



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Посадка уровней при**
разработке русловых карьеров

Исполнитель Рангулова Лаура Руаловна

Руководитель Д. г. н., профессор Барышников Николай Борисович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

К. г. н., доцент

Исаев Дмитрий Игоревич

«21» мая 2016 г.

Санкт-Петербург
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра _____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Наименование темы работы**
согласно приказа

Исполнитель _____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

« ___ » _____ 20__ г.

Санкт–Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

		стр.
	Введение	3
1	Описание участка интенсивных карьерных разработок в русле р. Томи в районе г. Томска	5
2	Воздействие карьеров на уровни и русловой режим рек	8
2.1	Изменение в структуре потока и морфологии русла на участках выемок речного аллювия	8
2.2	Схема процесса изменения речного русла под влиянием карьерных разработок.	11
3	Изменение речных русел под влиянием русловых карьерных разработок на примерах различных рек	14
4	Воздействие карьерных разработок на гидравлику потока и русловые процессы на реке Томи у города Томска	18
5	Судоходные условия на реках в зоне добычи нерудных строительных материалов	47
	Заключение	53
	Список литературы	54
	Приложение ..	55

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное жилищное, промышленное и гидротехническое строительство в годы предшествующие перестройке привело к необходимости резкого увеличения добычи различных нерудных материалов. Наиболее дешевым путем, по мнению строителей, являлась добыча аллювия из русловых и пойменных карьеров. Это обусловлено близким расположением карьеров от строительных объектов, низкой стоимости добычи аллювия при использовании земснарядов и сокращением транспортных расходов.

В тоже время, увеличение объектов добычи аллювия, извлекаемого из русловых карьеров, привело к ряду негативных процессов. Основным из них являлось резкое падение уровня воды, являющееся следствием разработки перекатов и других выпуклых форм русловых образований. Именно это в ряде случаев привело к разрушению различных гидротехнических сооружений (мостовых переходов, причалов, набережных и т.д.), обнажению водозаборов и водовыпусков и, как следствие, резкому ухудшению экологической обстановки. Последнее имеет большое значение, т.к. карьеры обычно располагаются в непосредственной близости от городов и населенных пунктов.

Вторым существенным недостатком является «сползание карьеров» вниз по течению реки, что приводит к уменьшению устойчивости, а иногда и разрушению гидротехнических сооружений. Имеющаяся информация указывает на то, что на ряде рек России и стран СНГ падение уровней составляет очень большие величины. Так, на р. Томи они составляют 2,7 м, на р. Оби – 1,5 м, а на ряде рек Карпат даже превышают 5 м. В тоже время проблема карьеров не является однозначной. Вопрос об их открытии или дальнейшей эксплуатации должен решаться на основе экономических расчетов и научно-обоснованной методики расчетов величин падения уровней воды. Именно разработка последней на примере р. Томи у г. Томска

осуществляется на кафедре гидрометрии РГГМУ. Данная работа является продолжением этих исследований и направлена на совершенствование методики расчетов величин падения уровня воды на основе данных о планируемых объемах изъятия аллювия из русел рек. Работа выполняется на основе информации по большим карьерам в руслах р. Томи у г. Томска и р. Иртыша у г. Омска.

1. Описание участка интенсивных карьерных разработок в русле р. Томи
в районе г. Томска

Река Томь является правым притоком р. Оби. Длина её составляет 827 км, перепад высот от истока до устья – 1185 м, площадь бассейна 62 тыс.км². Берёт начало на западном склоне Абаканского хребта, между северными отрогами хребта Карлиган и горой «Вершина Томи». В верхнем течении – горная река, текущая в узкой долине. На выходе из гор в Кузнецкой котловине и далее среди Западно-Сибирской низменности долина расширяется. Дождевое питание реки составляет 25-40 %, снеговое — 35-55 % и грунтовое — 25-35 % годового стока. Замерзает в конце октября – середине ноября, вскрывается в конце апреля. Средняя продолжительность ледостава 158-160 дней. Река судоходная.

Участок реки в районе г. Томска расположен в пределах 60-80 км от устья р. Томи. Прилегающая к речной долине местность является отрогами Кузнецкого Алатау со среднехолмистым рельефом, покрыта смешанным лесом.

Долина реки ящикообразной формы, слабо извилистая в плане, шириной 2-4 км. Склоны долины террасированы. В районе г. Томска выделяются 4-5 террас, высотой 70-90 метров. От села Комарово (93 км от устья реки) до коммунального моста (73 км от устья) правый склон долины крутой, обрывистый, местами заросший древесной и кустарниковой растительностью. Обрывистые участки склона свободны от растительности. Левый склон долины покрыт луговой, кустарниковой и древесной растительностью.

Пойма реки выше Коммунального моста левобережная, шириной до 4 км, изрезана старицами и озерами, покрыта кустарником и полями сельскохозяйственных угодий. Пойма начинает затопляться при уровне 890-900 см над нулем поста Томск-гидроствор.

По левобережной пойме протекают реки Черная и Кисовка.

Правобережная пойма простирается от Коммунального моста вниз по течению реки до поселка Черемошники (63 км от устья). Достигает ширины 1 км. Для предотвращения затопления по берегу реки построена дамба.

Русло реки умеренно извилистое. В районе г. Томска ширина его составляет 400-500 м. Русло реки, начиная от 109 километра и до устья, разделяется на ряд больших и малых приток. Между основным руслом и этими протоками находится большое количество островов и осередков различных размеров. Особенно много островов в русле, начиная с 73 километра и вниз по течению. До разработки карьеров в русле р. Томи, на её участке Вершинино-Белобородово отмечалось довольно равномерное чередование перекатов и плёсов, причем глубины на перекатах достигали в межень 0,35-1,1 м, а на плёсах 4,0-10,0 м (рис. 1.1).

Ложе реки сложено преимущественно сланцами, покрытыми слоями крупной малоподвижной гальки, в силу чего, несмотря на быстрое течение (в паводок скорости достигают 3,0 м/с), речное русло сохранило свою конфигурацию и было относительно устойчиво.

Всё это имело место до того, пока из русла р. Томи в 1955 году не началась интенсивная выборка гравия и песка для строительных целей. Кроме того, для поддержания судового хода из русла было вынута за эти годы около 2,0 миллионов кубометров грунта с отвалом его непосредственно также в русло. Произошло резкое изменение в конфигурации русла реки не только на участках выемки грунта, но и даже на других участках, расположенных на значительном расстоянии от карьера. При этом произошли неизбежные переотложения наносов как по длине, так и по ширине всей реки.

Раньше р. Томь была судоходна от устья до г. Новокузнецка, в настоящее время только – от устья до г. Томска. Добыча нерудных строительных материалов привела к понижению уровней воды свыше 2,5 м, деградации пойменных ландшафтов, обнажению скального порога в русле

реки. На берегах реки обнаружены скальные рисунки (Томская писаница) древнего человека.

Примерно до конца 80-х годов прошлого века добыча гравия велась стабильно высокими темпами, а в начале перестройки добыча аллювия прекратилась. В конце 90-х годов прошлого века из соображений экологической безопасности добывать гравий в русле реки запретили. А вот на необходимый уход за дном водоема не находили ни времени, ни денег. За несколько десятилетий сильно изменились рельеф дна водоема, направление течения.

2. Воздействие карьеров на уровни и русловой режим рек

2.1 Изменение в структуре потока и морфологии русла на участках выемок речного аллювия

Русловые карьеры представляют собой выемки на дне реки глубиной до 10-12 м, обычно неправильных очертаний с очень неровным дном.

Размещение карьеров в руслах и на поймах рек для добычи строительного материала в большинстве случаев осуществляется без научного обоснования. Это приводит к существенному изменению гидрологического и руслового режимов. Карьерные разработки сказываются на гидравлично-морфологическом состоянии участков реки, длина которых во много раз превышает длину карьеров. Часто они занимают всю ширину русла или рукава реки, а протяженность подобных выемок вдоль реки может достигать нескольких километров [2]. Ежегодный объем извлекаемого из карьера аллювия на один-два порядка превосходит объем среднегодового стока донных наносов, компенсирующих удаленный грунт.

Местоположение карьера, как правило, связывают с выпуклыми морфологическими элементами русла: гребнями перекатов, побочными, пляжами излучин, осередками, островами или пойменными массивами.

Карьер нарушает морфологическое строение реки, что ведет к изменению гидрологического и руслового режимов водотока. Степень изменения этих режимов зависит от состояния, размеров реки и характеристик русла реки. В связи с этим все карьеры разделяют на две группы: малые и большие. В малых карьерах при естественных уровнях воды дно карьера закрывает область водоворота, которая препятствует контакту транзитного потока с дном. Для большого карьера характерно наличие прямого контакта транзитного потока с дном выемки. Водоворотные зоны в

этом случае примыкают к верховому и низовому откосам карьера (рис 2.1) [7].

Различие в геометрических размерах малых и больших карьеров приводит к разной кинематической структуре потока в этих выемках.

Рис. 2.1 Поле скоростей течения на участках размещения малого (а) и большого (б) карьеров (по Б.Ф. Сنيщенко)

В малом карьере образуются две кинематические зоны:

- водоворотная зона, занимающая все продольные сечения выемки;
- транзитная зона, которая располагается над водоворотной.

Малый карьер – источник повышенной турбулентности потока.

При разработке большого карьера образуются: течение у верхнего откоса карьера (обращенный назад уступ), течение у низового откоса карьера (обращенный вперед уступ) и область транзитного течения, заключенная между указанными областями.

Интенсивность турбулентного потока (транзитного потока) по длине верхового откоса карьера также, как и в малом карьере, увеличивается и у подошвы откоса достигает наибольших значений. По мере удаления от верхового откоса происходит вырождение турбулентности. Турбулентная энергия в створе бровки низового откоса большого карьера примерно в 30 раз меньше, чем в створе расположенном у подошвы верховного откоса [9].

Возникновение водоворотных зон увеличивает местные потери энергии, поэтому в пределах верхового откоса карьера, особенно малого, уровень воды на начальных этапах разработки карьеров несколько повышается. Такое повышение уровня обычно непродолжительно и характерно для начальной стадии существования карьера. Подъем уровня приводит к уменьшению продольного уклона водной поверхности на первом участке, снижению скоростей течения и аккумуляции наносов перед карьером. Выше и ниже карьерной выемки формируются кривые спада водной поверхности [2].

В начальный момент размещения малого карьера основные изменения в параметрах потока и русла связаны с повышением уровня воды над карьером вследствие перехода части кинематической энергии потока в потенциальную. В конце II-огои начале III-огоучастков уклоны и скорости течения при этом резко увеличиваются, что приводит к размыву низового и верхней части III-огоучастка. По мере понижения дна IIIучастка вследствие перехвата наносов карьером уровни воды на I-оми II-ем участках снижаются, что вызывает на I-омучастке в результате увеличения здесь уклонов и скоростей течения интенсивный размыв дна. В начальный момент разработки большого карьера уровень воды непосредственно выше карьера (I участок) снижается на величину ΔZ :

$$\Delta Z = (J_b - J_k)L_k, \quad (2.1)$$

где J_b - бытовой продольный уклон на участке карьера;

J_k - уклон водной поверхности на участке карьера;

L_k - длина карьера.

По мере понижения дна на III-емучастке, вызванного нарушением баланса стока наносов, уровни на I-оми II-омучасткахснижаются, что усиливает процесс размыва русла на верхнем участке.

2.2 Схема процесса изменения речного русла под влиянием карьерных разработок.

Для понимания поставленного вопроса о влиянии русловых карьеров нерудных материалов на уровни, русловые процессы и другие характеристики реки достаточно иметь ввиду то, что речные русла сложены аллювием (донными отложениями), который формируется самой рекой. Реки сами создают себе русла с определённым рельефом и таким уклоном, что в среднемноголетнем разрезе для каждого участка реки вынос потоком донного материала компенсируется его поступлением с вышележащего участка.

Вследствие уменьшения транспортирующей способности потока карьеры перехватывают полностью сток донных наносов и часть стока взвешенных наносов. Дефицит наносов ниже карьера ощущается уже на первой стадии разработки карьера, особенно при больших объемах добычи.

А так как ниже по течению от этого карьера поток будет сохранять прежнюю транспортирующую способность, то, следовательно, ниже карьера будет иметь место некомпенсированный вынос донного материала и снижение отметок дна (врез потока) – регрессивная эрозия. Так как в устье данной реки отметки водной поверхности будут определяться уровнем воды водоприёмника, то в целом, на участке реки от карьера до устья будет происходить постепенное уменьшение уклонов водной поверхности. Величина вреза руслового потока или посадка уровня будут убывать к устью.

Длину участка эрозии ниже карьера предлагается вычислять по формуле[2]:

$$L_e = \frac{(l_1 + l_2)}{h_e - h_0} h_k, \quad (2.2)$$

где l_1, l_2 - длина карьера по дну и по верху;

h_e, h_0 - глубина в начале и конце зоны размыва;

h_k - глубина в карьере.

На ранней стадии существования карьера преобладает регрессивная эрозия. В связи со снижением уровня над карьером выше него образуется кривая спада, сопрягающая поверхность воды в карьере с участком потока, где влияние карьера не сказывается. Уклоны воды на участке спада возрастают, в результате чего растут и скорости потока. Последнее часто обусловлено также уменьшением сопротивления поверхности дна за счет разрушения крупнозернистого слоя русловой самоотмостки.

Снижение русловых сопротивлений, ведущее наряду с ростом глубины и площади русла в месте карьера, к падению уровня воды – важнейшее следствие разработки карьеров.

Общее сопротивление складывается из сопротивлений зернистой шероховатости поверхности дна, сопротивления мезоформ (перекатов, побочней, осередков), сопротивления русловых микроформ (гряд) и сопротивления береговой линии. Первые три вида сопротивлений уменьшаются в результате того, что гряды и мезоформы часто удаляются, отмостка разрушается и заменяется более мелкими частицами [9,10].

Увеличение скоростей выше карьера приводит к усилению эрозионной деятельности потока, в результате чего уровень дна понижается вместе со свободной поверхностью. Указанное явление ведет к изменению многолетнего режима не только в пределах карьера, но и на значительном удалении от него (десятки километров на средних и больших реках). Это касается, в первую очередь, связей расходов и уровней $Q=f(H)$, уклонов и уровней $I=f(H)$, глубин и уровней $h=f(H)$ [9].

Как уже отмечалось, падение уровня воды в карьере вызывает размыв русла реки на участке, расположенном выше карьера. Особую роль в процессе трансформации русла играет неоднородность аллювия и геологического строения русла. На участках с более крупным аллювием эрозия замедляется по сравнению с соседними; смыв слоя аллювия приводит

к обнажению в русле скальных или прочных глинистых пород, которые начинают играть роль местных базисов эрозии. Как правило, регрессивная эрозия замедляется на местном базисе эрозии, и уступ местного базиса эрозии проявляется в продольном профиле все более отчетливо. Вместе с тем, выше такого выступа в половодье формируется кривая гидравлического спада [2], распространяющаяся иногда на десятки километров вверх по течению. В результате происходит интенсификация эрозийных процессов выше местного базиса эрозии. Фронт размыва будет продвигаться вверх по реке до тех пор, пока продольный профиль русла не примет форму динамически устойчивого профиля

На участке реки с боковой приточностью в зоне влияния карьера наблюдается увеличение поступления наносов из притоков, что и приводит к усилению русловых деформаций на этих притоках. Вынос наносов из притоков может привести к изменению типа русла в главной реке [1].

В случае прекращения разработки карьеров река с течением времени заполнит наносами как сами карьеры, так и участок реки ниже них, где ранее наблюдался размыв русла, то есть река восстановит свой продольный профиль и плановые очертания. Время, которое ей на это понадобится, определяется соотношением объема годового стока донных наносов данной реки и объемов искусственной (в карьерах) и естественной (ниже них) выемки донных отложений.

3. Изменение речных русел под влиянием русловых карьерных разработок

Наиболее значительные объёмы добычи руслового аллювия отмечены на реках Томь, Кубань, Уфа, Белая, Ока, Иртыш, Днепр, Обь, Лена, Катунь, Волга, Дон, Северная и Западная Двина, Неман, а также на реках зоны БАМа, Карпат, Кавказа, Средней Азии и Дальнего Востока. За 1981-1985 гг. только одним Минречфлотом было добыто из рек 163 млн. м³ аллювия.

Разработки песчано-гравийных карьеров на участках рек ведутся в большинстве случаев без учета руслового и гидрологического режимов и охраны водных ресурсов всей реки или отдельных ее участков, что оказывает непредвиденное отрицательное влияние на инженерные сооружения, построенные в русле.

Последствием карьерных разработок, независимо от техники добычи, является нарушение естественной морфологии русла и одновременно создание локального дефицита наносов. Русловые карьеры непосредственно меняют морфометрические характеристики русла и понижают отметку дна, при этом разрабатываются глубокие ямы. Так, глубина русловых карьеров на верхней Оке достигает 12 м, что в три раза превышает глубину естественных плесовых лощин. Так же последствием разработок является снижение уровня воды в реках и дефицит наносов ниже мест разработки. Это влечет за собой ухудшение судоходных условий и осложнение работы портов, нарушение устойчивости портовых гидротехнических сооружений, обнажение водозаборов и водовыпусков, подмыва мостовых опор и переходов нефтепроводов.

Антропогенное влияние на гидрологический режим и русловые процессы вследствие забора для строительных целей больших объемов грунта из русла реки сказывается на р. Иртыше. Русло Иртыша песчаное, довольно подвижное. Разработка русловых карьеров велась с конца 1950-х гг.

на участке длиной 60 км в районе города Омска. Объем добытого песка в 1980-х гг. приблизительно оценивается в 38 млн. м³, хотя, вероятно, эта величина занижена.

Согласно оценкам, выполненным Государственным гидрологическим институтом, в 1982 г. объем русла в результате разработки карьера превышал бытовую (1950-е гг.) на 27 млн. м³, достигая 0,8 млн. м³ на 1 км длины русла.

Посадка уровней в районе Омского рейда является локальной, вызванной извлечением из русла большого количества строительного песка. Показателем нарушения уровенного режима на преобразованном участке реки является изменение положения зависимости расхода воды от уровня, т.е. $Q=f(H)$ у г. Омска за многолетний период. Анализ натуральных данных показывает, что до 1955 г., т.е. до начала карьерных разработок в русле, систематические изменения положения зависимости $Q=f(H)$ незначительны. После 1955 года в результате нарушения руслового режима связь расходов и уровней воды нарушилась. Падение уровня при расходе 450 м³/с в 1975-1979 гг. составило 125 сантиметров [6].

Карьерные разработки увеличивают вместимость меженного русла. Анализ изменения зависимости расходов воды от уровней показывает, что максимальные годовые посадки совпадают с повышенной добычей из русла реки строительных материалов.

Снижение объема стока наносов после зарегулирования стока р. Иртыш не позволяет быстро заполнить дополнительные емкости русла. Сравнительная оценка показывает, что к 1982 г. было заполнено не более 30% этой дополнительной емкости в районе Омского порта, что примерно соответствует ежегодному отложению 550 тыс. м³ наносов.

Существенная посадка уровня воды и переформирование русла реки Оби после создания Новосибирского гидроузла, усиленные последствием забора грунта для строительных целей, усложнили работы по поддержанию судоходных глубин, потребовали увеличения объема дноуглубительных работ, уменьшили эффективность работы самой ГЭС [5]. К началу 1990 гг.

средний объем русла на приплотинном участке увеличился на 1,5 млн. м³ на 1 км длины. Следствием разработки карьеров явилась дальнейшая посадка уровней воды как у плотины, так и ниже по течению. Согласно проекту она должна была составить 0,7-0,8 м, однако уже к 1979 г уровень воды при расходе 1640 м³/с у плотины понизился на 1,5 м, а в районе о. Отдыха – на 80 см. К началу 1990-х гг. посадка уровня у плотины достигла 2 м. это обусловлено интенсификацией эрозионных процессов, в частности из-за уничтожения отмостки. Посадка уровней отрицательно сказалась на состоянии городских водозаборных сооружений.

Размещение карьеров в русле сказывается на гидравлико-морфологическом состоянии участков рек, длина которых во много раз превышает длину карьера.

Например: на реке Днестр длина участка, на которую распространилась разработка русла, составила около 80 километром [7].

Существенная перестройка русла под воздействием карьерных разработок происходила и на реке Кубани ниже г. Краснодара. За период 1911-1973 гг. (до ввода в эксплуатацию Краснодарского гидроузла) снижение меженного уровня составило 1,3 метра [7].

Отрицательные последствия бессистемной выемки нерудного материала из русел рек видны на примере рек Карпат. На реке Стрый у сел Ходовычи и Песчаное устроены карьеры с ежегодной выемкой гравия до 4,5 млн. м³, что значительно превышает среднемноголетний годовой объем стока наносов. Посадка меженных уровней воды в районе этих карьеров в настоящее время составила около 5 метров. Вследствие резкого увеличения продольных уклонов на данном участке р. Стрый происходит интенсивное переформирование русла.

У села Песчаное расположен крупный узел газопроводов: восемь ниток газопроводов, из которых шесть подземных и два воздушный перехода (свайный и висячий). К 1980 г. было разрушено в различные годы эксплуатации пять подземных газопроводов. Последний

подземный газопровод (шестой) диаметром 720 мм был разрушен прошедшими ливневыми паводками 25 Июля 1980 г. Так же были разрушены железно- и автодорожный мосты.

За 1945-1980 гг. на участке слияния рек Черемош и Прут было изъято более 50 млн. м³ гравия. В результате этого резко возросли скорости плановых деформаций русел этих рек, что привело к ежегодной потере десятков гектаров сельскохозяйственных полей и лесных массивов [9].

Разработка карьеров на р. Томи у г. Томска существенно изменила водный режим реки на данном участке. Нарушилась многолетняя связь расходов и уровней воды по Томскому гидроствору. Снижение уровней воды р. Томи у г. Томска достигло катастрофических значений. В настоящее время участок реки, затронутый в той или иной мере карьерами, простирается более чем на 50 км. Более подробный анализ изменения гидрологического режима на указанном участке р. Томи вследствие карьерных разработок изложен в главе 4.

Из приведенного выше следует, что разработка карьеров в руслах рек приводит к нарушению динамического равновесия их водного и руслового режимов и нарушает процесс саморегулирования. Именно это надо учитывать при проектировании различных гидротехнических сооружений, чтобы избежать аварий при их эксплуатации.

При эксплуатации больших карьеров необходимо решать вопрос о целесообразности строительства подпорных сооружений для уменьшения величины посадки уровня воды и ускорения заполнения аллювиальными отложениями разработанных карьеров.

4. Воздействие карьерных разработок на гидравлику потока и русловые процессы на реке Томи у города Томска

Река Томь относится к первым рекам, на которых водопользователями, а затем и научной общественностью были обнаружены последствия разработки русловых карьеров. Разработка карьеров для добычи песчано-гравийной смеси (ПГС) из русла р. Томи на участке у г. Томска вызвала существенные изменения гидрологического режима и русловых процессов. Интенсивная промышленная выборка гравия и песка началась на р. Томи в районе г. Томска (50-76 километр от устья реки) с 1955 года Томским речным портом. В разное время с помощью дночерпательных механизмов было вынуто из русла реки более 191 млн. тонн песчано-гравийной смеси (табл. 4.1). Кроме того, Томским техническим участком для поддержания судового хода из русла было вынуто за эти годы около 2,0 млн. м³ грунта с отвалом его непосредственно в русло.

К концу шестидесятых годов были полностью срезаны Верхний и Нижний Томский, Боярский, Черемошниковский, Косоводный, Гладкий, Верхний Иглаковский и Иглаковский перекаты без учета экологических изменений. Песчано-гравийная смесь при этом полностью удалялась из русла реки. Произошло резкое изменение в конфигурации русла реки, как в плановом, так и в поперечном разрезе (приложение 4.1 и 4.2).

Анализ данных промерных работ, в частности, на Томском и Косоводном перекатах, позволяет сделать вывод о том, что площади поперечного сечения за счет выемок гравия увеличились в 2,5-3,5 раза (рис. 4.1 и 4.2).

После 1977 года интенсивная выборка гравия и песка из русла реки началась и выше по течению реки, на участке 76-86 км от устья.

За 1970-1985 годы на одном только участке в 2 километра (77-79 км от устья) был почти полностью разработан Басандайский остров на глубину в

русле до 4-5 м и на острове до 8-10 м. Остров, имеющий размеры 1750 м в длину и 400 м в ширину, практически исчез.

Таблица 4.1 – Объем добычи нерудных строительных материалов из русла р. Томи у г. Томска

Годы	Объем добычи W, тыс. тонн
1956-1960	3191,7
1961-1965	4605,1
1966-1970	8602,4
1971-1975	22545,3
1976	6965,7
1977	8116,2
1978	8930,4
1979	10366,8
1980	11478,8
1981	12136,2
1982	12831,9
1983	12489,4
1984	11919,5
1985	10215,0
1986	8530,95
1987	8191,3
1988	8658,5
1989	8294,6
1990	7582,3
1991	6183,0
Σ(1956-1991)	Σ191834,95

Разработка карьеров выполнялась с грубым нарушением границ отвода участков для них. В результате выборки большого количества песчано-гравийной смеси оказались разобраны отдельные острова (Боярский, Собачий, Зелененький) и срезаны все перекаты в районе г. Томска. После всего этого продольный уклон водной поверхности на участке реки ниже по течению от г. Томска значительно уменьшился (приложение 4.2 и 4.3). В 1955 году падение уровня водной поверхности р. Томи от г. Томска до устья составило примерно 320 см (приложение 4.4), а к 1990 году оно уменьшилось до 100 см, то есть уклон водной поверхности стал очень малым.

Тут будет рис 4.1

Тут будет рис 4.2

Вследствие преобразования русла реки наиболее существенным изменением гидрологического режима явилось снижение отметок уровня воды на участке выемки грунта. Падение уровня воды отмечено по гидрологическим постам Томск – гидроствор №1 и Томск – пристань, начиная с 1962 г и по настоящее время.

По данным имеющихся материалов, низший уровень за многолетний период наблюдений с 1918-1962 гг. по Томскому водопосту был 17 см над нулем поста. Для поддержания нормального судоходства на р. Томи проектный уровень по Томскому водопосту был установлен 45 см над нулем поста (обеспеченностью 95%). В маловодные годы (1943, 1945, 1955, 1957) минимальные уровни воды наблюдались 20-25 см над нулем Томского поста, то есть опускались ниже проектного на 20-25 см. В 1963 году проектный уровень был установлен «-20» см над нулем поста, а в 1967 году уже «-100» сантиметров.

Между тем по Томскому водопосту понижение уровня в 1962 г. носило катастрофический характер и резко отличалось от всех предыдущих лет. Наименьший уровень по данному посту в сентябре 1962 г. упал до «-47» см, что на 92 см ниже проектного уровня и на 64 см ниже, чем за все годы наблюдений. Срыв проектного уровня продолжался 81 день – с 14 июля по 2 сентября. При этом оказалось, что на верхних постах на р. Томи в г. Кемерово и с. Поломошном (208 и 109 км выше г. Томска соответственно) уровни воды в 1962 г. упали также ниже, чем в прошлые маловодные годы, на величину 20 см. В последующие годы (с 1964 по 1990 гг.) минимальные уровни воды по Томскому водпосту (пристань и гидроствор №1) оказались еще ниже многолетнего предела.

В 1989 г. отмечен низший уровень летне-осенней межени по Томскому водпосту, он составил «-233» см над нулем поста. Проектный уровень назначен «-180» см.

В то же время по Поломошенскому водпосту падение уровня мало отличалось от маловодных навигаций прошлых лет. Зависимости между

уровнями воды по Томскому и Поломошенскому водпостами существенно изменились (рис. 4.3 и 4.4). Иными стали расходы воды при тех же уровнях на гидрологическом посту Томск – гидроствор №1. В **приложении 4.5** и на рис. 4.5 приведены кривые зависимостей расходов воды от уровней по годам, где наглядно видно, что кривые $Q = f(H)$, начиная с 1963 г. по гидроствору №1 из года в год значительно отклоняются вправо. Одному и тому же расходу воды в разные годы соответствуют разные уровни, причем в последующие годы уровни воды, как правило, ниже, чем в предыдущие. То есть, из года в год понижение (посадка) уровней р. Томи у г. Томска продолжается. Однако, в отдельные годы с повышенным стоком донных наносов, наблюдается смещение кривых расходов воды или их частей влево.

Задачей данной выпускной квалификационной работы является разработка методики расчетов величин падения уровней при карьерных разработках. Как вытекает из анализа предшествующих работ различных авторов, величину посадки уровня водыопределяетсоотношение объем вынутого грунта и объемов стока донных наносов. В тоже время эта закономерность может быть нарушена влиянием дополнительных факторов, к которым, в частности, могут быть отнесены интенсивные выносы наносов притоками, обрушение берегов, усиление овражной деятельности и др.

В таблице 4.2 приведены значения посадок уровней воды по гидроствору №1 при расходе воды $450 \text{ м}^3/\text{с}$, полученные по кривым $Q = f(H)$ за разные годы. Была получена зависимость интегральной суммы ежегодных посадок уровней воды от суммарного объема добычи ПГС вида $\sum \Delta H = f(\sum W)$ (рис. 4.6), которая показывает постепенное увеличение посадки уровней при увеличении объемов выборки ПГС.

Как видно на рисунке, зависимость довольно тесная, однако отклонения точек, соответствующих величине падения уровня, достигают 82 см с положительным знаком и 48 с отрицательным. Такие значительные величины отклонений свидетельствуют о необходимости учета второго фактора – стока донных наносов.

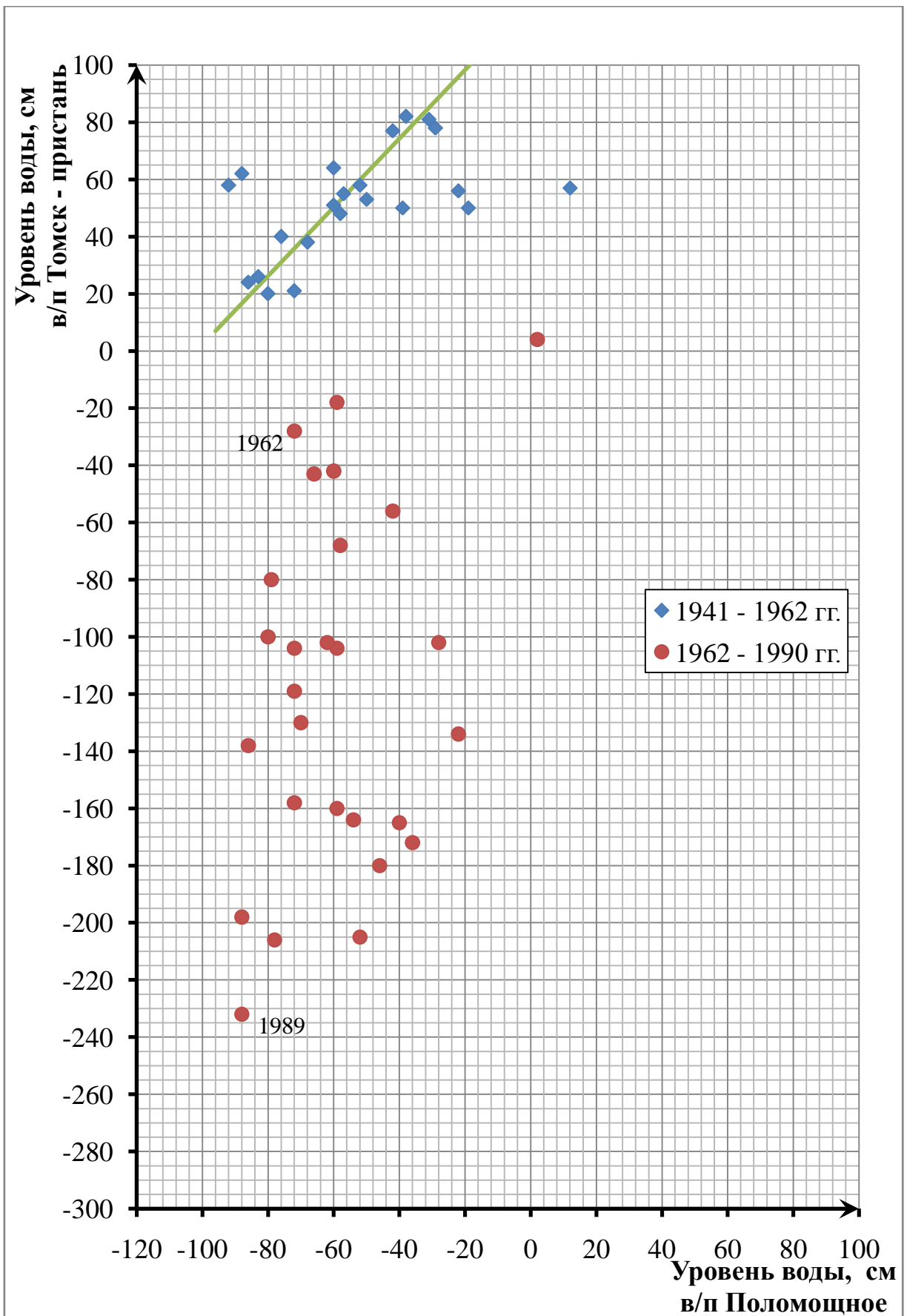


Рис. 4.3 График связи минимальных уровней летне-осенней межени р.Томи по водпостам Томск и Поломощное

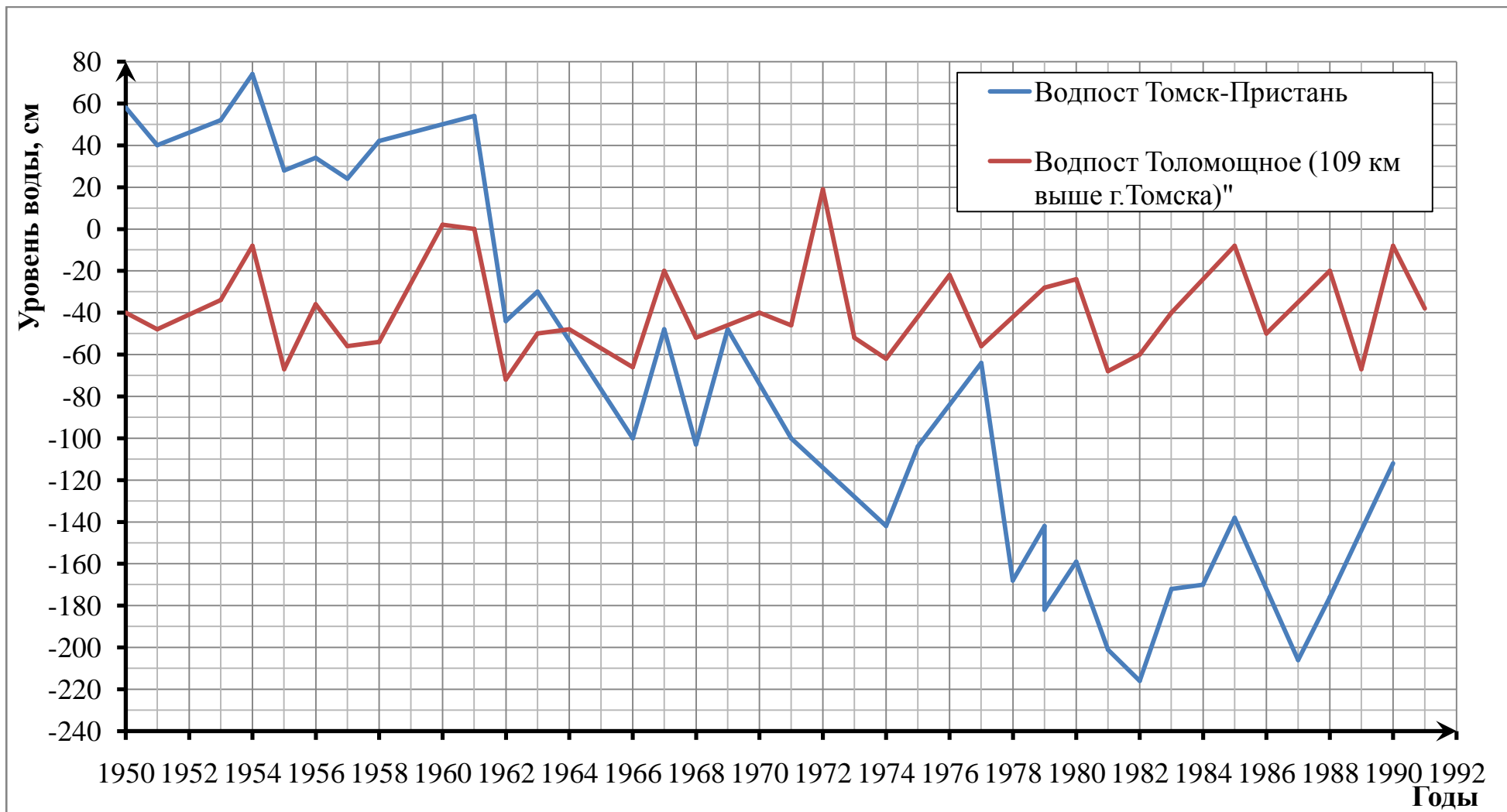


Рис 4.4 График хода минимальных уровней летне-осенней межени по водопостам Томск и Поломошное

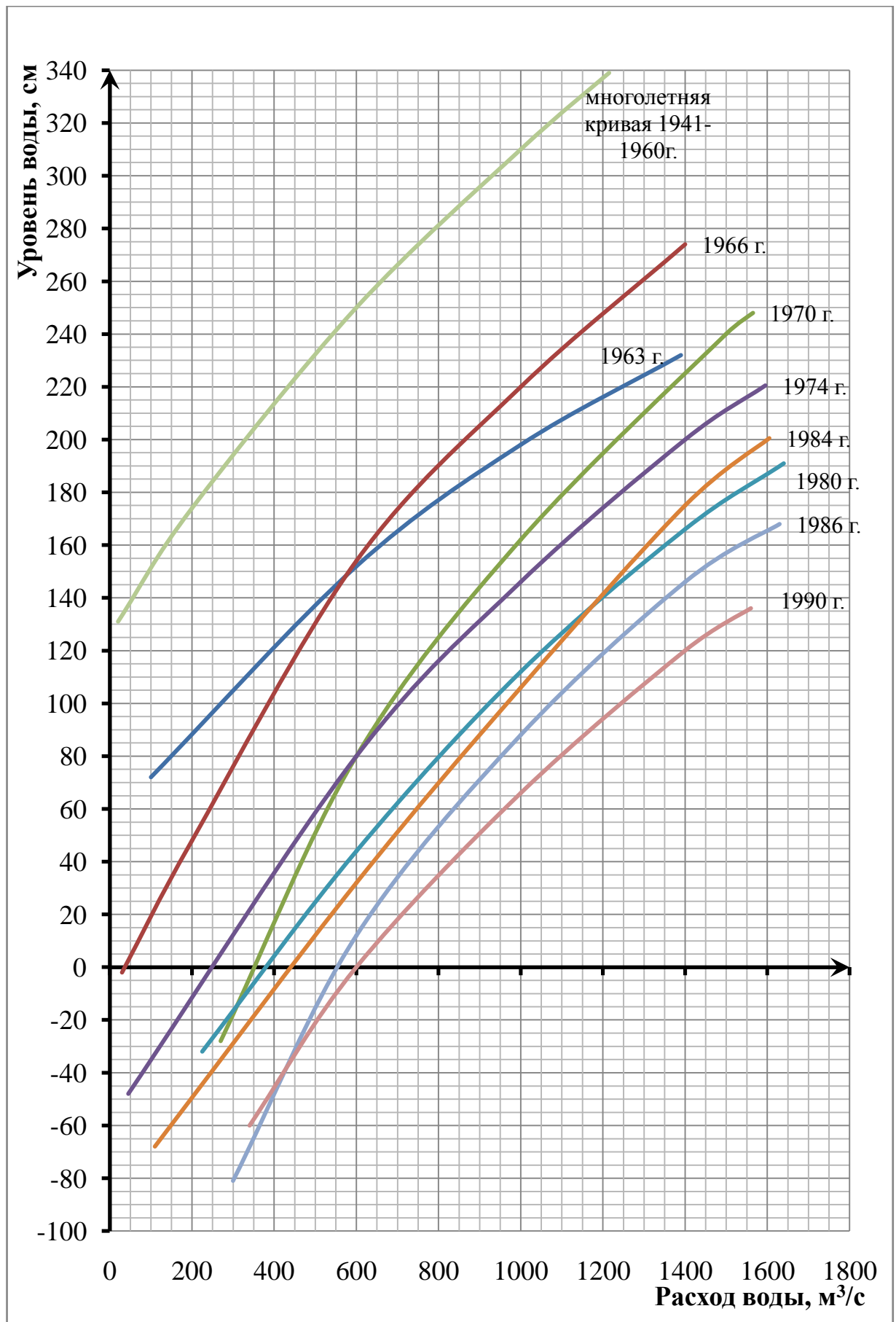


Рис. 4.5 Кривые расходов воды на р. Томи у г. Томска

Таблица 4.2 – Сведения о величинах посадки уровней (по посту гидроствор №1 г. Томска по р. Томи) и объемах добычи речного аллювия при расходе воды 450 м³/с

Годы	Уровень воды Н, см	Величина посадки		Q _{max} , м ³ /с	W, млн. м ³	Σ W, млн. м ³
		ΔН, см	ΣΔН, см			
1941-1960	211	0	0	6600	0,64	3,2
1963	123	88	88	6450	0,92	5,96
1966	90	33	121	10800	1,72	9,52
1968	51	39	160	6750	1,72	12,96
1970	18	33	193	7340	1,72	16,4
1972	35	-17	176	7420	4,5	25,4
1974	36	-1	175	8100	4,5	34,4
1976	26	10	185	6550	7,0	45,9
1978	20	6	191	8960	8,9	62,9
1980	8	12	203	5940	11,5	84,8
1982	-10	18	221	6560	12,8	109,7
1984	0	-10	211	9170	11,9	134,1
1986	-48	48	259	7910	8,5	152,8
1988	-34	-14	245	8080	8,6	169,6
1990	-42	8	253	7190	7,6	185,5

Для уточнения этой зависимости посредством введения в нее дополнительного фактора, характеризующего объемы стока наносов, в качестве которого приняли максимальный расход воды, было сделано допущение, что объем стока наносов пропорционален Q_{max} . Безусловно, это допущение не является строгим. Однако подобрать другую какую-либо величину, характеризующую объем стока наносов в настоящее время не представляется возможным из-за отсутствия информации.

Исходя из этого, в поле координат зависимости $\Sigma \Delta H = f(\Sigma W)$ около точек были выписаны значения максимальных расходов воды и годы, в которые они наблюдались (рис. 4.6). С учетом величины этих расходов положение зависимости $\Sigma \Delta H = f(\Sigma W)$ было откорректировано. Следующим этапом было определение отклонений точек соответствующих исходным данным $\Delta H'$ от расчетной кривой.

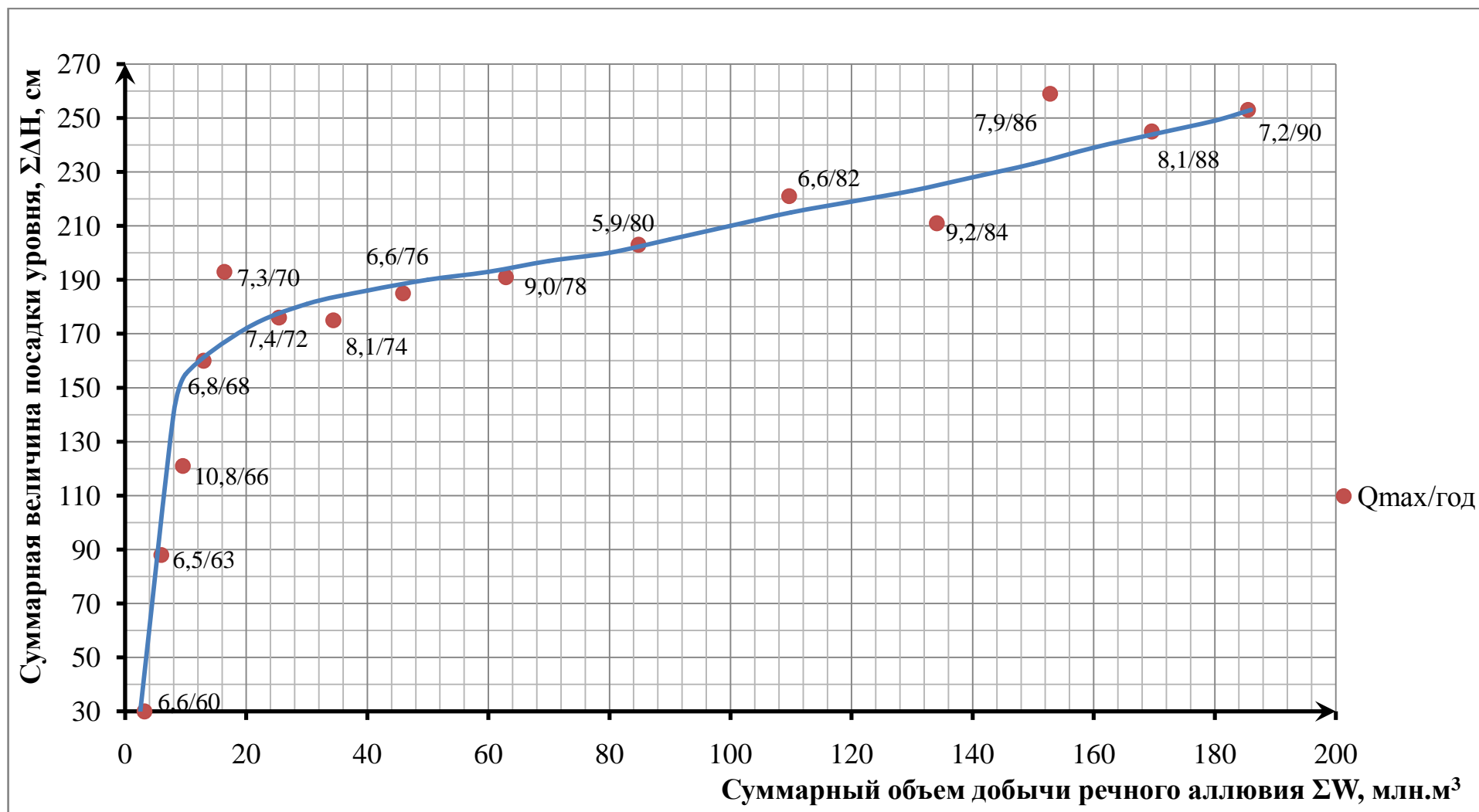


Рис. 4.6 Зависимость величины суммарной посадки уровней воды р. Томи по гидроствору №1 от суммарного объема добычи речного аллювия и максимального расхода воды за 1956-1990 годы (при $Q=450 \text{ м}^3/\text{с}$)

Далее, была построена зависимость $\Delta H' = f(Q_{max})$ (табл. 4.3, рис. 4.7). Как видно на рисунке, разброс точек, соответствующих натурным данным, в поле координат достаточно велик, что обусловлено как недостатками рабочей гипотезы (принятие пропорциональности объема наносов Q_{max} , недоучетом выноса наносов притоками и других факторов), так и низкой точностью исходной информации, особенно об объемах добычи грунта из карьеров. Однако, общая тенденция уменьшения величин поправок при увеличении Q_{max} проявляется довольно четко, что свидетельствует о физической обоснованности данной зависимости.

Таблица 4.3 – Сведения о величинах отклонений $\Delta H'$ от зависимости $\Sigma \Delta H = f(\Sigma W)$

Годы	Q_{max}	$\Delta H'_{450}$	$\Delta H'_{750}$	$\Delta H'_{1100}$
1960	6600	0	0	0
1963	6450	78	-96	110
1966	10800	112	-118	-108
1968	6750	150	140	146
1970	7340	160	148	152
1972	7420	167	157	159
1974	8100	-165	-164	-165
1976	6550	172	170	-152
1978	8960	-175	-178	182
1980	5940	180	186	195
1982	6560	184	197	206
1984	9170	-188	-206	-218
1986	7910	-190	-214	225
1988	8080	192	222	228
1990	7190	193	228	233

Подобные расчеты были выполнены и для значений расходов воды, равных 700 и 1100 м³/с (рис. 4.8 и 4.9, табл. 4.4 и 4.5). Как видно на рисунке 4.10, кривые, закономерно располагаясь, подтверждают характер этой зависимости. С этих кривых были также сняты отклонения падений уровней $\Delta H'$ и построены их зависимости от Q_{max} (рис. 4.7). Как вытекает из анализа расположения кривых $\Delta H' = f(Q_{max})$, они подтверждают закономерность уменьшения величин $\Delta H'$ при увеличении максимальных расходов.

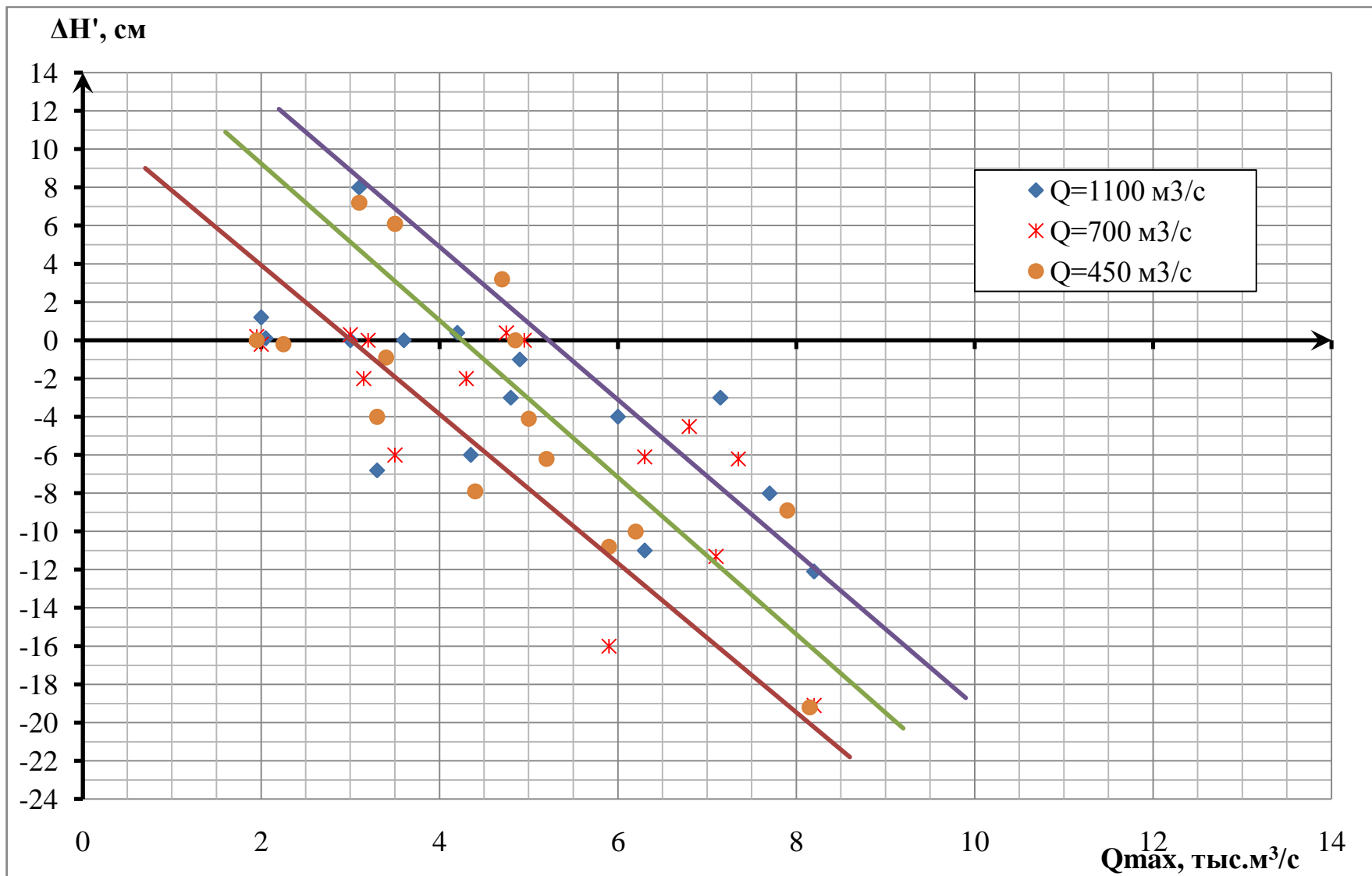


Рис. 4.7 Зависимость $\Delta H' = f(Q_{\text{max}})$

Таблица 4.4 – Сведения о величинах посадки уровней (по посту гидроствор №1 г. Томска по р. Томи) и объемах добычи речного аллювия при расходе воды 700 м³/с

Годы	Уровень воды Н, см	Величина посадки		Q _{max} , м ³ /с	W, млн. м ³	Σ W, млн. м ³
		ΔН, см	ΣΔН, см			
1941-1960	260	0	0	6600	0,64	3,2
1963	164	96	96	6450	0,92	5,96
1966	142	22	118	10800	1,72	9,52
1968	86	56	174	6750	1,72	12,96
1970	86	0	174	7340	1,72	16,4
1972	88	-2	172	7420	4,5	25,4
1974	100	-12	160	8100	4,5	34,4
1976	85	15	175	6550	7,0	45,9
1978	78	7	182	8960	8,9	62,9
1980	60	18	200	5940	11,5	84,8
1982	43	17	217	6560	12,8	109,7
1984	48	-5	212	9170	11,9	134,1
1986	44	4	216	7910	8,5	152,8
1988	24	20	236	8080	8,6	169,6
1990	18	6	242	7190	7,6	185,5

Таблица 4.5– Сведения о величинах посадки уровней (по посту гидроствор №1 г. Томска по р. Томи) и объемах добычи речного аллювия при расходе воды 1100 м³/с

Годы	Уровень воды Н, см	Величина посадки		Q _{max} , м ³ /с	W, млн. м ³	Σ W, млн. м ³
		ΔН, см	ΣΔН, см			
1941-1960	310	0	0	6600	0,64	3,2
1963	200	110	110	6450	0,92	5,96
1966	202	-2	108	10800	1,72	9,52
1968	152	50	158	6750	1,72	12,96
1970	152	0	158	7340	1,72	16,4
1972	146	6	164	7420	4,5	25,4
1974	150	-4	160	8100	4,5	34,4
1976	140	10	170	6550	7,0	45,9
1978	128	12	182	8960	8,9	62,9
1980	109	19	201	5940	11,5	84,8
1982	90	19	220	6560	12,8	109,7
1984	102	-12	208	9170	11,9	134,1
1986	92	10	218	7910	8,5	152,8
1988	88	4	222	8080	8,6	169,6
1990	78	10	232	7190	7,6	185,5

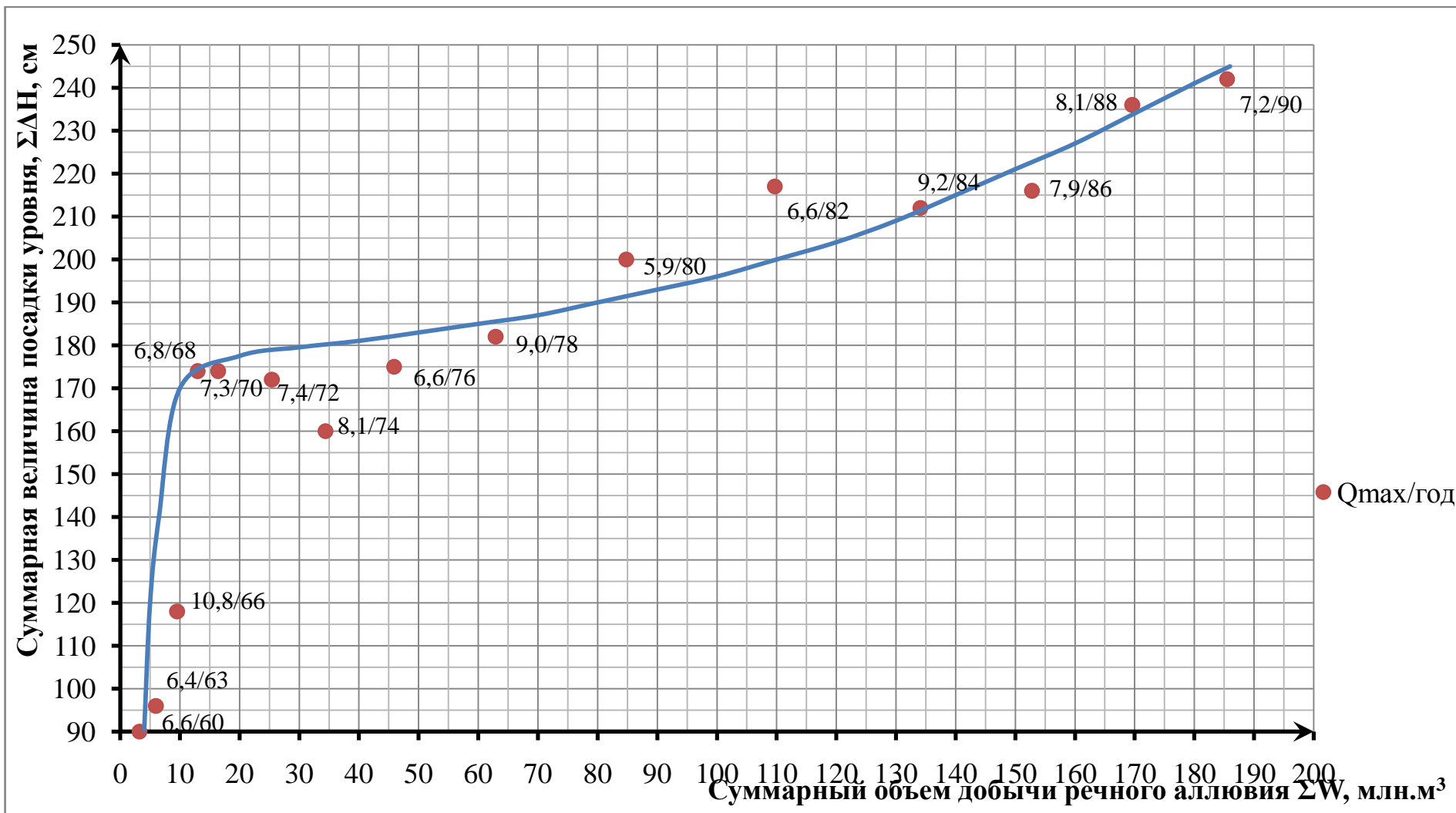


Рис. 4.8 Зависимость величины суммарной посадки уровней воды р. Томи по гидроствору №1 от суммарного объема добычи речного аллювия и максимального расхода воды за 1956-1990 годы (при $Q=700 \text{ м}^3/\text{с}$)

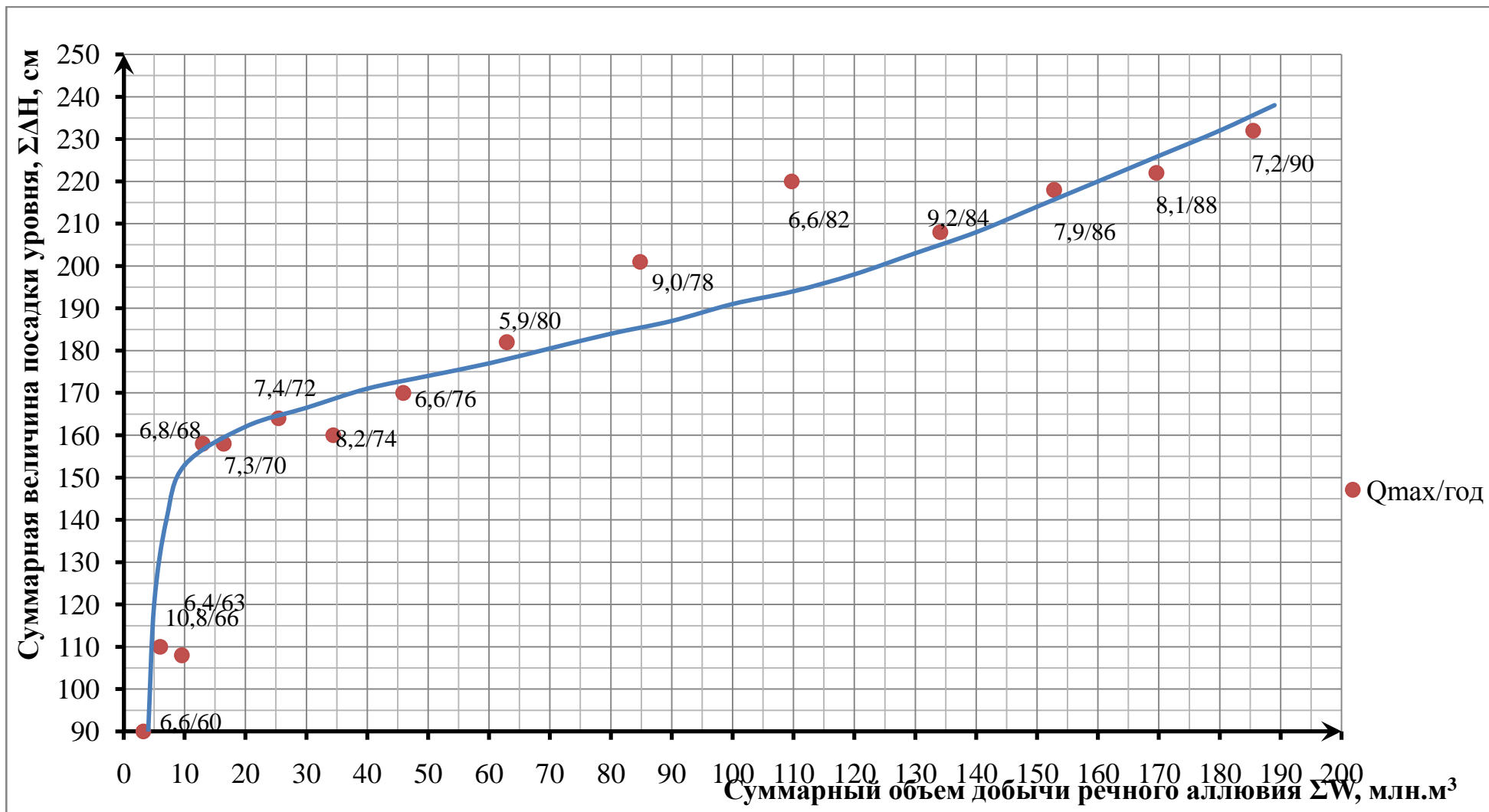


Рис. 4.9 Зависимость величины суммарной посадки уровней воды р. Томи по гидроствору №1 от суммарного объема добычи речного аллювия и максимального расхода воды за 1956-1990 годы (при $Q=1100 \text{ м}^3/\text{с}$)

Несмотря на большой разброс исходной информации, эта зависимость довольно четкая. Наблюдается некоторая закономерность расположения этих кривых относительно друг друга. Зависимость $\sum \Delta H = f(\sum W)$, а так же график поправок (рис. 4.10 и 4.7) могут быть рекомендованы для ориентировочных расчетов величин посадок уровня воды в случае продолжения добычи грунта из карьера г Томска.

Учитывая большой экологический ущерб, наносимый карьером городскому хозяйству г. Томска, а также резкое ухудшение условий судоходства и экологической обстановки в этом районе, следует прекратить эксплуатацию карьера. В случае острой необходимости в строительных материалах необходимо перенести карьер ниже по течению на значительное расстояние от г. Томска. Однако при этом следует провести дополнительные работы с целью обоснования места расположения карьера и допустимого объема выемки грунта.

Анализ зависимости $\sum \Delta H = f(\sum W_i, Q_{max})$ показывает, что при малых объемах добычи аллювия в начальный период наблюдаются значительные посадки уровня. Действительно, как видно на рисунке, при незначительном увеличении объемов добычи в период 1960-1970 гг., посадки уровня составили 172 см. Это обусловлено тем, что в этот период разрабатывались гребни перекаатов и других русловых образований. В последующий же период добыча аллювия производилась на значительно большей площади, что привело к меньшему падению уровня при значительно большем объеме добычи аллювия. Действительно, в период 1970-1990 гг. объем добычи составил 170 млн. м³, в тоже время посадка уровня составила 82 см. Таким образом, градиенты падения уровня $\frac{\sum \Delta H}{\Delta W_i}$ значительно уменьшились. Учитывая это, были выполнены расчеты и построены графические зависимости $\frac{\sum \Delta H}{\Delta W_i} = f(\sum W_i)$, приведенные на рис. 4.11. Эта и последующие зависимости были получены для каждого расчетного расхода воды (Q=450 м³/с, Q=700 м³/с, Q=1100 м³/с).

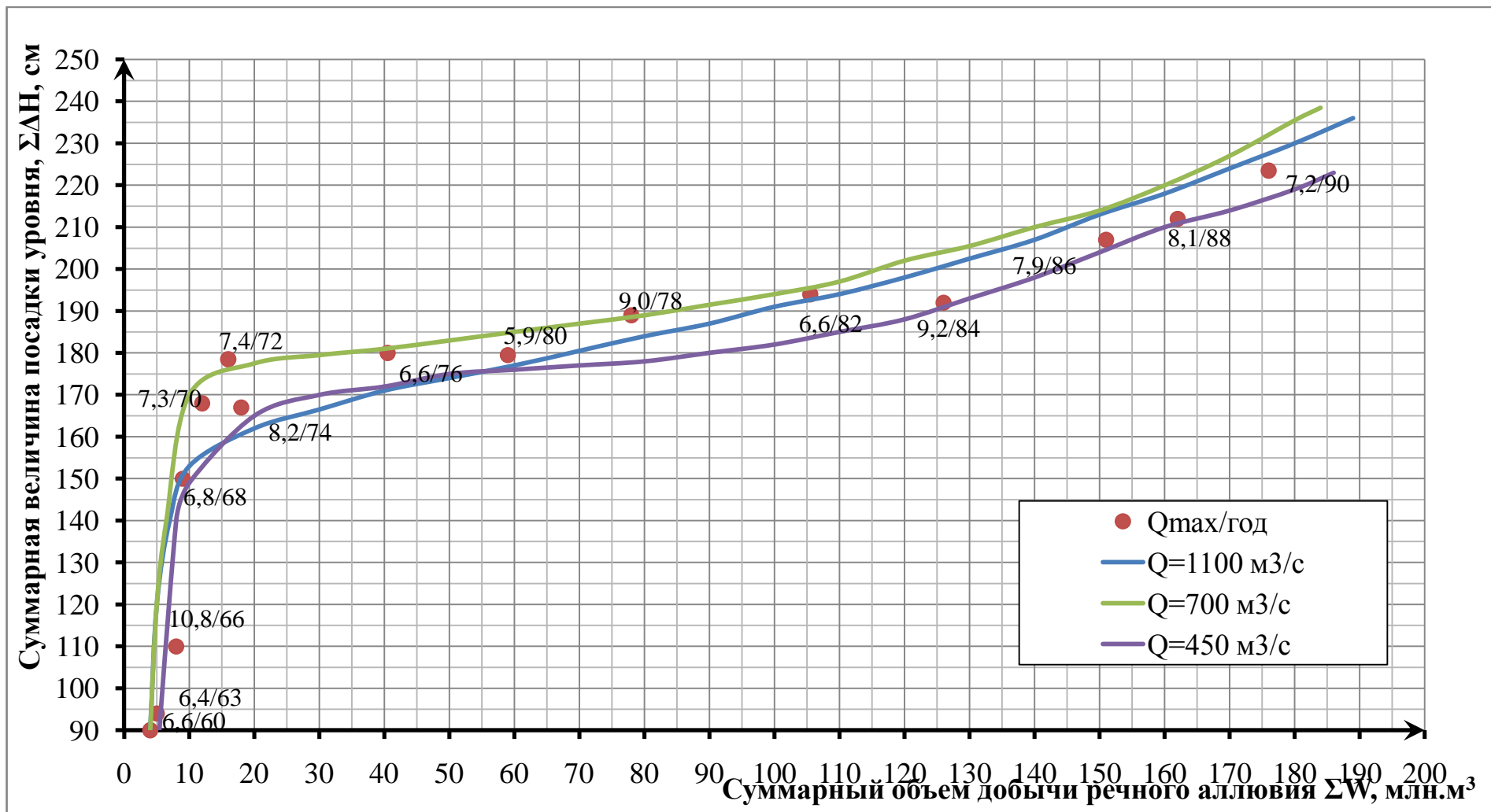


Рис. 4.10 Зависимость величины суммарной посадки уровней воды р. Томи по гидроствору №1 от суммарного объема добычи речного аллювия и максимального расхода воды за 1956-1990 годы (при Q=450 м³/с; Q=700 м³/с; Q=1100 м³/с)

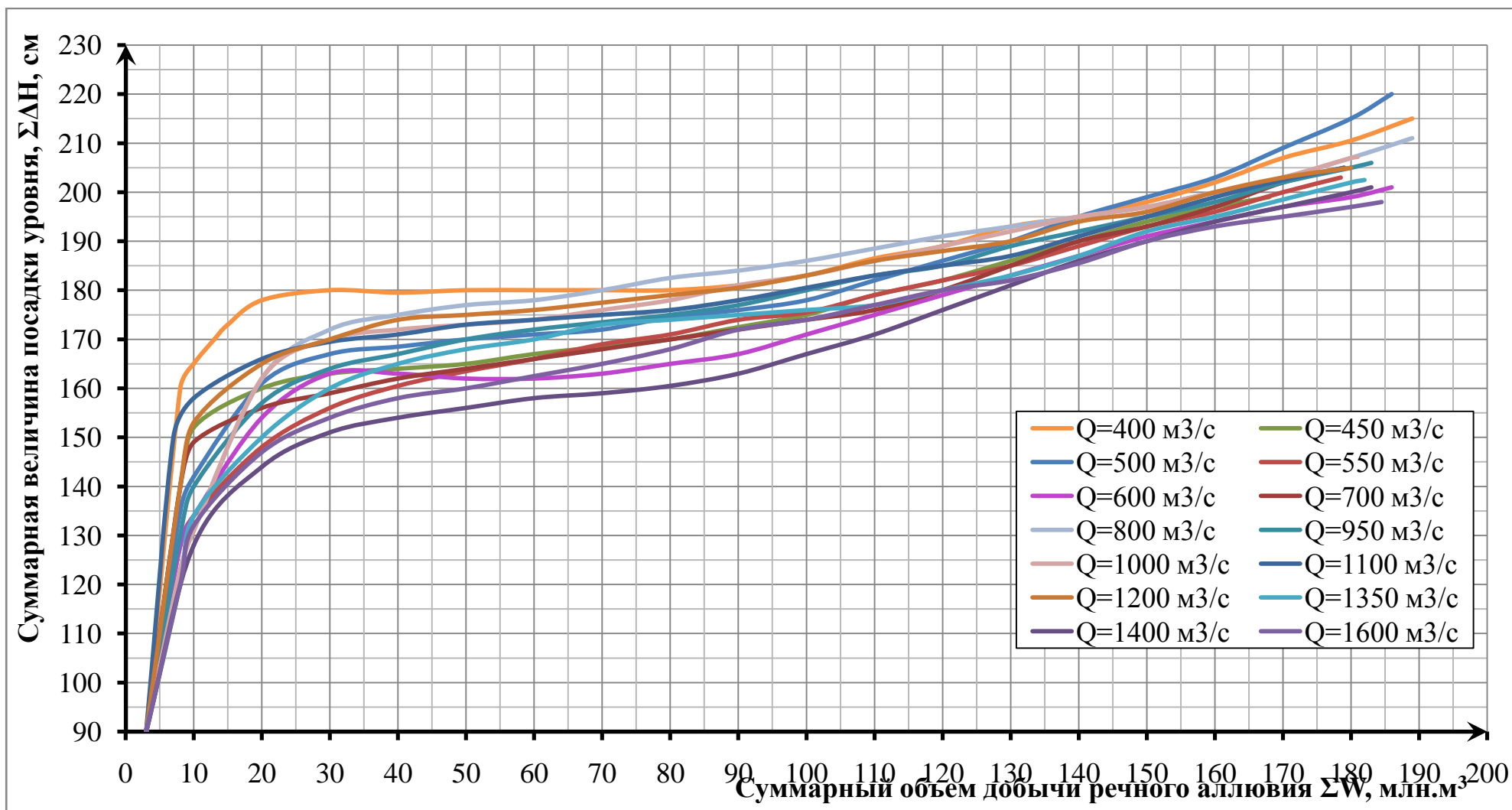


Рис.4.10а Зависимость величины суммарной посадки уровней воды р. Томи по гидроствору №1 от суммарного объема добычи речного аллювия и максимального расхода воды за 1956-1990 годы (при Q=400 -1100 м³/с)

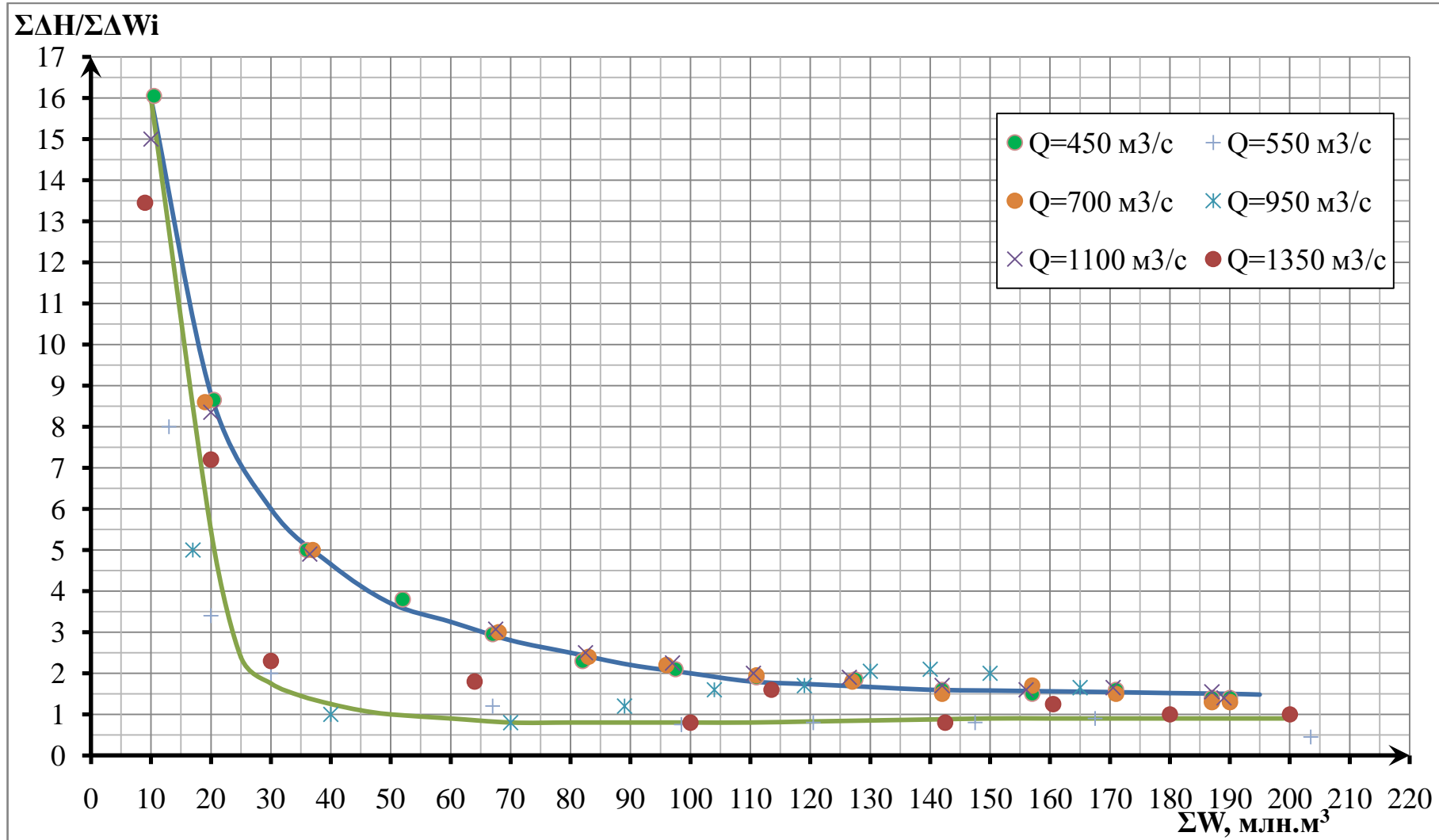


Рис. 4.11 Зависимость $\frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \Delta W_i} = f(\Sigma \Delta W_i)$

Как видно на рисунке, эти кривые близки между собой, и, несмотря на небольшой объем исходной информации, их можно объединить и провести осредненную расчетную кривую, что и было сделано. Такой вид зависимости подтверждает ранее сделанное заключение о том, что при дальнейшем увеличении объема добычи аллювия градиенты $\frac{\Sigma \Delta H}{\Delta W_i}$ в дальнейшем либо несколько уменьшатся, либо останутся такими же, что обусловлено увеличением разрабатываемых площадей.

Таблица 4.6 – Градиенты падения уровня воды при Q=450 м³/с

ΣΔH	ΣW	ΔH	ΔW	ΣΔH/ΔW
0	2	145	10	14.5
88	3	170	20	8.5
121	4	174	35	4.97
160	10	175	50	3.5
193	21	176	65	2.71
176	30	180	80	2.25
175	46	184	95	1.93
185	62	190	110	1.73
191	98	195	155	1.56
203	112	202	170	1.44
221	140	209	175	1.35
211	158	215	180	1.26
259	177	220	185	1.19
245	198	222	190	1.17

Таблица 4.7 – Градиенты падения уровня воды при Q=700 м³/с

ΣΔH	ΣW	ΔH	ΔW	ΣΔH/ΔW
0	3	160	10	16
96	3,5	171	20	8,8
118	4,5	173	35	4,94
174	5,5	178	50	3,56
174	7	182	65	2,80
172	9	185	80	2,31
160	13	190	95	2,0
175	17	195	110	1,77
182	38	202	155	1,62
200	68	210	170	1,50
217	87	220	175	1,42
212	102	230	180	1,35
216	117	240	185	1,30
236	127	245	190	1,29

Таблица 4.8 – Градиенты падения уровня воды при Q=700 м³/с

ΣΔH	ΣW	ΔH	ΔW	ΣΔH/ΔW
-----	----	----	----	--------

0	3	150	10	15
110	3,5	165	20	8,3
108	4	175	35	5,0
158	5	183	50	3,7
158	7	190	65	2,92
164	9	198	80	2,48
160	14	205	95	2,16
170	20	210	110	1,91
182	30	220	155	1,76
201	46	225	170	1,61
220	64	233	175	1,50
208	96	240	180	1,41
218	119	248	185	1,34
222	144	250	190	1,32

Для всех расчетных расходов воды эти градиенты примерно одинаковы. Отклонения исходных данных от расчетной кривой, по-видимому, могут быть объяснены различием в объемах годового стока донных наносов.

Возникает острая необходимость в разработке методики, позволяющей оценить величину падения уровня на других реках при проектировании на них добычи аллювия из русловых карьеров. С этой целью была выполнена попытка представить расчетные зависимости $\sum \Delta H_i = f(\sum W_i, Q_{max})$ в безразмерном виде. Однако довольно остро встал вопрос о значении расчетных величин. В качестве таковых были приняты суммарный проектируемый объем добычи аллювия (W_o). В качестве значения величины посадки уровня была принята максимальная глубина воды h_o в створе гидроствора. Эта величина может быть постоянной для всех расчетных значений расходов воды ($Q=450 \text{ м}^3/\text{с}, Q=700 \text{ м}^3/\text{с}, Q=1100 \text{ м}^3/\text{с}$) или постоянной для каждого из принятых расчетных значений расходов воды. В первом приближении была принята в качестве реперной глубина равная 3,5 м. На этой основе была получена расчетная зависимость вида $\frac{\sum \Delta H_i}{H_o} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}, Q_{max}\right)$. Как видно на рис. 4.12, где представлены зависимости вида $\frac{\sum \Delta H_i}{H_o} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}, Q_{max}\right)$. Все три зависимости (для каждого расчетного расхода воды) образуют узкий пучок, что позволяет провести одну расчетную кривую.

Зависимости такого типа могут быть получены и для других рек и использованы для прогнозов падения уровней при разработке русловых карьеров. В то же время эта концепция нуждается в подтверждении на основе информации по другим рекам и дальнейшей доработке, направленной на учет изменений объемов стока донных наносов.

Так как задачей работы является разработка методики проектирования посадок уровней при разработке карьеров, необходимо от абсолютных величин перейти к относительным. Исходя из этого, можно предположить, что суммарный объем выемки руслового аллювия W_o задается в проектных разработках. Более того, может быть задан и годовой график добычи руслового аллювия $\sum W_i$. С этой целью представления суммарной величины посадки уровня в относительных координатах были апробированы следующие значения глубин в расчетном гидростворе: максимальные значения, средние значения за расчетный год, предшествующий годам с интенсивными посадками уровней, а также соответствующие значения максимальных и средних за каждый из расчетных лет. В соответствии с этими величинами были построены кривые зависимости: $\frac{\sum \Delta H_i}{H_o} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}\right)$; $\frac{\sum \Delta H_i}{\bar{H}} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}\right)$; $\frac{\sum \Delta H_i}{H_{oi}} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}\right)$; $\frac{\sum \Delta H_i}{\bar{H}_i} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}\right)$, приведенные на рисунках (рис. 1-3; приложение).

Наилучшие результаты получены при применении в качестве реперного значения максимальных глубин расчетного года h_o , приведенные на рисунке 4.14. Как видно на рисунках (4.12, 4.14), кривые для различных значений расходов воды образуют довольно тесный пучок.

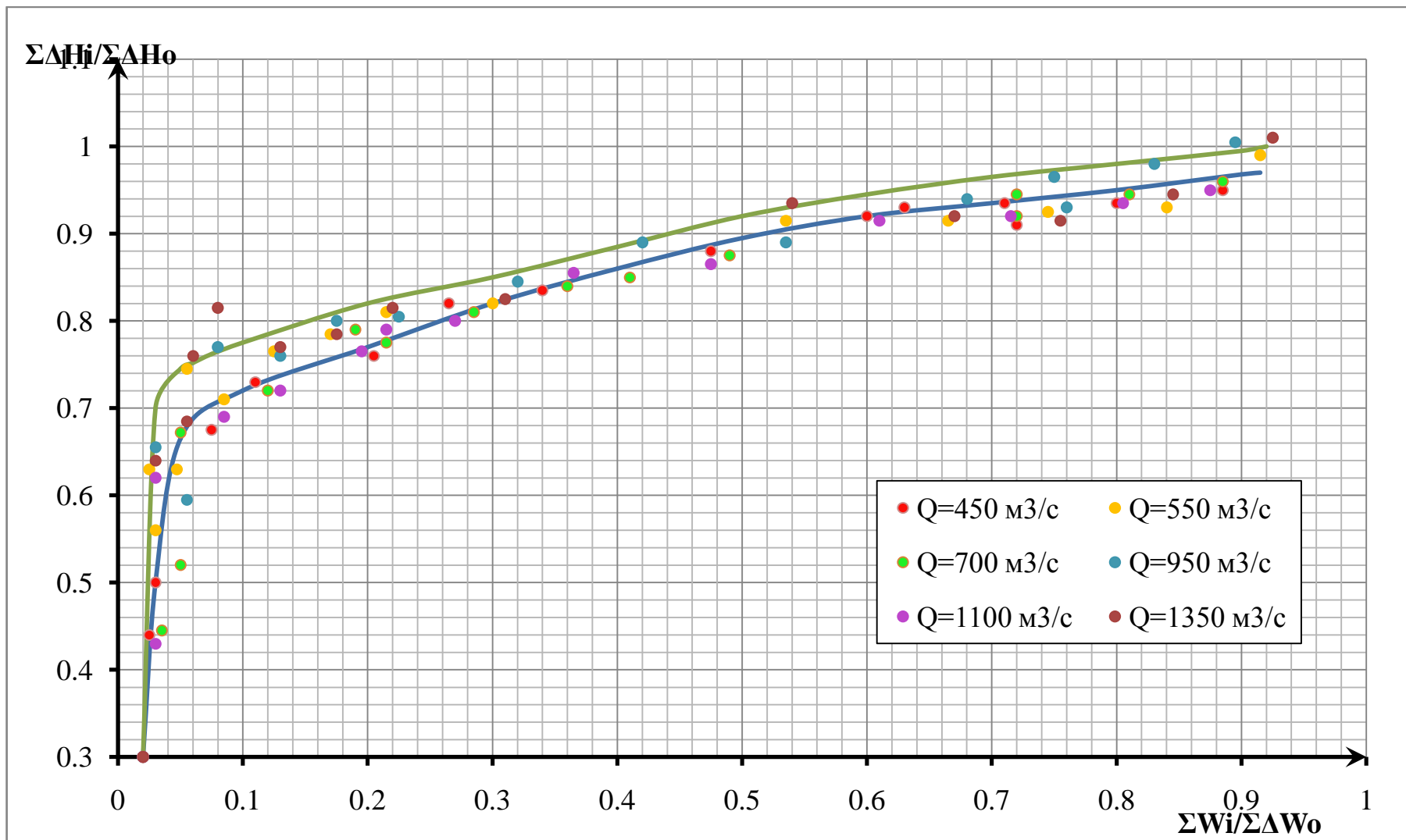


Рис 4.12 Зависимость $\frac{\Sigma \Delta H_i}{\Sigma \Delta H_{\text{ш}}} = f\left(\frac{\Sigma W_i}{\Sigma W_0}\right)$

Таблица 4.9 – Относительные значения падения уровней воды и объемов добычи аллювия для расчетных значений $Q=450 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q=700 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q=1100 \text{ м}^3/\text{с}$

Год	$\Sigma\Delta H_i/h_0$			ΣW_i	$\Sigma W_i/\Sigma W_0$
	$Q=450 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=700 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=1100 \text{ м}^3/\text{с}$		
1960	0	0	0	3.2	0.02
1963	0.35	0.40	0.45	5.96	0.03
1966	0.66	0.49	0.44	9.52	0.05
1968	0.68	0.73	0.65	12.9	0.07
1970	0.82	0.73	0.65	16.4	0.09
1972	0.75	0.72	0.67	25.4	0.13
1974	0.74	0.67	0.65	34.4	0.18
1976	0.79	0.73	0.70	45.9	0.24
1978	0.76	0.70	0.74	62.9	0.33
1980	0.82	0.78	0.82	84.8	0.45
1982	0.82	0.85	0.90	109.7	0.58
1984	0.78	0.83	0.85	134.1	0.71
1986	0.80	0.84	0.91	152.8	0.80
1988	0.93	0.93	0.93	169.6	0.89
1990	0.97	0.95	0.97	185.5	0.98

Таблица 4.10 – Сведения о величинах отклонений $\frac{\Sigma\Delta H_i}{H_0}$ от расчетной зависимости $\frac{\Sigma\Delta H_i}{h_0} = f\left(\frac{\Sigma W_i}{W_0}\right)$

Год	$Q=450 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=700 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=1100 \text{ м}^3/\text{с}$
1960	0	0	0
1963	0	-2	-1
1966	-3	0	0
1968	-10	-8	-14
1970	6	-3	0
1972	-4	-1	-9
1974	-4	-3	-8
1976	-2	-2	-8
1978	-3	-5	0
1980	-5	-3	-5
1982	-7	-2	-4
1984	-2	-6	-2
1986	-7	-3	-3
1988	-6	-5	-8
1990	-8	-4	-3

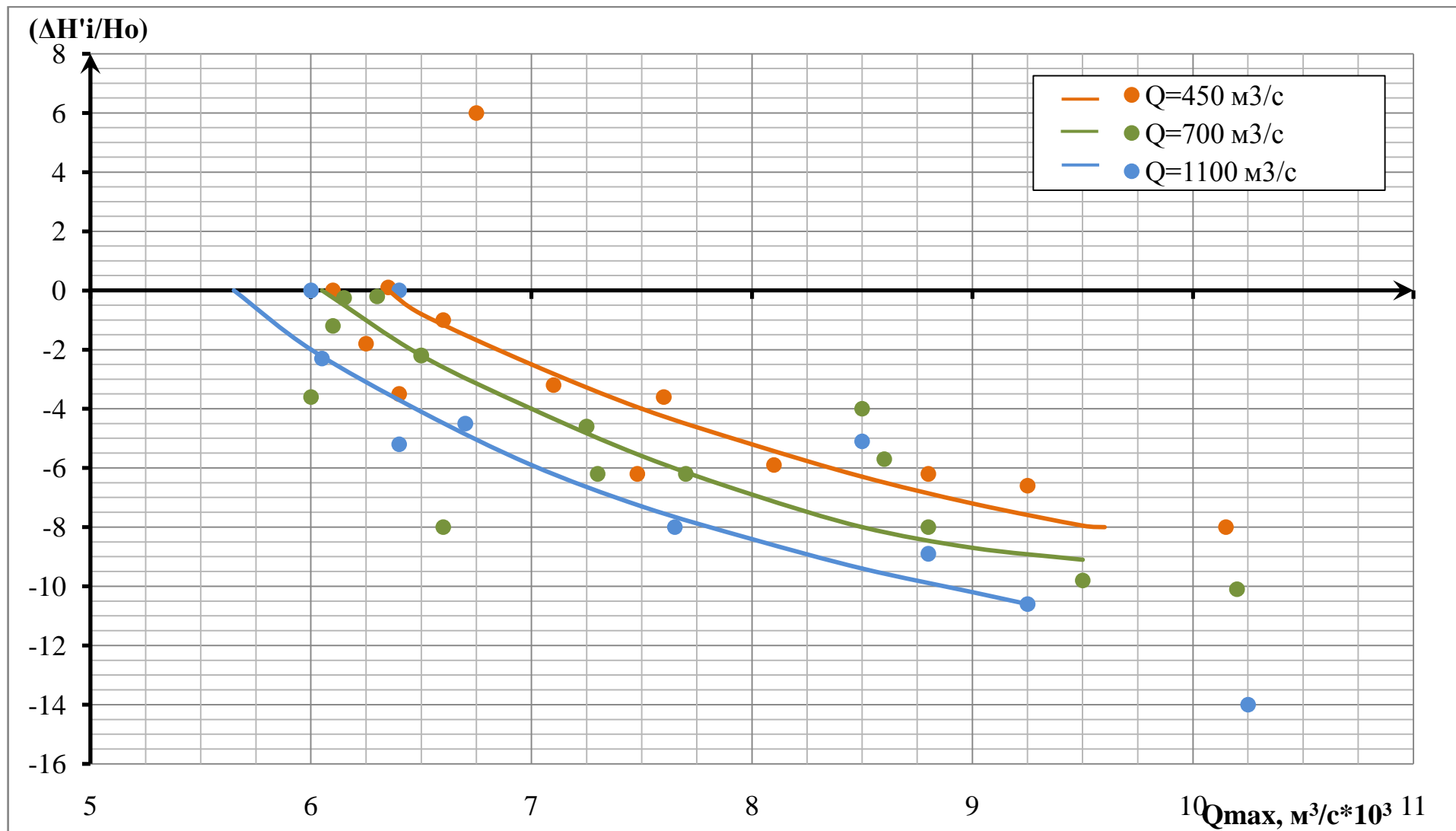


Рис. 4.13 Зависимость $\frac{\Delta H'_i}{H_o} = f(Q_{max})$;

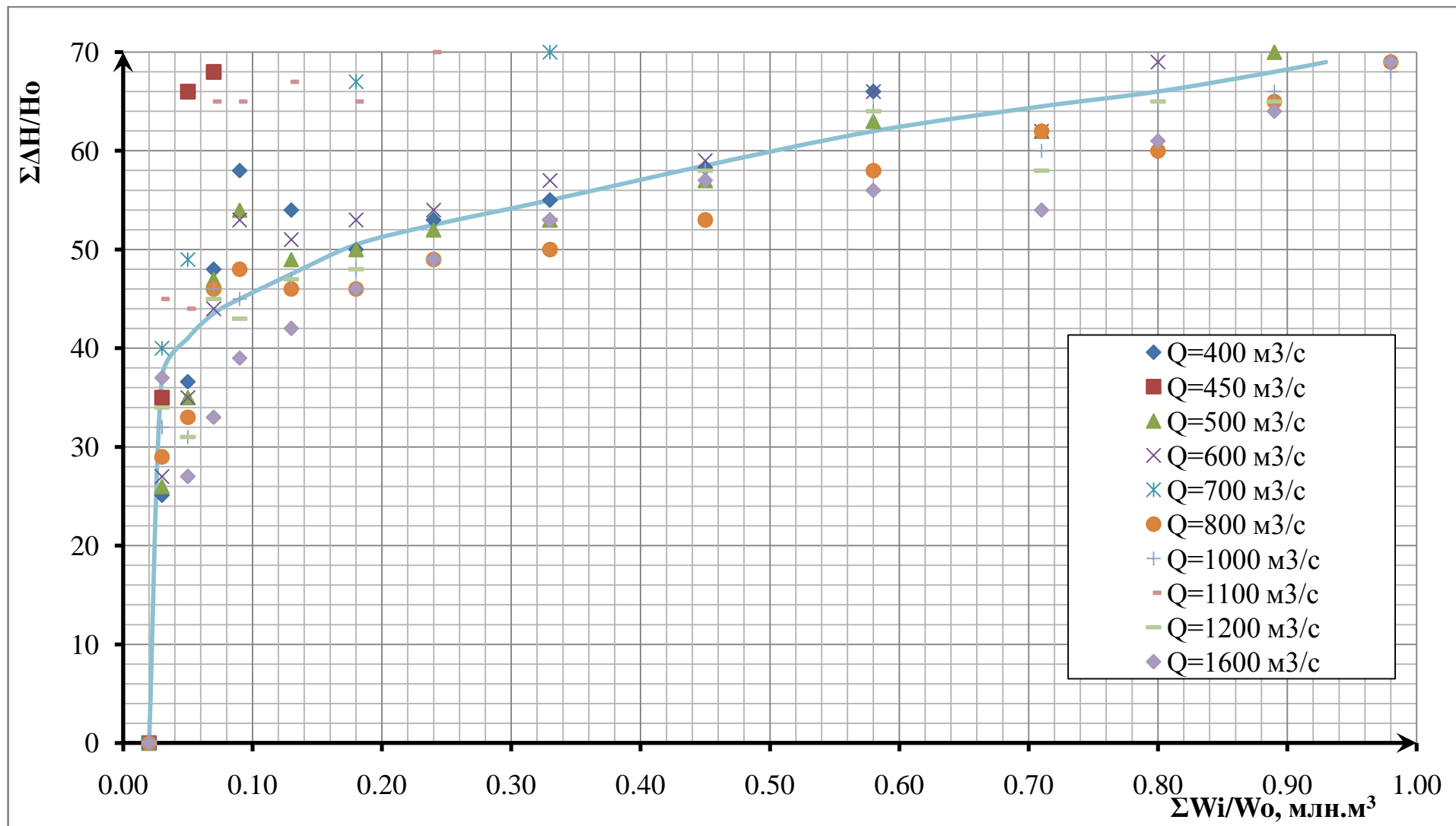


Рис. 4.14 Зависимость $\frac{\Sigma\Delta H_i}{h_o} = f\left(\frac{\Sigma W_i}{W_o}\right)$

Разброс значений $\Sigma \Delta H_i$ в этом пучке кривых, не превышающий 20-30 см, можно объяснить как влияние погрешности измерений и расчетов, различными объемами стока донных наносов в разные годы и недостатками рабочей гипотезы. Попытки выявить причины разброса исходной информации с помощью введения различных параметров, характеризующих сток донных наносов (максимальных расходов воды, объем половодья, его продолжительность и тд.) показали, что наилучшие результаты получены при использовании зависимости $VH_i = \alpha Q_{max}$, где VH_i годовой объем стока наносов.

Таблица 4.11 – Относительные значения падений уровня воды и объемов добычи аллювия

$\Sigma \Delta H_i / H_0$										ΣW_i	$\Sigma W_i / \Sigma W_0$
Q_{400}	Q_{450}	Q_{500}	Q_{600}	Q_{700}	Q_{800}	Q_{1000}	Q_{1100}	Q_{1200}	Q_{1600}		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	0.02
25.1	35	26	27	40	29	32	45	34	37	5.96	0.03
36.6	66	35	35	49	33	31	44	31	27	9.52	0.05
48	68	47	44	73	46	46	65	45	33	12.96	0.07
58	82	54	53	73	48	45	65	43	39	16.4	0.09
54	75	49	51	72	46	47	67	47	42	25.4	0.13
50	74	50	53	67	46	48	65	48	46	34.4	0.18
53	79	52	54	73	49	49	70	49	49	45.9	0.24
55	76	53	57	70	50	53	74	53	53	62.9	0.33
58.3	82	57	59	78	53	58	82	58	57	84.8	0.45
66	82	63	66	85	58	64	90	64	56	109.7	0.58
62	80	62	62	83	62	60	85	58	54	134.1	0.71
84	93	73	69	84	60	65	91	65	61	152.8	0.80
76	94	70	73	93	65	66	93	65	64	189.6	0.89
74	97	73	72	95	69	68	90	69	69	185.5	0.98

В дальнейшем, на основе этой зависимости, были построены графики связи $\Delta H'_i = f(Q_{max})$, которые существенно уточнили расчетные зависимости. Однако их использование при разработке методики прогноза посадок уровней вызывает большие затруднения в связи с низкой эффективностью долгосрочных прогнозов максимальных расходов воды. Поэтому в качестве расчетной зависимости в настоящее время можно

рекомендовать зависимость $\frac{\sum \Delta H_i}{h_o} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}\right)$. В тоже время данная методика нуждается апробации на независимым материалам по другим рекам.

5. Судосходные условия на реках в зоне добычи нерудных строительных материалов

Результаты выполненных исследований показывают, что извлечение аллювия из русел рек оказывает значительное воздействие на их гидрологический и русловые режимы. На участках добычи изменяются гидравлично-морфометрические характеристики потока русла и условия транспорта наносов. Наряду с общими неблагоприятными экологическими последствиями, вызванными извлечением аллювия из русел рек, эта деятельность затрагивает интересы других водопользователей, приводит к нарушению нормальной эксплуатации сооружений и ухудшению судосходных условий в зоне влияния карьеров.

Реки Российской Федерации, как, впрочем, и большинства развитых капиталистических стран, интенсивно используются для судосходства. Стоимость перевозки грузов находится в обратной зависимости от габаритов судов. Учитывая, что увеличение длины и ширины судов ограничено размерами реки, основные усилия в течение последнего столетия были направлены на увеличение транзитных глубин, а, следовательно, и осадки судов. Под транзитной глубиной понимается наименьшая в пределах судового хода глубина, поддерживаемая на данном судосходном плесе. Последние, отличаясь от гидрологического плеса, обычно имеют протяжённость в несколько сотен, а иногда и тысяч километров. Его границы определяются исходя из различных административных, народнохозяйственных гидрологических и других условий.

Так как добыча нерудных строительных материалов производится очень часто за счет разработки перекатов, что дает очень большую посадку уровней на реке, то, следовательно, значительно уменьшается транзитная глубина, а значит, и осадка проходящих судов, что приводит к необходимости дноуглубительных работ.

Влияние добычи НСМ на судоходные условия проявляется прежде всего вследствие снижения меженных уровней воды в зоне карьерных разработок. В виду того, что вопросы организации путевых работ на таких участках до настоящего времени специальным образом не рассматривались, эффект этого влияния на различных реках проявлялся по-разному в зависимости от характера принимаемых управленческих решений при проведении путевых мероприятий.

В последние годы на целом ряде участков равнинных рек России стали проявляться негативные последствия, обусловленные добычей нерудных строительных материалов из русловых карьеров. Наиболее значительные объемы речного аллювия, существенно превышающие величину твердого стока в бытовых условиях, ежегодно извлекаются из русел рек Лены, Оби, Иртыша, Томи, Белой, Оки, Вятки и др, то есть повсеместно на судоходных реках. Применяемая до настоящего времени обычная практика организации добычи такова, что в подавляющем большинстве случаев карьеры нерудных строительных материалов располагаются в непосредственной близости от крупных городов, строек и других объектов. Расходы на транспортные перевозки при этом сокращаются, однако влияние добычи, вследствие проведения ее на ограниченных площадях, возрастает. Оно начинает проявляться на разных уровнях экосистемы, усугубляя экологическую напряженность в местах компактного проживания населения. В результате этого на многих реках в районе крупных городов значительно ухудшилось качество природной среды.

Влияние русловых карьеров сказывается на гидравликоморфологическом строении рек на значительном расстоянии от участков добычи и прогрессируют с течением времени. Так, на всех перечисленных реках имеет место снижение меженных уровней, которые охватывает участки протяжением в десятки и сотни километров. Абсолютные значения понижения уровней воды на этих реках составляют в отдельных створах до двух и более метров.

При столь значительном вмешательстве в естественный ход развития руслового процесса в реках нарушаются сложившиеся условия формирования стока и транспорта наносов. Понижение уровней воды в маловодные (меженные) периоды времени приводит к снижению горизонтов грунтовых вод, что в свою очередь оказывается на состоянии сельскохозяйственных угодий и пойменной растительности. Таким образом, изменения, которые произошли на значительных по протяженности участках судоходных рек, к настоящему времени приобрели необратимый характер и будут оказывать влияние на состояние окружающей среды в прилегающих районах еще в течение длительного времени. При этом, помимо проблем экологического характера, в ряде случаев ухудшились условия эксплуатации гидротехнических сооружений и других объектов.

Добычу нерудных строительных материалов на водных объектах Российской Федерации в разные годы проводили Минречфлот, Минавтодор, Госагропром РСФСР, Управления гидромеханизации при Облисполкомах, а также ряд других предприятий различной ведомственной принадлежности. При этом деятельность различных предприятий, осуществляющих добычу одновременно на нескольких месторождениях, расположенных в непосредственной близости, проводилась несогласованно и без должного контроля. Такая ситуация сложилась на водных объектах Российской Федерации к концу 80-х годов. В эти годы наиболее сильно проявились экологические последствия разработки карьеров в руслах судоходных рек.

Русловая добыча строительных материалов предприятиями речного транспорта была начата в 1950 г. с использованием плавучих кранов. В дальнейшем объемы добычи значительно возросли. Так, в начале 70-х годов Минречфлотом ежегодно добывалось около 90.0 млн. м³. К концу 80-х годов годовой объем добычи составлял около 190.0 млн. м³.

В последующие годы объемы извлекаемого аллювия сократились примерно в пять раз. [3]

Для добычи, транспортировки, обогащения и классификации извлекаемого речного аллювия на предприятиях речного транспорта используется комплекс технических, транспортных и технологических средств. В общем объеме около 40% строительных материалов добывается плавучими кранами. Наряду с кранами используются землесосы, а также одно- и многочерпаковые снаряды. Отдельные портовые снаряды оборудованы специальными сортировочными устройствами и гидроклассификаторами, позволяющими в процессе добычи осуществлять сортировку и обезвоживание извлекаемого речного аллювия.

Для перевозки добываемых строительных материалов используются сухогрузные самоходные и несамоходные, трюмные, бункерные и площадочные суда.

В зависимости от вида и запасов полезных ископаемых месторождения нерудных строительных материалов подразделяют на крупные (с запасами более 15.0 млн.м³), средние(10.0-15.0 млн.м³) и мелкие (до 10млн.м³).

С точки зрения возможного воздействия на окружающую среду важное значение имеет расположение карьера НСМ на водной акватории, его размеры, сроки производства работ и применяемая технология.

Добыча НСМ производится на свободных реках, озерах и водохранилищах, в зонах переменного подпора уровней воды и в верхних бьефах низконапорных гидроузлов. Наиболее сильное влияние на гидрологический и русловой режимы оказывают карьеры, разрабатываемые на свободных реках. Однако и в данном случае степень влияния также будет различной в зависимости от места расположения карьера.

Минимальным оказывается воздействие от карьеров, размещенных на пойме; наиболее неблагоприятным является расположение карьеров непосредственно в русле реки и в нижних бьефах гидроузлов. По степени своего влияния прибрежные карьеры занимают промежуточное положение. В среднем по Морречфлоту относительная доля НСМ, добываемых на

пойменных месторождениях, составляет не более 10% от общего объема добычи.

В середине 80-х годов прошлого века в соответствии с Постановлением Совета Министров РСФСР от 18 декабря 1986 г. № 150 “О мерах по обеспечению производства и поставок нерудных строительных метериалов предприятия Министерства речного флота РСФСР” и Приказом МРФ РСФСР №22-пр от 11.02.87 г. “О мерах по обеспечению производства и поставок нерудных строительных материалов (НСМ)” предпринимались определенные попытки изменить существующее положение за счет сокращения объемов добычи в русловых карьерах и постепенного перехода на пойменные месторождения. Однако эта программа не была реализована.

Практика организации добычи НСМ из русловых карьеров на реках Российской Федерации такова, что одновременно разрабатывается большое количество карьеров, имеющих незначительные размеры в плане и относительно малую глубину. В таких условиях обычно не проводятся защитные мероприятия по охране окружающей природной среды на участках добычи. Так, например, на р. Вятка до последнего времени практиковалась разработка карьеров НСМ на перекатах. Карьеры имели средние размеры порядка 100-300 м в длину, 60-95 метров в ширину и глубину разработки 1.9-2.5 метра. Извлечение аллювия на таких карьерах проводится, как правило, в соответствии с технологическими схемами без составления проектной документации и оценки воздействия комплекса мероприятий на окружающую среду. Вместе с тем, суммарное влияние разрабатываемых карьеров на русловой режим реки оказывается значительным и прогрессирует с течением времени.

Как показывает практика, при разработке русловых карьеров без компенсационных мероприятий увеличиваются объемы транзитного землечерпания для поддержания габаритных размеров судового хода. Примером такого положения является перекат Змеиный (1891 км), расположенный на участке У.Заостровско-Ачаирского месторождения на

реке Иртыш. При анализе сопоставленных планов этого переката за период 1982-1989 гг. обнаруживается, что при практически неизменном его положении и ориентации прорези, объемы дноуглубительных работ увеличились с 30.84 тыс.м³ при одноразовой разработке прорези до 154 тыс.м³ при трехразовой разработке прорези.

У.Заостровско-Ачаирское месторождение стало разрабатываться с 1987 года, при этом максимальный объем навигационной добычи песка составил 2082.0 тыс.м³ в 1988 году, а минимальный (за рассматриваемый период)- 942.0 тыс.м³ в навигацию 1989 года.

Закключение

В результате проделанного анализа и обобщения используемого материала по влиянию русловых карьеров на посадки уровня можно сделать следующие выводы и рекомендации: в качестве основной расчетной зависимости рекомендуется зависимость вида $\sum \Delta H_i = f(\sum W_i, Q_{max})$, полученная из зависимости $\sum \Delta H_i = f(\sum W_i, V_H)$, допуская, что $V_H = \alpha Q_{max}$. Это допущение вызвано тем, что данные о стоке донных наносов отсутствуют, и для их учета рекомендуется использовать сведения о максимальных расходах воды. Результаты расчетов, выполненных для значений расхода $Q=450 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q=700 \text{ м}^3/\text{с}$ и $Q=1100 \text{ м}^3/\text{с}$, подтвердили эффективность принятой методики. Анализ зависимости градиентов падения уровней от объема добычи речного аллювия $\frac{\sum \Delta H_i}{\sum W_i} = f(W_i)$ позволяет установить следующую закономерность: при малых добычах аллювия градиенты $\frac{\sum \Delta H_i}{\sum W_i}$ – велики, а при больших – малы.

Для обобщения методики использования возможности применения ее на других объектах были проведены построения зависимости в относительных координатах вида $\frac{\sum \Delta H_i}{\sum W_i} = f\left(\frac{\sum W_i}{W_o}, \frac{Q_{max_i}}{Q_{max_o}}\right)$. Однако эта зависимость нуждается в апробации на других объектах.

Данное исследование целесообразно продолжить, используя информацию по другим объектам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы.–Л.:Гидрометеиздат, 1988г.–455с.
2. Беркович К.М. Русловые процессы и русловые карьеры.–М.:МГУ. 2005г.–108с.
3. Гладков Г.Л. Обеспечение устойчивости русел судоходных рек при дноуглублении и разработке русловых карьеров. Диссертация.–СПБ.:СПБГУ водных коммуникаций, 1996г.
4. Гуммер М.А. Оценка воздействия карьера на уровни воды р. Томи у г. Томска: Дипломный проект.–СПб.:РГГМИ, 1992г.
5. Дегтярев В.В. Улучшение условий судоходства сибирских рек.–М.:Транспорт, 1987г.–176с.
6. Кожевников В.С., Стазаева Н.А. Анализ снижения уровней воды вследствие преобразования русла р. Иртыша у г. Омска под влиянием хозяйственной деятельности//Труды ГГИ. 1983.–Вып.288.–С.96-105.
7. Месерлянс Г.Г. Гидравлика потока и морфология русла на участках размещения карьеров. Диссертация.–СПБ.:ГГИ, 1988г.
8. Музыка Г.В. Влияние русловых карьеров на уровни воды (на примере рек Томи и Белой): Дипломный проект.–СПб.:РГГМИ,1998г.
9. Сنيщенко Б.Ф., Месерлянс Г.Г. Развитие руслового процесса на участках выемок речного аллювия: Сборник научных трудовСПБ.:ЛГМИ, 1987г.–с.96-102
10. Сنيщенко Б.Ф., Русловой процесс на урбанизированных участках рек//Гидрологические аспекты урбанизации.–М, 1978г.–с.51-60.