



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

Кафедра гидрометеорологических измерений

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Воздействие карьеров на уровни воды в реках**

Исполнитель **Феоктистов Илья Игоревич**

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **Доктор географических наук, профессор**

(ученая степень, ученое звание)

Барышников Николай Борисович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой


(подпись)

Кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич

(фамилия, имя, отчество)

«ИУ» 2017 г.

Санкт-Петербург

2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра _____ Гидрометеорологических измерений _____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Воздействие карьеров на
уровни воды в реках**

Исполнитель _____ Феоктистов Илья Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
(ученая степень, ученое звание)

Барышников Николай Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

« ___ » _____ 20__ г.

Санкт–Петербург

2017

Введение

В районах больших городов и крупных промышленных комплексов активная хозяйственная деятельность на реках оказала непредвиденное отрицательное влияние на них и на инженерные сооружения, построенные в руслах. Изъятия больших объемов аллювия из русла и поймы реки для строительных целей вызывает перестройку русла и гидравлической структуры потока, что создает множество проблем при инженерном использовании рек и существенно влияет на состояние окружающей среды. Это явление требует изучения многих характеристик потока и русла, их взаимосвязей в разных гидрологических условиях, на участках рек с разными типами руслового процесса.

Последствия добычи аллювия должны рассматриваться как часть антропогенного влияния на речные системы.

Результатом выемок речного аллювия является нарушение баланса стока наносов и, как следствие, изменение морфологического строения русла и поймы.

Гидрологическая сторона проблемы заключается в изменении режима стока воды и наносов, нарушения связей уровней с расходами воды, изменении гидравлико-гидрологических условий прохождения весеннего половодья и паводков, изменении режима межених уровней и их взаимодействия с подземным стоком.

Одним из наиболее существенных изменений гидрологического изменений реки вследствие преобразования её русла является снижение отметок уровня воды, которое особенно сказывается в период низкой межени.

Указанные изменения естественного состояния главных рек и притоков, происходящие вследствие разработки карьеров, приводят к нарушению

нормальных условий эксплуатации или устойчивости гидротехнических сооружений, уменьшают надежность их работы, существенно влияют на условия судоходства. Водозаборы, переходы трубопроводов, мосты, причалы, запроектированные и построенные на урбанизированном участке реки в расчете на бытовой режим, оказываются внеудовлетворительных условиях эксплуатации. Обеспечение судоходства на указанных участках рек требует увеличение объема землечерпания.

Разработки карьеров в руслах рек приводят и к нарушению экологического равновесия и условий рекреации.

Недостаточное научное обоснование и актуальность проблемы послужили причиной постановки её в качестве темы дипломного проекта. Выполнение было осуществлено на основе использования натуральных данных по участку р.Томи в районе г.Томска, полученных в системе гидрометслужбы, в Обском БУПе, а также анализа работ, посвященных данной проблеме.

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

Река Томь является правым притоком реки Обь. Длина её составляет 827 километров, площадь бассейна 61240 квадратных километров. Берёт начало на западном склоне Абаканского хребта. В верхнем течении – горная река, текущая в узкой долине. По выходу из гор в Кузнецкой котловине и далее среди Западно-Сибирской низменности долина расширяется. Питание снеговое (40%) и дождевое (33%). Вскрывается в конце апреля, замерзает в конце октября – середине ноября. Река сплавная, судоходная.

Участок реки в районе г. Томска расположен в пределах 60-80км от устья реки 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 километра. Склоны долины террасированы. В районе г. Томска выделяется 4-5 террас высотой 70-90 метров. От села Коларово (93 км от устья реки) до коммунального моста (73 км от устья) правый склон долины крутой, зачастую 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 километров, изрезана старицами и озёрами, покрыта кустарником и полями сельскохозяйственных угодий. Пойма начинает затопляться при уровне 890-900 сантиметров над нулём поста Томск – гидроствор.

По левобережной пойме протекают реки Чёрная и Кисловка.

Правобережная пойма тянется от коммунального моста вниз по течению до посёлка Черемошники (63 км от устья). Достигает ширины одного километра. Для предотвращения затопления по берегу реки построена дамба.

Русло реки умеренно-извилистое. В районе г. Томска ширина его составляет 400-500 метров. Русло реки, начиная с 109 километра и до устья, разбивается на ряд больших и малых протоков. 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 (непосредственно район г. Томска). До разработки карьеров в русле реки Томи, на её участке Вершинино-Белобородово отличалось довольно равномерное чередование перекатов и плесов, причем глубины на перекатах достигали в межень 0,35-1,1 метра, а на плесах 4,0-10,0 метров.

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

Всё это имело место до того, пока из русла реки Томи не началась с 1955 года 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, расположенных на значительном расстоянии от карьера. При этом произошли неизбежные переотложения наносов как по длине, так и по ширине реки.

Воздействие карьеров на уровни и русловой режим рек.

Изменения в структуре потока и морфологии русла на участках выемок речного аллювия.

Размещение карьеров в руслах и на пойме 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 карьера.

Карьером или карьерной выемкой называют участок реки, в пределах которого извлекается речной аллювий. По глубине и ширине карьеры соизмеримы с аналогичными размерами реки, а их длина превосходит ширину реки. Ежегодный объём извлекаемого из карьера грунта на один-два порядка превосходит объём среднегодового стока влекомых наносов, компенсирующих удалённый 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 ведёт к изменению гидрологического и руслового режимов водотока. Степень изменения данных режимов зависит от соотношения размеров выемки 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 примыкающие к верховому и низовому откосам карьера.

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

В малом карьере образуется две кинематические зоны:

- водоворотная зона, занимающая все продольное сечение выемки;
- транзитная зона, которая располагается над водоворотной;

Малый карьер – источник повышенной турбулентности потока.

При разработке большого карьера образуются: течения у верхнего откоса карьера (обращённый назад уступ), течение у низового откоса карьера (обращённый вперёд уступ) и область транзитного течения, заключенная между указанными областями. Интенсивность турбулентности транзитного потока по длине верхового откоса карьера так же, как и в малом карьере, увеличивается и у подошвы откоса достигает небольших 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 верхового откоса.

Зона влияния карьеров на поток и русло реки подразделяется на три характерных участка: I – участок – выше карьера, II – в пределах карьера, III – ниже карьера. В начальный момент размещения карьера основные изменения в параметрах потока и русла связаны с повышением уровня воды над карьером вследствие перехода части кинетической энергии потока в потенциальную. Подъём уровня приводит к уменьшению продольного уклона водной поверхности на I участке, снижению скоростей течения и аккумуляции наносов перед карьером.

В конце II и начале III участка уклоны и скорости течения при этом резко увеличиваются, что приводит к разливу низового и верхней части III участка. По мере понижения дна на III участке вследствие перехвата наносов карьером уровни воды на I и II участках снижаются, что вызывает на I участке, 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.

$$\Delta Z = (J_b - J_k) * L_k, \text{ где}$$

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 участке, вызванного нарушением баланса стока наносов, уровни на I и II участках снижаются, что усиливает процесс размыва русла на верхнем участке.

2.2 Схема процесса изменения речного русла под влиянием карьерных разработок.

Для понимания существа вопроса о влиянии русловых карьеров нерудных материалов на уровни, русловые процессы и другие характеристики реки достаточно иметь в виду то, что речные русла сложены аллювием (донными отложениями), который формируется самой рекой. В результате многовекового хода процессов формирования и переформирования рекой своего русла из собственных наносов происходит их транспортировка вниз по течению. Реки сами создают себе русла с определенным рельефом и

уклоном таким, что в среднемноголетнем разрезе для каждого участка реки вынос потоком донного материала компенсируется его поступлением с вышележащего участка.

Если в таком русле разработать большой карьер (выемку), то он будет работать как ловушка или отстойник для донных частиц, транспортируемых рекой.

А так как ниже по течению от этого карьера поток будет сохранять прежнюю транспортирующую способность, то, следовательно, ниже карьера неизбежно будет иметь место некомпенсированный вынос донного материала и опускание дна. Так как в устье донной реки отметки водной поверхности будут определяться уровнем воды водоприемника, то в целом, на участке реки от карьера до устья будет происходить постепенное уменьшение уклонов водной поверхности. Величина вреда руслового потока или посадки уровня будут убывать к устью.

В тоже время из-за размыва дна и посадки уровней воды ниже карьера над его верховой (по течению) гранью произойдет увеличение уклонов водной поверхности, скоростей потока, и, как следствие, транспортирующей способности. Поэтому здесь возникает так называемая попятная (регрессивная) эрозия по аналогии со схемой развития оврагов.

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 счёт разрушения крупно-зернистого слоя русловоисамоотмостки.

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

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

Увеличение скоростей выше карьера приводит к усилению эрозионной деятельности потока, в результате чего уровень дна понижается вместе со свободной поверхностью. Указанное явление ведет к нарушению многолетнего режима (характеристик) 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 $J=f(H)$, глубин и уровней $h=f(H)$ [3].

Как уже отмечалось, падение уровня воды в карьере вызывает размыв русла реки на участке, расположенном выше карьера, и фронт разлива будет продвигаться вверх по реке до тех пор, пока продольный профиль русла не примет форму динамически устойчивого профиля. Поскольку при этом может измениться тип транспорта наносов, то использование существующих зависимостей для определения формы продольного профиля, не учитывающих этого обстоятельств, предоставляется неправомерным [5].

В местах выемок грунта, где скорости течения потока вследствие увеличения живого сечения русла реки уменьшаются, происходит аккумуляция донных и крупных фракций взвешенных наносов, что приводит к нарушению динамического равновесия русла ниже карьера. Интенсивность размыва русла ниже карьера уменьшается вниз по течению по мере насыщения потока наносами.

На участке реки с боковой приточностью в зоне влияния карьера наблюдается увеличение поступления наносов из притоков в главную реку : снижение уровня воды в главной реке означает снижение базисов эрозии 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].

Изменения водного режима и морфологии касаются не только русла реки, но и всей долины. Снижение уровня воды в русле ведет к падению уровня грунтовых вод на пойме, в пределах пойменных террас и склонов. Вместе с уменьшениями повторяемости затопления пойм это вызывает оползневые явления на склонах и нарушение биологopочвенного режима в долине.

Следствием указанных процессов является разрушение или снижение устойчивости сооружений в русле, на пойме и склонах долины, обсыхание корневой системы растений на пойме, ухудшение состояния рыбных нерестилищ и другие отрицательные явления.

Таким образом, интенсивный объем добычи речного аллювия, осуществляемый на поймах и руслах рек приводит к существенному изменению гидравлико-морфологических характеристик, наблюдаемых в естественных условиях.

Прямой гидрологический эффект от устройства карьера состоит в падении уровня свободной поверхности воды на карьере. Нарушение непрерывного транспорта влекомых наносов, его разрыв есть прямой эффект воздействия карьера на русловый режим реки.

В случае прекращения разработки карьеров река с течением времени заполнит наносами как сами карьеры, так и участок реки ниже их, где ранее наблюдался разлив 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 их) выемки донных наносов.

Добыча строительных материалов из русл рек оказывает определенное влияние на гидрологический режим водоемов, на реках, находящихся в свободном незарегулированном состоянии, при добыче возможно понижение уровней воды, влияющее на организацию путевых работ, условия судоходства, работу водозаборов, отметки уровней грунтовых вод на прилегающей пойме и т. д. Поэтому при добыче материалов из русл незарегулированных рек необходимо учитывать воздействие на природную среду и принимать меры по предотвращению его негативного влияния.

Карьеры в зависимости от расположения подразделяют на русловые (расположенные в основном русле или протоках) и пойменные (расположенные на пойме за пределами меженных берегов). Пойменные карьеры практически не оказывают влияния на уровенный режим рек.

Разработка руслового карьера со значительными размерами, как правило, приводит к уменьшению гидравлического сопротивления движению (потока в районе карьера). В результате извлечения песчано-гравийных материалов снижается уклон свободной поверхности в пределах карьера, что вызывает первоначальное понижение отметки уровня воды у верхней (относительно течения) его кромки.

За счет осветления потока его транспортирующая способность у нижней кромки карьера повышается, вызывая размыв нижележащего участка реки. Происходит распластывание карьера по длине, которое еще более увеличивает снижение уровня воды. По мере заполнения емкости карьера наносами этот процесс затухает. Таким образом, все стадии руслового процесса до заполнения карьера наносами - временные и достаточно быстротечные. Предлагаемая методика расчета уровней позволяет

определять отметки кривой свободной поверхности в любом створе и в любое время по мере заполнения карьера наносами.

Оценочный способ расчета. На реках обычно не производят сплошных русловых съемок, поэтому применение детального способа расчета, предназначенного в основном для проектных организаций, для эксплуатационных работников связано с большими трудностями. В связи с этим понижение уровней воды на вышерасположенном участке определяют приближенно (оценочно). Выполненные проверочные расчеты показали, что при оценочном способе ошибки в определении расчетных параметров составляют менее 15% по сравнению со значениями, полученными при детальном способе расчета.

Сущность оценочного способа расчета понижения уровней заключается в том, что русло не делят на короткие участки, а рассматривают в целом со средними, присущими ему морфологическими и гидрологическими параметрами. В этом случае может быть определено понижение уровней в заданном створе через определенное время (через год, два и т. д.) после разработки карьера.

Предотвращение понижения уровней воды. Добыча строительных материалов может оказывать различное влияние на состояние уровней воды в водоемах в зависимости от того, где вынимается порода (на свободной или зарегулированной реке, водохранилище, озере или морском заливе) и на каких типах месторождений. Предприятия речного транспорта добывают на свободных реках около 48% общего объема строительных материалов, на зарегулированных реках, водохранилищах и озерах - 50%, морских заливах - 2%. Большинство месторождений, где добывают строительные материалы, относится к русловым, на пойменных месторождениях добыча производится в незначительных объемах.

Разработка выемок в руслах зарегулированных рек, водохранилищах, озерах и морских заливах независимо от типов эксплуатируемых месторождений практически не оказывает влияния на русловые деформации и уровенный режим водоемов.

Добыча строительных материалов на свободных реках, при расположении месторождения в русловых их частях оказывает определенное влияние на деформации русл, способствует понижению уровня воды в реках; может повлечь за собой понижение уровня грунтовых вод на прилегающей пойме и в определенных условиях - угнетение пойменной растительности, ухудшение (или прекращение) работы водозаборных сооружений; способствует увеличению на некоторых участках объемов дноуглубительных работ с целью поддержания судоходных условий вызывает необходимость углубления подходов к причалам и акваторий портов, снижая при этом устойчивость причальных сооружений; может привести к обнажению подводных переходов, подмыву опор мостовых сооружений.

Масштабы последствий этих явлений зависят в первую очередь от объема выемки, ее размеров (длина, ширина, глубина) и планового расположения в русле. Наиболее неблагоприятны случаи, когда разрабатывают группы карьеров на небольших по длине участках реки. При этом снижение уровня воды достигает значительных размеров. При выемках породы из русл рек принимают меры по предотвращению понижения уровня воды и негативного влияния добычи на окружающую среду.

Каждое предприятие, осуществляющее разработку русловых карьеров, составляет перспективную схему обеспечения его сырьевыми ресурсами полезного ископаемого с определением перечня разрабатываемых месторождений, допустимых размеров выемок и расчетной оценки влияния намечаемых работ на состояние русла реки, ее прибрежной зоны и расположенных в этом районе сооружений.

Одним из основных мероприятий является высококачественная разработка технической документации на добычу строительных материалов, в которой всесторонне обосновывают возможность и целесообразность добычных работ и определяют их последовательность. Документация должна быть согласована с контролирующими и заинтересованными органами и утверждена в установленном порядке, В ней предусматривают меры по предотвращению негативного влияния разработки карьеров на уровенный режим реки.

Важное значение имеет рассредоточение карьеров по длине реки, а также выбор оптимальных их размеров, что позволяет значительно уменьшить понижение уровней воды. Вопросы о допустимых расстояниях между карьерами и их размер, а их размерах решают на основании расчетов и условий в местах добычи.

Для предотвращения снижения уровней воды положительную роль оказывают выправительные сооружения, возводимые на реках в местах добычи строительных материалов: продольные дамбы, запруды и полузапруды, донные и берегоукрепительные сооружения. Целесообразность строительства того или иного сооружения должна быть подтверждена расчетом

3. Изменения речных русел под влиянием русловых карьерных разработок на примерах различных рек

Наиболее значительные объемы грунта при помощи разработки карьеров извлекаются из русел рек Лены, Оби, Иртыша, Томи, Уфы, Белой, Кубани, рек Карпат, Кавказа, Средней Азии и зоны БАМа. За 1981-1985 годы только одним министерством речного флота РСФСР было добыто из рек 163 млн метров кубических аллювия. К 2000 году этим Министерством предполагалось увеличить добычу гравия и песка из русел рек до 214 млн метров кубических [5].

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

Главным отрицательным проявлением карьерных разработок является снижение уровня воды в межень и дефицит наносов ниже мест разработки. Это влечет за собой ухудшение судоходных условий и осложнение работы портов, нарушение водозаборов и водовыпусков, подмыва мостовых опор и переходов нефтепроводов, угнетение пойменной растительности и сокращение нерестилищ.

Антропогенное влияние на гидрологический режим и русловые процессы вследствие забора для строительных целей больших объемов грунта из русла реки сказывается на Иртыше. Примером служит рейд Омского порта, где добыча минерально-строительных материалов из русла особенно велика. За последние два десятилетия глубинная эрозия русла непрерывно растет.

Расчетами ГГИ показано, что суммарное приращение вместимости русла составляет около 27 миллионов метров кубических [5].

Заполнение, образуемых при добыче строительного песка, дополнительных вместимостей русла происходит медленно и не может компенсировать объемы выемки. Таким образом, объем перемещения стока воды существенно снизился и современный твердый сток не в состоянии заполнить антропогенно создаваемую вместимость русла.

Посадка уровней в районе Омского рейда является локальной, вызванной извлечением из русла большого количества строительного песка. Показатели нарушения уровненного режима на преобразованном участке реки является изменение зависимости расхода воды от уровня $Q=f(H)$ у г.Омска за многолетний период. Анализ данных показывает, что до 1955 года, т.е. до начала карьерных разработок в русле, систематические изменения зависимости $Q=f(H)$ незначительны. После 1955 года в результате нарушения руслового режима связь расходов и уровней воды нарушилась. Падение уровня при расходе воды $400 \text{ м}^3/\text{с}$ в 1975-1979 годах составило 124 сантиметра [6].

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

Переформирование русла реки Оби и существенная посадка уровня воды после создания Новосибирского гидроузла, усиленные последствиями забора грунта для строительных целей, усложнили работы по поддержанию судоходных глубин, потребовали увеличения объема дноуглубительных работ, затруднили эксплуатацию водозаборов и сказались на эффективности работы самой ГЭС [5].

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

Например, на р. Днестре длина участка, на который распространилось влияние разработки русла на лимитирующих перекатах составила около 80 километров [2].

Размещение карьеров на участке р. Оки между г. Калугой и п. Щурово длиной 250 километров обусловило в 1978 году снижение меженных уровней на гидрологическом посту, находящемся на 60 километров ниже по течению от п. Щурово, на один метр [2], что создало новые условия эксплуатации водных путей и многих инженерных сооружений : водозаборов, выпусков сточных вод, мостовых переходов, дамб обвалования.

Значительная перестройка русла, прежде всего спрямление речных излучин, под воздействием карьерных разработок происходила на реке Кубани ниже г. Краснодара. За период 1911-1973 годов (до ввода в эксплуатацию Краснодарского гидроузла), снижение меженного уровня составило 1,3 метра [2].

Отрицательные последствия бессистемной выемки нерудного материала из русел рек видны на примерах рек Карпат. На р. Стырь у сел Ходовичии Песчаное устроены карьеры с ежегодной выемкой гравия до 4,5 млн м³, что значительно превышает среднегодовое количество наносов [2]. Посадка меженных уровней воды в районе этих карьеров в настоящее время составила около 4 метров. Вследствие резкого увеличения продольных уклонов на данном участке р. Стырь происходит интенсивное переформирование русла. В результате чего, в 1986 году были выведены из строя железнодорожный и автодорожный мосты, полностью разрушены переходы газопроводов.

За 1945-1980 годы 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 [3].

Разработка карьеров в 1959-1970 годы на средних и крупных реках Черноморского побережья Кавказа привела к дефициту речного аллювия в устье рек и, как следствие, к активизации процесса переформирования морского берега. Величина размыва морского берега в отдельных местах, например у устья р. Мзымта в 1975 году достигла 200 метров [2].

Размещение карьеров в русле и на пойме вблизи склонов долины рек зоны БАМа может привести к возникновению оползневых явлений и в связи с этим к интенсивному поступлению наносов в русло реки и на пойму, а значит и к существенному изменению гидравлико-морфологических параметров [2].

Такая перестройка русла не может не сказаться на устойчивости инженерных сооружений, комплекса промышленных объектов в данном районе, запроектированных с учетом только естественного хода русловых и пойменных деформаций.

В результате разработки карьеров на р. Томи у г. Томска существенно изменился 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. Более подробный анализ изменения гидрологического режима на указанном участке р. Томи вследствие карьерных разработок изложен в главе 4.

На реке Оби у г. Барнаула наблюдается тенденция к посадке уровня воды. Величина посадки уровня зависит от степени наполнения русла и непостоянна во времени. Основной причиной, вызвавшей посадку уровня, является производство дноуглубительных и карьерных работ в русле и на пойме реки. Объемы добычи аллювия существенно превышают объемы

годового стока донных наносов. Величина посадки уровня не соответствует величине понижений отметок русла. По предварительной оценке, выполненной в ЗапСибНИИ, в 1986 году величина посадки уже превысила 0,5 метра [7,8].

Изменения, вызванные урбанизацией прилегающей территории, в развитии руслового процесса р. Оби на участке являются негативными для эксплуатации различных инженерных сооружений. Посадка уровня и увеличение амплитуды высотных деформаций создают серьезные затруднения при эксплуатации русловых водозаборов.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что размещение карьеров на реках способно привести существующее динамическое равновесие водного и руслового режима рек к значительным по пространственно-временным масштабам нарушениям. А эти нарушения, в свою очередь, создают множество проблем при инженерном использовании рек и существенно влияют на состояние окружающей среды.

При организации крупных и систематически эксплуатируемых карьеров необходимо рассматривать целесообразность возведения регуляционных сооружений для компенсации снижения 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

Существенные изменения гидрологического режима и русловых процессов на участке реки Томи у г. Томска вызвала разработка здесь карьеров для добычи песчано-гравийной смеси из русла. 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, Управлением карьерами объединения предприятий промстройматериалов и предприятием «Химстрой». 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 здесь же, в русле.

Таблица 4.1

Объемы добычи нерудных строительных
Материалов из русла р. Томи у г. Томска

Годы	Объем добычи, тыс. тонн W
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	8530,85
1987	8191,3
1988	8658,5
1989	82,94,6
1990	7582,3
1991	6183,0
1956-1991	191834,95

Уже к 1968-1970 годам без учёта экологических изменений были полностью срезаны Верхний и Нижний Томские, Боярский, Черемошниковский, Косоводный, Гладкий, Верхний Иглаковский и Иглаковский перекаты (приложения 4.1 и 4.2). 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.

Так на Томском и Косоводном перекатах (рис 4.1 и 4.2) поперечные профили живого сечения показывают, что площади за счет выемок гравия изменились в сторону увеличения в 2,5-3,5 раза.

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

За 1970-1985 годы на одном только участке в 2 километра (77-79 километр от устья) был почти полностью разобран Басандайский остров на глубину в русле до 4-5 метров и на острове до 8-10 метров. Остров, имевший размеры 1750 метров в длину и 400 метров в ширину, практически исчез.

Отработка карьеров велась с грубым нарушением границ отвода этих карьеров. В результате выборки огромного количества песчано-гравийной смеси оказались разобраны отдельные острова (Боярский, Собачий, Зелененький) и срезаны в районе г. Томска все лимитирующие перекаты (см. приложение 4.2). 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 (длина около 70 километров) составляло примерно 320 сантиметров (приложение 4.4), а к 1995 году падение уменьшилось до 100 сантиметров, то есть уклон водной поверхности стал очень малым.

Наиболее существенным изменением гидрологического режима вследствие преобразования русла реки явилось снижение отметок уровня воды на участке выемки грунта. Падение уровней воды отмечено по гидрологическим постам Томск-гидроствор №1 и Томск-пристань, начиная с 1962 года и заканчивая 1995 годом.

Подтверждением этого служат следующие материалы.

Наименьший уровень за многолетний период наблюдений 1918-1962 годы по Томскому водопосту был 17 сантиметров над нулем поста. Для поддержания нормального судоходства на р. Томи проектный уровень по Томскому водопосту был установлен 45 сантиметров над нулем поста (обеспеченностью 95%). В маловодные годы (1943,1945,1955,1957) минимальные уровни воды наблюдались 20-25 сантиметров выше нуля Томского водопоста, то есть падали ниже проектного на 20-25 сантиметров. В 1963 году проектный уровень был установлен – 20 сантиметров над нулем поста, а в 1967 году уже – 100 сантиметров.

В 1962 году на большей части рек Обского бассейна наблюдались низкие уровни воды. При этом на р. Оби и верхних её притоках понижение уровней было в основном аналогично маловодным годам прошлых лет. Между тем по Томскому водопосту понижение уровня в 1962 году носило катастрофический характер и резко отличалось от всех предыдущих лет. Наименьший уровень по Томскому водопосту упал в сентябре 1962 года до – 47 сантиметров, что на 92 сантиметра ниже проектного уровня и на 64 сантиметра ниже, чем за все годы наблюдений. Срыв проектного уровня продолжался 81 день с 14 июля по 2 сентября. При этом оказалось, что по верхним постам на р. Томи в г. Кемерово и с. Поломошном (соответственно 208 и 109 километров выше г. Томска) уровни воды в 1962 году упали также ниже, чем в прошлые маловодные годы, но на величину только около 20 сантиметров. В последующие годы (1964-1990) минимальные уровни воды по

Томскому водпосту (пристань) и гидроствору №1 оказались еще ниже многолетнего предела.

В 1989 году отмечен наинизший уровень летне-осенней межени по Томскому водпосту, он составил – 233 сантиметра над нулем поста.

В 1989 году проектный уровень по Томскому водпосту назначен – 180 сантиметров.

В то же время по Поломошинскому водпосту падение уровня мало отличалось от маловодных навигаций прошлых лет. Закономерности между уровнями воды по Томскому и Поломошинскому постам 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 рисунке 4.5 приведены кривые зависимости расходов воды от уровней по годам, где наглядно видно, что кривые $Q=f(H)$, начиная с 1963 года по гидроствору №1 из года в год значительно отклоняются вправо. Одному и тому же расходу воды соответствуют разные уровни за разные годы, причем в последующие годы уровни воды ниже чем в предыдущие. То есть из года в год понижение (посадка) уровней р. Томи у г. Томска продолжается.

Как известно, задачей дипломного проекта является разработка методики расчетов величины падения уровней при карьерных разработках. Как вытекает из анализа опубликованных работ и дипломного проекта З.А. Широких, основным определяющим фактором являются величины объема вынутого грунта и объем стока наносов, в основном донных. Именно соотношения этих факторов и определяют величину посадки уровня воды. 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 другие.

В дипломном проекте З.А.Широких для расхода $Q=500 \text{ м}^3/\text{с}$ (табл 4.2) была получена зависимость вида $\sum \Delta H = f(\sum W)$ (рис. 4.6). Как видно на рисунке, эта зависимость довольно тесная, однако отклонения точек, соответствующие величине падения уровня, достигают 30 см с положительным знаком и 18 см с отрицательным знаком. Также значительные величины отклонений свидетельствуют о необходимости учета второго фактора – стока донных наносов.

Поэтому была предпринята попытка уточнения этой зависимости посредством введения в нее дополнительного фактора, характеризующего объема стока наносов, в качестве которого принят максимальный расход воды. Таким образом, было сделано допущение о том, что объем стока наносов пропорционален Q_{\max} . Безусловно, это допущение не является строгим. Однако, подобрать какую-либо другую величину, характеризующую объем стока наносов в настоящее время не представляется возможным из-за отсутствия информации.

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

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

величины поправок при увеличении Q_{\max} проявляется довольно четко, что свидетельствует о физической обоснованности данной зависимости.

Аналогичные расчеты были выполнены и для значений расходов воды, соответственно равных $800 \text{ м}^3/\text{с}$ и $1200 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 4.8 и 4.9) (табл. 4.4, 4.5). Как видно на рис. 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 Q_{\max} . Несмотря на большой разброс исходной информации, эта зависимость довольно четкая. Обращает на себя внимание закономерное расположение этих кривых относительно друг друга. В частности, все они пересекаются при $Q_{\max} = 8500\text{-}9000 \text{ м}^3/\text{с}$. При малых значениях Q_{\max} наибольшее значение поправок соответствует $Q = 500 \text{ м}^3/\text{с}$, а наименьшее – $Q = 1200 \text{ м}^3/\text{с}$. При больших значениях Q_{\max} наблюдается обратная картина. По-видимому, это обусловлено недостаточно полным учетом значений Q_{\max} при построении зависимостей $\sum \Delta H = f(\sum W)$. Последняя зависимость, а так же график поправок к ним (рис. 4.10 и 4.7) могут быть рекомендованы для ориентировочных расчетов величин посадок уровня воды в случае продолжения добычи грунта из карьера в районе г. Томска.

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

Дополнительно была выполнена попытка получения зависимостей вида $\sum \Delta H_i = f(\sum \Delta W_{i+n})$. В ее основу была положена рабочая гипотеза о том, что падение уровня в текущем году (или за ряд предшествующих лет) обусловлено объемами вынутого грунта не только в текущем году (или в течение группы лет), но и за один-два года предшествующих этому периоду. Были апробированы зависимости такого типа, в которых i принималась равным соответственно 1; 2; 3 и 4 годам, а $n-1$ или 2 годам. Следует отметить, что эти зависимости корреляционные. Наилучшие результаты были получены при $i=4$ и $n=2$, т.е. $i+n=6$. Следовательно, объемы выемок грунта рассчитывались за шестилетний период, а падение уровней за четырехлетний. Таким образом, были получены зависимости $\sum \Delta H_4 = f(\sum W_6)$ (рис. 4.11). Как видно на рисунках, где представлены эти зависимости для различных расчетных расходов воды ($500 \text{ м}^3/\text{с}$, $800 \text{ м}^3/\text{с}$, $1200 \text{ м}^3/\text{с}$) они близки к линейным и могут быть использованы для прогноза величин падения уровня воды по посту Гидроствор №1 г. Томск при продолжении карьерных разработок (рис. 4.11, 4.12, 4.13) (табл. 4.6, 4.7, 4.8).

На рисунке 4.14 приведены графики изменения уровней р. Томи у г. Томска за 1960-1990 годы при постоянных значениях расходов воды в диапазоне от 500 до $5000 \text{ м}^3/\text{с}$.

По данным нивелировок ряда организаций (Обского БУПа, Томских Гипротранса и Теплоэлектропроекта) на участке от гидроствора №1 до с. Козюлино (13 километров от устья), выполненных в различные годы (с 1949 по 1967) были построены продольные профили р. Томи при двух различных уровнях (приложение 4.6).

На этом же графике нанесены продольные профили, соответствующие проектным уровням 45 и 20 сантиметров над нулем Томского водопоста.

В результате анализа этих продольных профилей выяснилось, что величина посадки уровня воды на рассматриваемом участке оказалась

неодинаковой. Так максимальная величина посадки меженного уровня имела место на участке от Верхнего Томского до Нижнего Черемошниковского переката (длина участка около 7 километров). Затем величина посадки от этого участка к устью реки значительно уменьшается.

На участке от Нижнего Сенного до Верхнего Томского переката (длина – один километр) падение уровня составило 102 сантиметра, то есть уклон 1 метр на 1 километр, при этом скорость течения потока составляла 2,6 м/с. Глубина на Нижнем Сенном перекате в период провала уровней 1963 года была всего лишь 50 сантиметров. Таким образом, Верхний и Нижний Сенные перекаты являлись как бы порогом, определяющим верхнюю глубокую ложину (район гидроствора №1) (см. приложение 4.1) от нижнего участка.

В приложении 4.2 показаны продольные профили дна и водной поверхности р. Томи в межень 1949 года, где четко прослеживается характер дна реки и уровни воды в естественном состоянии. Уровни воды понизились за период с 1949 до 1973 года на величины от 2,2 до 2,5 метра в районе гидроствора №1, 2,8 метра на Верхнем Сенном перекате, 2,2 метра на Верхнем Томском перекате, до 1,2 метра в районе Нижнего Черемошниковского переката.

Посадка уровней воды с 1949 года до проектных уровней еще больше : 2,8 метра – район гидроствора №1, 3,8 метра – Верхний Сенной перекат, 3,0 метра – пристань, 2,1 метра – Верхний Черемошниковский перекат.

На чертеже (приложение 4.3) по данным «Сибгипроречтранс» приведены продольные профили р. Томи на участке 70-93 километра от устья, где показаны рельеф, бытовой и пониженный уровни воды за 1983 и 1985 годы, а также по материалам Томского технического участка построен продольный профиль водной поверхности по однодневной нивелировке за 1985 и 1986 годы. Здесь же приведен продольный профиль водной поверхности при расходе воды 250 м³/спо нивелировке ОБУПа в 1986 году.

Одновременно с врезом русла реки существенно изменились ее плановые очертания. Уменьшилась извилистость береговой линии. Началось и продолжается переотложение наносов, зоны размывов чередуются с зонами намывов. На участке выше гидроствора №1 образовался правобережный побочень длиной до 1,5 километра. Русло реки оказалось прижато к левому берегу и в межень достигает ширины 120-150 метров. Урез воды отступил от берега на расстояние до 500 метров.

На отдельных участках выше коммунального моста ширина реки сократилась до 100-200 метров. Наиболее ярко сужение выражено в 800 метрах выше моста, где ширина меженного потока достигает около 60 метров. У правого берега на этом участке отмечаются зоны намывов, которые отрицательно сказываются на расположенных здесь водозаборах городской насосной и насосной ГРЭС-2. Уже неоднократно, в 1984 и 1986 годах, происходило занесение водозаборных оголовков и производились аварийные работы.

Мощные намывы произошли ниже коммунального моста у левобережья. До выборки песчано-гравийно смеси у русла на этом месте проходил фарватер.

Русло реки шириной до 150 метров оказалось прижато к правому берегу.

Там, где урезы воды в летнюю межень отступили далеко от берега (до 200-500 метров) на обсыхающей части русла появляются застойные «озерца», водоемы, заиленные и замусоренные участки с гниющими органическими остатками.

На участке от коммунального моста до набережной у устья р. Ушайки обнажились правобережные галечниковые отмели. Идет процесс их заиления с одновременным развитием древесной растительности – тальников. В летнюю межень урез реки находится в 100 метрах от набережной. Сточные

воды из р. Ушайки попадают в слабопроточную область р. Томи и застаиваются в районе набережной и речного вокзала.

В результате посадки уровней воды р. Томи возросла дренирующая способность реки, возросли уклоны и скорости стекания пойменных грунтовых вод, вследствие чего уровни грунтовых вод на пойме снизились на 1-1,2 метра (данные производственного объединения Томскнефтегазгеология), что ухудшило водообеспеченность пойменных сельскохозяйственных угодий.

Последствием русловых карьерных разработок является вред малых рек – притоков р. Томи. Из-за вреда р. Ушайки началось разрушение опор мостов через нее, что вызвало неоднократное проведение ремонтных работ.

Все происшедшие изменения вызвали необходимость при составлении Сибгипроречтрансом технического проекта на добычу песчано-гравийной смеси в течение 25 лет в объеме около 200 млн м³ (в том числе 100 млн м³ непосредственно в меженном русле р. Томи) разработать мероприятия по предупреждению дальнейшего понижения уровней. Необходимость этого усугублялась тем, что ежегодный сток донных наносов составляет на Томи всего лишь 20-25 тыс. м³ [5], что не может компенсировать выемку песчано-гравийной смеси.

Для анализа создавшейся ситуации были проведены однодневные связки уровней воды от 13 до 79 километра от устья р. Томи при уровнях 60 сантиметров на проектным и на 25 сантиметров ниже проектного. Результаты нивелировок дали возможность оценить посадку уровня воды на всем протяжении участка добычи гравия и ниже его до створа, где последствия выемки грунта из русла реки заметно не сказываются. Выполненные при составлении технического проекта расчеты показали, что разработки карьеров с большими объемами выемки грунта из русла реки приводят к существенным дополнительным понижениям проектного уровня воды на

этом участке реки, включая район размещения существующих и проектируемых водозаборных, причальных и других гидротехнических сооружений в г. Томске.

Для подтверждения расчетных данных об изменении уровня и скоростного режима р. Томи Научно-исследовательским институтом водного транспорта были выполнены лабораторные исследования на жесткой гидравлической модели 34-километрового участка реки [5].

Задачи, решаемые лабораторными исследованиями включали : получение данных о положении свободной поверхности воды по всему участку для различных вариантов карьерной добычи при различных уровнях; установление величины и направления скоростей течения на исследуемом участке в бытовых и проектных условиях; определение влияния изменения режима реки на условия судоходства и работу существующих и проектируемых водозаборов.

Выполненные лабораторные исследования показали, что различные схемы размещения карьеров по-разному влияют на изменение уровней воды и скоростного режима потока на рассматриваемом участке р. Томи.

Максимальное понижение уровня наблюдалось в створе проектируемого Аникинского водозабора, которое может составить в межень (для проектного уровня) 2,7 метра, в половодье (7 метров над проектным) – 0,9 метра.

Натурные наблюдения на р.Томи в период после завершения лабораторных исследований до настоящего времени подтвердили прогноз посадки уровней и русловых переформирований, сделанный по результатам теоретических расчетов и лабораторных исследований.

Дальнейшая добыча гравия из русла р. Томи возможна, но предпочтительна в карьере выше г. Томска, однако при условии проведения мероприятий по предупреждению дальнейшей посадки уровней воды.

Опыт эксплуатации карьеров по добыче минерально-строительных материалов из русел рек свидетельствует о крайней необходимости для народного хозяйства упорядочить этот процесс.

Заключение.

Интенсивный рост объема добычи минерально-строительных материалов, осуществляемый на поймах и в руслах рек без учета их типов, приводит к значительному изменению гидравлико-морфометрических характеристик потока и русла, наблюдаемых в естественных условиях. Последствиями такого преобразования русла является нарушение нормальных условий инженерного использования реки на урбанизированных участках.

За период с 1955 по 1991 год из русла реки Томи в районе г. Томска было извлечено более 191 миллионов кубометров песчано-гравийной смеси. Ежегодный объем выемки грунта превосходил среднегодовой сток донных наносов р. Томи, оцениваемый в 20-25 тысяч кубометров. Поэтому приносимые рекой влекомые наносы не могли компенсировать извлекаемые объемы грунта и заполнять возникающие дополнительные вместимости русла.

Выборка огромного объема песчано-гравийной смеси из русла реки, к тому же без научного обоснования, привела к необратимым русловым процессам и посадке уровней воды р. Томи в районе г. Томска.

Снижение уровней воды р. Томи, определенное по сдвигу кривых связи $Q=f(H)$ с 1960 по 1991 год, превысило 2,5 метра по гидроствору №1 при расходе воды $500 \text{ м}^3/\text{с}$, при $800 \text{ м}^3/\text{с}$ – 2,8 метра, при $1200 \text{ м}^3/\text{с}$ – 3,1 метр.

Минимальный уровень летне-осенней межени по Томскому водопосту наблюдался в 1989 году – 233 сантиметра над нулем поста, что на 2,50 метра ниже многолетнего минимального уровня за период до выборки гравия из русла.

Проектный уровень для поддержания нормальных условий судоходства на реке у г. Томска до 1963 года был 45 сантиметров над нулем поста Томск-

пристань, после чего он неоднократно уточнялся. Последний проектный уровень назначен в 1989 году – 180 сантиметров над нулем поста Томск-пристань.

Значительно уменьшились уклоны водной поверхности на участке от 70 километра до нулевого от устья.

В результате русловых карьерных разработок были полностью срезаны все лимитирующие перекаты в районе г. Томска.

Произошло изменение плановых очертаний реки. В межень ширина ее сократилась в 2-3 раза. Обнажились вдольбереговые отмели, возникли слабопроточные и застойные зоны вдоль правого (городского) берега.

Снизилась уровни грунтовых вод на пойме.

Нарушение естественного режима реки отрицательно сказалось на инженерных сооружениях, в частности, происходит обсыхание оголовков городского водозабора и водозабора ГРЭС-2.

Приведенные материалы свидетельствуют о необходимости упорядочить процесс извлечения песчано-гравийной смеси из русла р. Томи при обязательном включении в проект эксплуатации карьеров мероприятий, снижающих негативные последствия разработок русла.

Нужны такие варианты добычи песка и гравия, которые бы свели ущербные последствия до минимума.

Необходима разработка научно-обоснованных методов расчета и прогноза русловых деформаций и посадки уровней воды, возникающих в результате организации карьеров в руслах и на поймах рек, а также комплекса инженерных мероприятий по исключению или существенному ограничению негативных воздействий карьеров особенно на экологию окружающей среды.

При разработке проектов организации карьеров из русел и пойм рек необходимо предусматривать различные виды защиты инженерных сооружений (водозаборов, водовыпусков, мостов и др.).

Если же карьеры расположены в пределах городской черты, а по притокам реки осуществляется сброс неочищенных стоков, то необходимо предусмотреть очистку последних. В противном случае резко ухудшится экологическое состояние.

Список использованных источников

1. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы
2. Брюханов В.А. Влияние антропогенного фактора на русловой процесс р. Оби у г.Барнаула. Труды ЗапСибНИИ, 1986, вып. 76.
3. Гидрологический ежегодник. Т.6. Вып. 0-3, часть 1.л.:Гидрометеиздат, 1941-1989.
4. Дегтярев В.В. Улучшение условий судоходства сибирских рек. Изд. Транспорт. М. 1987, - с. 114-143.
5. Дьячков В.Н. Изменение уровенного режима р. Оби у г. Барнаула. Труды ЗапСибНИИ, 1986, вып. 76.
6. Кожевников В.С., Стазаева Н.А. Анализ снижения уровней воды вследствиепреобразования 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. ГГИ 1988.
8. Сنيщенко Б.Ф. Русловой процесс на урбанизированных участках рек. Гидрологические аспекты урбанизации. М. 1978. С. 51-60.