1-413/Ку-1499)  
по теме:  
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ВЫПОЛНЕННЫХ  
ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО КУРЕЙСКОЙ ГЭС, В ТОМ ЧИСЛЕ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ  
(этап 1)**

Шифр 1-413/Ку-1499-ПЗ

Начальник отдела «Анализ и оценка  
состояния ГЭС»

подпись, дата

Ю.Г. Ротченко

Ответственный исполнитель  
Ведущий научный сотрудник, к.т.н.

подпись, дата

О.А. Буряков

Санкт-Петербург 2022



## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Начальник отдела №301



Ю.Г. Ротченко

**Ответственный исполнитель:**

Ведущий научный сотрудник  
отд. №301, к.т.н.



О.А. Буряков

**Эксперт:**

Старший научный сотрудник



А.В. Бодрова

## **РЕФЕРАТ**

Технический отчет на 62 стр., включающий 50 рисунков, 10 таблиц, 1 Приложение.

Ключевые слова: КУРЕЙСКАЯ ГЭС, РЕКОНСТРУКЦИЯ, АНАЛИЗ, ПЛОТИНА ВО II Понижении, РУСЛОВАЯ ПЛОТИНА, СТЕНА В ГРУНТЕ.

Цель работы: анализ современного состояния грунтовых плотин по результатам ранее выполненных инженерно-геологических изысканий, научно-исследовательских работ и по данным натурных наблюдений.

Объект исследования: грунтовые гидротехнические сооружения Курейской ГЭС.

Основные результаты: в техническом отчете приведен анализ результатов ранее выполненных проектно-изыскательских работ по объекту, в том числе научно-исследовательских работ и результатов инженерно-геологических изысканий. Результаты работы свидетельствуют о необходимости выполнения работ по завершению устройства «стены в грунте» на русловой плотине, выполнении работ по устройству «стены в грунте» на всем протяжении правобережной плотины во II понижении, а также о необходимости отсыпки пригрузки низового откоса правобережной плотины во II понижении.

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	2
РЕФЕРАТ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 РУСЛОВАЯ ПЛОТИНА .....	6
1.1 Конструкция русловой плотины.....	6
1.2 Состояние русловой плотины по данным натуральных наблюдений.....	8
1.3 Анализ результатов исследований состояния русловой плотины .....	26
2 ПРАВОБЕРЕЖНАЯ ПЛОТИНА ВО II Понижении .....	30
2.1 Конструкция правобережной плотины во II понижении .....	30
2.2 Состояние правобережной плотины во II понижении по данным натуральных наблюдений.....	31
2.3 Анализ результатов исследований состояния правобережной плотины во II понижении.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И АВТОДОРОГ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ КУРЕЙСКОЙ ГЭС .....	61

## **ВВЕДЕНИЕ**

Документация разработана в соответствии с техническим заданием к Договору № 1-413/Ку-1499 от 28.12.2021г. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» с АО «Ленгидропроект» на выполнение работ «Проведение научно-технического сопровождения разработки проекта реконструкции земляных плотин Курейской ГЭС».

Цель работы заключалась в анализе результатов ранее выполненных проектно-изыскательских работ по русловой и правобережной во II понижении земляным плотинам Курейской ГЭС, в том числе научно-исследовательских работ.

Объект исследования: русловая и правобережная во II понижении плотины Курейской ГЭС.

Основные результаты: в техническом отчете приведен анализ результатов ранее выполненных проектно-изыскательских работ по объекту, в том числе научно-исследовательских работ и результатов инженерно-геологических изысканий. Результаты работы свидетельствуют о необходимости выполнения работ по завершению устройства «стены в грунте» на русловой плотине, выполнении работ по устройству «стены в грунте» на всем протяжении правобережной плотины во II понижении, а также о необходимости отсыпки пригрузки низового откоса правобережной плотины во II понижении.

## **1 РУСЛОВАЯ ПЛОТИНА**

### **1.1 Конструкция русловой плотины**

Каменно-земляная плотина с центральным грунтовым ядром имеет максимальную высоту 79,0 м от подошвы ядра. Длина плотины по гребню составляет 1641,44 м, ширина по гребню от 10 до 20 м (в левобережном примыкании плотины к водосбросу – до 50 м). Отметки гребня плотины на большей части напорного фронта превышают проектную отметку 99,50 м и составляют от 99,50 до 101,10 м. Между тем, гребень ядра на отдельных участках без «стены в грунте» находится ниже проектной отметки 95,50 м.

На правобережном участке ПК 0+40 ÷ ПК 7+90 плотина возведена с ядром и понуром, на русловом участке ПК 7+90 ÷ ПК 16+11,44 – с ядром.

Противофильтрационное устройство (ПФУ) плотины выполнено из супесчано-суглинистых грунтов ледникового происхождения с содержанием гравия до 35% из карьеров №36, №6 на правобережном участке и №6 на русловом участке.

На правобережном участке русловой плотины сопряжение тела плотины и основания, сложенного водопроницаемыми четвертичными отложениями, обеспечено путем устройства понура в сочетании с ядром.

Сопряжение тела плотины и скального основания на русловом участке обеспечено путем устройства под подошвой ядра бетонной плиты толщиной 0,5 м, площадной цементации, проведенной с плиты на ослабленных участках основания и в зонах тектонических нарушений, и контактной цементацией, проведенной из цементационной галереи.

Цементационная галерея состоит из левобережного, центрального и правобережного участка. Левобережный и правобережный участки галереи располагаются по оси ядра. На центральном участке плотины галерея проходит в гребне водосливной бетонной стенки, использованной в строительный период для пропуска строительных расходов. Водосливная стенка примыкает к низовой грани ядра. Вход в галерею и подача оборудования производились через лестничную клетку и грузовую шахту в правом устье водосброса, на правом берегу выполнен выход галереи в нижний бьеф плотины. Общая длина галереи – 670 м.

Сопряжение ядра плотины с устоем водосброса выполнено в виде бетонной шпоры длиной 10 метров и уширения ядра до 15 метров.

Ядро с верховой и низовой стороны защищено двухслойными переходными зонами, с шириной слоя 4 м, отсыпанными из гравийно-галечниковых грунтов с песчаным заполнителем карьеров №10 и №13. На правобережном понижении понур под верховой упорной призмой прикрыт переходной зоной толщиной 1,0 м из отсева материала карьера №13 (фракции крупнее 10 мм). Четвертичные отложения под низовой упорной призмой прикрыты обратным фильтром толщиной 1,0 м из гравийно-галечникового грунта с песчаным заполнителем карьера №13.

Для удержания ФПУ и защиты гребня ядра от промерзания, над ядром предусмотрена отсыпка двухслойной защитной призмы из непучинистого грунта. Первый слой толщиной 3,0 м выполнен из отсева материала карьера №10 фракции менее 10 мм с коэффициентом фильтрации не более 10 м/сут; второй слой толщиной 1,0 м – из гравийно-галечникового грунта с песчаным заполнителем карьера №10. По данным изысканий 1994-98 гг. отметки верха первого слоя защитной призмы находились ниже проектной отметки 98,50 м в диапазоне от отм. 96,60 до отм. 98,10 м, то есть толщина первого слоя защитной призмы на отдельных участках плотины в два раза меньше проектной.

Боковые призмы плотины отсыпаны из скального грунта. В зонах переменного уровня, в верховой призме (выше отметки 73,00 м) и в низовой призме (ниже отметки 40,00 м) отсыпана горная масса долеритов. В верховой призме ниже отметки 73,00 м и в низовой призме выше отметки 40,00 м проектом допускалась укладка песчаников верхней пачки вперемишку с долеритами в соотношении 1:10. Песчаники нижней пачки допускалось отсыпать в верховую упорную призму ниже УМО и в нижнюю треть низовой призмы, исключая зону переменного уровня, без смешивания с долеритами. Фактически эти требования были выполнены.

С 1998 по 2005 гг. производились работы по повышению отметки гребня ядра путем устройства «стены в грунте». Глубокая «стена в грунте» выполнена на участке ПК4+63,59 ÷ 7+59,3; короткая «стена в грунте» - на участке ПК 16+04 ÷ 14+50, ПК 7+93,13 ÷ 10+04,06, ПК10+05,80 ÷ 10+41,68 (в одну очередь).

Поперечное сечение русловой плотины на правобережном участке показано

на рисунке 1.1.1.

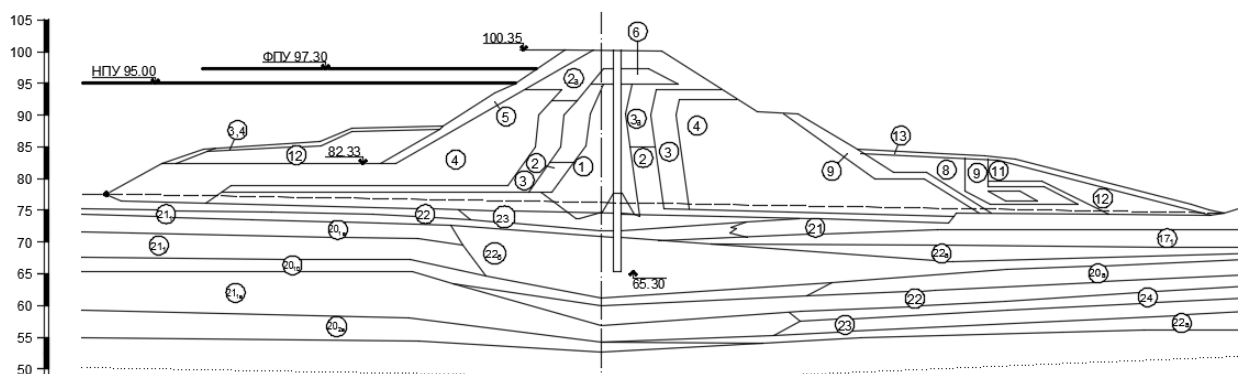


Рисунок 1.1.1 – Поперечное сечение русловой плотины на ПК 7+23

## 1.2 Состояние русловой плотины по данным натурных наблюдений

Контроль состояния русловой плотины осуществляет гидротехнический цех. В соответствии с утвержденной Программой натурных наблюдений, сотрудниками группы наблюдений производится регулярный визуальный осмотр гидротехнических сооружений, а также снимаются показания установленной контрольно-измерительной аппаратуры. Полученные данные заносятся, соответственно, в журналы визуальных наблюдений и в информационно-диагностическую систему, которая производит автоматическое сравнение диагностических показателей с критериями безопасности.

Анализ сведений, приведенных в журналах визуальных наблюдений, свидетельствуют о том, что в 2021 г. на русловой плотине не было зафиксировано наличие негативных процессов, способных привести к достижению качественных критериев безопасности К1.

Количественные критерии безопасности были назначены для показаний части контрольно-измерительной аппаратуры, расположенной на наиболее характерных участках плотины.

В таблицах 1.2.1÷1.2.3 приведены результаты сравнения с критериями безопасности значений различных диагностических показателей, для которых они были установлены.

Таблица 1.2.1 – Сравнение уровней воды в пьезометрах, установленных на русловой плотине, с критериями безопасности (за 2021 г.)

№	Диапазоны отметок УВБ								Соответствие критериям безопасности
	УВБ ≤ 80,00 м		80,00 м < УВБ ≤ 90,00 м		90,00 м < УВБ ≤ 93,00 м		УВБ > 93,00 м		
	Макс, м., дата	К1, м	Макс., м., дата	К1, м	Макс., м., дата	К1, м	Макс., м., дата	К1, м	
С-5730	–	81,82	85,26 (19.01)	87,15	86,77 (16.12)	89,21	88,58 (14.07)	91,10	Не превышает К1
С-5729	–	81,85	83,31 (19.01)	85,58	84,10 (16.12)	86,96	85,16 (04.08)	88,21	Не превышает К1
С-5689	–	77,75	78,11 (19.01)	79,26	78,62 (16.12)	79,77	79,62 (16.11)	80,35	Не превышает К1
С-5704	–	76,62	77,63 (09.01, 28.01, 03.02)	78,06	78,12 (16.12)	78,58	79,03 (29.09)	79,15	Не превышает К1
3Н-2	–	76,66	77,35 (03.02)	78,23	77,98 (16.12)	78,43	78,47 (11.08)	79,35	Не превышает К1
П-77	–	76,31	76,56 (19.01)	77,18	76,86 (16.12)	77,49	77,10 (04.08)	77,77	Не превышает К1
5Н-2	–	76,83	76,87 (11.02)	78,25	77,43 (16.12)	78,75	77,82 (20.10)	79,17	Не превышает К1
С-5727	–	79,73	84,78 (19.01 03.02)	85,54	85,19 (11.01)	87,55	86,27 (04.08)	89,31	Не превышает К1
С-5736	–	80,66	86,68 (19.01)	87,27	88,18 (16.12)	89,47	90,23 (08.09)	91,37	Не превышает К1
П-21	–	84,62	87,54 (11.02)	88,95	90,27 (16.12)	90,85	91,37 (06.10, 20.10)	92,70	Не превышает К1
П-62	–	86,91	88,76 (19.01)	90,23	90,53 (16.12)	92,18	90,82 (09.11)	94,15	Не превышает К1
П-63	–	—	87,66 (19.01)	88,35	89,22 (16.12)	90,05	89,78 (20.10)	92,20	Не превышает К1
П-27	–	82,38	84,07 (19.01)	85,24	85,12 (16.12)	86,10	85,34 (09.01)	86,82	Не превышает К1
П-59	–	87,65	89,54 (19.01)	90,70	90,62 (16.12)	91,85	91,07 (20.10)	93,00	Не превышает К1
П-44	–	81,51	85,72 (19.01)	86,36	87,06 (16.12)	87,95	88,03 (16.11)	89,55	Не превышает К1
П-37	–	78,47	82,21 (19.01)	84,75	84,17 (16.12)	86,55	84,96 (20.10)	87,99	Не превышает К1
С-2	–	83,55	86,20 (19.01)	87,35	87,72 (16.12)	88,67	87,96 (28.10)	89,82	Не превышает К1
П-31А	–	—	87,55 (19.01)	89,06	89,21 (16.12)	90,73	89,97 (09.11)	92,23	Не превышает К1



Таблица 1.2.2 – Сравнение отметок марок, установленных на русловой грунтовой плотине, с критериями безопасности

№ п.п.	Марка	Пикет	Критерий безопасности К1 за 2021г.	Значение за 34 цикл, (01.09.2020)	Значение за 35 цикл, (01.06.2021)	Значение за 36 цикл, (01.09.2021)	Соответствие критериям безопасности
1	ПМ-4	3+46	100,174	100,181	100,173	100,181	Не превышает К1
2	ПМ-53	3+85	100,909	100,914	100,904	100,911	Не превышает К1
3	ПМ-9н	5+63,2	100,393	100,399	100,391	100,396	Не превышает К1
4	ПМ-67н	7+50,3	100,637	100,647	100,638	100,642	Не превышает К1
5	ПМ-72н	7+99,9	100,533	100,544	100,536	100,540	Не превышает К1
6	ПМ-17	8+36,0	200,266	100,294	100,284	100,290	Не превышает К1
7	ПМ-20	9+21,0	100,817	100,833	100,825	100,829	Не превышает К1
8	ПМ-23	10+31,0	99,941	99,958	99,953	99,956	Не превышает К1
9	ПМ-28	12+01,0	99,937	99,955	99,950	99,953	Не превышает К1
10	ПМ-35	12+57,0	100,449	100,468	100,463	100,466	Не превышает К1
11	ПМ-74	13+17,0	100,690	100,718	100,714	100,716	Не превышает К1
12	ПМ-38	13+57,0	100,138	100,154	100,150	100,152	Не превышает К1
13	ПМ-39	13+94,0	100,089	100,142	100,139	100,140	Не превышает К1
14	ПМ-75	14+38,0	100,214	100,226	100,223	100,225	Не превышает К1

Таблица 1.2.3 – Сравнение отметок марок, расположенных на гребне русловой плотины, с критериями безопасности

Марки, по отметкам которых выполняется оценка превышения гребня над УВБ	Критериальные значения отметки гребня, м		Минимальное значение в 2021 г., марка, дата	Соответствие критериям безопасности
	К1	К2		
ПМ-1, ПМ-51, ПМ-4, ПМ-5, ПМ-9н, ПМ-59н, ПМ-67н, ПМ-17, ПМ-20, ПМ-27, ПМ-35, ПМ-38, ПМ-75	96,5	96,0	99,893 (марка ПМ-27, 06.2021)	Не превышает К1

Из таблиц 1.2.1÷1.2.3 видно, что в 2021 г. диагностические показатели состояния русловой плотины не достигали критериальных значений К1. Вместе с тем, деформационное поведение русловой плотины имеет ряд описанных ниже особенностей.

Согласно таблице 1.2.2 марки ПМ-4, ПМ-53, ПМ-9н, ПМ-28, ПМ-35 превысили критериальные значения К1 в 35 цикле геодезических наблюдений. Исходя из сопоставления значений отметок марок за последние 3 цикла

геодезических измерений видно, что отметки за 35 цикл отличаются от отметок в 34 и 36 циклах примерно на  $5 \div 10$  мм в меньшую сторону. Так как никаких событий, влекущих за собой подъем отметки марки на  $5 \div 10$  мм в 36 цикле по сравнению с 35, не происходило, то можно сделать вывод о неточности геодезических измерений, поэтому при сравнении значений отметок марок с критериальными значениями К1 они не учитывались.

Анализ изменения во времени осадок марок, установленных на русловой плотине, свидетельствует о том, что осадки большей части марок затухают. Исключение составляют марки ПМ-74 и ГМ-7, осадки которых слабо затухают во времени (рисунки 1.2.1 и 1.2.3).

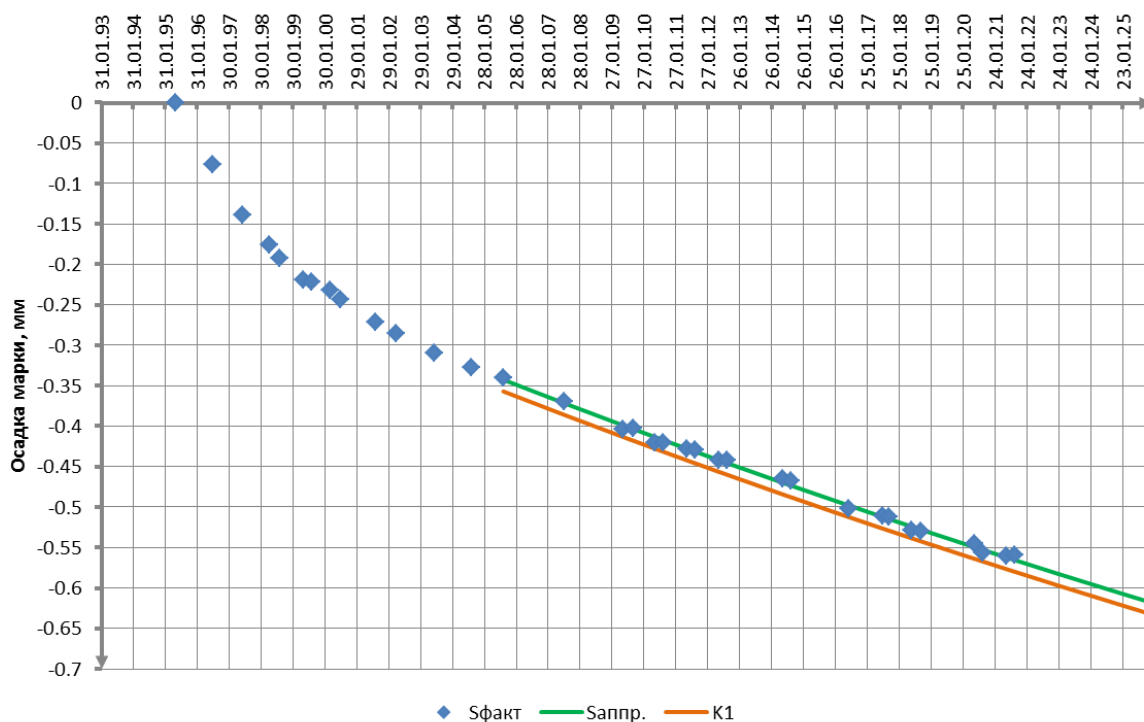


Рисунок 1.2.1 – График изменения во времени осадки марки ПМ-74, установленной на ПК 13+17,0 русловой плотины

Ниже на рисунках 1.2.2÷1.2.6 показаны графики изменения во времени осадок марок, установленных на русловой плотине. Из них видно, что на русловой плотине отсутствуют марки, интенсивность осадок которых возрастает (за исключением марок ПМ-10 и ПМ-15, рисунок 1.2.4, отметки которых, по всей видимости, были определены неверно). Графики осадок некоторых групп марок имеют «скачки»: циклы 2009, 2010, 2012, 2014, 2017÷2020 гг. на рисунке 1.2.2; циклы 2019÷2020 гг. (ГМ-10, ГМ-12, ГМ-7), также марка ГМ-12 в 2021 г. на рисунке 1.2.3; циклы 2014 г.

и 2020÷2021 гг. (ПМ-10, ПМ-15, ПМ-16) на рисунке 1.2.4; циклы 2011, 2019÷2020 гг. на рисунке 1.2.5; циклы 2009, 2012, 2014 и 2017 гг. на рисунке 1.2.6. Также можно отметить небольшой скачок в сторону уменьшения величины осадки у большинства марок в 2021 г. Данные показания, по всей видимости, связаны с ошибками при определении отметок.

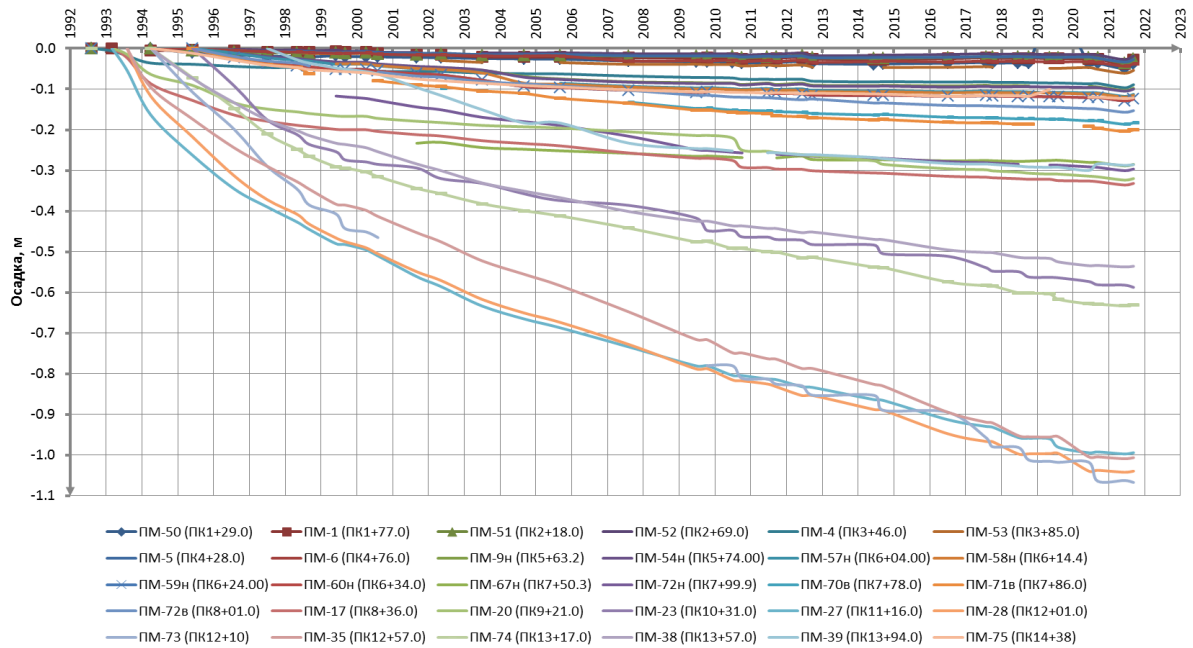


Рисунок 1.2.2 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на гребне русловой плотины, за период с 1992 по 2021 г.

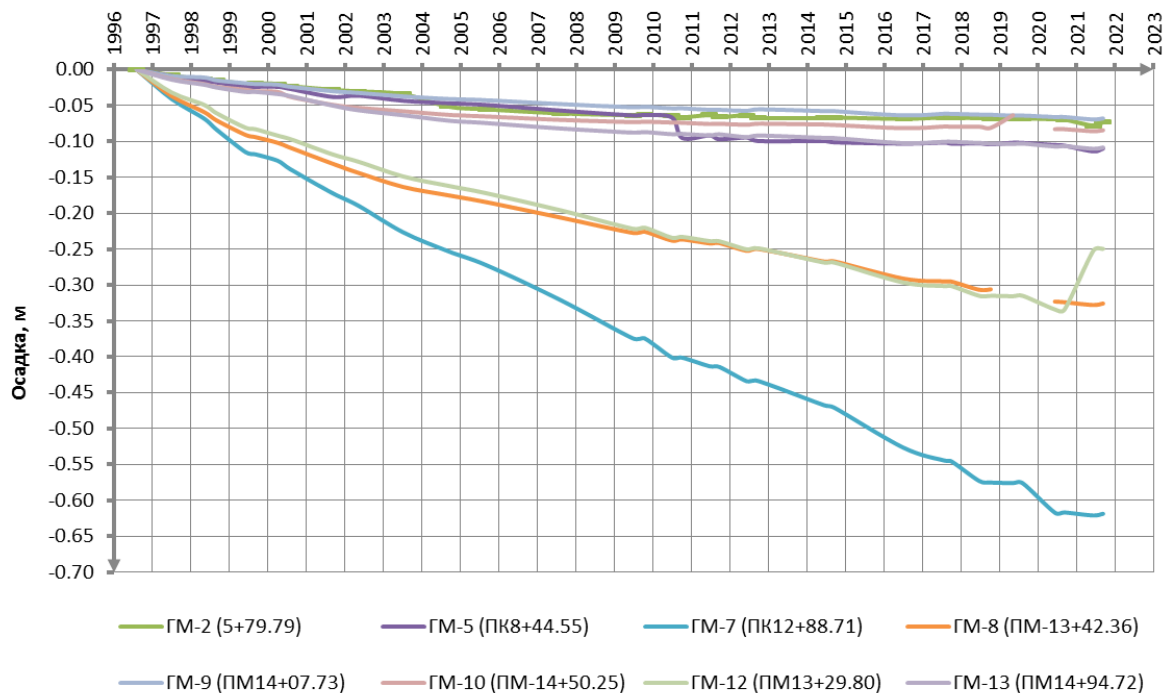


Рисунок – 1.2.3. Графики изменения во времени осадок глубинных марок, установленных на гребне русловой плотины, за период с 1996 по 2021 г.

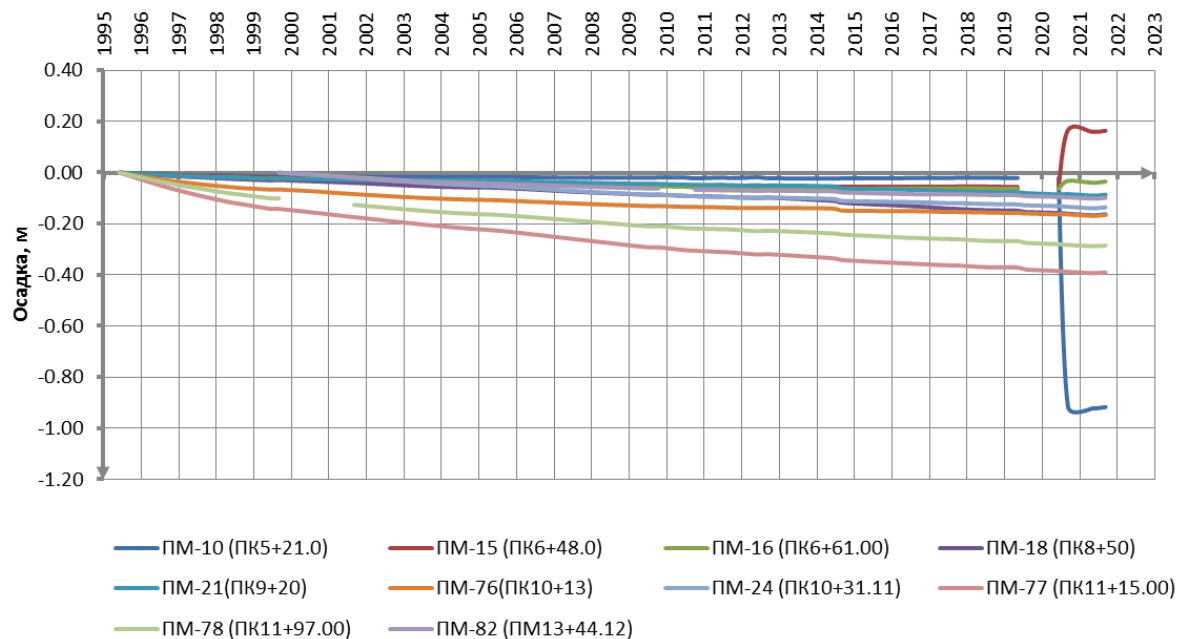


Рисунок 1.2.4 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на бровке на отм. 90,30 м русловой плотины, за период с 1995 по 2021г. (отметки марок ПМ-10, ПМ-15 и ПМ-16 в 2020 - 2021 гг., по всей видимости, определены неверно)

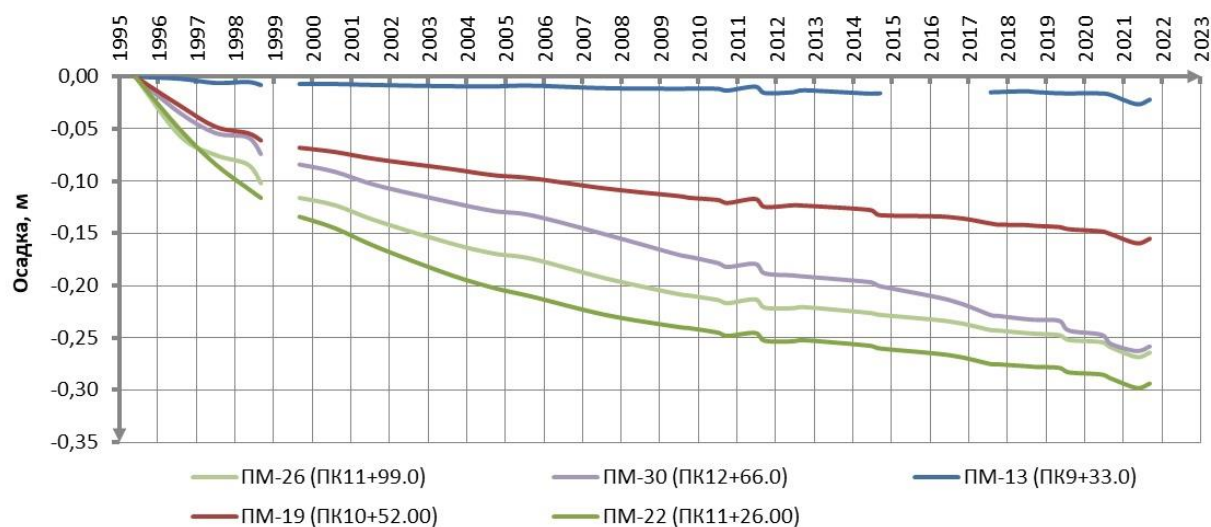


Рисунок 1.2.5 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на бровке на отм. 80,15 м русловой плотины, за период с 1995 по 2021 г.

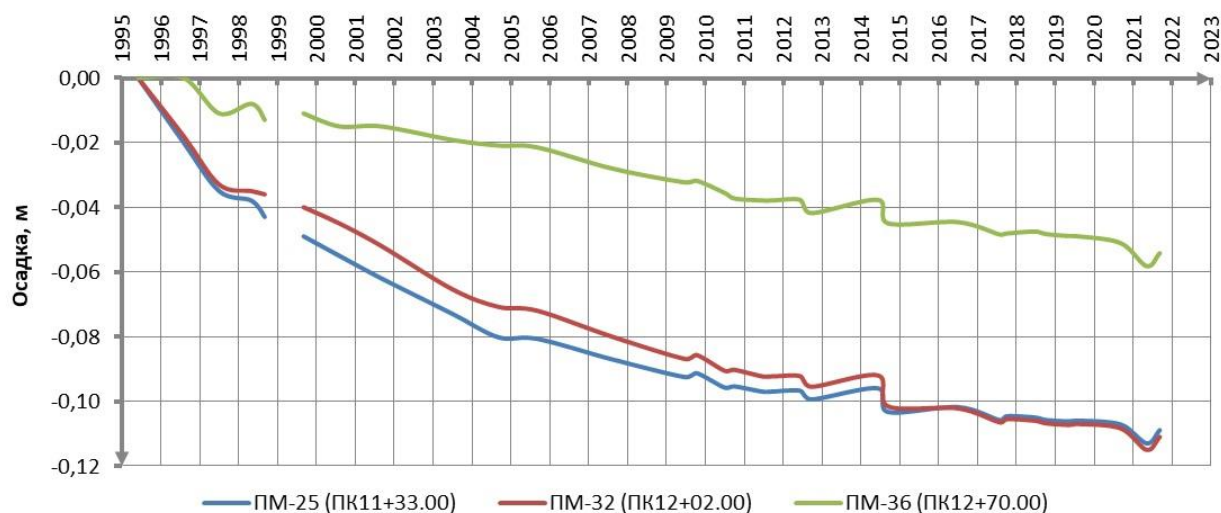


Рисунок 1.2.6 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на берме на отм. 50,05 м русловой плотины, за период с 1995 по 2021 г.

На рисунке 1.2.7 показан график изменения суммарных осадок гребня русловой плотины вдоль ее оси от правого берега к левому. Из него видно, что наибольшие осадки приурочены к участку от ПК 11+20 до ПК12+60, что связано с наибольшей высотой сооружения на данном участке.

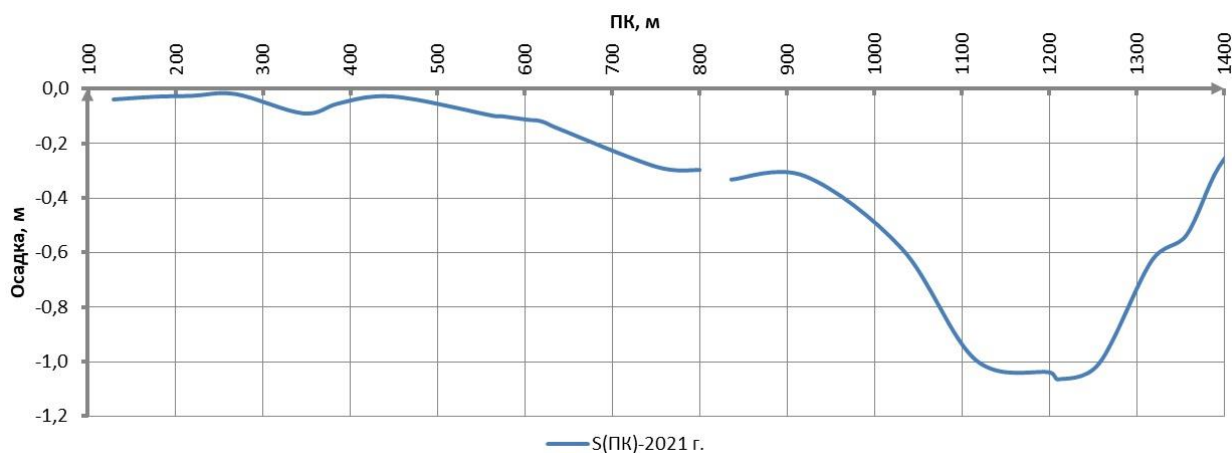


Рисунок 1.2.7 – Распределение суммарных осадок поверхностных марок по длине гребня русловой плотины по состоянию на 2021 г.

Изменение во времени температурного состояния какой-либо точки сооружения наиболее наглядно может быть показано с помощью трехмерных графиков зависимости температуры грунта от времени и ее высотного положения. Такие графики были построены для ряда термоплетей, установленных в оголовке

плотины (П-63, П-59, П-27, П-44, С-5678, С-5729, С-5735, С-5742, рисунки 1.2.8÷1.2.16).

Из рисунков 1.2.8÷1.2.16 видно, что зоны многолетнемерзлых грунтов в оголовке русловой плотины отсутствуют, в летнее время верхняя часть плотины полностью оттаивает. Областей с повышающейся температурой грунтов, свидетельствующих об их повышенной фильтрационной проницаемости, также не наблюдается. Вместе с тем, на некоторых отметках (П-63, отм. 78,00 м; П-27, отм. 97,50 м; П-44, отм. 79,00 м; С-5742, отм. 76,00 и 78,00 м; П-20, отм. 96,50 м, С-5735 отм. 88,50 м) наблюдаются аномальные (слишком низкие или слишком высокие) показания датчиков температуры, что может быть связано как с большой погрешностью датчиков, так и с влиянием поступающей в пьезометры воды. Наибольшие температуры грунтов оголовка наблюдаются в скважине П-59 (рисунок 1.2.9), которая расположена на участке без «стены в грунте». Вызывают также сомнения показания датчиков, установленных в скважинах С-5735 и С-5742 (рисунки 1.2.14, 1.2.15), которые, по всей видимости, испытывают существенное влияние воды.

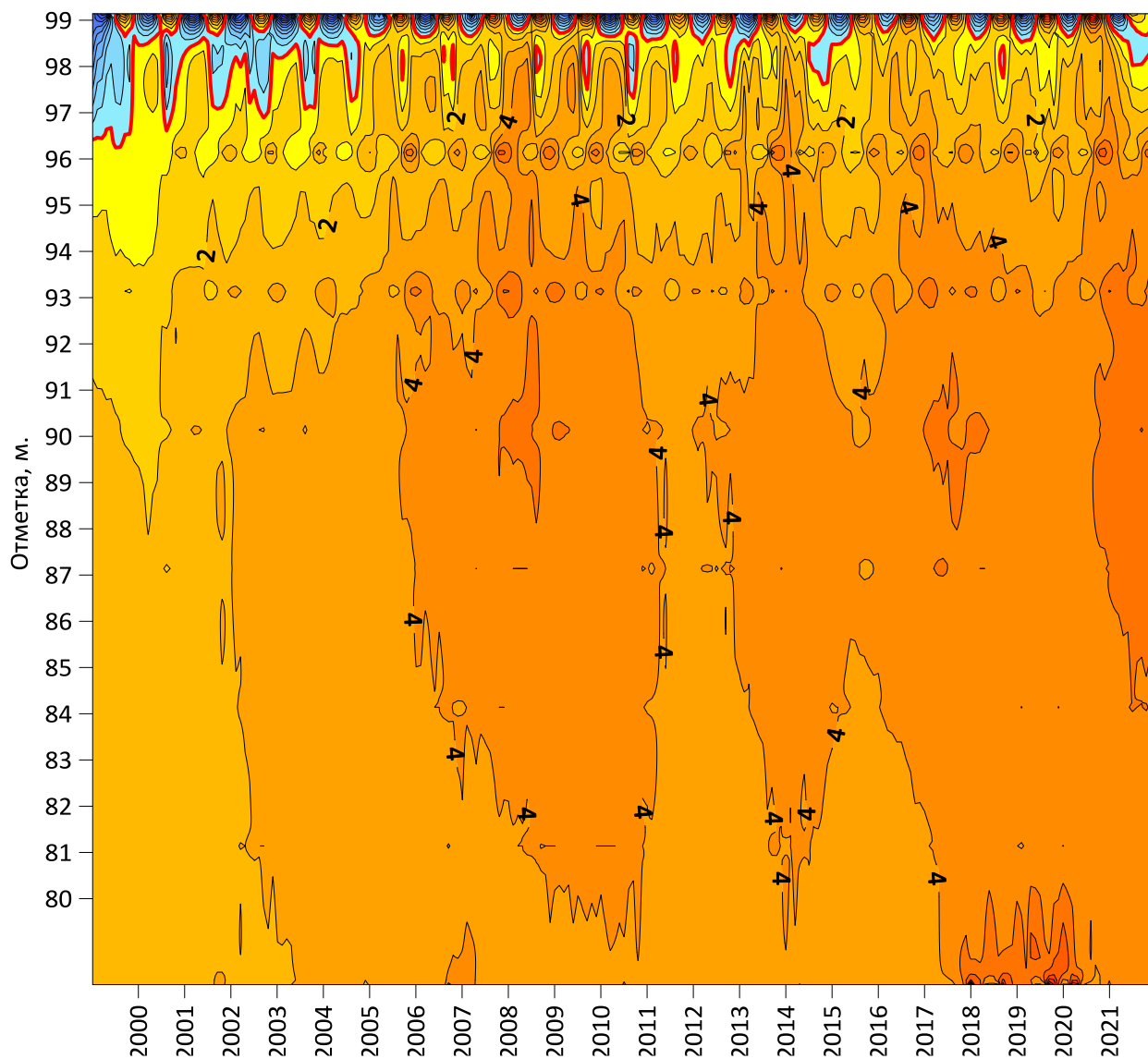


Рисунок 1.2.8 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в месте установки пьезометра П-63 (ПК 9+49,78) за период с 2000 по 2021 г.

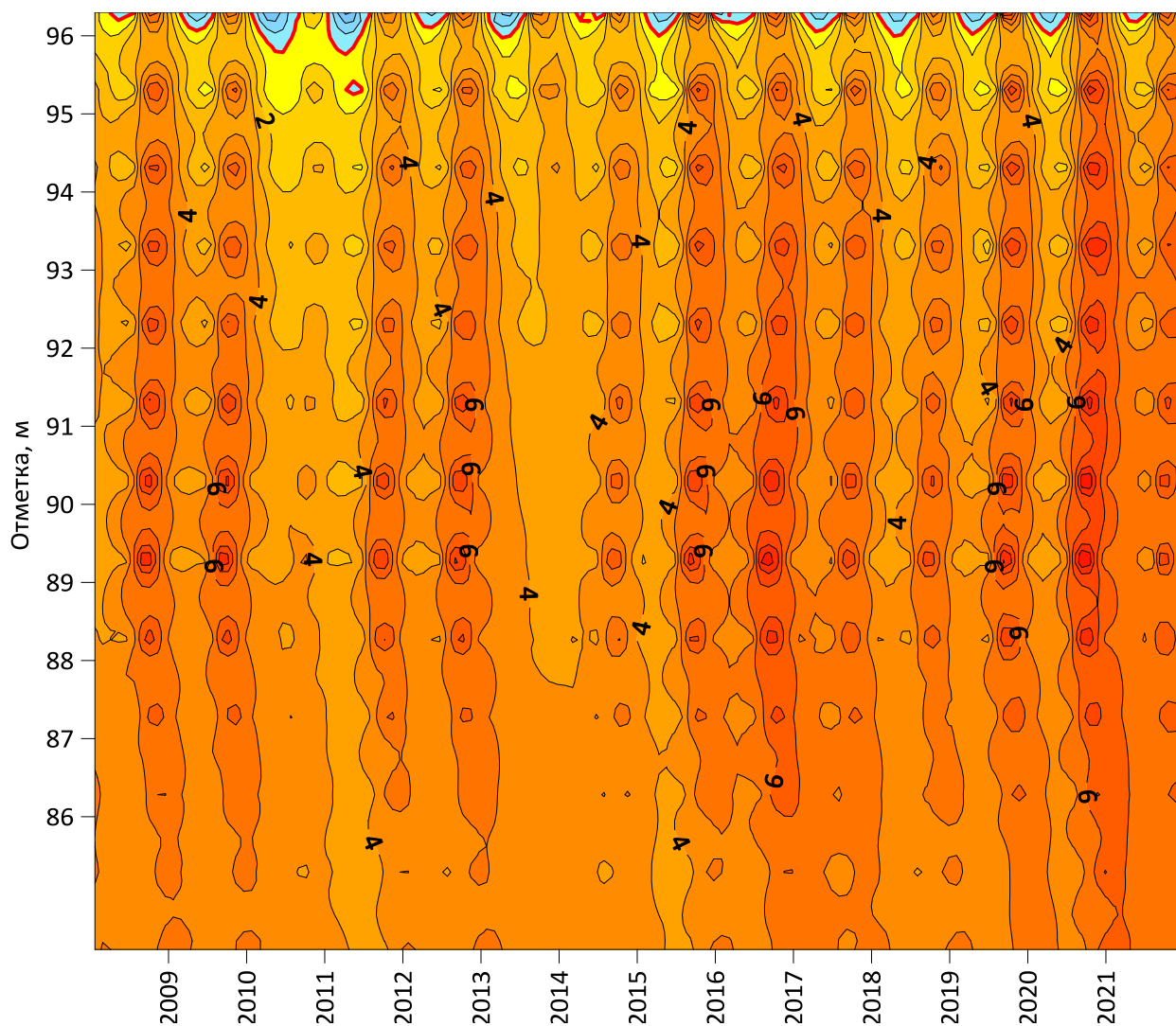


Рисунок 1.2.9 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в месте установки пьезометра П-59 (ПК 12+45,92) за период с 2009 по 2021 г.



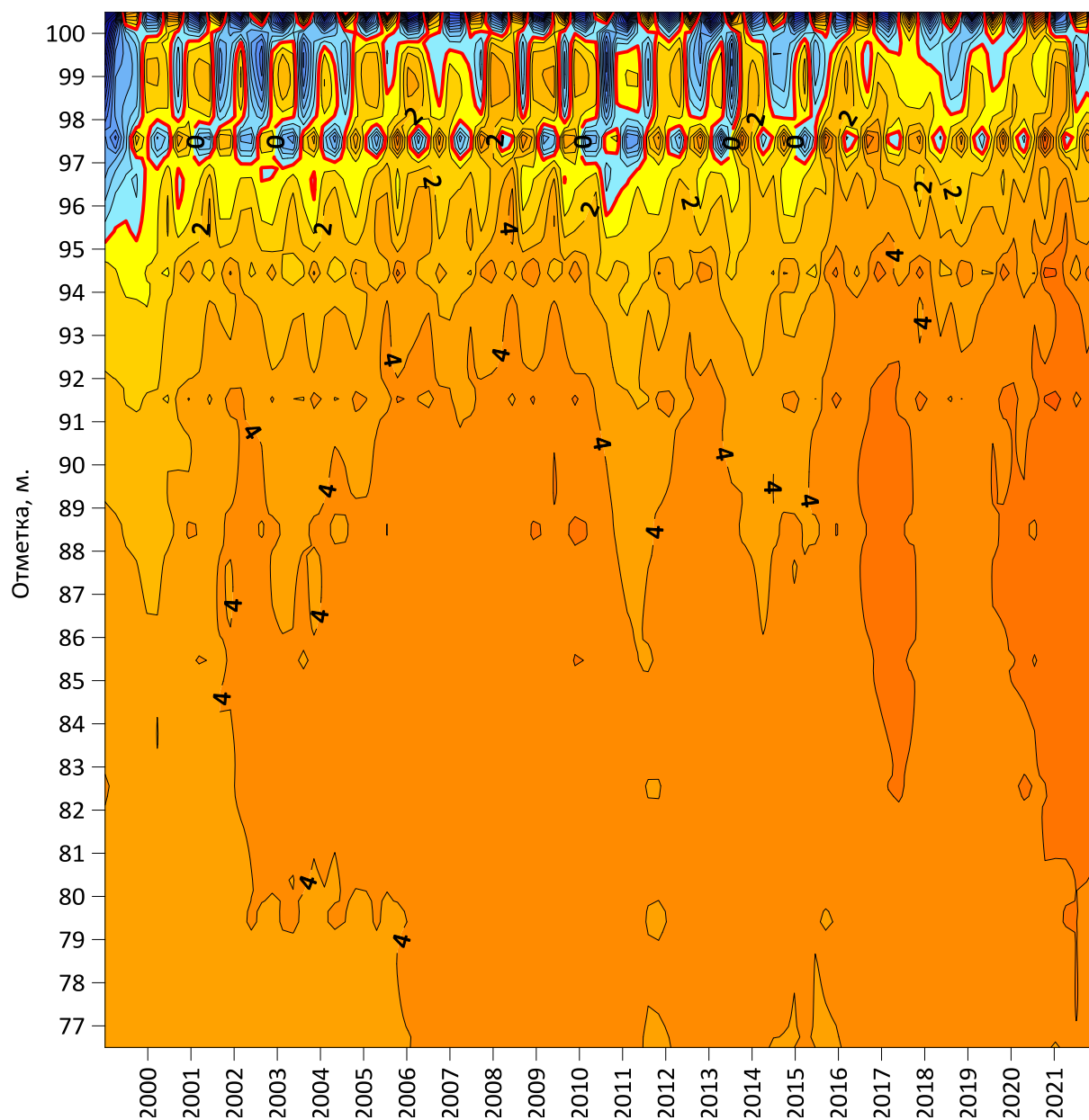


Рисунок 1.2.10 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в месте установки пьезометра П-27 (ПК 12+20,68) за период с 2000 по 2021 г.

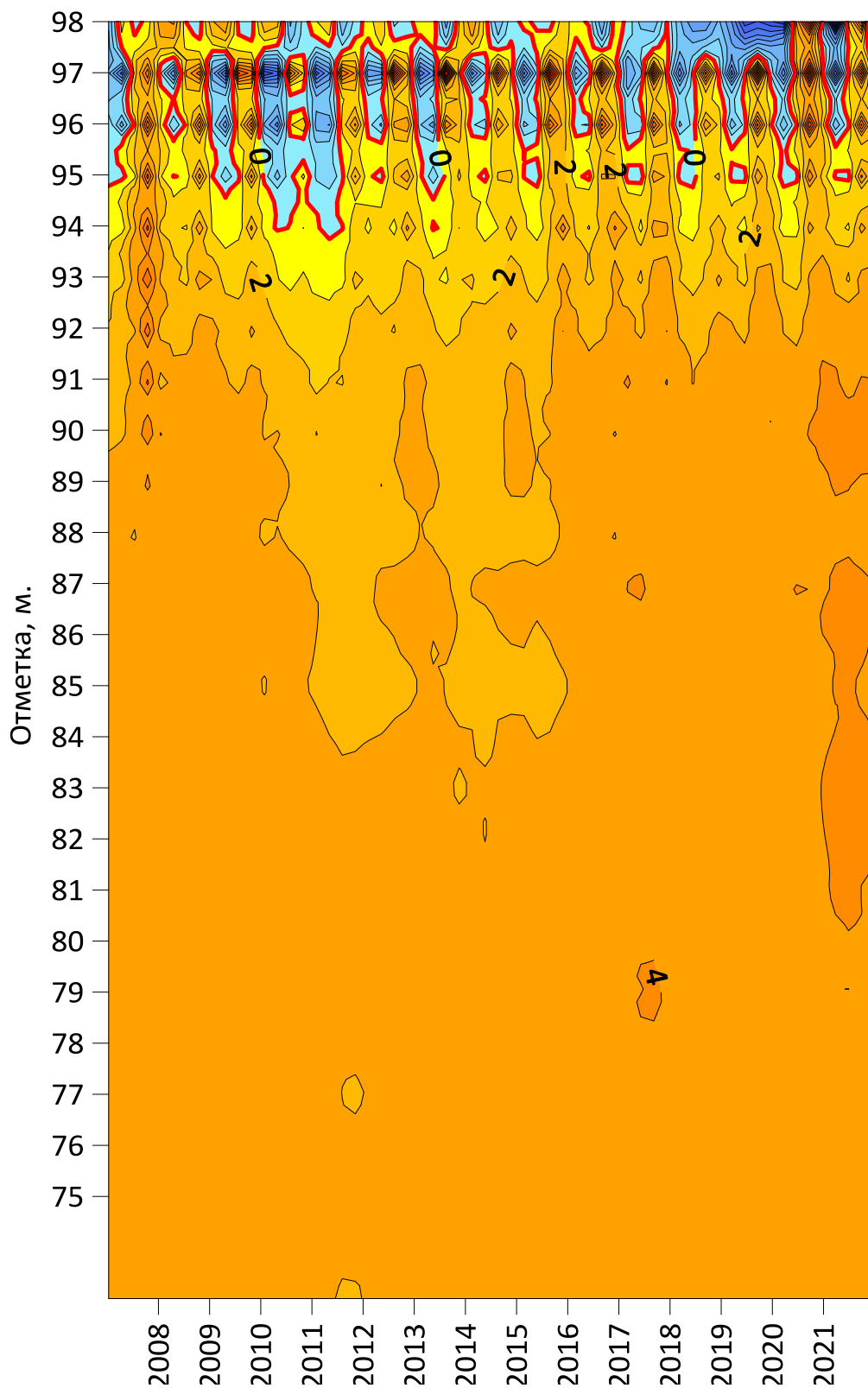


Рисунок 1.2.11 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в месте установки пьезометра П-44 (ПК 13+01,78) за период с 2008 по 2021 г.

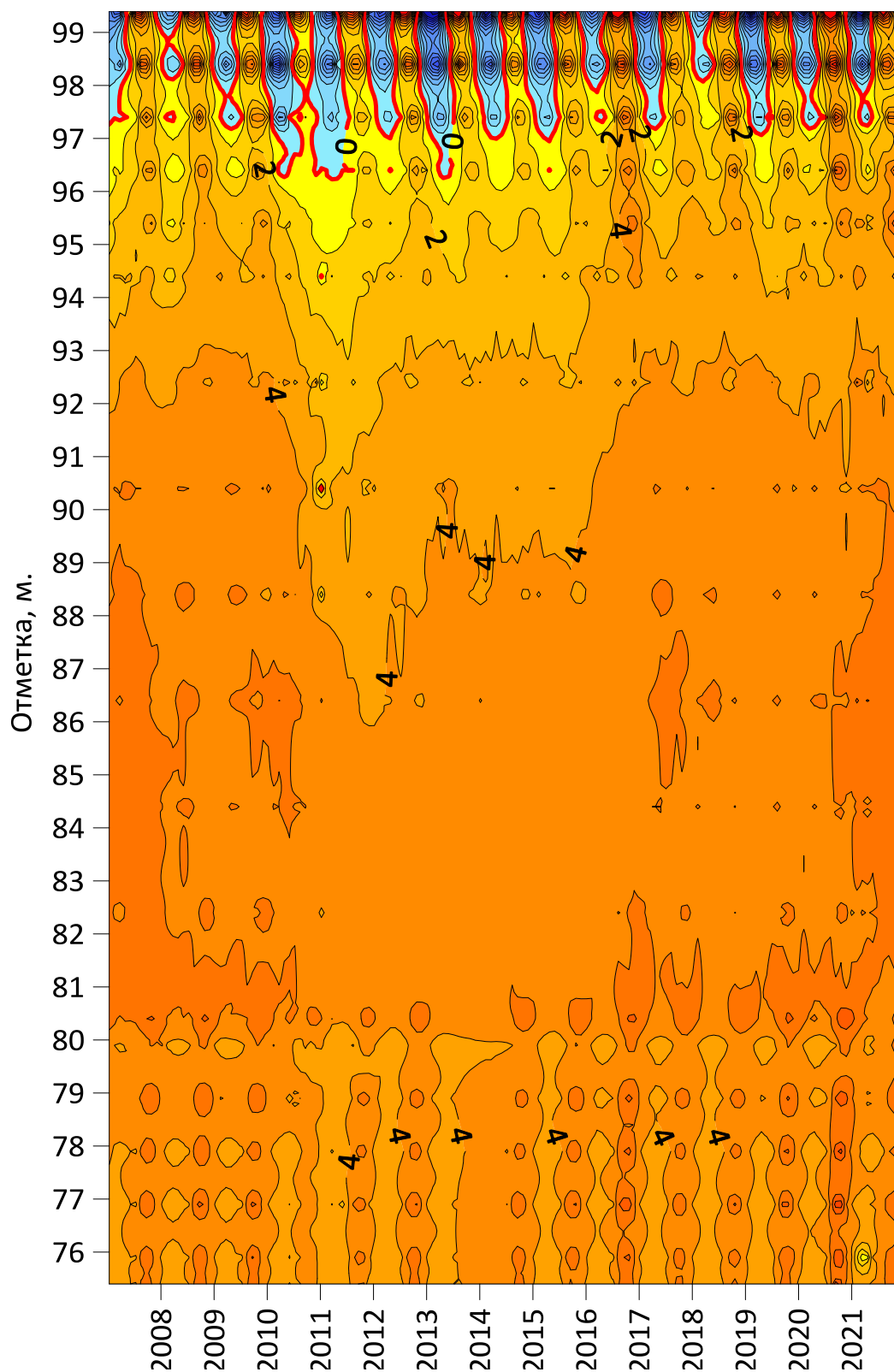


Рисунок 1.2.12 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в скважине С-5678 (ПК 5+67,66) за период с 2008 по 2021 г.

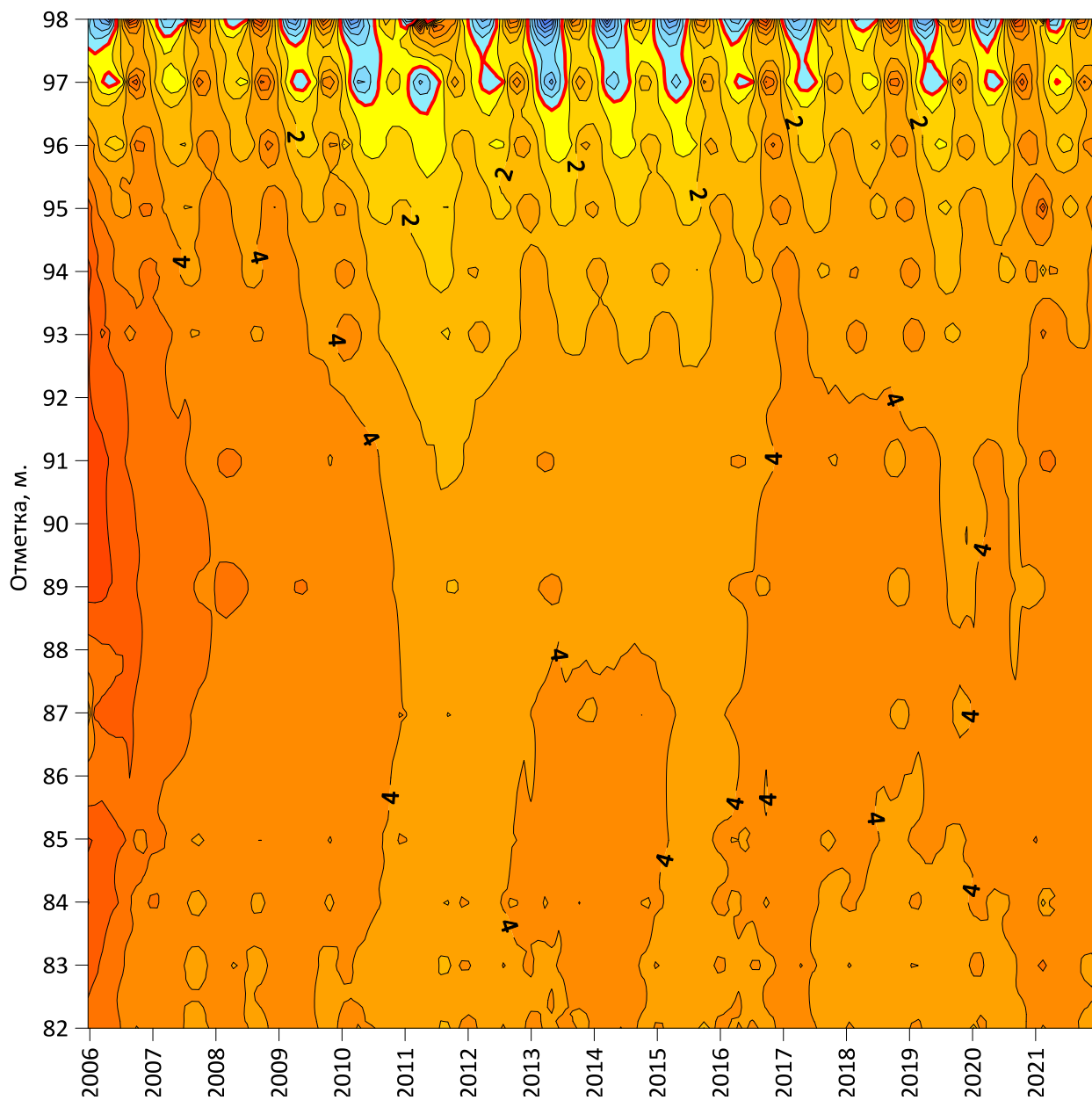


Рисунок 1.2.13 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в скважине С-5729 (ПК 5+21,2) за период с 2007 по 2021 г.

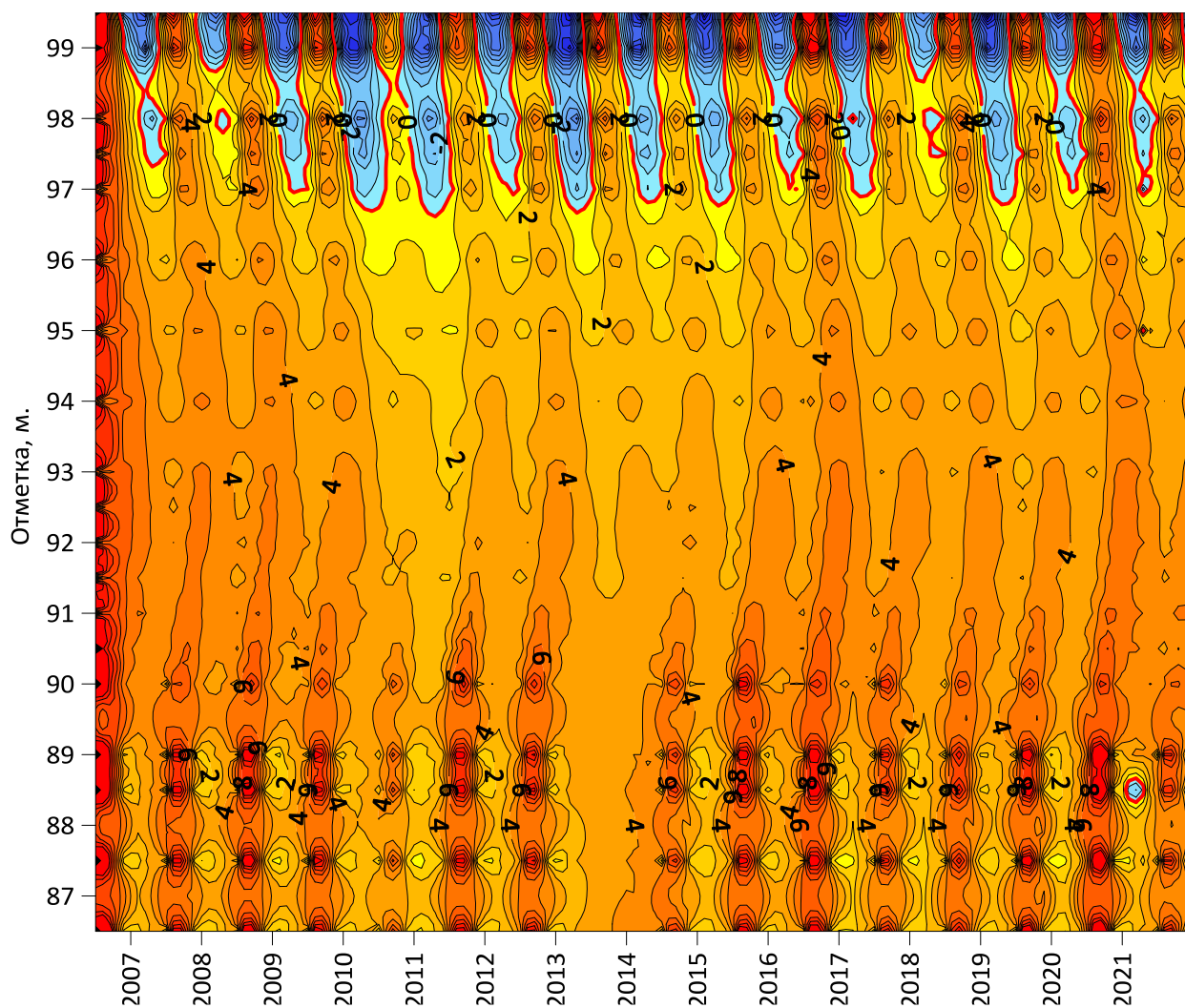


Рисунок 1.2.14 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в скважине С-5735 (ПК 4+88,7) за период с 2006 по 2021 г.

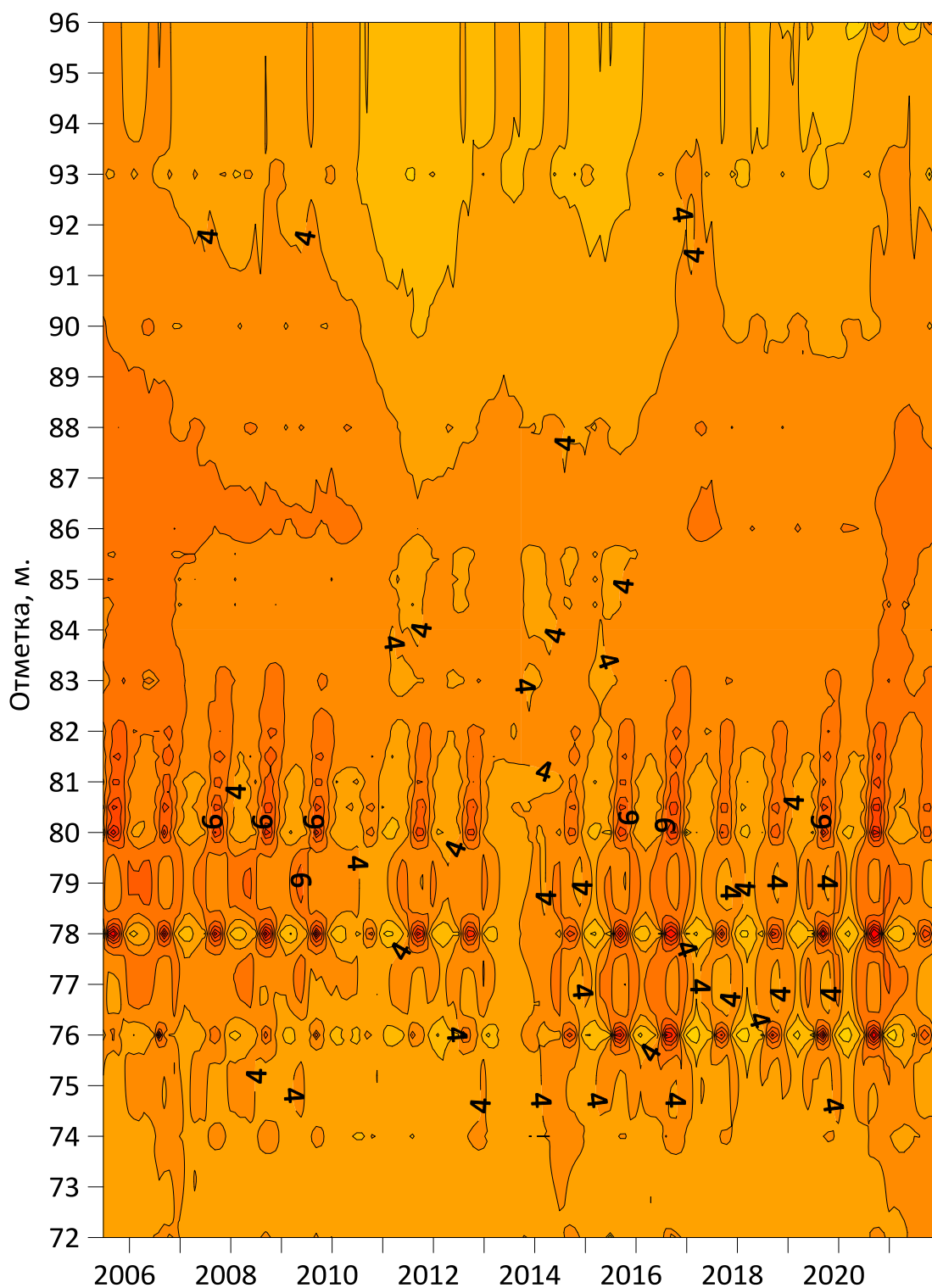


Рисунок 1.2.15 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в скважине С-5742 (ПК 5+70,85) за период с 2006 по 2021 г.

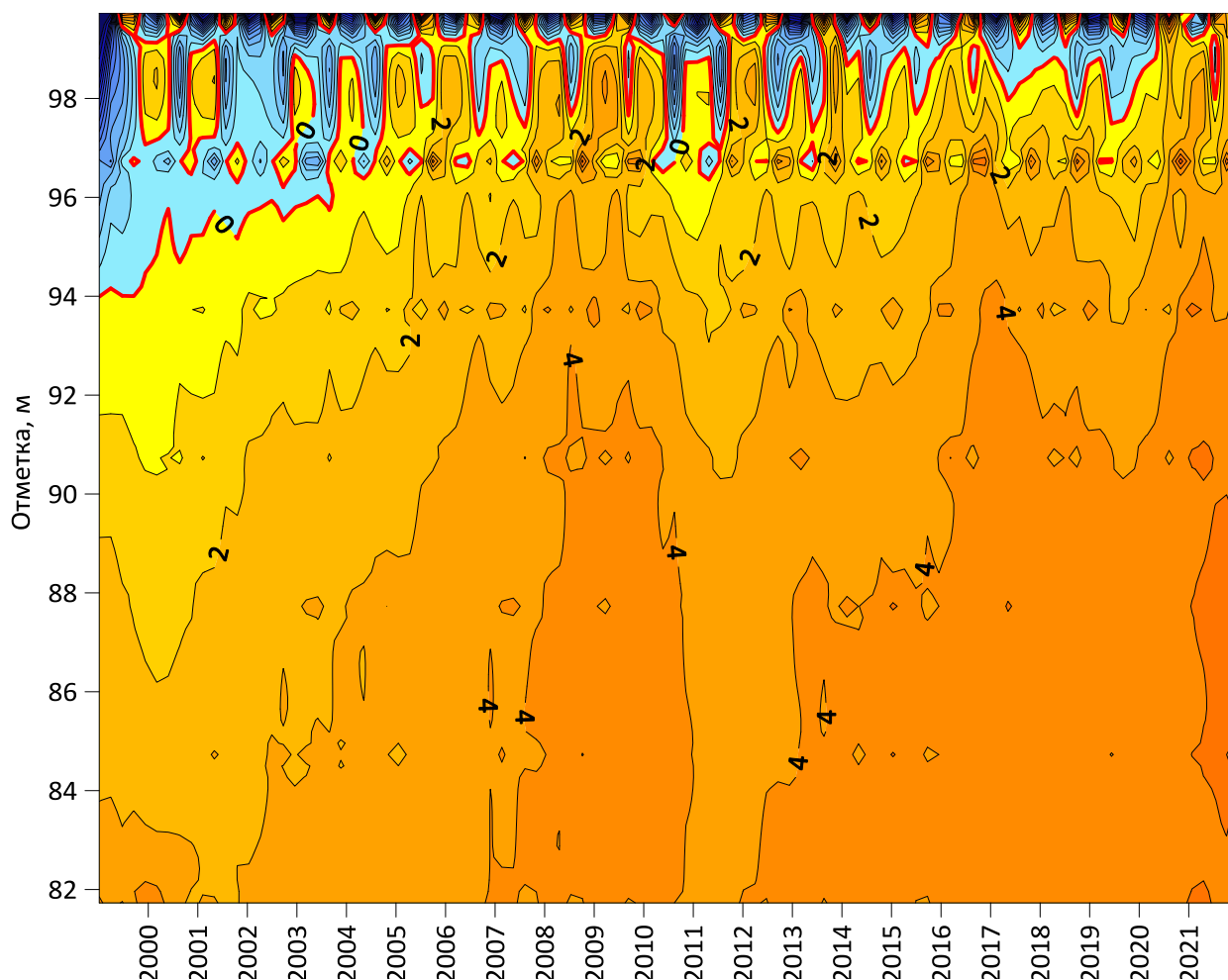


Рисунок 1.2.16 – График изменения во времени температуры грунтов русловой плотины в скважине П-20 (ПК 7+91,89) за период с 2000 по 2021 г.

Критериальные значения по фильтрационным расходам источника №2 на русловой плотине были назначены для четырех диапазонов отметок УВБ:

- УВБ  $\leq 90,00$  м:  $K_1=4,4$  л/сек;  $K_2=19,5$  л/с; в 2021 г. при данных значениях УВБ расходы в источнике не замерялись;
- $90,00$  м  $< \text{УВБ} \leq 93,00$  м:  $K_1=6,6$  л/сек;  $K_2=26,7$  л/с; максимальное наблюдаемое значение расхода составило 5,4 л/с (28.06.2021 г.);
- $93,00$  м  $< \text{УВБ} \leq 94,50$  м:  $K_1=8,4$  л/сек;  $K_2=30,6$  л/с; максимальное наблюдаемое значение расхода составило 7,2 л/с (05.07.2021 г.);
- УВБ  $> 94,50$  м:  $K_1=8,4$  л/сек;  $K_2=33,1$  л/с; максимальное наблюдаемое значение расхода составило 8,1 л/с (19.07.2021 г.).

Ниже на рисунках 1.2.17 показаны графики изменения во времени фильтрационных расходов, замеренных в источнике №2, а также отметки УВБ, за 2021 г. Из них видно, что значения фильтрационного расхода большую часть времени (16.08÷08.10.2021) относительно стабильны и колеблются от 6,0 до 6,7 л/с. Резкий рост фильтрационных расходов с начала июня по конец июля характеризуется обильным таянием льда и снега в данный период времени. Резкое уменьшение фильтрационных расходов в конце октября может быть связано с уменьшением дождевых осадков. В целом, рассматривая графики изменения величины фильтрационных расходов за последние 10 лет (рисунок 1.2.18), видно, что роста их величины не наблюдается, при имеющихся нагрузках величина данного диагностического показателя является стабильной.

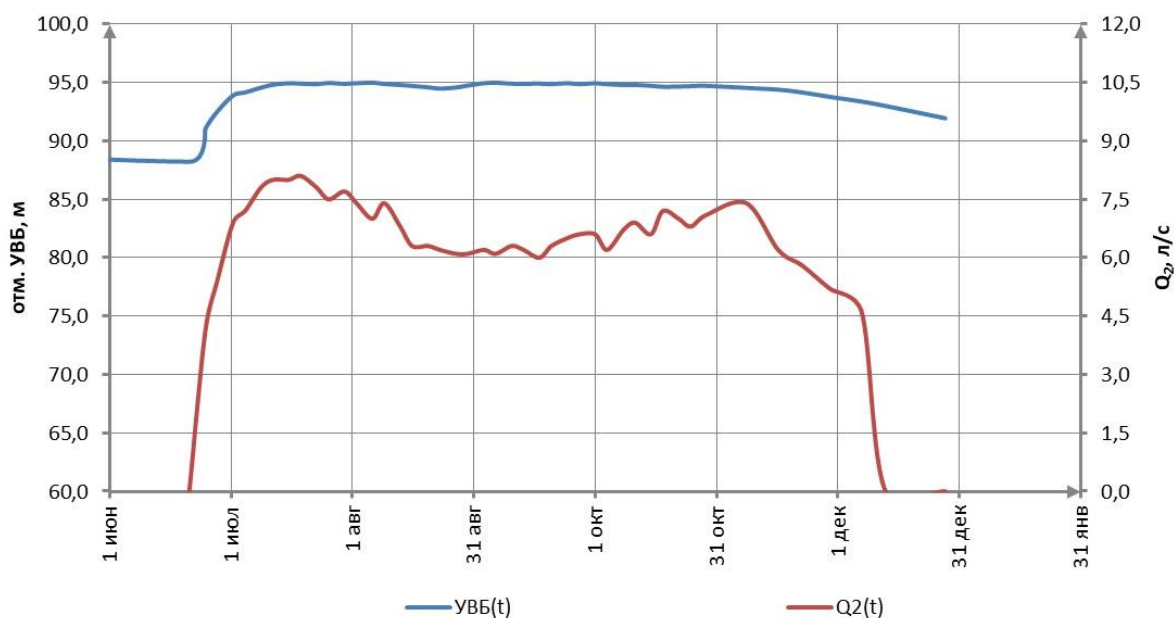


Рисунок 1.2.17 – Графики изменения во времени фильтрационных расходов, замеренных в источнике №2, и отм. УВБ за 2021 г.



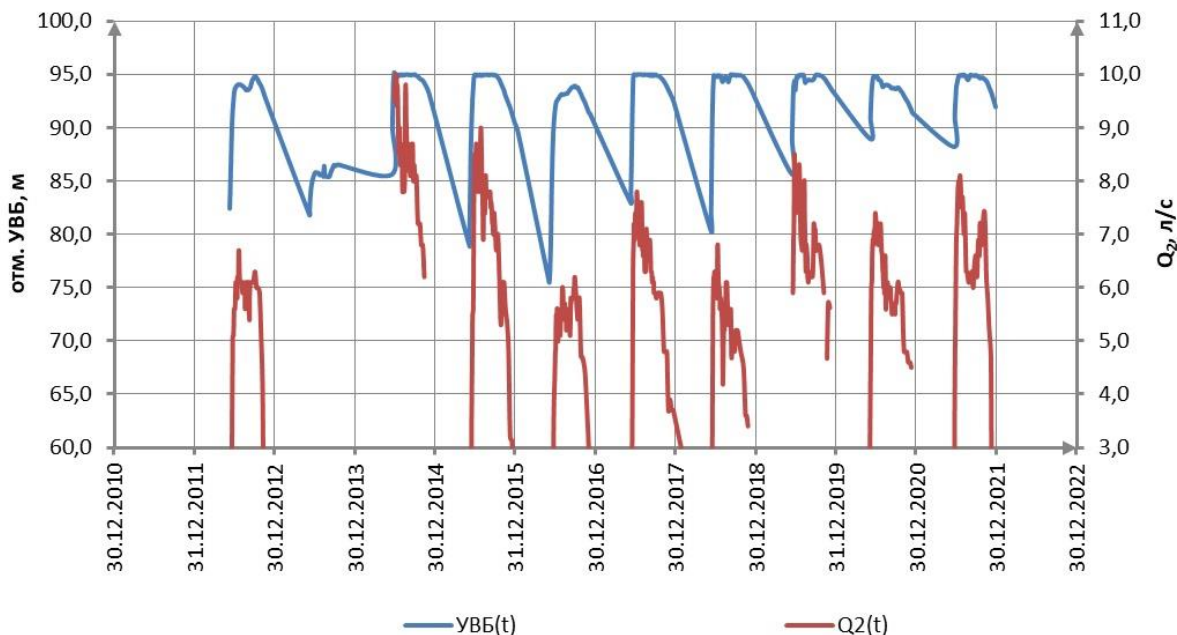


Рисунок 1.2.18 – Графики изменения во времени фильтрационных расходов, замеренных в источнике №2, и отм. УВБ за 2011 — 2021 г.

Данные натуральных наблюдений свидетельствуют о том, что при текущих параметрах внешних воздействий диагностические показатели состояния русловой плотины не превышают установленные критерии безопасности. За исключением осадок марок ПМ-74 и ГМ-7, значения всех диагностических показателей являются стабильными и в настоящее время не имеют тенденцию к увеличению.

### 1.3 Анализ результатов исследований состояния русловой плотины

В данном подразделе приведены основные выводы и рекомендации, представленные в наиболее значимых отчетах об оценке состояния русловой плотины Курейской ГЭС.

Наиболее полная информация о конструкции и параметрах ГТС Курейской ГЭС представлена в «Заключении строительно-гидротехнической секции комиссии по приемке Курейской ГЭС в эксплуатацию» [22]. В Книге 1 данного Заключения отмечено, что «гребень противофильтрационных элементов грунтовых плотин в результате осадок опустился ниже проектной отметки НПУ на большей части напорного фронта». Также была подвергнута критике отмена полиэтиленовой пленки и применение песка-отсева непроектного грансостава в оголовках плотин и отказ от устройства зуба по кромке понура.

Секция оценила фактическое состояние плотин, сформированное с учетом выполненных ремонтных работ по восстановлению сопряжения «плотина-основание» и посчитала возможной эксплуатацию основных сооружений гидроузла при соблюдении ряда условий, в числе которых были отмечены следующие:

1. принять отметку НПУ водохранилища по состоянию на 01.2003 г. равной 94,70 м, отметку ФПУ при пропуске паводков обеспеченностью менее 5%-равной 95,60 м, при пропуске паводков большей обеспеченности — 95,00 м. Пересмотр допустимых значений отметок НПУ и ФПУ производить ежегодно, с учетом выполнения ремонтных работ и результатов анализа состояния ГТС; необходимо отметить, что в Книге 2 вышеуказанного заключения [24], действующей Декларации безопасности [29] и Инструкции по эксплуатации гидротехнических сооружений [30] указано значение НПУ 95,00 м;

2. продолжить: а) ремонт ядра и основания русловой плотины с устройством глубокой стены в грунте на участке ПК 4+80 ÷ ПК 8 в продолжение существующей стены в грунте; б) закончить ремонт оголовков плотин с устройством стены в грунте на русловой плотине и правобережной плотине во 2 понижении;

3. разработать проект и внедрить автоматизированную систему дистанционного контроля (АСДК) на основных сооружениях Курейской ГЭС, с установкой дополнительной КИА в местах, не оснащенных в достаточной степени КИА.

В 2016 г. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» были проведены многофакторные исследования грунтовых гидротехнических сооружений Курейской ГЭС с целью выявления необходимости в продлении работ по строительству «стены в грунте» [25, 26, 27]. Результаты инженерно-геологических изысканий свидетельствовали о том, что практически во всех пройденных скважинах, а именно на ПК 3+00, 11+49,2, 12+50, отметка верха противофильтрационного устройства плотины находилась в диапазоне от 95,00 до 95,30 м, что ниже проектного значения (95,50 м). Анализ данных натурных наблюдений за осадками марок, установленных на гребне плотины, свидетельствовал о том, что на значительном участке плотины от ПК 10+00 до ПК 13+20 осадки затухают, однако еще далеки до достижения предельных (максимально возможных при сохранении текущего тренда) значений,

составляющих от 20 до 90 см. Данное обстоятельство подтверждало необходимость принятия мер по наращиванию противофильтрационного устройства русловой плотины до отм. от 97,00 до 98,00 м в зависимости от отметки ФПУ.

Расчеты устойчивости откосов руслового и правобережного (I понижение) участков плотины показали, что по данному показателю указанные сооружения соответствуют требованиям, предъявляемым СП 58.13330.2012 к сооружениям II класса. Данные натурных наблюдений за их температурно-влажностным состоянием свидетельствовали об отсутствии развития опасных процессов, выполненные фрагменты «стены в грунте» работали удовлетворительно и не требовали проведения ремонтных работ.

По результатам проведенных исследований техническое состояние русловой плотины, включая ее правобережный участок (I понижение), по состоянию на 2016 г. было оценено как ограниченно работоспособное.

Полученные в ходе многофакторных исследований 2016 г. выводы легли в основу мероприятий по обеспечению безопасности ГТС, предписанных к выполнению в действующей Декларации безопасности [29] и Акте регулярного обследования [33] (таблица 1.3.1).

Таблица 1.3.1 – Мероприятия, направленные на обеспечение надежности и безопасности сооружений Курейской ГЭС согласно Акту регулярного обследования (указаны только мероприятия, касающиеся русловой плотины)

№ п/п	Наименование мероприятий	Сроки выполнения
1	В рамках проекта реконструкции земляных плотин разработать проект наращивания верха противофильтрационного устройства русловой плотины. В рамках данного проекта уточнить отметку ФПУ.	31.12.2023
3	Реализовать проект наращивания верха противофильтрационного устройства русловой плотины, разработанный в соответствии с п. 1.	01.10.2024

Как видно из таблицы 1.3.1, разработка и реализация проекта реконструкции русловой плотины запланированы, соответственно, на конец 2023 и 2024 г.

В 2021 г. на русловой плотине были проведены инженерно-геологические изыскания [34], в ходе которых с целью уточнения геологического строения тела плотины были пробурены скважины (№№12—19) и выкопаны шурфы (№№1—4, 8, 9), положение которых показано на рисунке 1.3.1.

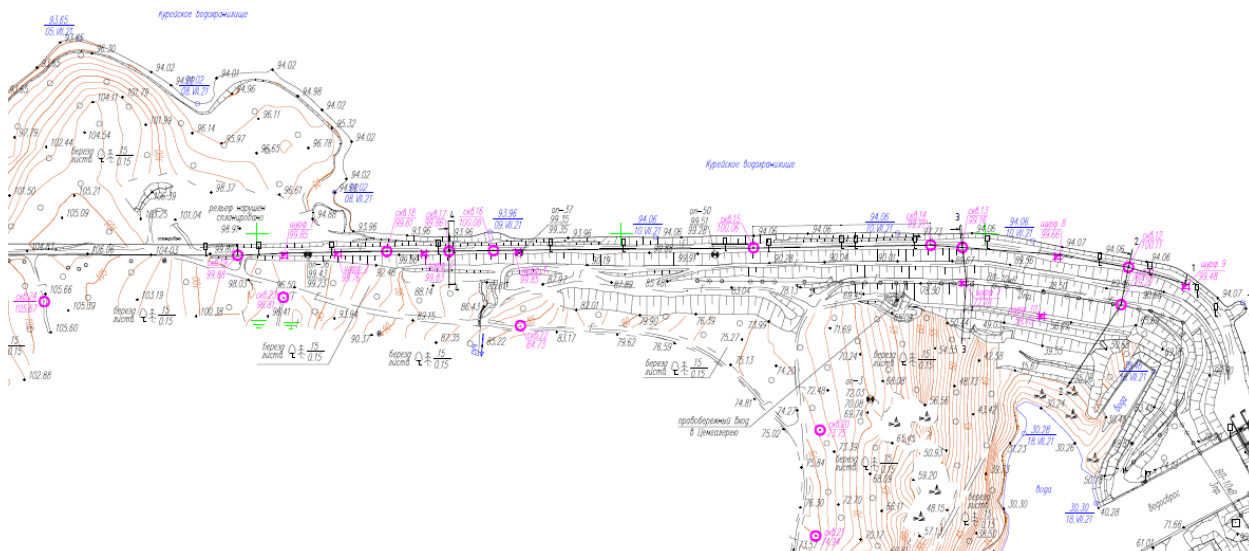


Рисунок 1.3.1 – Схема расположения шурфов и скважин, пробуренных в 2021 г. на русловой плотине

По результатам инженерно-геологических изысканий на различных участках русловой плотины, где не была выполнена «стена в грунте», скважинами были вскрыты отметки суглинка в диапазоне отметок 89,80 – 97,50 м (табл. 1.3.2). Из таблицы 1.3.2 видно, что все пробуренные скважины, кроме 15-ой, проходят по наклонной грани суглинистого ядра, при этом фактическая отметка гребня суглинистого ядра не обнаружена. В скважине №15 при бурении, на отметке 97,50 м, вскрыты суглинки с включением гравия и гальки до 15 %, и с прослоями песка мелкого, что не является фактической отметкой гребня суглинистого ядра, а свидетельствует о некачественном выполнении отсыпки грунтов гребневой части плотины.

Таблица 1.3.2 – Вскрытые отметки суглинистых грунтов русловой плотины, полученные по результатам инженерно-геологических изысканий 2021 г.

№ п.п.	№ скважины	Расположение скважины	Вскрытые отметки суглинистых грунтов, м
1	12	12+96	92,2
2	13	10+66	89,8 (скважина смещена в сторону НБ)
3	14	10+22	91,0 (скважина проходит через наклонную часть ядра)
4	15	7+78	97,5
5	16	4+22	93,9
6	17	3+91	93,4
7	18	2+76	93,6
8	19	0+71	93,3

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают необходимость принятия мер по наращиванию противодиффузионного устройства русловой плотины Курейской ГЭС.

## **2 ПРАВОБЕРЕЖНАЯ ПЛОТИНА ВО II Понижении**

### **2.1 Конструкция правобережной плотины во II понижении**

На основании анализа имеющейся строительной исполнительной документации, инженерно-геологических исследований, натуральных наблюдений и исполнительных топографических съемок периода эксплуатации конструкция правобережной плотины во II понижении была уточнена.

Каменно-земляная плотина имеет максимальную высоту 38,3 м от подошвы плотины. Длина плотины по гребню 643,7 м, ширина по гребню – от 8 м до 12 м. Отметки гребня плотины от 99,28 м до 100,60 м. Заложение верхового откоса от 1:3 до 1:4, низового от 1:3.2 до 1:4.

В основании плотины произведена выемка торфов до минеральных грунтов и выполнена отсыпка цокольной части плотины из гравийно-галечниковых грунтов карьера № 41 до отм. 73,00 м.

Низовая упорная призма плотины отсыпана из гравийно-галечниковых грунтов с супесчано-песчаным заполнителем карьера №41.

Противофильтрационное устройство плотины из смеси грунтов карьеров №41 и №36 выполнено в виде верховой призмы с понуром. Выше отметки 92,00 м (по данным отбора проб при геотехконтроле выше отметки 88,00÷89,00 м) верховая призма отсыпана из гравелистых суглинков и супесей карьера №36, по данным геотехнического контроля использовались также и гравелистые суглинки, и супеси карьера №6.

На гребень верховой призмы отсыпан защитный слой из отсева карьера №10 (фракции 0÷10 мм) толщиной от 0,87 м до 1,5 м.

Верховой откос плотины защищен каменной наброской по слою фильтровой подготовки из гравийно-галечного грунта карьеров № 13 и № 10.

Для обеспечения устойчивости в примыкании к верховому откосу выполнена каменная пригрузка с бермой на отметке 79,00÷80,00 м.

Для отвода профильтровавшейся воды на правобережном и левобережном примыканиях устроены дренажные призмы.

От ПК 9+00 до ПК 14+00 на низовом откосе выполнен наклонный дренаж из гравия карьера №11.

По данным инженерно-геологических изысканий отметка верха противофильтрационного устройства на некоторых участках ниже проектного значения, равного 95,50 м [26].

Поперечные сечения правобережной плотины во втором понижении показаны на рисунках 2.1.1 и 2.1.2.

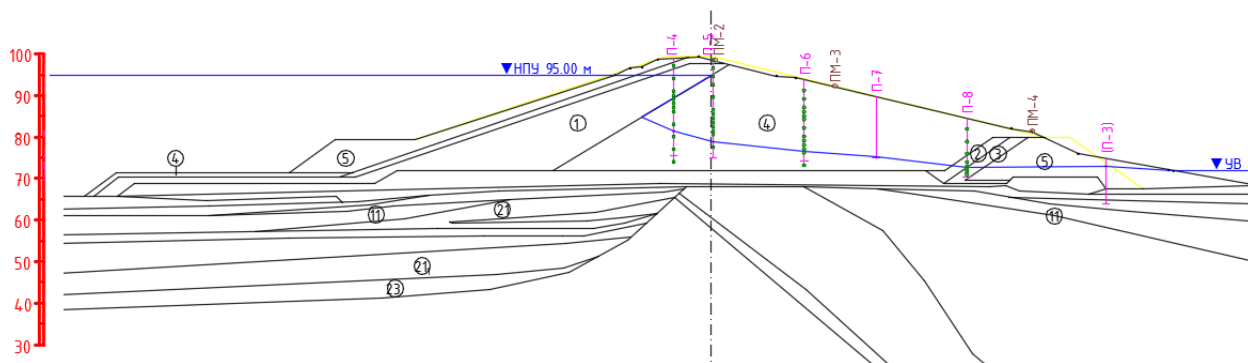


Рисунок 2.1.1 – Поперечное сечение правобережной плотины во II понижении на ПК 10+60,5

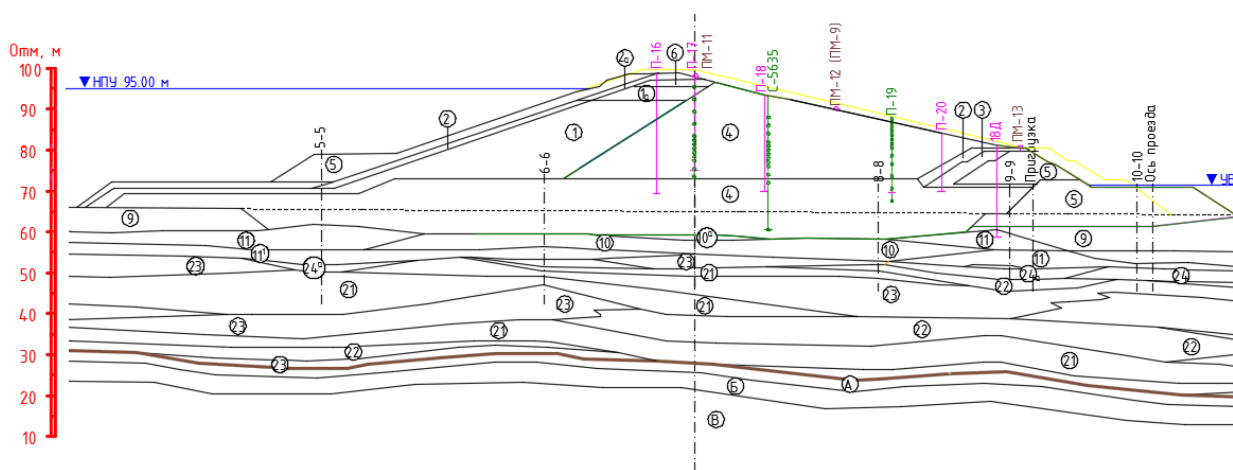


Рисунок 2.1.2 – Поперечное сечение правобережной плотины во II понижении на ПК 11+60,0

## 2.2 Состояние правобережной плотины во II понижении по данным натуральных наблюдений

Контроль состояния правобережной плотины во II понижении осуществляет гидротехнический цех. В соответствии с утвержденной Программой натуральных наблюдений, сотрудниками группы наблюдений производится регулярный визуальный осмотр гидротехнических сооружений, а также снимаются показания установленной контрольно-измерительной аппаратуры. Полученные данные заносятся, соответственно, в журналы визуальных наблюдений и в информационно-

диагностическую систему, которая производит автоматическое сравнение диагностических показателей с критериями безопасности.

Согласно данным визуальных наблюдений, в 2021 г. на правобережной плотине во II понижении не было зафиксировано негативных процессов, свидетельствующих о достижения критерия безопасности К1.

Количественные критерии безопасности были назначены для показаний части контрольно-измерительной аппаратуры, расположенной на наиболее характерных участках плотины.

В таблицах 2.2.1÷2.2.3 приведены результаты сравнения с критериями безопасности значений различных диагностических показателей, для которых они были установлены.

Таблица 2.2.1 – Сравнение отметок уровней воды в пьезометрах, установленных на правобережной плотине во II понижении, с критериями безопасности

Пьезометр	Диапазоны отметок УВБ								Соответствие критериям безопасности
	УВБ≤80,00 м		80,00 м<УВБ≤85,00 м		85,00 м<УВБ≤90,00 м		УВБ>90,00 м		
	Макс. знач., м, дата	К1, м	Макс. знач., м, дата	К1, м	Макс. знач., м, дата	К1, м	Макс. знач., м, дата	К1, м	
П-6	–	75,29	74,78 (22.04)	75,75	75,66 (14.01)	76,49	76,40 (24.08)	77,71	Не превышает К1
П-41	–	80,17	82,51 (15.06)	82,79	84,01 (23.06)	85,11	85,98 (2.07)	87,32	Не превышает К1
П-25	–	73,42	73,31 (22.04)	74,12	74,21 (14.01)	74,90	74,81 (28.09)	75,72	Не превышает К1
П-44	–	—	81,02 (15.06)	81,72	83,32 (14.01)	84,05	85,35 (06.07)	85,76	Не превышает К1

Таблица 2.2.2 – Сравнение отметок марок, установленных на правобережной грунтовой плотине во II понижении, с критериями безопасности

№ п.п.	Марка	Пикет	Критериальные значения К1 отметок марок, м	Значение в 2021 г., дата	Сравнение с критериями безопасности
1	ПМ-31	10+11,3	93,133	93,132 (01.06)	Превышает К1
2	ПМ-2	10+15	98,855	98,858(01.06)	Не превышает К1
3	ПМ-3	10+15	92,661	92,670 (01.06)	Не превышает К1
4	ПМ-5	11+00	98,312	98,468 (01.06)	Не превышает К1
5	ПМ-7	11+00	81,398	81,381 (01.06)	Превышает К1
6	ПМ-33	11+22	93,090	93,119 (01.06)	Не превышает К1
7	ПМ-8	11+50	98,174	98,288 (01.06)	Не превышает К1
8	ПМ-9	11+50	90,067	90,096 (01.06)	Не превышает К1
9	ПМ-10	11+50	80,971	81,028 (01.06)	Не превышает К1
10	ПМ-11	11+60	98,231	98,345 (01.06)	Не превышает К1

№ п.п.	Марка	Пикет	Критериальные значения К1 отметок марок, м	Значение в 2021 г., дата	Сравнение с критериями безопасности
11	ПМ-13	11+60	80,993	81,060 (01.06)	Не превышает К1
12	ПМ-34	11+90	91,576	91,571(01.06)	Превышает К1
13	ПМ-30	12+05	81,377	81,4 01 (01.06)	Не превышает К1
14	ПМ-14	12+30	98,826	98,953 (01.06)	Не превышает К1
15	ПМ-16	12+30	81,612	81,643(01.06)	Не превышает К1
16	ПМ-35	12+46	91,946	91,997 (01.09)	Не превышает К1
17	ПМ-17	12+60	99,108	99,240 (01.06)	Не превышает К1
18	ПМ-19	12+60	81,502	81,521 (01.06)	Не превышает К1
19	ПМ-36	12+75	92,428	92,501 (01.06)	Не превышает К1
20	ПМ-22	13+01	81,694	81,697 (01.06)	Не превышает К1
21	ПМ-25	13+25	80,403	80,485 (01.06)	Не превышает К1

Таблица 2.2.3 – Критериальные значения отметок гребня правобережной плотины во II понижении

Марки, по отметкам которых выполняется оценка превышения гребня над УВБ	Критериальные значения отметки гребня, м		Значение в 2021 г., дата	Сравнение с критериями безопасности
	К1	К2		
ПМ-1, ПМ-2, ПМ-11, ПМ-17, ПМ-26	96,50	96,00	98,345 (ПМ-11, 01.06)	Не превышает К1

Как видно из таблицы 2.2.2 в 2021 г. отметки марок ПМ-31, ПМ-7 и ПМ-34 правобережной плотины во II понижении достигали критериальных значений К1. Так, для данных марок из ряда наблюдений «выпадают» отметки (и соответствующие им осадки), полученные по результатам весеннего (цикл 35) цикла наблюдений (рисунки 2.2.1÷2.2.3). При этом, судя по предыдущему и последующему (цикл 36) поведению марок ПМ-31 и ПМ-34 можно сделать вывод об ошибочности «весеннего» значения отметок. Марка ПМ-7 имеет тренд увеличения осадки, превышающей критериальное значение К1 в течение последних 4-х циклов (рисунок 2.2.3).



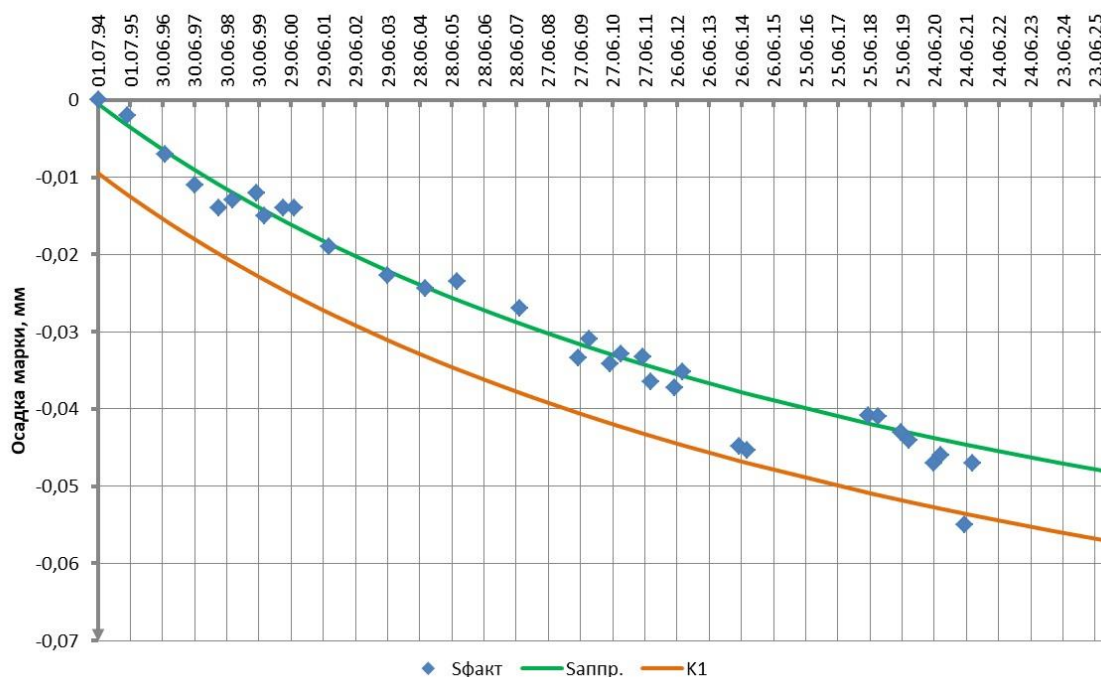


Рисунок 2.2.1 – График изменения во времени осадок марки ПМ-31, установленной на правобережной плотине во II понижении

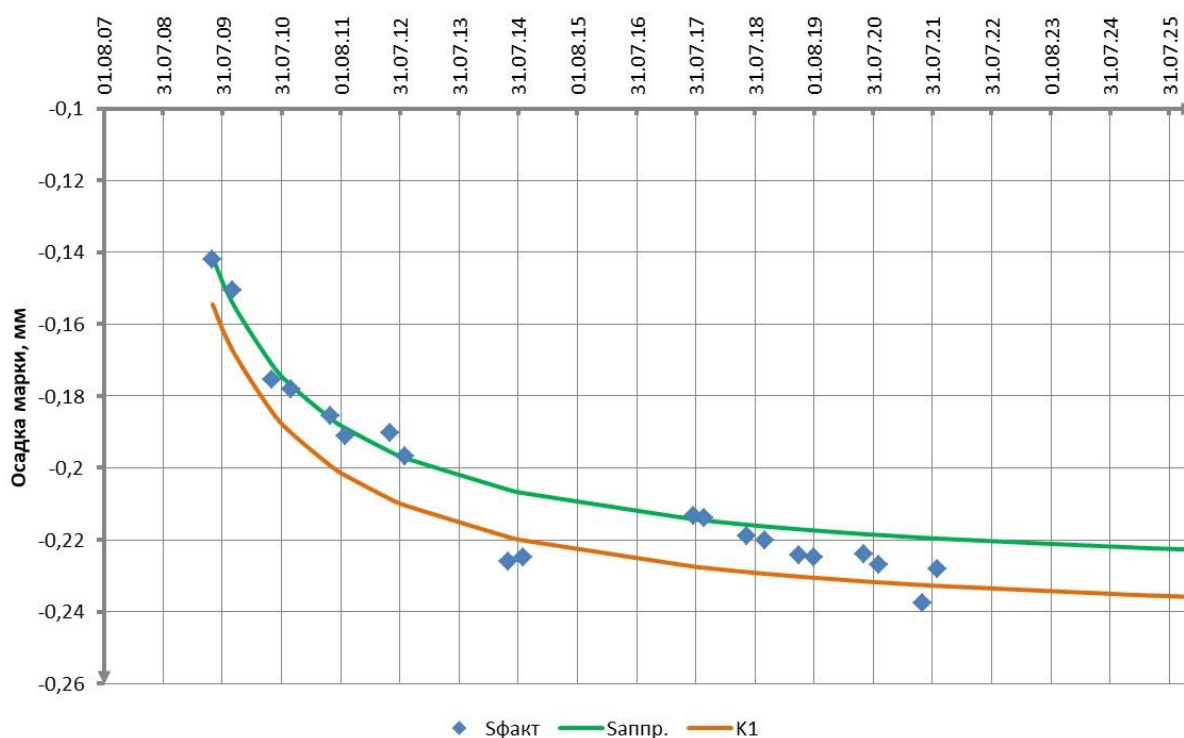


Рисунок 2.2.2 – График изменения во времени осадок марки ПМ-34, установленной на правобережной плотине во II понижении

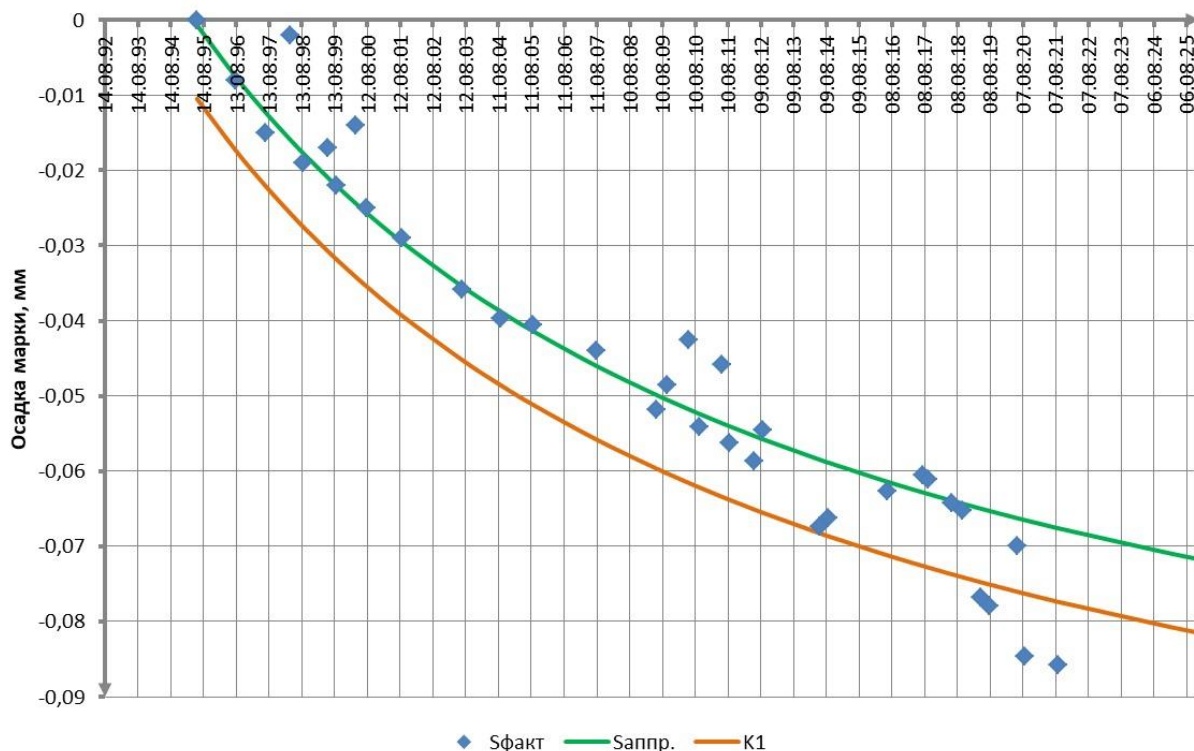


Рисунок 2.2.3 – График изменения во времени осадок марки ПМ-7, установленной на правобережной плотине во II понижении

Ниже на рисунках 2.2.4÷2.2.9 показаны графики изменения во времени осадок и плановых смещений всех марок, установленных на правобережной плотине во II понижении. Из них видно, что по состоянию на 2021 г. осадки практически всех марок, расположенных на плотине, стабилизировались, включая ранее наиболее подвижные марки ПМ-10, ПМ-13, за исключением марки ПМ-5, у которой, начиная с 2019 года, имеется тенденция к уменьшению осадки. Иная ситуация наблюдается в случае с плановыми смещениями (рисунки 2.2.7, 2.2.9): в 2019 г. резко возросли смещения марки ПМ-23, а смещения марок ПМ-10 и ПМ-13 возросли за последние 6 лет в 3 раза с 250 мм до 790 мм и 830 мм соответственно. С 2021 г. наблюдается резкий рост плановых смещений практически всех марок, расположенных на правобережной плотине во II понижении (рисунки 2.2.7÷2.2.9).

Обращает на себя внимание наличие нескольких синхронных «скачков» на графиках осадок и плановых смещений (в 2014 г. - на рисунке 2.2.6, в 2012 г. - на рисунке 2.2.7, в 2012 и 2017г. - на рисунке 2.2.8, в 2021 г. - на рисунках 2.2.7÷2.2.9), что может быть связано с ошибками в процессе проведения замеров.

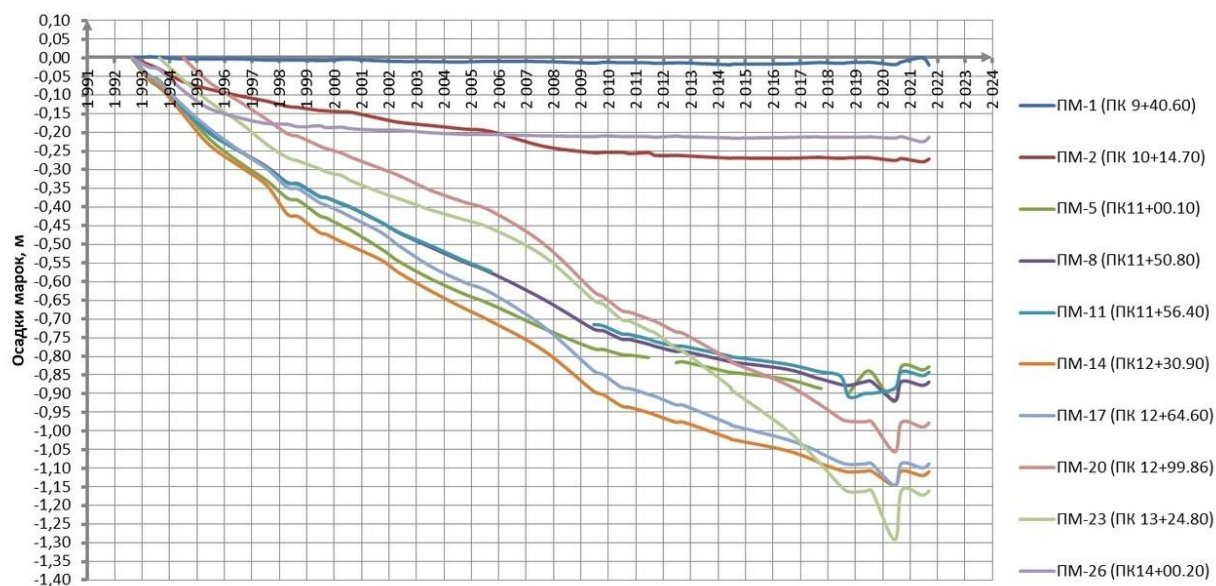


Рисунок 2.2.4 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на гребне правобережной плотины во II понижении, за период с 1992 по 2021 г.

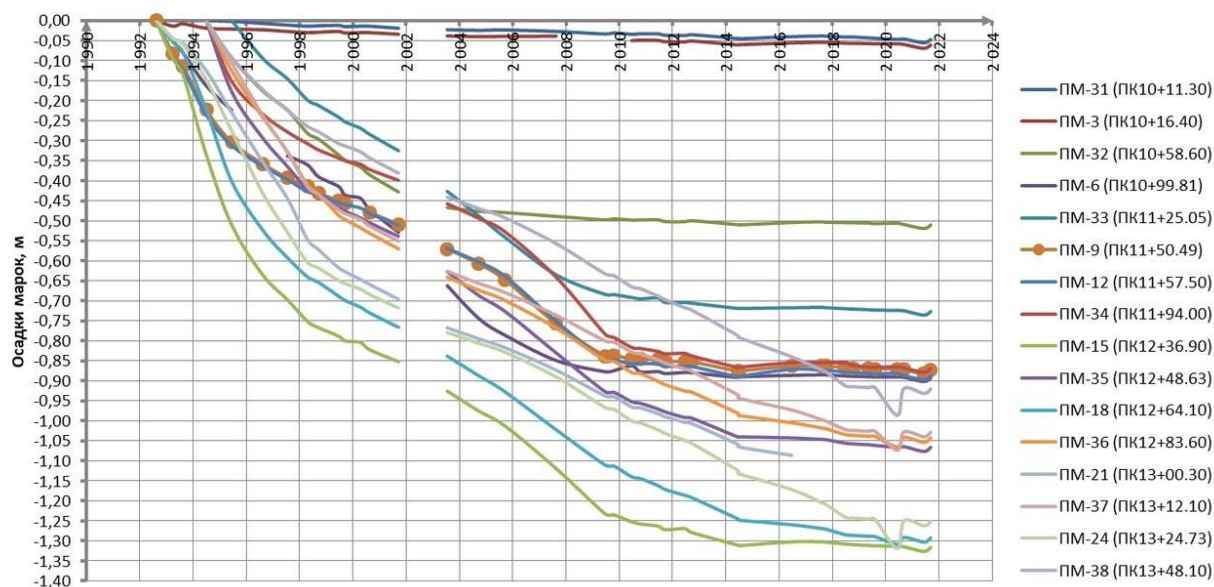


Рисунок 2.2.5 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на низовом откосе правобережной плотины во II понижении, за период с 1992 по 2021 г.

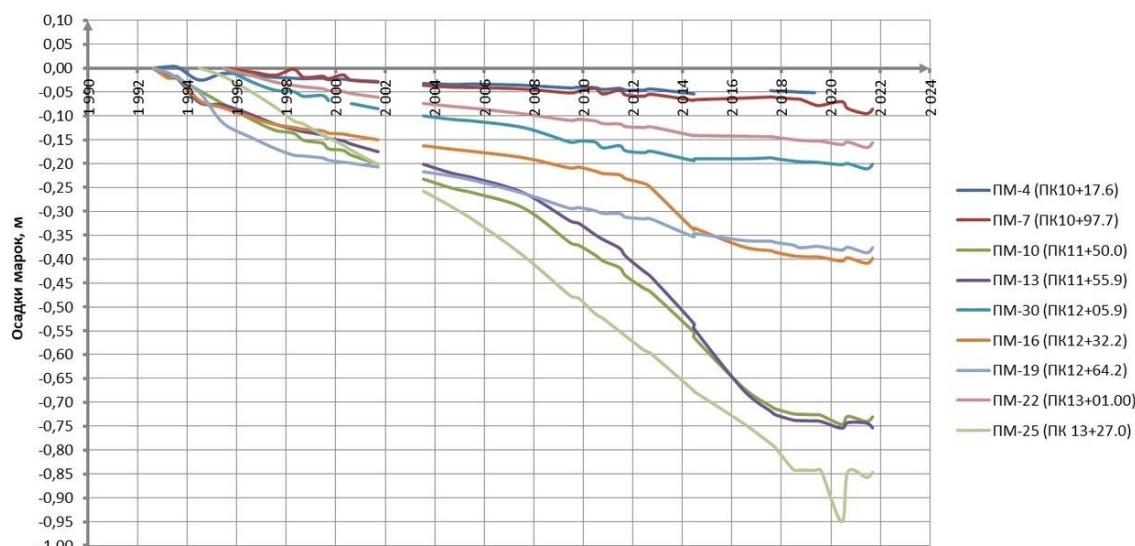


Рисунок 2.2.6 – Графики изменения во времени осадок поверхностных марок, установленных на гребне дренажной призмы правобережной плотины во II понижении, за период с 1992 по 2021 г.

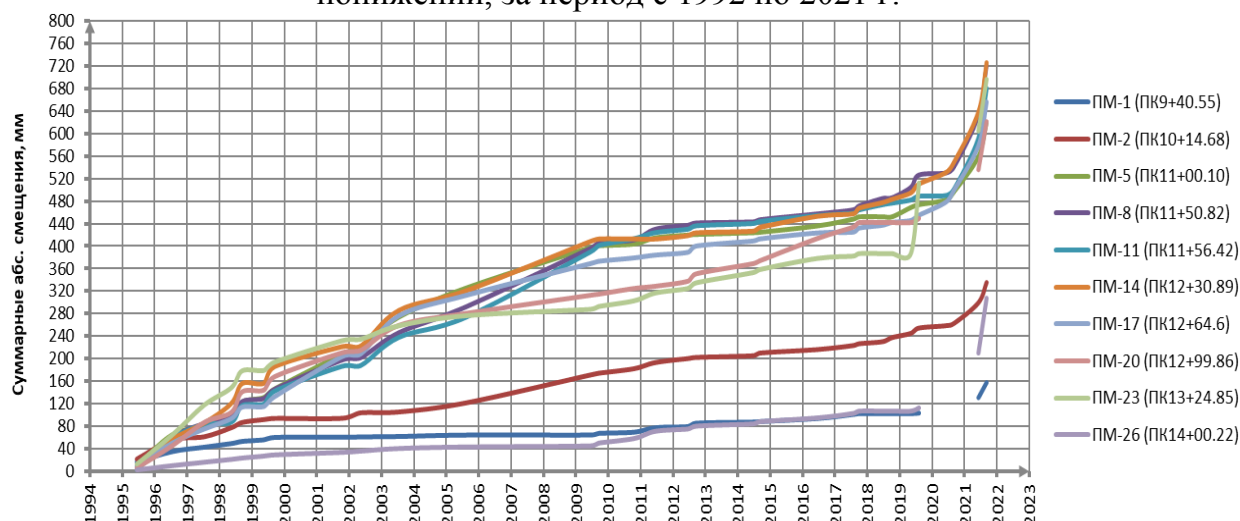


Рисунок 2.2.7 – Графики изменения во времени суммарных плановых смещений поверхностных марок, установленных на гребне правобережной плотины во II понижении, за период с 1995 по 2021 г.

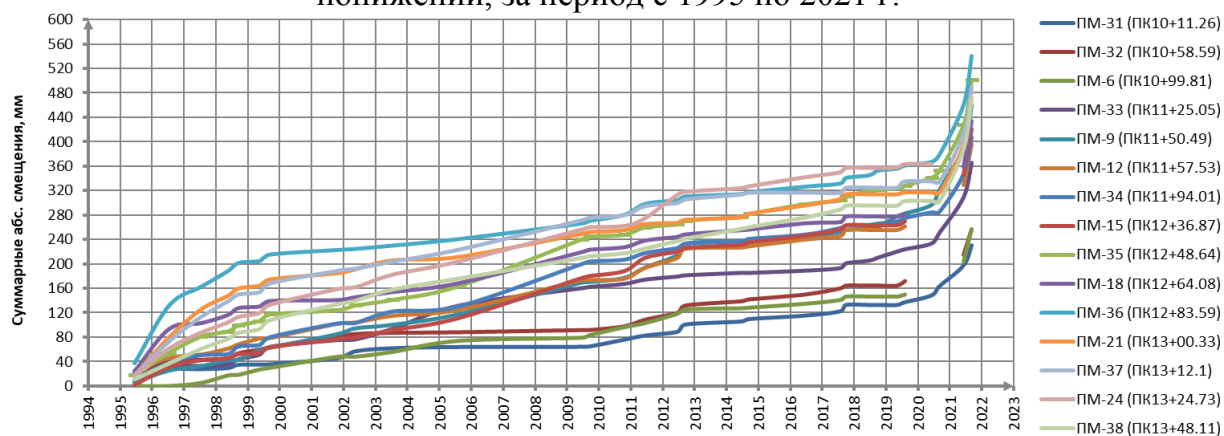


Рисунок 2.2.8 – Графики изменения во времени суммарных плановых смещений поверхностных марок, установленных на низовом откосе правобережной плотины во II понижении, за период с 1995 по 2021 г.

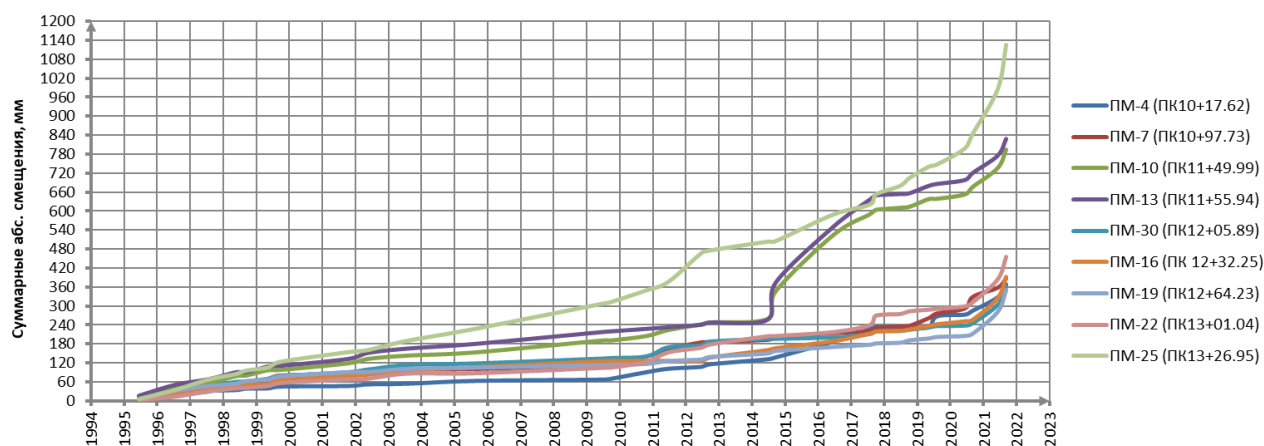


Рисунок 2.2.9 – Графики изменения во времени суммарных плановых смещений поверхностных марок, установленных на дренажной призме правобережной плотины во II понижении, за период с 1995 по 2021 г.

Ниже на рисунках 2.2.10 и 2.2.11 показаны изополя осадок и смещений марок, установленных на правобережной плотине во II понижении. Из рисунка 2.2.10 видно, что наибольшая осадка плотины происходит на низовом откосе в районе марок ПМ-15, ПМ-18, ПМ-24, ПМ-21, ПМ-14, ПМ-17, ПМ-23 согласно натурным данным за циклы 35 и 36. Исходя из рисунка 2.2.11, по натурным данным за циклы 35 и 36, можно сказать, что наиболее подвижными областями плотины являются район левобережного примыкания и гребень дренажной призмы в центральной части сооружения (марки ПМ-10, ПМ-13 и ПМ-25). Данное обстоятельство свидетельствует о необходимости проведения работ по повышению местной устойчивости низового откоса плотины.

Температура грунтов тела плотины контролируется с помощью термоплетей, опущенных в пьезометры и термостаканы, а также небольшим количеством закладных датчиков, расположенных в верховой противодиффузионной призме плотины. По данным, полученным с использованием перечисленной КИА, были построены картины распределения температуры грунтов в низовой упорной призме плотины в наиболее характерные периоды года — на конец холодного периода (март) и на конец теплого периода (сентябрь) в сечениях на ПК 11+60 и 10+34 (рисунки 2.2.12÷2.2.15) в 2021 г. Данные температуры воды в нижнем бьефе были взяты за 2021 г. Из них видно, что в 2021 г. низовая призма плотины практически полностью оставалась в талом состоянии, что способствует продолжению незатухающих осадок и плановых смещений.

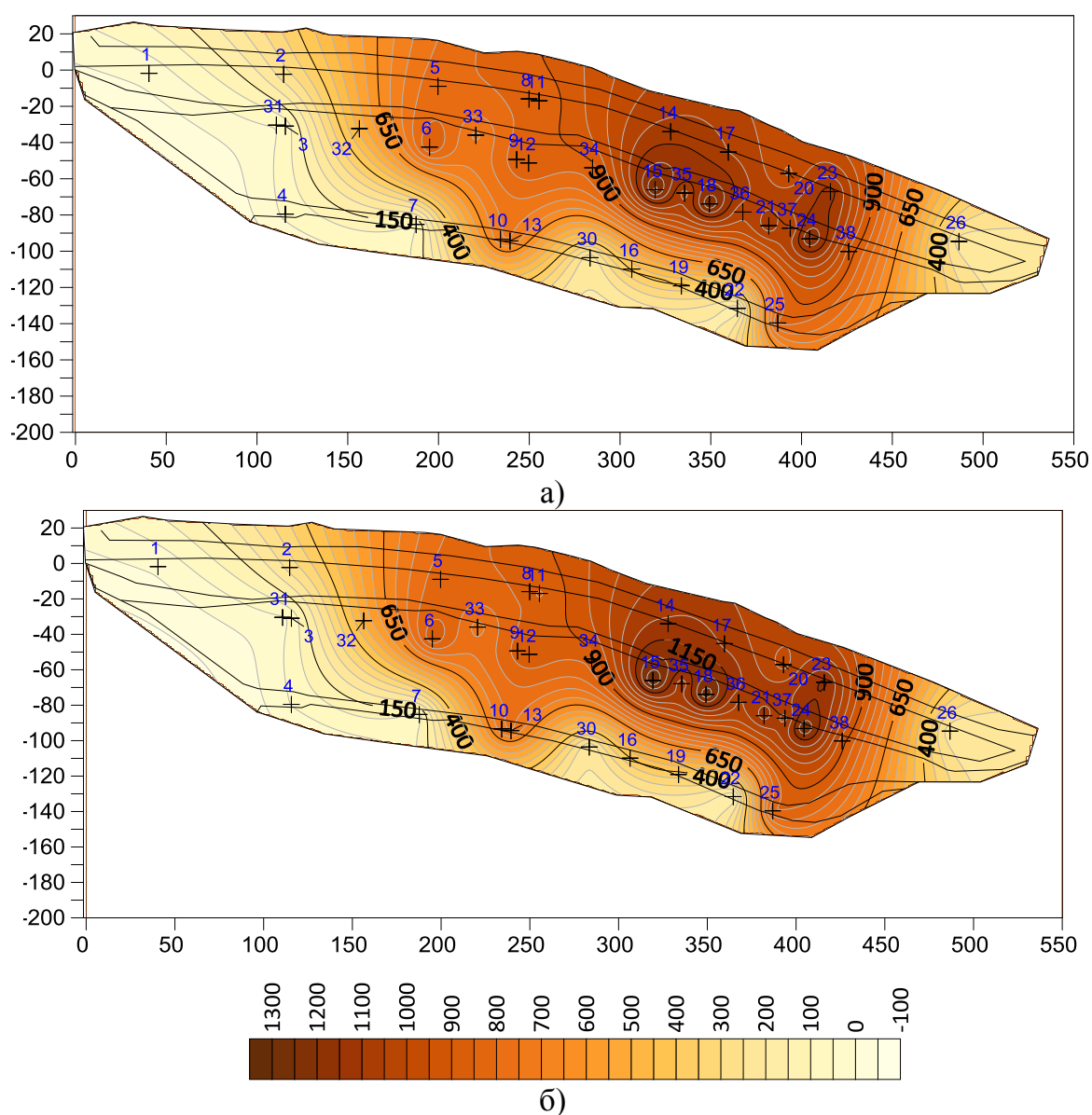


Рисунок 2.2.10 – Изолинии суммарных осадков (в мм, относительно июня 1995 г.) поверхностных марок, установленных на правобережной плотине во II понижении, в 2021 г. (циклы 35 (а) и 36 (б)). Цифрами синего цвета показаны номера марок

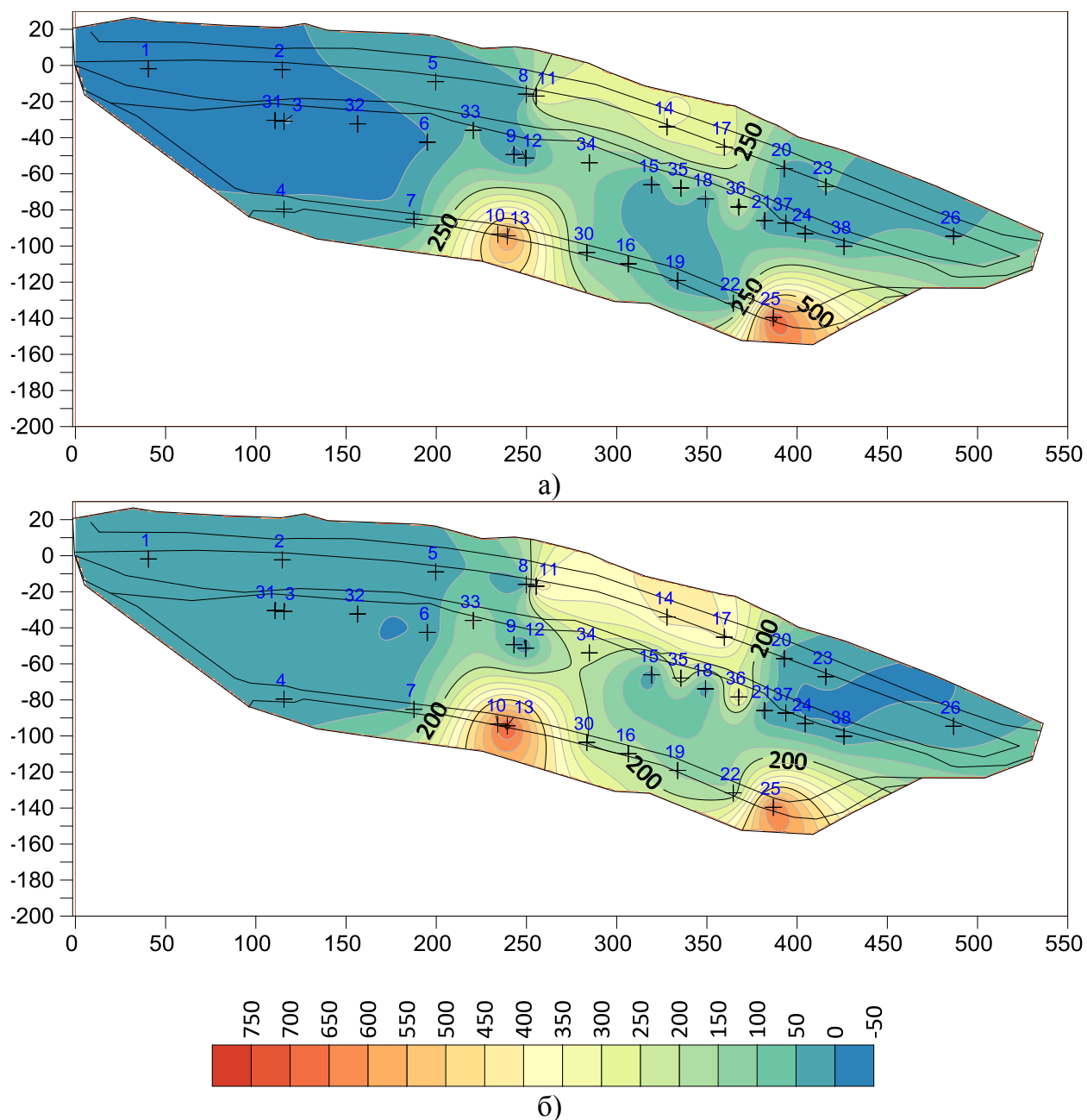


Рисунок 2.2.11 – Изолинии суммарных плановых смещений (в мм, относительно июня 1995 г.) поверхностных марок, установленных на правобережной плотине во II понижении, в 2021 г. (циклы 35 (а) и 36 (б)). Цифрами синего цвета показаны номера марок

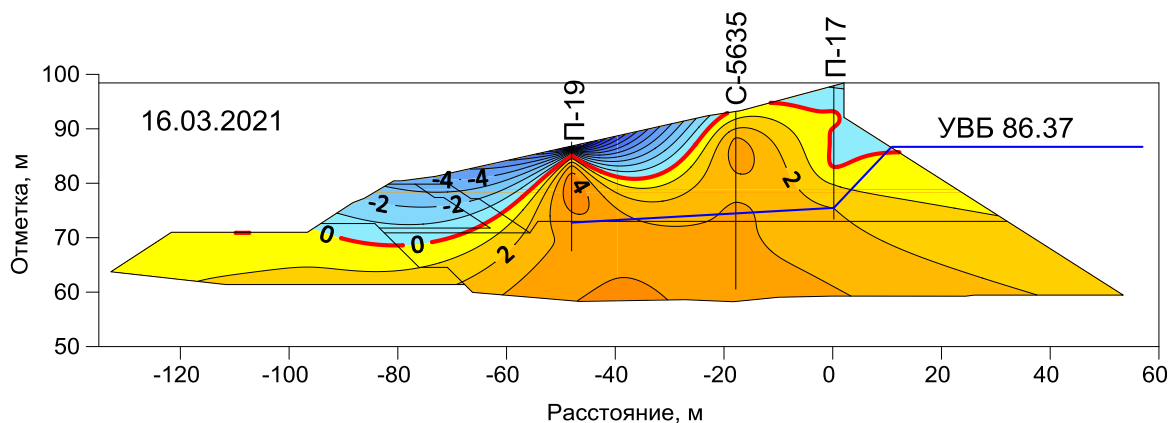


Рисунок 2.2.12 – Картина распределения температуры грунтов низовой призмы правобережной плотины во II понижении, построенная по данным натуральных наблюдений (март 2021 г., сечение на ПК 11+60)

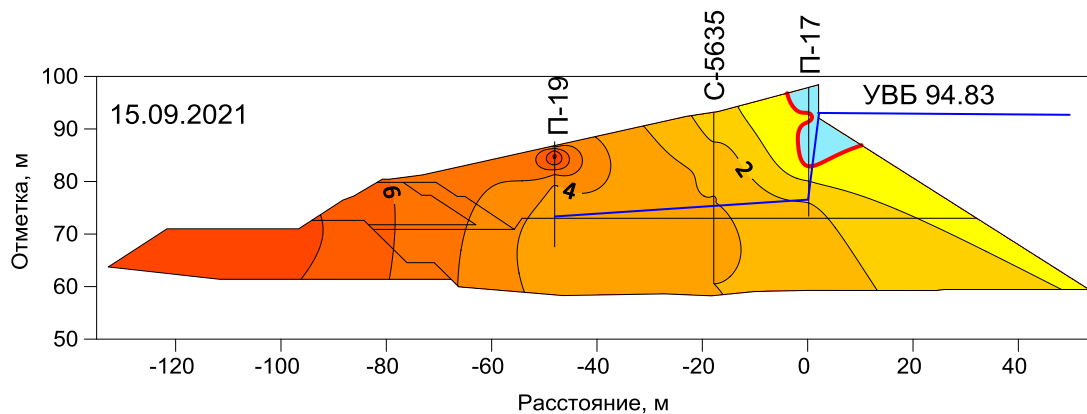


Рисунок 2.2.13 – Картина распределения температуры грунтов низовой призмы правобережной плотины во II понижении, построенная по данным натуральных наблюдений (сентябрь 2021 г., сечение на ПК 11+60)

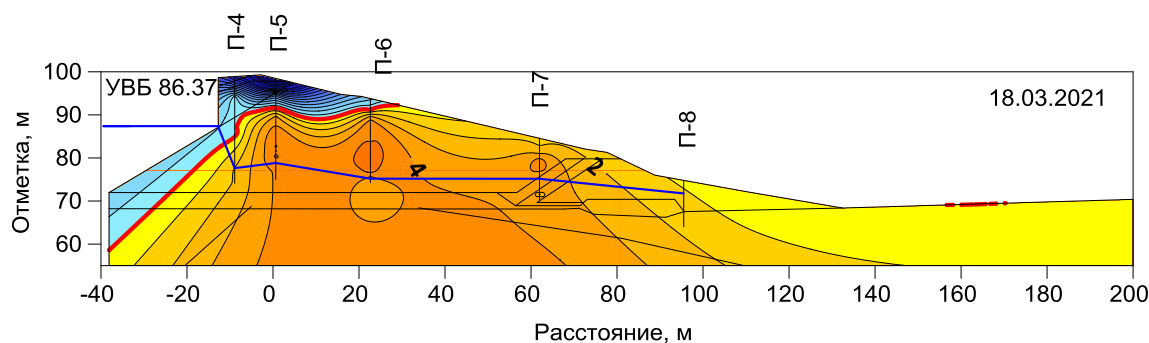


Рисунок 2.2.14 – Картина распределения температуры грунтов низовой призмы правобережной плотины во II понижении, построенная по данным натуральных наблюдений (март 2021 г., сечение на ПК 10+34)



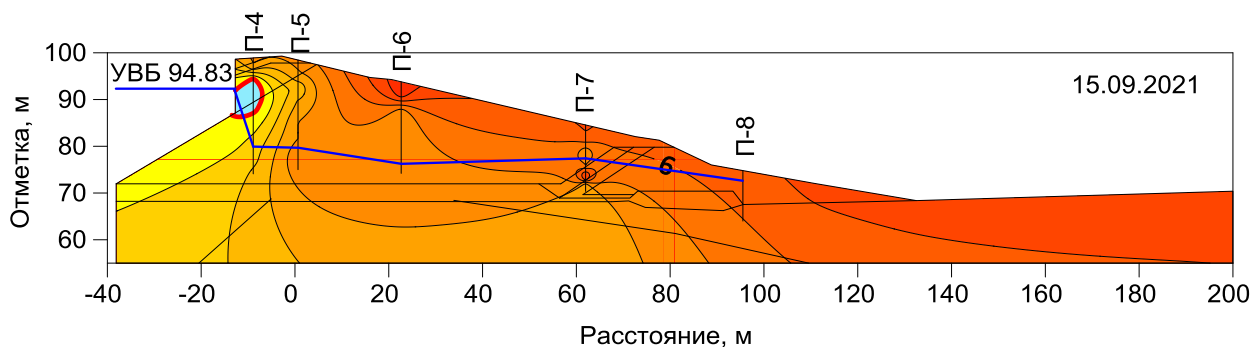


Рисунок 2.2.15 – Картина распределения температуры грунтов низовой призмы правобережной плотины во II понижении, построенная по данным натурных наблюдений (сентябрь 2021 г., сечение на ПК 10+34)

Изменение во времени температурного состояния какой-либо точки сооружения наиболее наглядно может быть показано с помощью трехмерных графиков зависимости температуры грунта от времени и ее высотного положения. Такие графики были построены для ряда термоплетей, установленных с гребня и берм плотины: П-5, П-10, П-17 и П-41, П-43, П-25, ГМ-12 (рисунки 2.2.16÷2.2.22). Из них видно, что до 2010 г. большая часть тела плотины была мерзлой и постепенно оттаивала, а с 2010 г. температурное состояние плотины стабилизировалось (за исключением пьезометров П-10 и П-17, повышение температуры в которых продолжается до сих пор).

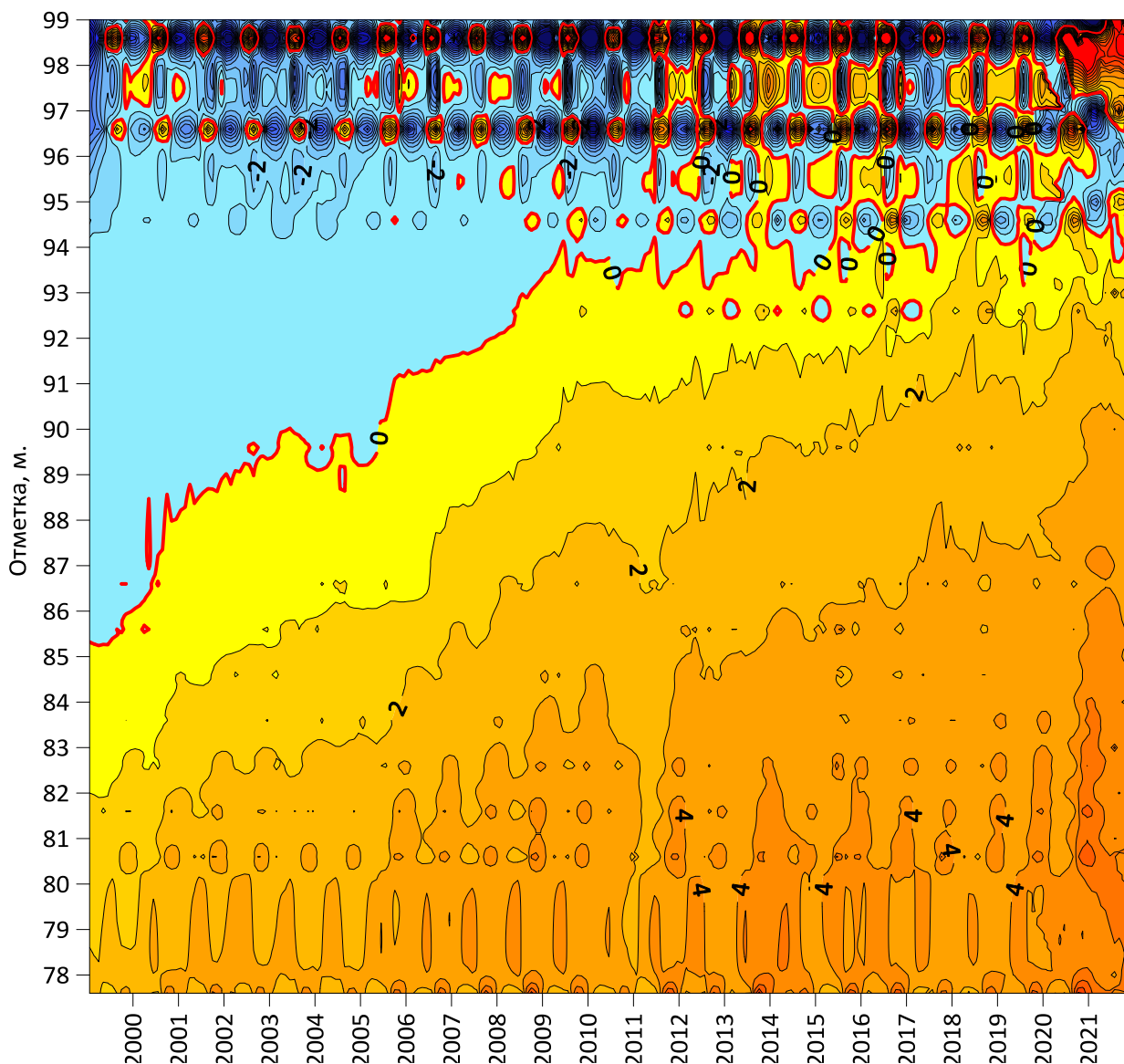


Рисунок 2.2.16 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре П-5 (ПК 10+34)

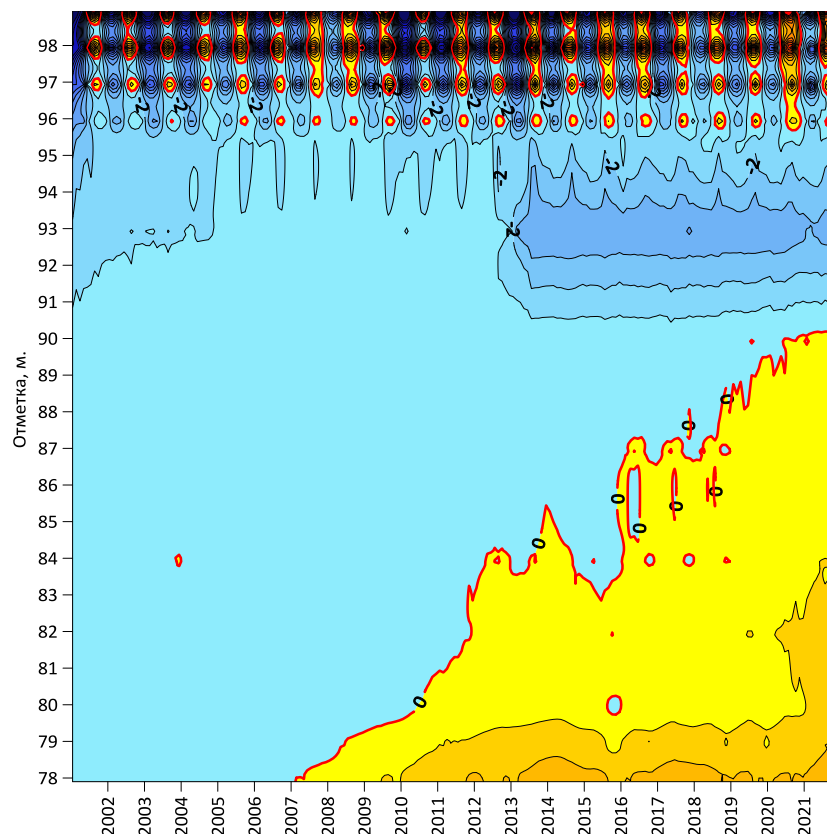


Рисунок 2.2.17 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре П-10 (ПК 10+97,9)

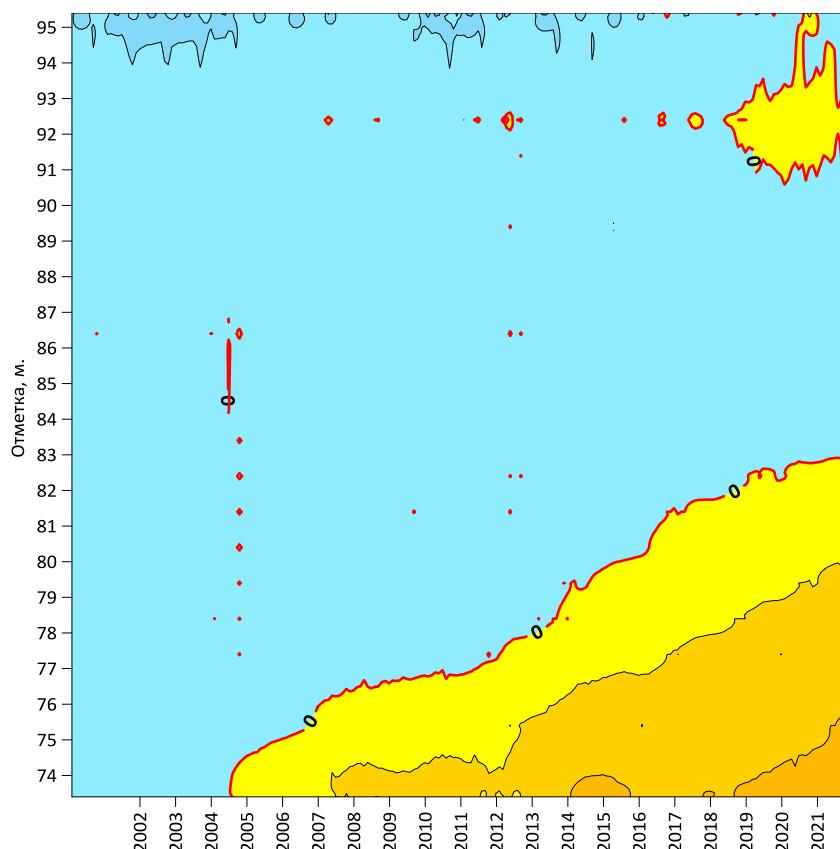


Рисунок 2.2.18 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре П-17 (ПК 11+54,7)

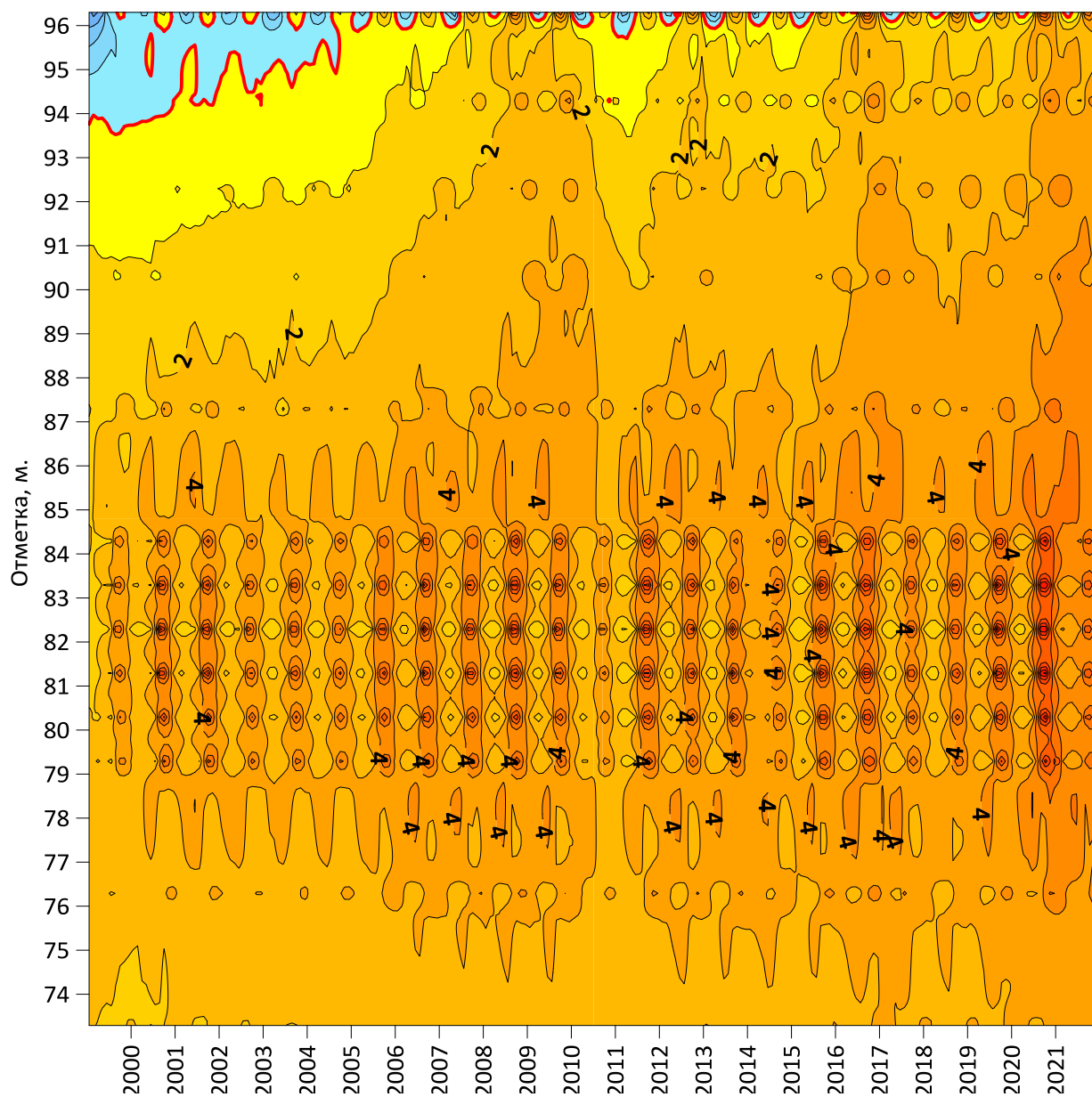


Рисунок 2.2.19 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре П-41 (ПК 13+75,8)

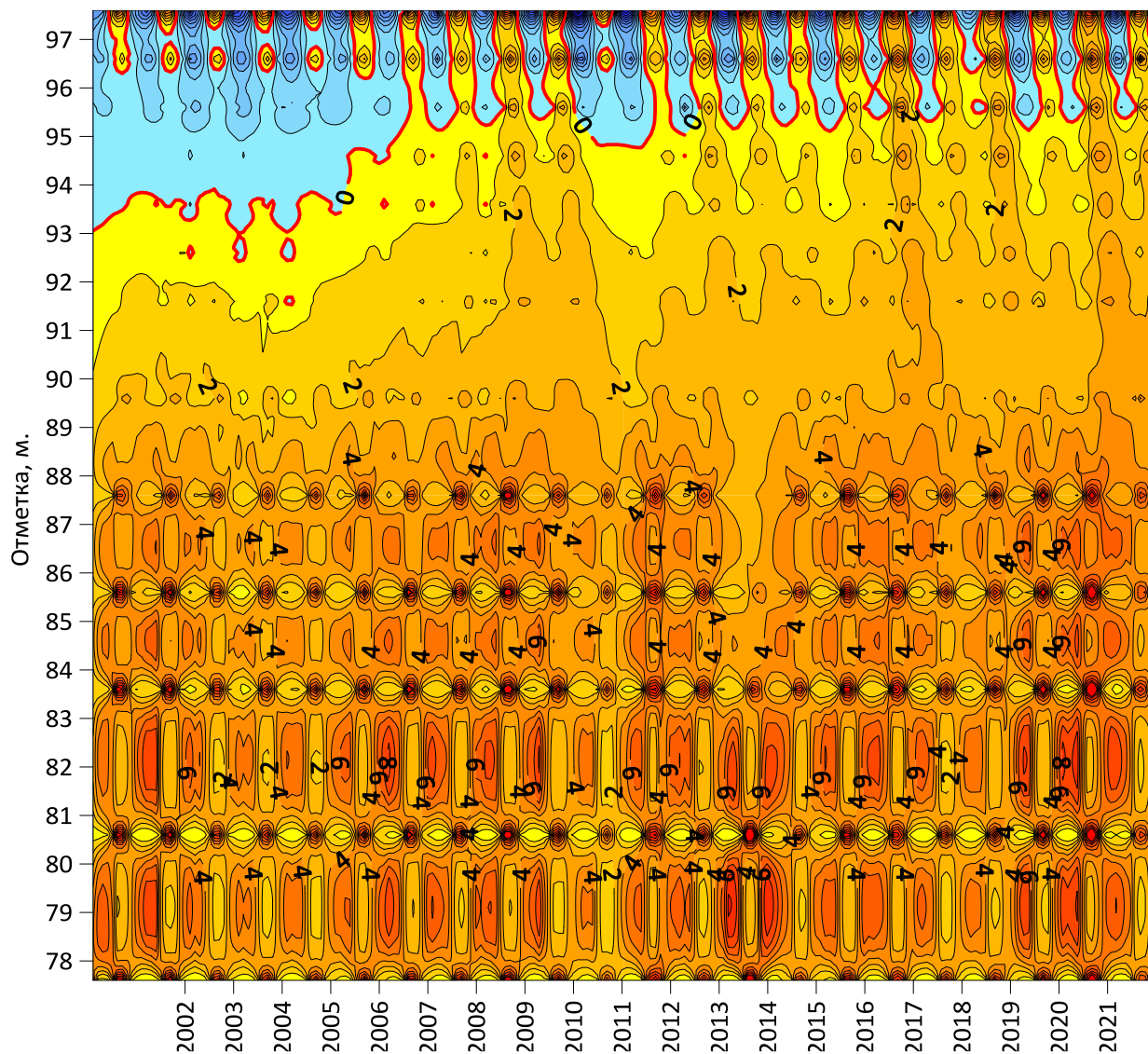


Рисунок 2.2.20 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре П-43 (ПК 9+98,8)

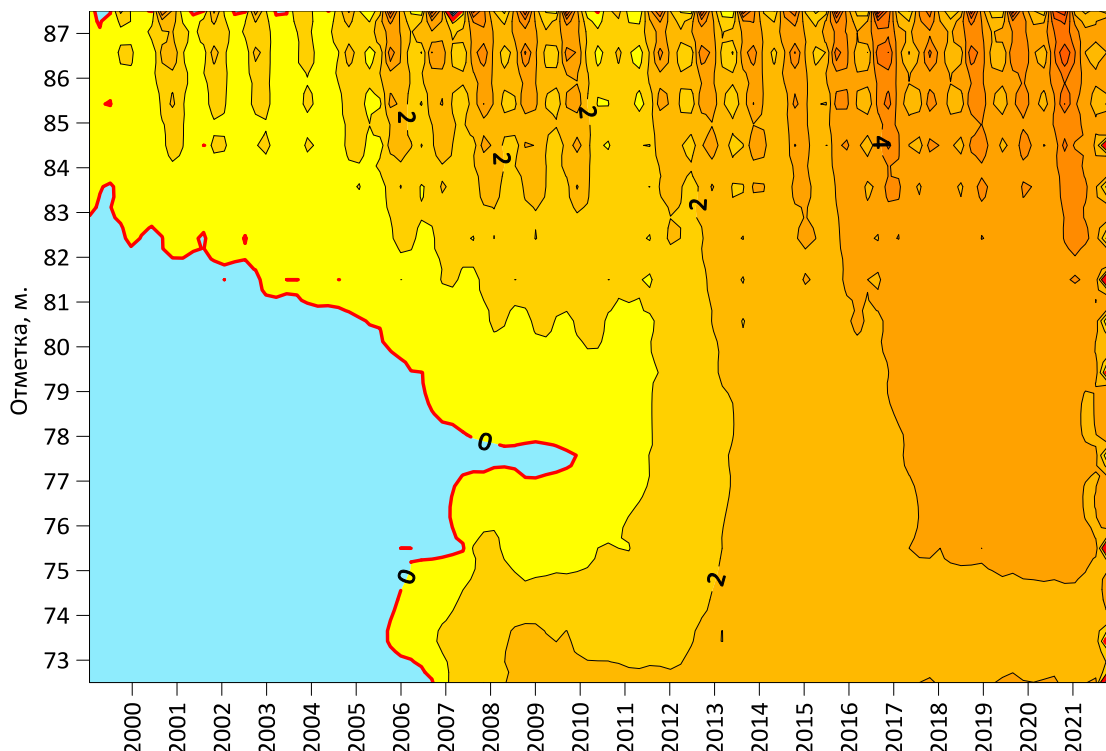


Рисунок 2.2.21 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре П-25 (ПК 12+30,6)

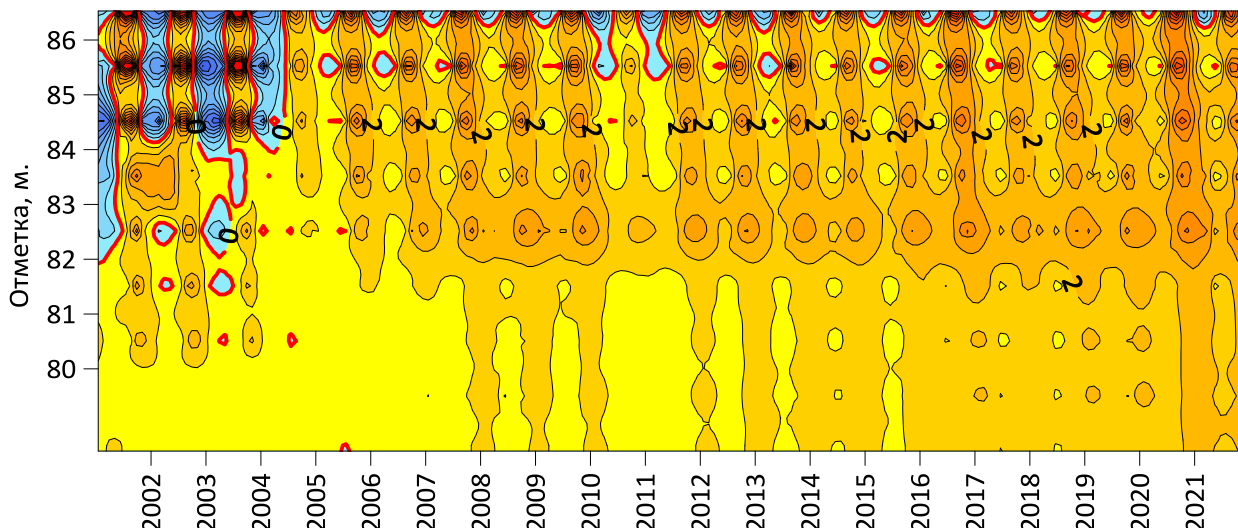


Рисунок 2.2.22 – График изменения во времени температуры грунтов правобережной плотины во II понижении в пьезометре ГМ-12 (ПК 13+17,18)

Из рис. 2.2.16 и 2.2.19 видно, что в пьезометрах П-5 и П-41 на отм. 94,50 м в летнее время наблюдается повышение температуры грунтов относительно соседних областей. Это обстоятельство может быть вызвано более интенсивной фильтрацией воды в данных областях. Обращает на себя внимание также тот факт, что в большинстве пьезометров температура грунтов (ниже зоны сезонного промерзания-оттаивания) повышается с глубиной, что свидетельствует о переносе тепла

фильтрующей водой преимущественно через нижнюю «цокольную» часть плотины.

Для источника №4 на правобережной плотине во втором понижении были назначены следующие значения критериев безопасности:

- УВБ  $\leq 90,00$  м:  $K1=42,1$  л/сек;  $K2=54,1$  л/сек; в 2021 г. при данных отметках УВБ расходы в источниках не замерялись;
- $90,00$  м  $<$  УВБ  $\leq 93,00$  м:  $K1=65,2$  л/сек;  $K2=84,0$  л/сек; максимальное наблюдаемое значение расхода составило 25,3 л/сек (28.06.2021);
- $93,00$  м  $<$  УВБ  $\leq 95,60$  м:  $K1=101,1$  л/сек;  $K2=131,0$  л/сек; максимальное наблюдаемое значение расхода составило 53,4 л/сек (05.07.2021).

В целом, рассматривая графики изменения величины фильтрационных расходов за последние 10 лет (рисунок 2.2.23), видно, что роста их величины не наблюдается, при имеющихся нагрузках величина данного диагностического показателя является стабильной.

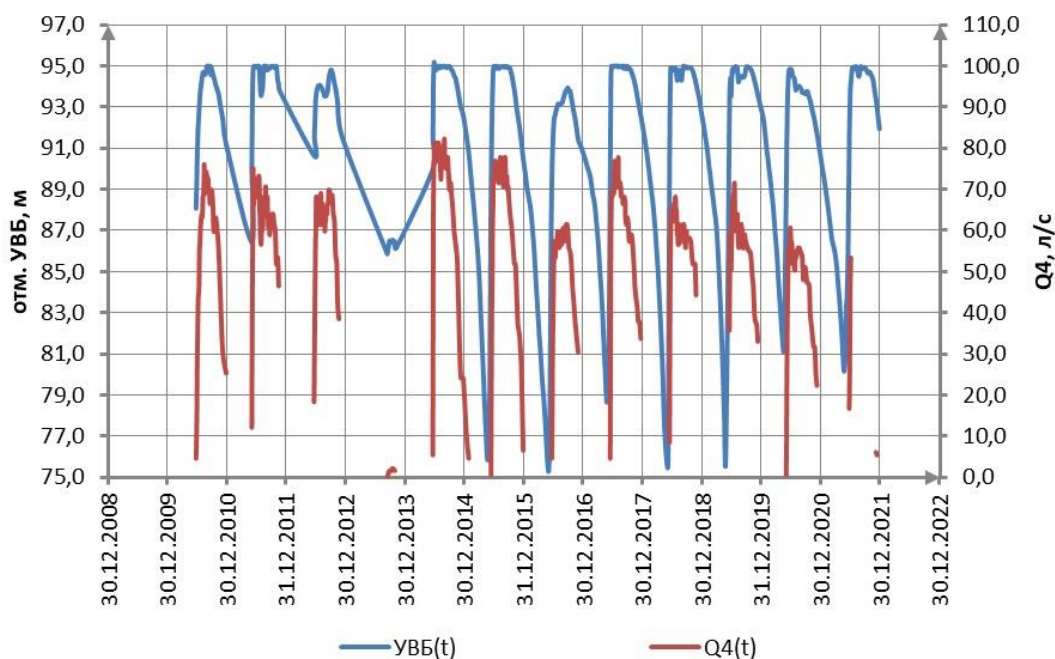


Рисунок 2.2.23– Графики изменения во времени фильтрационных расходов, замеренных в источнике №4, и отм. УВБ за 2009 — 2021 г.

### **2.3 Анализ результатов исследований состояния правобережной плотины во II понижении**

В данном подразделе приведены основные выводы и рекомендации, представленные в наиболее значимых отчетах об оценке состояния правобережной плотины во II понижении.

Наиболее полная информация о конструкции и параметрах ГТС Курейской ГЭС представлена в «Заключении строительно-гидротехнической секции комиссии по приемке Курейской ГЭС в эксплуатацию» [22]. В книге 1 данного Заключения отмечено, что при подготовке основания торф не был полностью убран под дренажной призмой в районе ПК 11+40÷ПК13+40. Также при рабочем проектировании был отменен противофильтрационный элемент из полиэтиленовой пленки в защитной призме над ядром. Вместо него, аналогично русловой плотине, в качестве грунта защитной призмы был использован отсев фракции 0÷10 мм грунта карьера №10.

Секция оценила фактическое состояние плотин, сформированное с учетом выполненных ремонтных работ по восстановлению сопряжения «плотина-основание» и посчитала возможной эксплуатацию основных сооружений гидроузла при соблюдении ряда условий, в числе которых применительно к правобережной плотине во II понижении была отмечена необходимость выполнения ремонта оголовка посредством устройства «стены в грунте».

В 2016 г. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» были проведены многофакторные исследования грунтовых гидротехнических сооружений Курейской ГЭС с целью выявления необходимости в продлении работ по строительству «стены в грунте» [25 — 27].

В ходе многофакторных исследований на гребне плотины, с целью определения отметки верха противофильтрационного устройства, соответственно, на ПК 10+10 и ПК 12+00, были пробурены две скважины №№7 и 8 (рисунки 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3).





Рисунок 2.3.1 – Схема расположения шурфов и скважин, пробуренных в 2016 г. на правобережной плотине во II понижении

№ слоя	Стратигр. индекс	Мощность слоя, м	Подшва слоя, м		Разрез и конструкция скважины	Описание грунтов	Глубина отбора образца (монолита)
			Глубина	Абсолютная отметка			
1	tQ <sub>IV</sub>	0,6	0,6	98,7		Гравелистый песок	
2	5 tQ <sub>IV</sub>	1,4	2,0	97,3		Горная масса с песчаным заполнителем	
3	6 tQ <sub>IV</sub>	1,1	3,1	96,2		Гравелистый песок	▲ 2,0-3,1
4						Суглинок твердый с включениями гравия до 10 % и гальки до 5 %	▲ 3,1-3,25
5							▲ 3,25-3,4
6	1a tQ <sub>IV</sub>						■ 3,5-3,65
7						▲ 3,65-4,5	
8		5,4	8,5	90,8			■ 6,0-6,1
							■ 7,0-7,2
							▲ 7,2-8,5

Рисунок 2.3.2 – Геологическое строение оголовка правобережной плотины во II понижении, полученное по результатам бурения скв. №7 в 2016 г.



Рисунок 2.3.3 – Геологическое строение оголовка правобережной плотины во II понижении, полученное по результатам бурения скв. №8 в 2016 г.

Из рисунков 2.3.2 и 2.3.3 видно, что, если в правобережной части плотины (скв. 7) горная масса начинается на отм. 97,30 м, то в центральной части (скв. 8) слой гравелистого песка достаточно тонкий, и горная масса начинается на отм. 96,20 м, что существенно ниже проектной отметки уровня ФПУ 97,30 м.

В связи с этим был сделан вывод о том, что наращивание противофильтрационного устройства правобережной плотины во II понижении на момент проведения исследований не требуется при сохранении пониженной отметки ФПУ 95,60 м (но не проектной отметки 97,30 м). В заключении вышеуказанной отчетной документации сказано, что, учитывая текущее состояние грунтовых плотин Курейской ГЭС, их эксплуатация при проектной отметке ФПУ (97,30 м) на момент выполнения исследований не представляется возможной.

В связи с необходимостью перехода работы ГТС на проектную отметку ФПУ (97,30 м), в соответствии с заданием на реконструкцию, вывод об отсутствии необходимости наращивания верха противофильтрационного устройства правобережной плотины во II понижении, сделанный в 2016 г., требует пересмотра.

Вместе с тем в отчете 2016 г. [25] было отмечено, что поведение сооружения свидетельствует о развитии в его конструктивных элементах негативных процессов, не связанных с отметкой противофильтрационного устройства. Согласно данным

геодезических наблюдений, на ПК 11+50÷11+60 наблюдаются прогрессирующие осадки марок, установленных на гребне дренажной призмы. Аналогичные процессы меньшей интенсивности наблюдаются также на ПК 13+27. По результатам обработки данных за осадками и горизонтальными смещениями, а также по результатам расчетов, было получено, что на участке ПК 11+50÷ПК 11+60 возможно формирование поверхности обрушения, захватывающей дренажную призму, а также часть низовой упорной призмы приблизительно до середины низового откоса. Полученные значения коэффициента местной устойчивости низового откоса оказались близкими к 1,0 и зависят от фактического слоя слабого торфа, оставленного в основании дренажной призмы. По всей видимости, причина того, что коэффициент местной устойчивости низового откоса плотины оказался ниже нормативного, заключается в ошибке, допущенной при разработке и реализации окончательного варианта проекта плотины: дренажная призма была отсыпана на насыпь строительной дороги, выемка торфа под которой не проводилась. Первоначально мерзлая низовая упорная призма плотины в процессе эксплуатации начала оттаивать, и к 2008÷201 гг. произошло оттаивание потенциальной призмы обрушения, которая начала движение с возрастающей интенсивностью. Учитывая вышесказанное, техническое состояние сооружения было оценено как ограниченно работоспособное.

Необходимо отметить, что аналогичные выводы были сделаны сотрудниками СибНИИГ еще в 1997 - 1998 г. [17, 18].

По результатам проведенных исследований был сделан вывод о необходимости проведения комплекса работ, направленных на предотвращение полной потери местной устойчивости низового откоса с образованием оползня. К таким работам относится уточнение геологического строения основания плотины вблизи ее подошвы на участке от ПК 11+50 до ПК 13+30, по результатам которого низовой откос должен быть пригружен.

Полученные в ходе многофакторных исследований 2016 г. выводы легли в основу мероприятий по обеспечению безопасности ГТС, предписанных к выполнению в действующей Декларации безопасности [29] и Акте регулярного обследования [33] (таблица 2.3.1).

Согласно действующей Декларации безопасности [29], правобережная каменно-земляная плотина по II понижению характеризуется частично работоспособным техническим состоянием. По результатам проведенного регулярного обследования [33], изучения фондовых материалов, анализа безопасности ГТС, а также оценки мер по обеспечению надежности ГТС, был составлен список мероприятий, направленных на обеспечение безопасности ГТС Курейской ГЭС, приведенных в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 – Мероприятия, направленные на обеспечение надежности и безопасности сооружений Курейской ГЭС согласно Акту регулярного обследования (указаны только мероприятия, касающиеся правобережной плотины во II понижении)

№ п/п	Наименование мероприятий	Сроки выполнения
4	В рамках проекта реконструкции земляных плотин разработать проект пригрузки низового откоса правобережной плотины во втором понижении на ПК 11 ÷ ПК 12+30 и от ПК 13+10 до левобережного примыкания	31.12.2023
5	Реализовать проект пригрузки низового откоса правобережной плотины во втором понижении на ПК 11 ÷ ПК 12+30 и от ПК 13+10 до левобережного примыкания, разработанный в соответствии с п. 3.	01.10.2024

Как видно из таблицы 2.3.1, разработка и реализация проекта реконструкции правобережной плотины во II понижении запланированы соответственно на конец 2023 и 2024 г.

Согласно отчетам по надзору за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений Курейской ГЭС [31, 32], правобережная плотина во II понижении находится в ограниченно работоспособном техническом состоянии в связи с превышением критериев безопасности К1 по осадкам марок ПМ-7, ПМ-31, ПМ-3 и ПМ-34.

В отчетах отмечено, что не исключается возможность дальнейшего повышения интенсивности осадков и смещений марок при изменении внешних воздействий (превышение НПУ 95,00 м, высокие, относительно среднемноголетних, температуры «холодного» сезона, динамические воздействия от взрывных работ на карьерах и т.п.).

Согласно данным натурных наблюдений, осадка гребня плотины продолжается, причем наиболее интенсивно на участке от ПК 11+56 до ПК13+50. Уже на момент проведения на данном участке по данным многофакторных

исследований 2016 г. [27] отметка верха противофильтрационного устройства была равна проектной (95,55 м на ПК 12+00). С момента проведения данных исследований, осадки гребня плотины на указанном выше участке составили от 1,3 до 11,6 см. При этом сохранении текущего тренда их изменения, к концу расчетного срока службы сооружения отметка гребня плотины может существенно понизиться.

В 2021 г. на правобережной плотине во II понижении были проведены инженерно-геологические изыскания [34], в ходе которых с целью уточнения геологического строения тела плотины были пробурены скважины (№№1÷10) и выкопаны шурфы (№№ 11, 12), положение которых показано на рисунке 2.3.4.

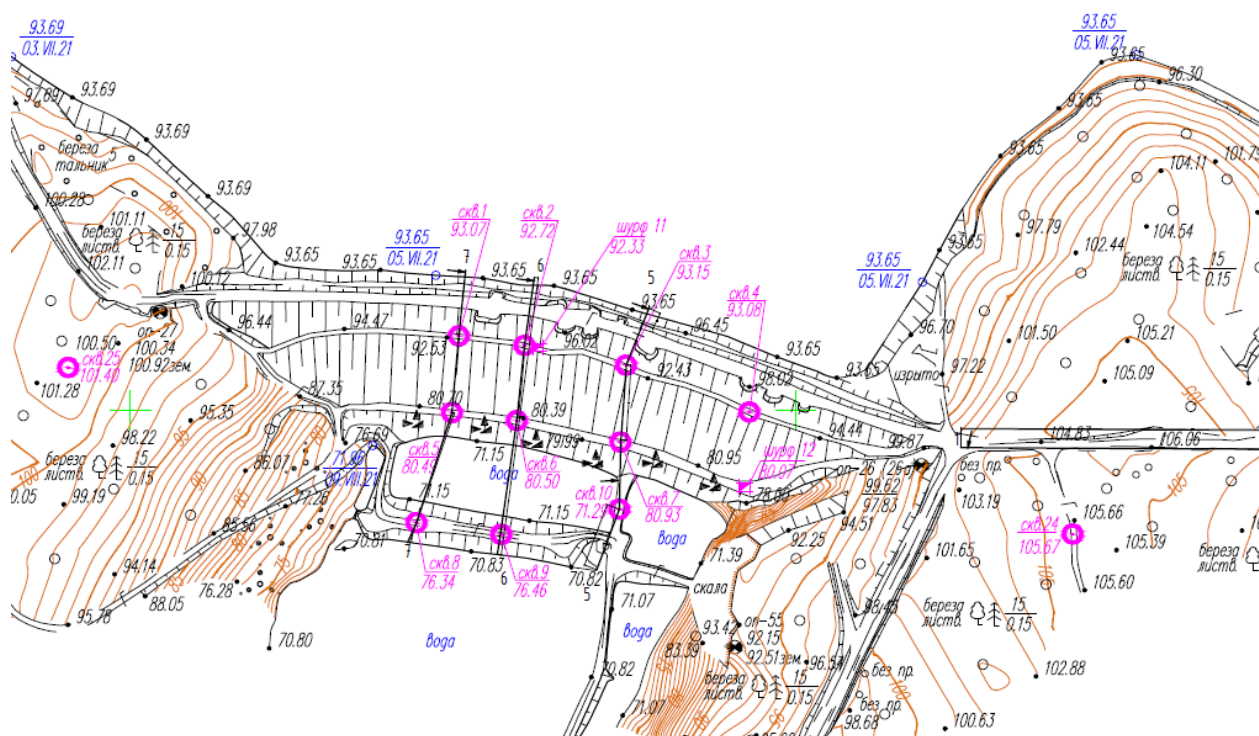


Рисунок 2.3.4 – Схема расположения шурфов и скважин, пробуренных в 2021 г. на правобережной плотине во II понижении

По результатам инженерно-геологических изысканий было уточнено геологическое строение тела и основания плотины, отобраны образцы для проведения лабораторных исследований. Были уточнены расположение и мощность слабых глинистых грунтов и торфов, залегающих в основании дренажной призмы плотины, наличие которых согласно результатам многофакторных исследований, является основной причиной незатухающих осадок сооружения.

Таким образом, в связи с необходимостью перехода работы ГТС на проектную отметку ФПУ (97,30 м), в соответствии с заданием на реконструкцию, результаты проведенных исследований свидетельствуют о необходимости выполнения работ:

- по наращиванию верха противофильтрационного устройства правобережной плотины во II понижении;
- по повышению устойчивости низового откоса правобережной плотины во II понижении.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ данных натурных наблюдений, проектной документации, многофакторных исследований и комиссионных обследований, проведенных на ГТС Курейской ГЭС, позволяет сделать следующие выводы:

1. Для русловой плотины - необходимо продолжить работы по наращиванию верха противofильтрационного устройства;
2. Для правобережной плотины во II понижении необходимо выполнить работы:
  - по восстановлению гребня плотины до проектной отметки;
  - по наращиванию верха противofильтрационного устройства;
  - по пригрузке низового откоса для повышения устойчивости.

При этом стоит отметить, что в проекте реконструкции заданием не предусмотрено выполнение анализа по левобережной и правобережной в III понижении плотинах. До проведения дополнительных исследований по подтверждению возможности безопасной эксплуатации данных сооружений при проектной отметке ФПУ 97,30 м, существующее ограничение по максимальной допустимой пониженной отметке ФПУ (95,60 м) должно сохраняться даже после реализации проекта реконструкции русловой плотины и правобережной плотины во II понижении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-81\*».
2. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (с Изменением N 1)».
3. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменением N 1)».
4. СП 23.13330.2018 «Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85».
5. СП 38.13330.2018 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82\*».
6. СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84\* (с Изменениями N 1, 2)».
7. СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85 (с Изменением N1)».
8. СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87 (с Изменением N 1)».
9. СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением N 1)».
10. СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология (с Изменением N 1)».
11. Курейская ГЭС. Технический проект. Общая пояснительная записка. Шифр 145–1тА. – Красноярск, Красноярскгидропроект. 1982.
12. Курейская ГЭС. Технический проект. Гидрологические условия. Климат. Шифр145–5т. – Красноярск, Красноярскгидропроект, 1982.
13. Курейская ГЭС. Технический проект. Топографо–геодезическое обоснование. Шифр145–6тА. – Красноярск, Красноярскгидропроект, 1982.
14. Рабочая документация по основным сооружениям, шифр 144–9, 10, 11, 18, 20, 27. – Красноярск. Красноярскгидропроект. 1980–1991.



15. Отчет «Обоснование конструкции противопучинистого оголовка русловой плотины Курейской ГЭС», СибВНИИГ, 1985 г.
16. Отчет «Обеспечение надежности сооружений Курейской ГЭС на стадии завершения строительства и начальный период эксплуатации», 1990 г.
17. Техническая информация по договору N:48-82 (доп. согл. №2) «Комплексная оценка состояния грунтовых плотин Курейской ГЭС, научное обоснование, уточнение проекта и критериев их эксплуатационной надежности». Этап N:2 «Расчетные исследования НДС и прочности элементов в продольном сечении правобережной плотины (II понижение). ОАО «СибНИИГ». Красноярск, 1997.
18. Техническая информация по договору N:48-82 «Комплексная оценка состояния грунтовых плотин Курейской ГЭС, научное обоснование, уточнение проекта и критериев их эксплуатационной надежности». Этап N:4 «Расчетно-теоретические исследования устойчивости с учетом термо-фильтрационного режима и фактического состояния грунтов тела и основания правобережной плотины (II понижение). ОАО «СибНИИГ». Красноярск, 1998.
19. Сводные отчеты инженерно-геологической документации строительных выемок в основании гидротехнических сооружений гидроузла, шифр ГЛ14/63т–66т,70т. – Красноярск. ОАО «Красноярскгидропроект», 1996–1998.
20. Сводный отчет по разведке и разработке месторождений местных материалов для строительства каменно-земляных плотин и бетонных сооружений. Том 1. Текст отчета. Инженерно-геологические условия месторождений — карьеров местных строительных материалов. Шифр ГЛ.14/77т. Красноярск, 2000.
21. Рабочая документация по ремонту противοфильтрационных элементов грунтовых плотин Курейской ГЭС способом «стена в грунте». Шифр №849 – М.: ООО «СПИИ «Гидроспецпроект», 1997–2002.
22. Заключение строительно-гидротехнической секции комиссии по приемке Курейской ГЭС в эксплуатацию. Книга 1 «Проект основных и вспомогательных сооружений Курейской ГЭС и его оценка». 2002.
23. Заключение строительно-гидротехнической секции комиссии по приемке Курейской ГЭС в эксплуатацию. Книга 2 «Строительство гидротехнических сооружений и период временной эксплуатации». 2002.

24. Заключение строительного-гидротехнической секции комиссии по приемке Курейской ГЭС в эксплуатацию. Книга 3 «Оценка состояния эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений гидроузла. Заключение». 2002.
25. Технический отчет по договору № НТЭК-32-297-16/4-556-38. Дополнительное соглашение №1. «Многофакторные исследования грунтовых гидротехнических сооружений Курейской ГЭС АО «НТЭК» с целью выявления необходимости в продлении работ по строительству «стены в грунте». Этап 1 «Проведение многофакторных исследований грунтовых плотин». АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2016.
26. Технический отчет по договору № НТЭК-32-297-16/4-556-38. Дополнительное соглашение №1. «Многофакторные исследования грунтовых гидротехнических сооружений Курейской ГЭС АО «НТЭК» с целью выявления необходимости в продлении работ по строительству «стены в грунте». Этап 2 «Проведение лабораторных испытаний грунтов тела и основания грунтовых ГТС Курейской ГЭС». АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2016.
27. Технический отчет по договору № НТЭК-32-297-16/4-556-38. Дополнительное соглашение №1. «Многофакторные исследования грунтовых гидротехнических сооружений Курейской ГЭС АО «НТЭК» с целью выявления необходимости в продлении работ по строительству «стены в грунте». Этап 3 «Проведение исследований с целью обоснования целесообразности продолжения работ по возведению «стены в грунте». АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2016.
28. Технический отчет по выполнению работы «Анализ состояния основных гидротехнических сооружений Курейской ГЭС за 2011-2018 гг. (русловая, правобережная, левобережная каменно-земляные плотины, здание ГЭС, поверхностный водосброс, водоприемник) по данным натурных наблюдений» (Договор № НТЭК-32-745/18/4-556-648 от 16.08.2018). Этап 2 «Анализ результатов натурных наблюдений за состоянием основных гидротехнических сооружений Курейской ГЭС за период 2011—2018 гг.». АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2018.

29. Декларация безопасности гидротехнических сооружений Курейской ГЭС АО «НТЭК» от 22.07.2019 г.
30. Инструкция по эксплуатации гидротехнический сооружений ПИ-51-311-01-2020 от 20.05.2020 г.
31. Технический отчет по работе «Надзор за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, УТВС, Усть-Хантайской ГЭС, Курейской ГЭС АО «НТЭК» (Договор № НТЭК-32-404/19/2-556-733 от 01.04.2019 г.). Этап 5 (промежуточный). Составление годового отчета о состоянии ГТС Курейской ГЭС. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2020.
32. Технический отчет по работе «Надзор за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, УТВС, Усть-Хантайской ГЭС, Курейской ГЭС АО «НТЭК» (Договор № НТЭК-32-404/19/2-556-733 от 01.04.2019 г.). Этап 10 (промежуточный). Составление годового отчета о состоянии ГТС Курейской ГЭС. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2021.
33. Акт регулярного обследования гидротехнических сооружений Курейской ГЭС АО «НТЭК» п. Светлогорск, 12-16 июля 2021.
34. Курейская ГЭС. Реконструкция земляных плотин (договор №НТЭК-32-1044/21 от 26.07.2021г. Этап 1). Технический отчет по результатам инженерных изысканий за 2021 год для подготовки проектной документации. Инженерно-геологические изыскания. 2220–ИГИ. АО «Ленгидропроект». Санкт-Петербург, 2021.
35. Технический отчет по работе «Надзор за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, УТВС, Усть-Хантайской ГЭС, Курейской ГЭС АО «НТЭК» (Договор № НТЭК-32-404/19/2-556-733 от 01.04.2019 г.). Этап 15 (промежуточный). Составление годового отчета о состоянии ГТС Курейской ГЭС. АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». С.-Петербург, 2022.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И АВТОДОРОГ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ КУРЕЙСКОЙ ГЭС



Рисунок П.1.1 – Схема расположения месторождений строительных материалов и автодорог на стройплощадке Курейской ГЭС; нумерация карьеров приведена в таблице П.1.1 [35]

Таблица П.1.1 – Нумерация месторождений строительных материалов и их участков [35]

Номер месторождения	Номер участка	Наименование грунтов полезной толщи	Разведано запасов тыс. куб. м.	Объем добытого материала тыс. куб. м.
<b>МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАМНЯ</b>				
1	—	долериты интрузивные	5000	1057,1
котлованы гидроузла		песчаники разномзернистые	3381,8	3381,8
		долериты интрузивные	—	—
<b>МЕСТОРОЖДЕНИЕ СУГЛИНКОВ</b>				
6	3	суглинки, супеси гравелистые	393	393
6	4	суглинки, супеси гравелистые	660	660
36	1	суглинки, супеси гравелистые	196	резерв
36	2	супеси, суглинки гравелистые	485,9	385,9
36	3	супеси, суглинки гравелистые	330,2	330,2
<b>МЕСТОРОЖДЕНИЕ ГРАВИЙНО-ГАЛЕЧНИКОВЫХ ГРУНТОВ</b>				
7	2	ПГС, гравий, пески	260	260
9	—	грав-галечн. грунты с песком	155,1	резерв
10	—	грав-галечн. грунты с песком	1151	800
11	—	грав-галечн. грунты с песком	167,2	167,2
13	—	грав-галечн. грунты с песком	1140	1140
30	1	грав-галечниковые грунты	395,6	395,6
30	2	грав-галечниковые грунты	320	320
30	3	грав-галечниковые грунты	585	585
30	4	грав-галечниковые грунты	—	—
30	5	грав-галечниковые грунты	408,5	резерв
30	6	грав-галечниковые грунты	317,2	резерв
41	1а	грав-галечниковые грунты	380	380
41	2	грав-галечниковые грунты	968,7	968,7
36	10	грав-галечниковые грунты	734	резерв
<b>МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПЕСКОВ РАЗНОЗЕРНИСТЫХ ГРАВЕЛИСТЫХ</b>				
6	1	пески галечниковые, супеси	200	резерв
6	2	пески гравелистые (отвал в карьере 31)	1000	резерв
7	1	пески разномзернистые	343	резерв
18	—	пески разномзернистые	808,5	резерв

## Таблица регистрации измерений

Изм.	Номер листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	2220-КР2.3	Лист
Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					