МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «гидрометрии»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(дипломный проект)

На тему **Коэффициенты Буссинеска и Кориолиса (на примере рек Забайкалья)**

Исполнитель Сергеев Петр Станиславович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Барышников Николай Борисович
(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

КТН, доц
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Д. И.
(фамилия, имя, отчество)

«10» Июня 2016 г.

Санкт–Петербург
2016

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

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(дипломный проект)

На тему **Коэффициенты Буссинеска и Кориолиса (на примере рек Забайкалья)**

Исполнитель **Сергеев Петр Станиславович**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель
(ученая степень, ученое звание)
Барышников Борис Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)
Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«___»_____20__г.

Санкт–Петербург

2016

Оглавление

Введение…….4

Глава 1. Взаимодействие руслового и пойменного потоков…….6

1.1. Многообразие аспектов проблемы гидравлики пойм……..6

1.2. Проблема взаимодействия руслового и пойменного потоков…….8

Глава 2. Методика расчета средних скоростей и сопротивлений пойменного потока……15

2.1. Типы взаимодействия руслового и пойменного потоков…….15

2.2. Способы расчета скоростных коэффициентов и коэффициентов шероховатости в пойменных руслах……...….18

Глава 3. Анализ влияния эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на коэффициенты Буссинеска и Кориолиса…….……..22

3.1. Коэффициенты Буссинеска ($\alpha_Б$) и Кориолиса ($\alpha_К$) в открытых безнапорных потоках……22

3.2. Методы расчета коэффициентов Буссинеска и Кориолиса…….…..24

3.3. Анализ исходных данных…….29

3.3.1. Описание участков постов……30

Р. Чара – с. Чара……. 30

Р. Онон – с. Бытэв……...32

Р. Онон – с Верхний Ульхун……..34

3.3.2. Анализ кривых зависимостей $Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H), J = f(H), C = f(H), n = f(H), B = f(H)$ …….....36

р. Чара – с. Чара…….. 36

р. Онон – с. Бытэв…….39

Р. Онон – с. В. Ульхун…….44

3.4. Формы кривых зависимостей $\alpha_{Б} = f(H), \alpha_{К} = f(H)$ для русловой и пойменной составляющей потока.

Р. Чара – с. Чара……..…….49

Р. Онон – с. Бытэв……54

Р. Онон – с. В. Ульхун…….……57

3.5. Разработка рекомендаций по расчету значений коэффициентов Буссинеска и Кориолиса ($\alpha_{К}, \alpha_{Б}$) при пропуске паводков по затопленной пойме……...60

Выводы…….65

Использованная литература……...…67

Введение

Человечество с незапамятных времен стремилось к рекам, селилось на их берегах, используя реки в самых разных целях.

На территории только нашей страны насчитывается около 3-х миллионов рек, общая длина которых превышает 10 миллионов километров.

Что же влекло человека к рекам? Прежде всего сама вода, необходимая для питья, хозяйственных нужд, для водопоя домашних животных и орошения посевов.

Река – это удобные пути сообщения и возможность кормиться рыбой и использовать энергию текущих вод. К рекам человека привлекали и речные долины с их ровными террасами и поймами, столь удобными для хозяйственного использования, для размещения поселений пастбищ и посевов.

В настоящее время интерес к поймам еще больше возрос, поймы стали предметом интенсивного хозяйственного использования, в связи с этим и возрастают требования к расчетам пропускной способности пойменных русел.

Однако точность этих расчетов является ниже современных требований. В основных руководствах и СНиПах господствует простейший подход к расчету пропускной способности пойменного русла.

Поперечное сечение расчленяется на осеки – главное русло и пойма, потоки в которых рассматривают как не связанные между собой, разделенные условными, лишенными сопротивления вертикальными плоскостями.

После этого для расчета пропускной способности отсеков принимаются обычные уравнения гидравлики в зависимости от режима движения, свойственного всему потоку.

Кроме того, измерение расходов воды в условиях затопления поймы представляют значительно большие трудности, чем при измерении в беспойменном русле. Эти трудности приводят к тому, что в ряду случаев при выходе воды на пойму расходы вовсе ни измеряются.

Расходы воды, измеряемые на поймах при малых их наполнениях, как правило отличаются очень низкой точностью в следствии ряда обстоятельств (большая косструйность, обратные течения, малые скорости течения и т.д.).

В последнее время ученые обратили внимание на важное в практическом плане явление взаимодействия руслового и пойменного потоков, суть которого заключается в дополнительных затратах энергии на массообмен между ними.

Учет этого явления при расчетах максимальных расходов может повысить точность их расчетов.

Данных дипломный проект посвящен этой проблеме, и в первую очередь расчету скоростей и сопротивлений пойменной составляющей потока, а так же влиянию эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на коэффициент Буссинеска $\alpha_{Б}$ и Кориолиса $\alpha_{К}$ при пропуске паводков по затопленной пойме.

Глава 1. Взаимодействие руслового и пойменного потоков.

1.1. Многообразие аспектов проблемы гидравлики пойм.

Данная проблема охватывает достаточно широкий круг вопросов, взаимосвязанных между собой, но практически представляющих самостоятельные направления. Можно выделить следующие: исследование трансформации волн попусков и паводков поймами, методы расчетов планов течений на них, расчет их пропускной и аккумулирующей способности, взаимодействие с русловым потоком и влияние на его пропускную способность, динамика затопления пойм, расчет сопротивлений и уклонов, а также ряд других.

Гидравлика затопления пойм, главным образом, определяется их типом. При высоких уровнях, превышающих отметки бровок прирусловых валов, когда русловой и пойменные потоки сливаются в единый поток его скоростное поле существенно трансформируется и в ряде случаев проявляется «кинематический эффект» безнапорного и пойменного потоков (1). Это же часто наблюдается и при более низких уровнях, когда сливаются отдельные пойменной потоки, протекающие по поверхностям с резко отличной шероховатостью и глубиной.

В работах (9, 10, 3, 5, 7) выполнено исследование процесса затопления и опорожнения отдельных пойменных массивов на реках с типами руслового процесса: свободное и незавершенное меандрирование, а также пойменная многорукавность. Это процесс имеет ряд общих черт и позволяет выделить несколько фаз затопления. Первое – затопление низовий пойм.

При свободном меандрировании затопление пойменного массива начинается с низовий через прорвы, что, как правило, создает потоки на пойме, имеющие направление, обратное направлению руслового потока.

Происходит заполнение понижений рельефа пойм, на что безвозвратно уходят значительные объемы паводочного стока.

При заполнении пойм типа «пойменной многорукавности» поступление воды на пойму происходит по многочисленным рукавам и протокам.

При незавершенном меандрировании процесс затопления массива занимает как бы промежуточное между двумя указанными выше типами положение, в зависимости от степени его развития и других характеристик. В эту фазу основным является заполнение обширных аккумулятивных емкостей, приводящее к снижению расходов воды в основном русле. На пойме наблюдаются местные течения по пониженным частям рельефа различных направлений. Вторая фаза, соответствующая средним уровням затопления поймы, характеризуется образованием на ней транзитного потока. При свободном меандрировании направление транзитного потока определяется направлением вееров прирусловых валов, образовавшихся при перемещении русла. Вершины валов в этой фазе затопляются лишь частично. Вода из русла поступает на массив через верховые прорывы и понижения прируслового вала в верхней части поймы. Сток с массива осуществляется через низовые прорывы и понижения прирусловых валов в нижней части массива. На массиве наблюдаются отдельные застойные зоны.

При пойменной многорукавности и незавершенном меандрировании наблюдается интенсивное транзитное течение по крупным протокам. Начинается затопление и перелив через верховые бровки, а также образовании прорв в них.

Третья фаза характеризуется образованием единого сквозного руслопойменного транзитного потока, наблюдающегося при высоких, близких к 1% обеспеченности, уровнях воды. Пойма практически вся

затоплена, за исключение отдельных повышенных останцев, образующих острова.

В этой фазе наиболее полно проявляется взаимодействие руслового и пойменного потоков. В это же время «кинематический эффект» в руслах с поймами наблюдается при других фазах, но в ограниченных размерах, как результат слияния отдельных пойменных потоков с различной шероховатостью и глубиной и при поступлении пойменных вод в русло через прорву. Аналогичные фазы можно выделить при опорожнении пойм на спаде половодья. Только в этом случае процесс будет обратным, то есть аккумуляция сменяется частичным возвратом вод из поймы в русло.

Можно считать, что до 40% общего объема стока весеннего половодья уходит на затопление пойменных емкостей в период подъема и постепенно, отдается поймой на спаде? За исключением безвозвратных потерь на испарение, фильтрацию и заполнение бессточных пойменных озер и других понижений рельефа. Это свидетельствует о весьма значительной регулирующей роли поймы при пропуске половодья.

1.2. Проблема взаимодействия руслового и пойменного потоков.

Суть проблемы взаимодействия руслового и пойменного потоков состоит в уменьшении пропускной способности сложносоставленных русел, частным случаем которых является русло с поймами, за счет дополнительных сопротивлений, возникающих при движении отсеков потока с различными скоростями.

На протяжении длительного времени в гидравлике и гидрометрии движение воды в руслах с поймами рассматривались так, как будто движение в русловой и пойменной частях происходит не зависимо, то есть выход воды на пойму происходит без всякого влияния на русловой поток.

Эта не правильная точка зрения повлияла на некоторые методы в гидрометрии и гидравлике.

Например, при расчете воды в руслах со сложной формой допускали чисто формальное деление потока вертикальными продольными плоскостями на части. Для каждой части в целях подсчета расхода воды применялись обычные уравнения движения, а общий расход получался путем простого суммирования частных расходов воды.

В 1947 году Г. В. Железняков предложил при анализе движения воды в русле с поймами исходить из того, что движение воды при выходе на пойму происходит в условиях взаимодействия основного и руслового потоков.

Большинство работ посвящено разработке методике расчета пропускной способности русел с поймами при параллельности динамических осей потоков в них, посредством введения поправочных коэффициентов к русловой (K_p) и пойменной ($K_п$) составляющих расхода воды в виде:

$$Q = K_p * Q_p + K_п * Q_п \qquad (1.2.1)$$

Для расчета значений коэффициентов предложено большое количество формул, которые учитывают уменьшение расхода в русле под влиянием потока поймы.

Так И.Ф. Карасев на основе уравнения количество движения, получил следующие значения коэффициентов:

$$K_p = \left(\frac{g*B_р}{g*B_р+2*\varphi*C_р^2*K_V*h_{р.б.}}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (1.2.2)$$

$$K_п = \frac{g*B_п}{g*B_п-2*\varphi*\alpha_V*C_п^2*K_V*h_{р.б.}} \qquad (1.2.3)$$

где φ – коэффициент, учитывающий отношение сохранившейся продольной скорости обменивающихся масс к средней скорости потока;

$$K_V = \frac{V_р-V_п}{V_р}; \qquad (1.2.4)$$

$$\alpha_V = \frac{V_р}{V_п}. \qquad (1.2.5)$$

И.П. Спицын [6] предложил расчет средней скорости всего потока (V') выполнять по формуле:

$$V' = K * V = K * \left(\beta_{\text{р}} * V_{\text{р}} + \beta_{\text{п}} * V_{\text{п}}\right), \qquad (1.2.6)$$

где $\beta_{\text{р}}$ и $\beta_{\text{п}}$ – коэффициенты, учитывающие долю площади русла и поймы от всей площади сечения потока.

$$K = \frac{R_{\text{р}}}{R_{\text{р.б.}}} * \left[1 - 0{,}56 * \sqrt{\frac{\Delta V}{V} * \frac{h_{\text{п}}}{R_{\text{р.б.}}} * \left(\frac{B_{\text{р}}}{B_{\text{п}}}\right)^{\frac{1}{4}}}\right], \qquad (1.2.7)$$

где $R_{\text{р.б.}}$ – гидравлический радиус русла при уровнях его бровки;

ΔV – разность скоростей русла и поймы.

Г.В. Железняков предложил значения коэффициентов $K_{\text{р}}$ и $K_{\text{п}}$ рассчитывать по формулам:

$$K_{\text{р}} = K'_{\text{р}} + K_{\text{к.э.р.}}; \qquad (1.2.8)$$

$$K_{\text{п}} = K'_{\text{п}} + K_{\text{к.э.п.}}. \qquad (1.2.9)$$

Коэффициенты $K'_{\text{р}}$ и $K'_{\text{п}}$ учитывают влияние формы сечения русла на его пропускную способность.

$K_{\text{к.э.р.}}$ и $K_{\text{к.э.п.}}$ – кинематический эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков.

Для расчета пропускной способности русла с поймой Г.В. Железняков [4] предложил формулу в виде:

$$Q = \left(1 - \frac{\beta_{*\text{р}} * C_{*\text{р}}}{\sqrt{g}} * \sqrt{\frac{J}{F_{r_{\text{р}}}}} + K_{\text{к.э.р.}}\right) * Q_{\text{р.ф.}} + \left(1 - \frac{\beta_{*\text{п}} * C_{*\text{п}}}{\sqrt{g}} * \sqrt{\frac{J}{F_{r_{\text{п}}}}} + K_{\text{к.э.п.}}\right) Q_{\text{р.ф.}}, \qquad (1.2.10)$$

где β_* – параметр, учитывающий неравномерность изменения глубин;

C_* – коэффициент Шези, в который введена поправка, учитывающая форму сечения;

$F_r = \frac{V_{\text{пов.}}}{g*h}$ – число Фруда;

$V_{\text{пов.}}$ – средняя поверхностная скорость;

$K_{\text{э.ф.}} \approx 0{,}04 \div 0{,}08$ – коэффициент, учитывающий выравнивание скоростей;

Индексы «р» и «п» соответствуют руслу и пойме.

Г.В, Железняков [4] также предложил методику расчета пропускной способности русел с различной шероховатостью по ширине, которая может быть применена и для расчета пропускной способности русел с поймами.

$$Q = Q'_{\text{р}} + Q_{\text{п}} - \left(K'_{\text{р}} - K'_{\text{п}}\right) * Q_{\text{р.б.}}\,, \qquad (1.2.11)$$

где $K'_{\text{р}}$ и $K'_{\text{п}}$ – параметры кинематического эффекта, соответственно, в русле и пойме;

$Q_{\text{р.б.}}$ – расход воды в русле при затоплении его до бровки.

Методика Г.В. Железнякова является дальнейшим развитием методики, основанной на уравнении (1.2.11). Ее преимуществом является разработка рекомендаций для определения коэффициентов $K'_{\text{р}}$ и $K'_{\text{п}}$ в зависимости от глубины руслового и пойменного потоков. Однако она также нуждается в проверке и уточнении по натурным наблюдениям.

Можно привести предложения и других авторов, но все они, как правило, имеют ограниченное применение, что обусловлено слабой изученностью проблемы, сложностью процессов и существенным их отличием в натурных условиях от лабораторных, из-за влияния морфологического строения русла и поймы. Поэтому, как отметил Г.В. Железняков: «Желательны исследования $K_{\text{к.э.}}$ в зависимости от $\frac{h_{\text{п}}}{h_{\text{р}}}, \frac{B_{\text{п}}}{B_{\text{р}}}, \frac{n_{\text{п}}}{n_{\text{р}}}$ и других параметров.

Второй путь решения проблемы расчета скорости руслового и пойменного потоков в условиях их взаимодействия основан на анализе

системы дифференциальных уравнений движения и неразрывности с целью получения хотя бы приближенных решений.

Одним из первых явилось предложение Д.Е. Скородумова [8], который на основании решения системы уравнений движения потока с переменной массой и неразрывности получил уравнение:

$$J = \frac{\bar{V}^2}{C^2 * h} + \frac{\alpha_{\text{Н}} * V_{\text{Н}}^2 - \alpha_{\text{В}} * V_{\text{В}}^2}{2 * g * L} + \frac{V - V_{\text{д}}}{g * \omega} * \frac{Q_{\text{Н}} * Q_{\text{В}}}{L} + i_{\text{взв}} + \frac{1}{g} * \frac{\Delta V}{\Delta t}, \qquad (1.2.12)$$

В это уравнение Д.Е. Скородумовым был введен член $i_{\text{взв}}$, который учитывает «потери напора, обусловленные взаимодействием, приходящиеся на единицу длины».

Инерционный член $E_2 = \frac{V - V_{\text{д}}}{g * C} * \frac{Q_{\text{Н}} - Q_{\text{В}}}{L}$ *(1.2.13)*

(терминология Д.Е. Скородумова) также частично учитывает эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков.

По-видимому, инерционный член E_4 учитывает влияние первого типа взаимодействия, т.е. добавочный уклон, возникающий при вихревом движении между руслом и поймой. Однако четкого разграничения роли инерционных членов в учете типа взаимодействия автором не приводятся, поэтому в дальнейшем при оценке влияния эффекта взаимодействия будем рассматривать его суммарную величину, обозначая ее $i_{\text{взв}}$.

Решая уравнение (1.2.13) относительно V, с учетом $i_{\text{взв}} = E_4$ получаем:

$$V = C * \sqrt{h * (J - E_1 - E_2 - E_3 - E_4)}. \qquad (1.2.14)$$

В 1969 г. Г.В. Железняков предпринял попытку преобразования системы дифференциальных уравнений движения и неразрывности для расчета параметров потока в русле с поймой. Полученные им уравнения, как отмечает сам автор, не доведены до расчетных.

$$\int_0^{B-B_{к.э.}} \alpha_Б * V * \frac{\partial V}{\partial l} * d * b + \int_0^{B_{к.э.}} \alpha_{Б_{к.э.}} * \frac{\partial V_{к.э.}}{\partial l} * d * b + \int_0^{B} \alpha_К * \frac{\partial V}{\partial t} * d * b + g * \int_0^{B} \frac{\partial h}{\partial l} * d * b = g * J * B - \int_0^{B-B_{к.э.}} \frac{V^2}{C^2 * h} * d * b - \int_0^{B} \frac{V_{к.э.}^2}{C_{к.э.}^2 * h} * d * b \; ; \qquad (1.2.15)$$

$$\int_0^{B} \frac{\partial h}{\partial t} * d * b + \int_0^{B-B_{к.э.}} V * \frac{\partial h}{\partial l} * d * b + \int_0^{B_{к.э.}} V_{к.э.} * \frac{\partial h}{\partial l} * d * b + \int_0^{B} h * \frac{\partial V}{\partial l} * d * b = 0 \; , \qquad (1.2.16)$$

где $B_{к.э.}$ – часть ширины потока, на которой наблюдается кинематический эффект;

$\alpha_Б$ и $\alpha_К$ – коэффициенты Буссинеска и Кориолиса на вертикали;

l и b – элементы длины и ширины потока;

V – средняя скорость потока на вертикали;

к.э. – индекс, обозначающий, что расчет данного параметра выполняется с учетом кинематического эффекта.

Решение Г.В. Железнякова весьма интересно и оригинально, но для доведения его уравнений до расчетных необходимы глубокие проработки, в частности по определению значений $B_{к.э.}$, $C_{к.э.}$ и других характеристик потока в зоне действия кинематического эффекта.

Н.Б. Барышниковым [2] предложена методика расчета пропускной способности русел с поймами, основанная на обширных натурных данных, полученных на сети Гидрометеорологической службы России. Им рекомендованы графические зависимости вида:

$$\frac{V_р}{V_{р.б.}} = f\left(\frac{h_р}{h_{р.б.}}, \alpha, \frac{B_п}{B_р}; \frac{n_п}{n_{р.б.}}, \frac{J}{J_{р.б.}}\right), \qquad (1.2.17)$$

$$\frac{n_п}{n_{р.б.}} = f\left(\frac{h_р}{h_{р.б.}}, \alpha, \frac{J}{J_{р.б.}}\right). \qquad (1.2.18)$$

Расчет пойменной составляющей потока рекомендуется выполнять по графическим зависимостям вида:

$$\frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{р}}+Q_{\text{п}}} = f\left(\frac{h_{\text{р}}}{h_{\text{р.б.}}}, \frac{B_{\text{п}}}{B_{\text{р.б.}}}, \frac{n_{\text{п}}}{n_{\text{р}}}\right). \qquad (1.2.19)$$

Данная методика учитывает эффект взаимодействия между русловым и пойменным потоками, неравномерность движения и массообмен между руслом и поймой.

В то же время эта методика не лишена недостатков, особенно при расчете пойменной составляющей потока.

Проанализировав ряд методик, приведенных в этой главе, можно сделать вывод, что методики аналитического расчета параметров потока и пропускной способности сложносоставного русла разработаны недостаточно.

Одни методики не учитывают кинематического эффекта, другие не доведены до расчетного вида.

Задача о взаимодействии отсеков потока, движущихся с различными скоростями, по своему существу является трехмерной.

Решение трехмерных задач в настоящее время выполняется, как правило, приближенными способами.

Глава 2. Методика расчета средних скоростей и сопротивлений пойменного потока.

2.1. Типы взаимодействия руслового и пойменного потоков.

Методика расчета средних скоростей и сопротивлений пойменного потока разрабатывается с учетом строения поймы, т.е. по отсекам и типам взаимодействия руслового и пойменного потоков.

По характеру взаимодействия руслового и пойменного потоков можно выделить 5 типов потоков.

I тип. К этому типу относятся потоки, динамические и геометрические оси которых параллельны. Дополнительные сопротивления в них являются результатом возникновения вихревых структур с вертикальными осями вращения в зоне взаимодействия руслового и пойменного потоков, перемещающихся из поймы в русло и переносящих массы жидкости пойменного потока в русловой. Расчет дополнительных сопротивлений в этом случае можно выполнить по формуле:

$$\tilde{\imath} = A * \frac{\partial V}{\partial b}, \qquad (2.1.1)$$

где $\frac{\partial V}{\partial b}$ – градиент скоростей в зоне взаимодействия потоков;

А – коэффициент турбулентности.

Уменьшение пропускной способности руслового отсека, да и потока в целом, невелико (8-10%).

Процесс взаимодействия приводит к существенному изменению распределения скоростей по сечению руслового и пойменного потоков. Вследствие взаимодействия потоков происходит выравнивание эпюры скоростей по ширине, т.е. скорости в русле уменьшаются, а в прирусловой части поймы увеличиваются.

II тип. К этому типу относятся потоки, в которых происходит перемещение масс жидкости из русла на пойму. Геометрические оси руслового и пойменного потоков могут быть в этом случае параллельными и непараллельными. Процесс протекания масс жидкости из русла на пойму обусловлен рядом причин, в частности различием скоростей движения воды в русле и на пойме.

Дополнительные сопротивления при этом обусловлены резким увеличением сопротивлений массам руслового потока, имеющим высокие скорости и поступающим на пойму, шероховатость которой больше, чем в русле.

Скоростные поля руслового и пойменного потоков при втором типе взаимодействия существенно изменяются. Особенно велики эти изменения в потоках с двусторонними поймами. В этих условиях динамическая ось руслового потока смещается в сторону, противоположную пойме, обладающей наибольшей шероховатостью.

Обязательным условием возникновения второго типа взаимодействия потоков наблюдается весьма интенсивный массообмен между руслом и поймой, поэтому к расчету таких потоков можно применить лишь уравнение потоков с переменной массой.

III тип. Характеризуется перемещением масс жидкости из поймы в русло. Дополнительные сопротивления возникают за счет торможения руслового потока вторгающимися в него массами пойменного, имеющими значительно меньшие скорости течения. Это приводит к существенным уменьшениям пропускной способности русла, достигающим 40%, по сравнению с аналогичным потоком, но в условиях его изоляции от пойменного.

Скоростное поле потока претерпевает существенные деформации. Динамическая ось руслового потока, так же как и при втором типе

взаимодействия, смещается в сторону, противоположную пойме с наибольшей шероховатостью. Максимальная скорость руслового потока уменьшается почти в 2 раза. На пойме существенных деформаций поля скоростей не отмечается.

IV тип. Этот тип взаимодействия наиболее сложный и характеризуется пересечением динамических осей руслового и пойменного потоков. Он типичен для потоков в меандрирующих руслах и руслах с фуркацией при транзитных пойменных потоках. Наиболее распространенный тип взаимодействия.

Резкое уменьшение скоростей руслового потока под влиянием пойменного, пересекающего его под значительным углом ($\alpha>30°$), обусловлено тем, что верхняя бровка русла как бы выполняет роль водослива, около которого в основном русле возникает водоворотная зона. ЕЕ размеры пропорциональны углу пересечения потоков, разнице их скоростей и др.

Первые три типа можно рассматривать как частные случаи четвертого.

V тип. Это особый случай взаимодействия потоков, протекающих в руслах с двумя разновысотными поймами, а также с одно и двухсторонней поймой, у которых с ростом уровней ее расширение по длине сменяется сужением или, наоборот, сужение – расширением.

При пятом типе взаимодействия потоков характер трансформации поля скоростей целиком и полностью определяется изменением морфометрических характеристик поймы и русла как по длине реки, так и при изменении уровня воды.

В последнем случае обычно происходит смена направлений динамических осей руслового и пойменного потоков с изменением уровня воды. Происходит смена одного типа взаимодействия на другой.

2.2. Способы расчета скоростных коэффициентов и коэффициентов шероховатости в пойменных руслах.

В настоящее время известно более 200 формул для расчета скоростного коэффициента «с». Все формулы можно подразделить на 2 группы. К первой группе относятся формулы, учитывающие коэффициенты шероховатости (n, ϒ). Это большая группа.

Но для всех формул ошибка расчетов «с» для пойменного отсека значительно выше, чем для руслового.

Ко второй группе относятся формулы, основанные на учете уклонов свободной поверхности и крупности донных наносов.

Использование формул этой группы затруднительно из-за отсутствия качественных данных наблюдений за уклоном свободной поверхности, крупностью донных наносов.

Наиболее широкое распространение в наше время получили формулы Маннинга (1889 г.):

$$C = \frac{1}{n} * R^{1/2}, \qquad (2.2.1)$$

где n – коэффициент шероховатости.

R – гидравлический радиус.

Н.Н. Павловский (1925 г.) предложил обобщенную зависимость показательного типа:

$$\mathrm{C} = \frac{1}{\mathrm{n}} * \mathrm{R}^{\mathrm{y}} \qquad (2.2.2.)$$

где y – показатель степени, величина переменная.

При $\mathrm{R} > 1$ м. $\mathrm{y} = 1.3\sqrt{\mathrm{n}}$; при $\mathrm{R} < 1$ м. $\mathrm{y} = 1.5\sqrt{\mathrm{n}}$.

Из эмпирических формул можно назвать формулу Базена, которая отражает связь скоростного коэффициента формулы Шези (c) с коэффициентом шероховатости (γ) и гидравлическим радиусом (R):

$$C = 21{,}1\sqrt[6]{\gamma/\sqrt{R}} \qquad (2.2.3.)$$

Формула Штриклера:

$$C = 21{,}1\sqrt[6]{R/K} \qquad (2.2.4.)$$

K – величина неровностей русла.

А.В. Караушев эту формулу преобразует:

$$C = 33\left(\frac{H_{ср}}{K}\right)^{1/6} \qquad (2.2.5.)$$

$H_{ср}$ – средняя глубина в потоке.

K – средний диаметр частиц донных отложений в мм.

Одной из самых известных полученных формул является формула И.И. Агроскина (1949 г.):

$$C = \frac{1}{n} + 17.72 * lgR \qquad (2.2.6.)$$

Формулы эти просты по своей структуре и удобны для расчетов. Однако, они включают в себя значение коэффициентов шероховатости (n и γ), которые являются условными и трудно определяемыми.

Сопротивление не столько зависит от размеров частиц, слагающих русло, сколько от размеров и формы русла и донных гряд, режима потока, местных сопротивлений, взаимодействия русловых и пойменных потоков и других факторов.

Параметр «n» является некоторой интегральной характеристикой, зависящей от целого ряда факторов, учитывающих все многообразие проявления сопротивлений движению потоков в руслах.

Особенно сложным является определение значения «n» в потоках с поймами, где необходимо учитывать характер перемещения донных наносов, затраты энергии на транспорт взвешенных наносов, на косоструйность течения в створе измерения, на взаимодействие руслового и пойменного потоков.

В русле реки при затоплении поймы могут наблюдаться даже обратные течения, либо мощные водоворотные зоны, резко увеличивающие значение «n».

Для анализа влияния пойменного потока на русловой при их слиянии могут быть зависимости относительных значений «n» от уровней воды как для русловой части, так и для поймы:

$$\frac{n_{\text{р}}}{n_{\text{р.б.}}} = f(H') \qquad (2.2.7.)$$

$$\frac{n_{\text{р}}}{n_{\text{р.б.}}} = f(H') \qquad (2.2.8.)$$

где $H' = H - H_1$, т.е. превышение уровня воды над отметкой прирусловых валов.

Анализ полевых данных показал, что уклон, шероховатость и все морфометрические характеристики русла и поймы изменяются по ширине и длине потока.

Значение уклона свободной поверхности тесно связано с величиной «n»

$$n_{\text{ср}} = \frac{h^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}}{V} \qquad (2.2.9.)$$

Расширению долины соответствует интенсивный рост уклонов свободной поверхности, а сужению – их уменьшение с ростом уровней.

Различными авторами (М.Ф. Срибновым, Бредли, И.И. Агроскиным, Л.Л. Лиштвановым и др.) разработаны таблицы для определения значений

коэффициентов шероховатости по описанию русла и поймы в расчетном створе.

Все они не дают идентичных значений. Авторы отмечают зависимость коэффициентов «n» от глубины.

Недостаток в том, что не учитывается взаимодействие руслового и пойменного потоков.

Глава 3. Анализ влияния эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на коэффициенты Буссинеска и Кориолиса.

3.1. Коэффициенты Буссинеска ($\alpha_Б$) и Кориолиса ($\alpha_К$) в открытых безнапорных потоках.

Коэффициенты Буссинеска ($\alpha_Б$), т.е. корректив количества движения – бзразмерная величина, равная отношению количества движения массы жидкости, протекающей за некоторый отрезок времени через данное плоское живое сечение, к условному количеству движения той же массы жидкости, подсчитанной в предположении, что во всех точках рассматриваемого живого сечения величины скорости одинаковы и равны средней скорости V, т.е.:

$$\alpha_Б = \frac{\int_1^{\omega} U^2 * d\omega}{V^2 * \omega} \qquad (3.1.1)$$

где U – действительная скорость в различных точках живого сечения;

ω – площадь живого сечения.

При равномерном движении жидкости $\alpha_Б \approx 1{,}03 \div 1{,}05$.

Коэффициент Кориолиса – корректив кинетической энергии – безразмерная величина, равная отношению кинетической энергии массы жидкости, протекающей за некоторый отрезок времени через данное плоское живое сечение, к условной кинетической энергии ой же массы жидкости, рассчитанной в предположении, что во всех точках рассматриваемого живого сечения величины скорости одинаковы, и равны средней скорости V, т.е. величине:

$$\alpha_К = \frac{\int_1^{\omega} U^3 * d\omega}{V^3 * \omega}, \qquad (3.1.2)$$

где U, действительная скорость в разных точках живого сечения;

ω – площадь живого сечения.

При равномерном движении жидкости $\alpha_{\text{К}} \approx 1{,}10 \div 1{,}15$.

Если при решении какой-нибудь задачи, используется теорема количества движения, то учет неравномерности распределения скоростей осуществляется с помощью коэффициентов Буссинеска и Кориолиса, при применении теоремы кинетической энергии.

В уравнении Сен Венана используются значения средних скоростей, а учет и изменение скоростей по сечению потока осуществляется с помощью коэффициентов Буссинеска и Кориолиса.

А.М. Патрашев и Д.И. Кумин вводят понятия об обобщенных коррективах количества движения и кинетической энергии, учитывающих высокочастотные пульсации неравномерность распределения скоростей течения по живому сечению потока. Разделяя кинетическую энергию потока на две части, а именно на энергию (потока) осредненного движения, равную:

$$\alpha_{\text{К}_s} = \frac{\bar{V}^2}{2g} \qquad (3.1.3)$$

и энергию пульсации движения, равную:

$$\alpha_{\text{К}_{\text{П}}} = \frac{V\prime^2}{2g} \qquad (3.1.4)$$

получим:

$$\bar{\alpha} * \frac{V^2}{2g} = \alpha_{\text{К}_s} \frac{\bar{V}^2}{2g} + \alpha_{\text{К}_{\text{П}}} \frac{V\prime^2}{2g}, \qquad (3.1.5)$$

отсюда:

$$\bar{\alpha}_{\text{К}} = \alpha_{\text{К}_s} + \alpha_{\text{К}_{\text{П}}} \qquad (3.1.6)$$

где $\alpha_{\text{К}_s}$ – коэффициент Кориолиса, учитывающий неравномерность распределения средних скоростей по живому сечению,

$\alpha_{\text{К}_{\text{П}}}$ – коэффициент Кориолиса, учитывающий пульсацию скоростей.

Аналогично для коэффициента Буссинеска получим:

$$\bar{\alpha}_{Б} = \alpha_{Б_S} + \alpha_{Б_П} \qquad (3.1.7)$$

При выводе формул (3.1.3 – 3.1.6) Патришев и Кумин сделали допущение, близкое к действительности, что $V' = 0$. Это допущение будет правомерным, если мы будем рассматривать весь спектр пульсации а не одни крупногабаритные. Далее не ясно, почему в формуле $\bar{\alpha}_{К} = \alpha_{К_S} + \alpha_{К_П}$ значение $\bar{\alpha}_{К}$ подразделяется на 2 части величины, фактически $\alpha_{К_S} = \alpha_{К_П} = \bar{\alpha}$.

Исследованиями И.Ч. Есьмана, Кумина и Т.Ч. Войнич-Сяножецкого установлено, что значения $\alpha_{Б_п}$ и $\alpha_{К_п}$ на участках интенсивной пульсации могут превышать $\alpha_{Б_S}$ и $\alpha_{К_S}$.

В практике гидрологических и гидравлических расчетов $\alpha_{Б_П}$ и $\alpha_{К_П}$ обычно не учитывают, т.к. оперируют с осредненными скоростями.

Коррективы количества движения и кинетической энергии, определяются наличием вязкости жидкости, твердых частиц, их неоднородностью, а также турбулентным эффектом гидрологических сопротивлений.

3.2. Методы расчета коэффициентов Буссинеска и Кориолиса.

Для расчета коэффициентов Буссинеска и Кориолиса предложен ряд методов. Наиболее точным по оценке Г.В. Железнякова и Л.С. Никитиной является графический метод с использованием тахографических кривых.

Распределение местных скоростей в любом поперечном сечении реки может быть представлено в виде линий равных скоростей – изотах. Планиметрированием определяются площади между смежными изотахами и соответствующие им значения местных скоростей.

Был предложен арифметический метод расчета коэффициентов $\alpha_Б$ и $\alpha_К$, основанный на предпосылке, что измеренная местная скорость относится к центру тяжести области, границы которой находятся на половине расстояния до точек местных скоростей, располагающихся вокруг нее.

Недостаток методов – точность определения коррективов количества движения и кинетической энергии зависит от числа размеров местных скоростей на вертикалях.

Для расчета коэффициентов Буссинеска и Кориолиса в каналах с прямоугольным сечением предложен метод сеток. Поперечное сечение канала делится сеткой на ячейки. В центре тяжести каждой ячейки измеряются скорости, причем предполагается, что средняя скорость потока находится в центре тяжести сетки.

После этого:

$$\alpha_Б = \frac{\sum U^2 * \Delta\omega}{V^2 * \omega} \qquad (3.2.1)$$

$$\alpha_К = \frac{\sum U^3 * \Delta\omega}{V^3 * \omega} \qquad (3.2.2)$$

По сути, это частный случай арифметического метода.

В работе Strauss Viliam теоретически установлена связь между коррективами количества движения, кинетической энергией и коэффициентом вариации поля продольных скоростей в поперечном сечении потока, которые можно считать однородной статической совокупностью. Исходя из второго и третьего моментов, характеризующих разброс совокупности, получены формулы:

$$\alpha_Б = C_V^2 + 1 \qquad (3.2.3)$$

$$\alpha_К = C_S * C_V^3 + 3C_V^2 + 1 \qquad (3.2.4)$$

Для получения C_S и C_V, необходимо выполнить интегралы:

$$\int_{\omega}^{1} d\omega\,;\int_{\omega}^{1} U d\omega\,;\int_{\omega}^{1} U^2 d\omega\,;\int_{\omega}^{1} U^3 d\omega$$

Для их определения предполагается разбить поперечное сечение потока на элементарные ячейки, причем точки измерения местных скоростей, являлись бы центрами тяжести ячеек.

Метод является достаточно точным, однако очень трудоемким.

Все эти методы громоздки в вычислениях и малоприменимы.

А.С. Образовским предложена формула вида:

$$\alpha_{Б} = \frac{(1+K_2^*)^2}{2K_2^*+1}\,, \qquad (3.2.5)$$

$$\alpha_{К} = \frac{(1+K_2^*)^3}{3K_2^*+1}\,, \qquad (3.2.6)$$

дающие, по мнению автора, значения близкие к фактическим данным значениям;

где K_2^* – кинетический параметр, равный:

$\frac{V_{max}-V}{V}$ или $\frac{\sqrt{g}}{æ*C}$, где æ – параметр Кориолиса,

g – ускорение,

C – коэффициент Шези.

K_2^* – определяет показатель снижения в параболической формуле профиля скорости и в соответствии с этим будет дана новая интерпретация зависимостям.

В.В. Голубев установил эмпирическую формулу для определения коэффициентов $\alpha_{Б}$ и $\alpha_{К}$ в зависимости от уклона горного потока:

$$\alpha_{Б} = 1 + 0{,}75\sqrt{J + 0.001}\,, \qquad (3.2.7)$$

$$\alpha_{К} = 1 + 2{,}25\sqrt{J + 0.001}\,, \qquad (3.2.8)$$

которые рекомендуют применять при $J = 1 - 200‰$.

Некоторые исследователи предлагают определять коррективы количества движения и кинематической энергии по эмпирическим формулам через коэффициент Дарси, либо по скоростному множителю формулы Шези.

Формула Г.В. Железнякова имеет вид:

$$\alpha = 1 + 0{,}88(0{,}34 + \frac{1+\frac{\sqrt{g}}{C}}{2.3+0.3\frac{C}{\sqrt{g}}})^2 \qquad (3.2.9)$$

Исследованиями Л.С. Никитиной установлено, что данная формула дает наиболее точные результаты по сравнению с формулами А.А. Труфанова, Л.А. Морозова для коэффициентов Кориолиса в речных потоках. Однако она мало пригона для условий взаимодействия руслового и пойменного потоков.

Определение $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ в руслах с поймами в работе Hulsing, Smith, Cobb предлагается методом разбивки потока на кинематически обособленные зоны.

После вычисления $\alpha_Б$ и $\alpha_К$в выделенных зонах их среднее значение для поймы рассчитывается на основании зависимости:

$$\alpha = \frac{\alpha_1+\frac{K_1^3}{\omega_1^2}+\cdots+\frac{K_n^3}{\omega_n^2}}{\frac{(K_1+K_2+\cdots+K_n)^3}{(\omega_1+\omega_2+\cdots+\omega_n)^2}}, \qquad (3.2.10)$$

где $K = C\omega\sqrt{R}$ – расходная характеристика.

Как указывает М.С. Грушевский, коррективы $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ теряют в этом случае свой первоначальный смысл, т.к. поток разбивается на отдельные фрагменты, которые гидравлически не связаны между собой.

Таким образом, многообразие теоретических и эмпирических формул, в которых установлены связи величин $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ с различными параметрами свидетельствуют о том, что эта проблема сложна и недостаточно изучена.

Величина $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ всегда больше 1; в практических расчетах их часто принимают равными $\alpha_Б \approx 1{,}00 \div 1{,}03$; $\alpha_К \approx 1{,}00 \div 1{,}10$.

Действительные величины, как показали многочисленные исследования измеряются в широких пределах и зависят о распределения скорости по живому потоку.

В настоящее время наиболее полно исследован вопрос об изменении $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ в гидравлическом прыжке и в нижнем бьефе. Изменение коэффициента Кориолиса на равнинных и горных реках исследовались Л.А. Морозовым.

Установлено, что коэффициенты $\alpha_К$ изменяются от 1,00 до 2,43. В среднем же для расчета $\alpha_К$ на равнинных реках им рекомендуется $\alpha_К = 1{,}20$; для горных – $\alpha_К = 1{,}50$.

Максимальные величины $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ получены болгарскими учеными:

$$\alpha_Б = 1{,}83\ ;\ \alpha_К = 5{,}59.$$

Американские ученые установили что для каналов и беспойменных русел $\alpha_К = 1{,}03 \div 1{,}76$, при среднем значнии $\alpha = 1{,}10$, для естественных русел трапециидальной формы без пойм, мостовых устоей и других искусственных сооружений $\alpha_К = 1{,}09 \div 2{,}9$ при среднем значении $\alpha = 1{,}40$. Для естественных русел с поймами $\alpha_К = 1{,}18 \div 2{,}99$ при среднем значении $\alpha = 1{,}46$.

Л.С. Никитиной установлено величины $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ на беспойменных участках рек, в руслах с поймами при взаимодействии руслового и пойменного потоков, а так же при наличии ледяного покрова и шуги. При ледяном покрове ($\alpha_Б = 1{,}28; \alpha_К = 1{,}85$) и при малых наполнениях поймы ($\alpha_Б = 1{,}19; \alpha_К = 1{,}69$).

Величина коэффициента Кориолиса при увеличении шероховатости увеличивается ($\alpha_К = 1{,}05 \div 1{,}18$), так же как и при зарастании.

3.3. Анализ исходных данных.

Для изучения взаимодействия руслового и пойменного потоков на коэффициенты Буссинеска и Кориолиса были использованы данные натурных наблюдений на трех гидрологических постах Забайкальского УГКС:

1. Р. Чара – с. Чара, 1965 г.
2. Р. Оном – с. Бытэв, 1959 г.
3. Р. Оном – с. В. Ульхун, 1959 г.

На реках Чара и Оном в эти годы проходили самые наивысшие паводки, которые наблюдались за весь период наблюдений за водным режимом.

При затопленной пойме измерено разное количество расходов на каждом посту, наиболее освещена пойменная составляющая потока на р. Оном – с. В. Ульхун (здесь измерено 13 расходов при выходе воды на пойму) на двух других постах было всего лишь по два измерения расхода воды.

Наиболее детально были произведены измерения на р. Оном – с. В. Ульхун. Здесь скорости на вертикалях измерялись пятиточечным способом, даже во время выхода воды на пойму, в основном русле (на пойме скорости на вертикалях измерялись двуточечным способом в точках 0,2h и 0,8h).

На р. Оном – с. Бытэв и р. Чара – с. Чара скорости на вертикалях измерялись в двух точках глубины (0,2h и 0.8h), а во время половодья в некоторых случаях, даже в одной точке 0,6h (на р. Оном – с. Бытэв – в точке 0,5h, из-за небольших глубин на пойме).

На р. Чара – с. Чара 6-7 июля проходил паводок, при наиболее высоком уровне (468 см над «0» графика поста) расход воды в русле не был измерен, измерения проводились лишь на пойме.

При публикации данных измерений о расходах, скоростях, глубинах и других характеристиках потока сведения о них раздельно для русла и для поймы приводятся только до уровней, при которых эти потоки сливаются.

При более высоких уровнях публикуются сведения для потока в целом, без деления его на русловую и пойменную составляющие, что создает дополнительные трудности при подборе исходных данных для анализа.

Необходимо было рассчитать расходы, скорости и другие характеристики потока отдельно для русла и поймы.

На рис. 4.3.1 – 4.3.5 приведены кривые зависимостей: $Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H), B = f(H), J = f(H), C = f(H), n = f(H)$ как для русловой, так и для пойменной составляющих потока.

Для р. Оном – с. Бытэв кривые зависимостей $C = f(H), J = f(H), n = f(H)$ построены только для русловой части потока, т.к. при прохождении паводка наблюдения за уклоном не проводились.

Для р. Чара – с. Чара кривые зависимостей $C = f(H), J = f(H), n = (H)$ вообще не построены из-за отсутвия наблюдений за уклоном на этом посту.

Расчет коэффициента Шези «С» производился по формуле:

$$C = \frac{V}{\sqrt{hJ}} \qquad (3.3.1.)$$

Расчет гидравлического сопротивления «n» осуществляется по формуле Маннинга:

$$n = \frac{1}{C} * h^{1/6} \qquad (3.3.2.)$$

3.3.1. Описание участков постов.

Р. Чара – с. Чара.

Пост расположен в 0,25 км. К югу от с. Чара. Долина реки шириной по низу до 30 км, по верху до 40-45 км, имеет корытообразную форму. Склоны ее сливаются со склонами гольцов, входящих в Кодарскую (слева) и Удоканскую (справа) систему хребтов.

Склоны долин террасированы, изрезаны узкими долинами притоков, покрыты смешанным лесом, большей частью заболочены.

Пойма двухсторонняя от 2-х до 3-х километров заболочена, покрыта лесом и кустарником, местами луговая с большим количеством озер и блюдец, затопляется при уровне 360 см над «0» графика поста (1965 г.)

Русло реки извилистое, песочно-галечное, не зарастающее, сильно деформирующееся.

Берега реки крутые, местами обрывистые, сплошь поросшие кустарником и мелкой лиственницей.

Левый берег высотой до 4-х метров, песчано-илистый, размываемый, правый до 5-ти метров, песчано-галечный, устойчивый.

На участке поста наблюдается косструйность, а с установлением ледостава русло зашуговывается.

На участке поста русло в плане изогнутое. Нижележащий перекат расположен в 200 м.

Зимой река не промерзает, наблюдаются периодически наледи, мощностью более метра.

Расходы воды измеряются основным способом.

Р. Онон – с. Бытэв.

Водомерный пост расположен в 1,5 км к северо-западу от села Бытэв, в 1,5 км ниже впадения р. Улачка на правом берегу р. Онон.

Река на участке поста протекает по широкой (6-7 км) долине с юго-запада на северо-восток между южными отрогами Ононского и северного – Пограничного хребтов.

Долина реки трапецеидального типа, пойменная. Река у поста протекает под левым крутым склоном долины, который рассечен падями небольших речек.

Горы окаймляющие левый склон долины, поросли хвойными лесами. В припойменной части долины хвойный лес с примесью березы.

Припойменная часть долины большей частью заболочена, с наличием озер.

Пойма правобережная, большая часть которой распахана под посевы, прирусловая часть поймы покрыта кустарниковой и древесной растительностью, изрезана мелкими озерами и старицами.

В трех км ниже села в реку Онон впадает небольшая речка Бытэв.

При уровне 440 см над «0» графика поста начинается затопление прибрежной части поймы.

Русло реки на участке поста прямолинейное.

С правой стороны в 300 м выше водпоста при низких и средних уровнях действует небольшая протока, которая сопрягается со старицей.

С левой стороны при средних и высоких уровнях в 30 м ниже поста так же действует протока.

Левый берег пологий, галечный. Правый берег крутой, но не высокий, при паводках размывается.

Русло реки корытообразной формы сложено из песка и гальки, во время паводков деформируется.

Водная растительность отсутствует. Выше поста в 300 м и ниже в 70 м – перекаты.

В зимнее время река не перемерзает, в марте наблюдаются наледи. Во время весеннего ледохода ниже поста в 0,6 км образуются заторы, которые вызывают подъем уровня в отдельные годы до 1,5 м.

Река в н/х целях не используется.

Водпост свайного типа, состоит из 5 чугунных и рельсовых свай (легкого типа) Выше и ниже поста оборудованы уклонные посты свайного типа. Расстояния между уклонными постами в 320 м.

Гидроствор совпадает со створом поста, оборудован тросовой переправой.

Р. Онон – с Верхний Ульхун.

Пост расположен в 320 метрах выше шоссейного моста через р. Онон.

Долина реки трапецеидальная, шириной по дну до 50 км со староречными озерами и изрезана протоками. Затопляется пойменная часть долины при уровне 250 см над «0» графика поста.

Левобережная протока, расположенная в 2,5 км от русла начинает действовать при уровне 250 см над «0» графика поста.

Растительность в прирусловой пойме кустарниковая, присклоновой – луговая. Русло реки на участке слабоизгнутое, песчано-галечное, умеренно деформирующееся, в меженный период обнажаются осередки и отмели.

Берега: правый – крутой, высокий, левый- пологий, пойменный, заросший кустарником, значительно деформируется.

Ежегодно по обоим сторонам моста вдоль реки образуются сплошные промоины, начиная с марта месяца.

Осенью образуются долго незамерзающие полыньи. В некоторые годы образуются заторы льда. Они представляю опасность для дорожного моста, поэтому при большой опасности лед при заторах взрывают.

Гидрометрический створ №2 расположен в створе дорожного моста (за постоянное начало принято начало моста на правом берегу), расположенного ниже водпоста на 320 м.

Мост размечен. Расходы измеряются с помощью лебедки «Луга», установленной на тележке.

Уклон водной поверхности с помощью уклонного поста (у моста), состоящего из 5-ти свай узкой колеи и железно-бетонного репера №4 в 270 м ниже поста.

Верхним уклонным постом является водомерный пост, нижний находится на расстоянии в 270 м.

Переходный коэффициент от $V_{\text{пов}}$ к $V_{\text{ср}}$ составляет для точки $0{,}2h = 0{,}89$, для вертикали $0{,}83$.

3.3.2. Анализ кривых зависимостей $\boldsymbol{Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H), J = f(H), C = f(H), n = f(H), B = f(H)}$.

р. Чара – с. Чара.

На рис. 3.3.1. представлены кривые зависимостей $Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H)$, построенный как для русловой, пойменном частей потока, так и для проток.

На графике связи этих зависимостей наблюдается разброс точек, соответствующих натурным данным, причиной которого является деформация русла.

При выходе воды на пойму наблюдается быстрое увеличение русловой составляющей расхода воды за счет увеличения площадей живого сечения потока.

Пойменная составляющая растет медленно.

Вообще о той части кривой зависимости $Q = f(H)$, которая расположена выше выхода воды на пойму, судить трудно, из за недостаточности данных наблюдений.

Кривая зависимости $Q = f(H)$ для пойменной составляющей потока построена по данным расходов воды за 6-7 июля 1965 г. При уровнях в 450 см и 468 см.

Имея эти данные, можно сказать, что с увеличением уровня пойменная составляющая расхода воды растет, но медленно, то же наблюдается и в протоках.

При выходе воды на пойму заметно увеличение площадей водных сечений, особенно резкое увеличение площади водного сечения наблюдалось в протоке (g), что и соответствовало увеличению расхода воды в ней.

Средние скорости потока на пойме гораздо меньше средних скоростей русловой составляющей потока, это вызвано дополнительными сопротивлениями (в описании поста сказано, что пойма заболочена, покрыта лесом и кустарником).

Из-за недостаточности наблюдений за расходом воды во время паводков мы не можем более детально проследить за изменением средних скоростей потока.

Средняя глубина потока увеличивается пропорционально уровню воды.

Кривые $J = f(H), C = f(H), n = f(H)$ не построены из за отсутствия наблюдений за уклоном водной поверхности.

р. Чара – с. Чара на данном участке поста можно отнести ко второму типу взаимодействия руслового и пойменного потоков.

Этот тип характеризуется тем, что динамические оси потоков расходятся, при этом происходит перемещение масс жидкости из русловой части на пойменную, т.е. наблюдается растекание руслового потока по пойме.

р. Чара – с. Чара имеет двустороннюю пойму. Угол между динамической осью левобережной поймы и русла составляет примерно 25°, между правобережной и руслом - 10°.

р. Онон – с. Бытэв.

На рис. 3.3.3. представлены кривые зависимостей $Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H)$, построенные как для русловой составляющей потока, так и для пойменной.

На рис. 3.3.2 приведены кривые зависимостей $J = f(H), C = f(H), n = f(H)$, построенные только для русловой составляющей потока.

Наблюдения за уклоном водной поверхности при выходе воды на пойму не проводились, поэтому кривые зависимостей $J = f(H), C = f(H), n = f(H)$ для пойменной составляющей потока не были построены.

Расчеты для р. Онон – с. Бытэв проводились за один год (1959 г.) по 38 расходам воды, из них два расхода воды измерено при затопленной пойме.

На графике связи кривых зависимостей $Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H), J = f(H), C = f(H), n = f(H)$ наблюдается разброс точек, соответсвующих натурным данным, причиной которого является деформация русла.

При затоплении поймы происходит резкое увеличение расхода воды в русловой части потока, что связано с большим увеличением площади водного сечения.

Расход воды пойменной составляющей потока увеличивается гораздо медленнее, чем русловой составляющей, так как происходит уменьшение скорости за счет дополнительных сопротивлений.

При выходе воды на пойму происходит растекание воды по пойме, что приводит к резкому увеличению водного сечения.

Средние скорости потока при затоплении поймы сначала уменьшается, так как поток преодолевает большие сопротивления (пойма р. Онон – с. Бытэв заболочена, на ней прорастают кустарники и отдельные деревья).

При дальнейшем увеличении уровня воды скорости русловой составляющей потока увеличиваются, за счет уменьшения сопротивлений.

Средние скорости пойменной составляющей потока увеличиваются значительно медленнее (по сравнению с русловой), что так же связано с большой шероховатостью затопляемой поверхности.

Средняя глубине потока увеличивается, но медленно, это происходит потому, что поток растекается по широкой пойме.

На графике связей кривых зависимостей $J = f(H), C = f(H), n = f(H)$ наблюдается большой разброс точек, соответсвующих натурным данным, причиной вероятно является деформация русла.

С увеличением уровня воды (от 170 см до 250 см) наблюдается резкое увеличение уклона водной поверхности, с дальнейшим увеличением уровня уклон водной поверхности в общем стабилизируется.

Анализ хода кривой зависимости $C = f(H)$ показал, что при увеличении уровня воды (от 170 см до 225 см) значения скоростного коэффициента уменьшаются, это связано с уменьшением средних скоростей потока. С увеличением скоростей растет и коэффициент Шези.

Коэффициенты шероховатости «n» при низких уровнях (от 170 см до 225 см) увеличиваются, затем значения его почти стабилизируется, и при более высоком уровне «n» начинает убывать.

р. Онон – с. Бытэв имеет правостороннюю пойму (по гидроствору). Динамические оси руслового и пойменного потоков расходятся под углом примерно 22°.

На плане участка поста мы видим, что за гидроствором начинает действовать и левобережная пойма, динамическая ось которой так же расходится с осью русловой составляющей примерно под углом в 30°. Пойма на левом берегу начнет действовать при другой отметке над «0» графика поста, по сравнению с правой.

То есть мы наблюдаем расширяющуюся пойму, сложный тип взаимодействия руслового и пойменного потоков (V-й тип).

При подключении второй, более широкой поймы, (что хорошо заметно на плане участка) вода из русла поступает на пойму, что в дальнейшем приводит к изменению характера взаимодействия потоков (на II-й).

Р. Онон – с. В. Ульхун.

На рис. 3.3.4, 3.3.5 представлены кривые зависимостей $Q = f(H), \omega = f(H), V = f(H), h = f(H), J = f(H), C = f(H), n = f(H), B = f(H)$ для р. Онон – с. В. Ульхун, построенный по 39 измерениям расходов воды за 1959 г. Кривые этих зависимостей построены отдельно для русловой и пойменной составляющих потока, а так же и проток.

Из 39 расходов воды, на пойме и в протоках измерено 13.

При выходе воды на пойму расход воды в русловой составляющей потока резко увеличивается (больше чем в 2 раза). Выход воды на пойму происходит при уровне 250 см. на «0» графика поста. Если при уровне 258 см. расход воды в русле составляет $614 м^3/с$, то уже при уровне 418 см. он увеличивается до $1440 м^3/с$.

Расход воды пойменной составляющей и проток увеличивается медленнее, это связано с уменьшением средних скоростей потока. Поток, выходя на пойму, преодолевает большие сопротивления. (пойма поросла кустарником).

Средние скорости пойменной составляющей потока и проток при увеличении уровня воды сначала уменьшаются, а затем увеличиваются, что так же связано с большой шероховатостью поймы и протоки.

Средняя глубина потока увеличивается пропорционально увеличению уровня воды.

На пойме увеличение средней глубины наблюдается значительно медленнее, что связано с большой шириной поймы по сравнению с руслом.

Как изменяется ширина потока в русле, на пойме, протоке хорошо видно на графике связи $B = f(H)$. Изменение ширины русла и протоки почти одинаково, графики связи $B_{\text{р}} = f(H)$ и $B_{\text{пр}} = f(H)$ идут параллельно. Изменение ширины пойменного потока, при уровне превышающем выход воды на пойму, происходит очень резко, вода растекается по пойме.

В поле координат (J, H) наблюдается большой разброс точек, соответствующим данным натурным наблюдений, что в первую очередь объясняется деформацией русла и низкой точностью измерений.

Несмотря на большой разброс точек можно отметить тенденцию к увеличению уклонов водной поверхности с увеличением уровня для русловой составляющей потока (до выхода воды на пойму). При выходе воды на пойму наблюдается тенденция к уменьшению уклона водной поверхности, причиной которого являются морфологические особенности рельефа и наличие мостового перехода.

Коэффициент Шези в диапазоне уровней (60-175 см) уменьшается. Затем «С» в какой-то мере стабилизируется. А при выходе воды на пойму коэффициент Шези сначала уменьшается, за счет уменьшения средних скоростей потока, а затем снова увеличивается. Характер изменения коэффициента Шези на пойме аналогичен: снчала стабилен (в диапазоне $H = 250 \div 325$ см), затем увеличивается.

Характер изменения коэффициента Шези противоположен характеру изменения уклона водной поверхности.

Коэффициент шероховатости «n» для русловой составляющей потока остается практически стабилен с увеличением уровня воды. Коэффициент «n» пойменной составляющей сначала увеличивается (III-й тип взаимодействия руслового и пойменного потоков), затем уменьшается (пойма реки заболочена, на ней растет кустарник).

По р. Онон – с. В. Ульхун мы располагаем планом только глазомерной съемки поста. Поэтому можем лишь определить приблизительное значение угла «α».

Из описания поста и плана вытекает, что река делает небольшой поворот влево.

Правый берег – крутой, не затапливается, левый – пойменный, существуют поперечные уклоны.

Рядом действует протока, по ее направлению, можно предположить, что динамические оси руслового и пойменного потоков сходятся.

Р. Онон – с. В. Ульхун можно отнести к III типу взаимодействия руслового и пойменного потоков, который характеризуется перемещением масс жидкости из поймы в русло.

3.4. Формы кривых зависимостей $\boldsymbol{\alpha_Б = f(H), \alpha_К = f(H)}$ для русловой и пойменной составляющей потока.

Р. Чара – с. Чара

Расчет коэффициента Буссинеска и Кориолиса осуществляется графическим способом.

В качестве исходной информации использованы данные 12 измеренных расходов воды по р. Чара – с. Чара за 1959 г., из них на пойме измерено всего лишь 2 расхода.

На основе этих данных были построены профиля поперечного сечения по гидроствору с изотахами для разных уровней воды (см. рис. 3.4.1)

Планиметрированием определяли площади между смежными изотахами и соответствующее им значение местной скорости.

Затем по формулам были рассчитаны коэффициенты Буссинеска ($\alpha_Б$) и Кориолиса ($\alpha_К$):

$$\alpha_Б = \frac{\sum U^2 \Delta\omega}{V^2 \omega}, \qquad (3.4.1)$$

$$\alpha_Б = \frac{\sum U^3 \Delta\omega}{V^3 \omega} \qquad (3.4.2)$$

и построены зависимости $\alpha_Б = f(H), \alpha_К = f(H)$.

Как видно на рис 3.4.2, с увеличением уровня воды (в пределах $96 \div 160$ см) наблюдается резкое увеличение коэффициента Буссинеска русловой составляющей потока (от 1,04 до 1,22), большое влияние оказывает близость дна русла, и при этом средняя скорость всего потока в общем растет гораздо медленнее по сравнению с местными скоростями.

При уровне 160 см наблюдается перегиб кривой $\alpha_Б = f(H)$ в сторону уменьшения, так как здесь средняя скорость потока увеличивается быстрее, и влияние дна русла становится меньше.

Начиная с уровня 240 см. кривая зависимости $\alpha_Б = f(H)$ стабилизируется, коэффициенты ($\alpha_Б$) изменяются в небольших пределах.

К сожалению, выяснить влияние эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на характер изменения кривой зависимости $\alpha_Б = f(H)$ не представляется возможным из-за недостаточности натурных данных.

Значения коэффициентов Буссинеска ($\alpha_Б$) на пойме и в протоках уменьшаются с возрастанием уровня воды.

Характер изменения коэффициентов Кориолиса ($\alpha_К$) аналогичен характеру изменения коэффициента Буссинеска ($\alpha_Б$).

С увеличением уровня (от 94 до 160 см) коэффициент ($\alpha_К$) увеличивается (от 1,18 до 1,52) это нижняя часть кривой.

В средней части (от 160 до 250 см) кривая зависимости $\alpha_К = f(H)$ имеет прогиб в сторону уменьшения, с дальнейшим увеличением уровня воды кривая зависимости $\alpha_К = f(H)$ практически стабилизируется.

На пойме и протоках коэфициенты Кориолиса ($\alpha_К$), с увеличением уровня воды, уменьшаются.

Р. Чара – с. Чара на данном участке имеет второй тип взаимодействия руслового и пойменного потоков. Скоростные поля при этом взаимодействия существенно изменяются, особенно в потоках с двухсторонними поймами. (к которым относится и р. Чара). В этих условиях динамическая ось потока в русловой части смещается в сторону противоположную пойме, обладающей наибольшей шероховатостью. Максимальное значение скорости в русле с двухсторонней поймой увеличивается. На пойме наблюдается значительное

увеличение скоростей в прирусловой зоне. Характер скоростного поля усложняется еще и наличием косоструйности на участке поста.

Средне квадратичные ошибки кривых зависимостей: $\alpha_{\text{Б}} = f(H)$ и $\alpha_{\text{К}} = f(H)$ соответственно, $\eta = 4{,}4\%$, $\eta = 10{,}6\%$.

Р. Онон – с. Бытэв.

Для построения кривых зависимостей $\alpha_Б = f(H)$ и $\alpha_К = f(H)$ было использовано 22 значения измеренных расходов воды, из них 2 расхода воды было измерено при затопленной пойме.

В нижней части кривой зависимости (рис. 3.4.3) $\alpha_Б = f(H)$, значения коэффициентов $\alpha_Б$ имеют тенденцию к уменьшению. С увеличением уровня воды (от 200 до 280 см) коэффициенты $\alpha_Б$ уменьшаются (1,08 – 1,05). С дальнейшим увеличением уровня воды (от 280 до 440 см) кривая зависимости $\alpha_Б = f(H)$ стабилизируется.

Отклонение точек, соответствующим натурным данным, от расчетной кривой значительное.

При выходе воды на пойму коэффициенты $\alpha_Б$ уменьшаются до значения 1,01, сказывается эффект влияния руслового и пойменного потоков.

С увеличением уровней воды коэффициенты $\alpha_Б$ пойменной составляющей потока и проток увеличиваются (исключение составляет протока б)).

Характер кривой зависимости $\alpha_К = f(H)$ аналогичен $\alpha_Б = f(H)$.

В нижней части кривой зависимости $\alpha_К = f(H)$ с увеличением уровня воды коэффициенты $\alpha_К$ уменьшаются.

При дальнейшем увеличении уровня воды кривая зависимости $\alpha_К = f(H)$ стабилизируется, а коэффициенты $\alpha_К$ колеблются от 1,10 до 1,20 (до выхода воды на пойму).

На пойме и в протоках с увеличением уровня воды наблюдается уменьшение коэффициентов $\alpha_К$ (за исключением протоки б)).

Средняя квадратичная ошибка расчета $\alpha_Б - \eta = 3{,}0\%, \alpha_К - \eta = 6{,}5\%$.

Р. Онон – с. Бытэв на данном участке относится к самому сложному (V-му типу) взаимодействия руслового и пойменного потоков, т.е. сначала наблюдается III-й тип, который в дальнейшем сменяется на II-й тип.

Пойма реки расширяется. При этом происходит массообмен между руслом и поймой, т.е. наблюдается растекание руслового потока по пойме.

Коэффициенты $\alpha_{Б}$ и $\alpha_{К}$ для русловой составляющей потока, при выходе воды на пойму, уменьшаются, т.к. возникают дополнительные сопротивления, обусловленные увеличением сопротивлений массам руслового потока, имеющим высокие скорости и поступающим на пойму, шероховатость которой, как правило, больше чем в русле.

Затем с увеличением уровней воды, коэффициенты $\alpha_{Б}$ и $\alpha_{К}$ увеличиваются.

Р. Онон – с. В. Ульхун.

При построении кривых зависимостей $\alpha_Б = f(H)$ и $\alpha_К = f(H)$ было использовано 24 значения измеренных расходов воды за 1959 г., из них 13 расходов воды измерено при затопленной пойме.

В нижней части кривой зависимости (рис. 3.4.4) $\alpha_Б = f(H)$ при уровне воды от 69 до 139 см наблюдается уменьшение коэффициентов Буссинеска.

Затем от уровня 140 см и выше (до выхода воды на пойму) наблюдается прогиб кривой в сторону увеличения. При затоплении поймы коэффициенты $\alpha_Б$ снова уменьшаются, при этом происходит массобмен жидкости между поймой и руслом. От уровня воды 275 см до 418 см – $\alpha_Б$ изменяется в пределах 1,30 до 1,12.

Коэффициенты $\alpha_Б$ пойменной составляющей потока сначала увеличиваются от значений 1,18 до 1,38, вероятно это связано с относительно более быстрым увеличением местных скоростей по сравнению со средней скоростью всего потока.

Затем, когда средняя скорость потока на пойме начинает увеличиваться, за счет увеличения объема воды и уменьшения сопротивления $\alpha_Б$ уменьшаются от 1,38 до 1,20.

После этого наблюдается снова небольшое увеличение $\alpha_Б$.

Коэффициенты $\alpha_Б$ в протоке с увеличением уровня (от 260 см до 418 см) увеличиваются.

Характер изменения кривой зависимости $\alpha_К = f(H)$ аналогичен $\alpha_Б = f(H)$.

При низких уровнях (от 69 см до 125 см) коэффициенты $\alpha_К$ резко уменьшаются – от 2,40 до 1,02, затем при уровнях воды (от 125 см до 250 см) $\alpha_К$ увеличивается от 1,02 до 1,50.

При дальнейшем увеличении уровня воды (от 250 см до 300 см) продолжается небольшое увеличение коэффициентов $\alpha_{\text{К}}$ (от 1,50 до 1,75), а затем снова уменьшение до 1,35.

Характер изменения коэффициентов Кориолиса на пойме аналогичен коэффициентам $\alpha_{\text{Б}}$.

Сначала наблюдается увеличение $\alpha_{\text{К}}$ (от 1,25 до 2,00), затем идет уменьшение (от 2,00 до 1,25). Уровни при этом растут от 300 до 350 см.

Изменение коэффициентов $\alpha_{\text{К}}$ в протоке происходит в очень широких пределах, но все-таки можно отметить, что с ростом уровня воды происходит уменьшение значений $\alpha_{\text{К}}$.

Средняя квадратичная ошибка расчета коэффициентов $\alpha_{\text{Б}}$ равна $\eta = 14{,}5\%$ (русло), $\eta = 16{,}3\%$ (пойма), а коэффициентов $\alpha_{\text{К}}$ - $\eta = 29\%$ (русло), $\eta = 28\%$ (пойма).

Так как тип взаимодействия руслового и пойменного потоков на данном участке р. Онон – с. В. Ульхун установлен недостаточно точно, то судить о причинах такого изменения коэффициентов Буссинеска и Кориолиса при увеличении уровней воды весьма трудно.

3.5. Разработка рекомендаций по расчету значений коэффициентов Буссинеска и Кориолиса ($\alpha_К, \alpha_Б$) при пропуске паводков по затопленной пойме.

На примере р. Онон – с. В. Ульхун была определена точность расчетов коэффициентов Буссинеска и Кориолиса в зависимости от числа вертикалей и числа точек измерений скоростей на вертикалях.

Для пяти расходов воды (№$22^а, 23^а, 24^а, 28^а, 29^а$), измеренных при уровнях больших уровня выхода воды на пойму, по имеющимся данным были рассчитаны $\alpha_Б$ и $\alpha_К$.

Этот способ расчета (детальный) мы принимаем за 100%.

Затем делаем сокращение точек измерений скоростей на вертикалях (от 5 до 3-х) и снова рассчитываем $\alpha_Б$ и $\alpha_К$.

Так же рассчитываем коэффициенты $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ при сокращении числа вертикалей (от 15 до 8).

Затем делаем анализ расчетов (см. таб. 3.5.1).

Анализ расчета показал, что уменьшение числа точек измерений скоростей на вертикалях при расчете коэффициента Буссинеска мы делаем максимальную ошибку 6,2%, при $\alpha_К$ – 7%.

При уменьшении числа вертикалей делаем максимальную ошибку для коэффициента Буссинеска $\alpha_Б$ – 6,4%, для коэффициента Кориолиса $\alpha_К$ – 7%.

Делаем вывод:

Для расчета коэффициентов Буссинеска и Кориолиса ($\alpha_Б$ и $\alpha_К$) по р. Онон- с. В. Ульхун с точностью не превышающей 7% необязательно иметь данные об измеренных расходах воды детальным способом, который особенно трудоемок во время затопления поймы.

Достаточно иметь данные о расходах воды не детальным, а основным методом.

По расчетным данным $\alpha_Б$ и $\alpha_К$ были построены зависимости (рис. 3.4.5, 3.4.6) $\alpha_Б = f(\alpha_К)$ для всех трех рек.

Затем найдены уравнения для этих зависимостей.

Р. Чара – с. Чара: $\alpha_Б = 0{,}85 * \alpha_К - 0{,}10$

Р. Онон – с Бытэв: $\alpha_Б = 0{,}91 * \alpha_К - 0{,}27$

Р. Онон – с. В. Ульхун: $\alpha_Б = 0{,}89 * \alpha_К - 0{,}21$

И общая зависимость: $\alpha_Б = 0{,}88 * \alpha_К - 0{,}19$

Максимальное отклонение точек от расчетной прямой не превышает 9%.

Среднеквадратичное отклонение для общей прямой $\alpha_Б = f(\alpha_К)$ составляет $\eta = 0{,}04$.

Выводы

1. Методика Д.Е. Скородумова, основанная на уравнении движения потока с переменной массой, в данный момент является наиболее совершенной для расчетов пропускной способности сложносоставных русел. Однако, на данном этапе организации гидрометеорологических наблюдений на сети гидрометслужбы, расчет по этой методике затруднен и требует длительного времени и затрат средств, т.к. нужны измерения как минимум в 2-х створах.

Поэтому целесообразно выделить несколько пойменных участков и створов в каждом УГКС с целью дальнейшей разработки этой методики.

2. Интересна методика Г.В. Железнякова для расчета пропускной способности русел с поймами, но она требует доведения уравнений до расчетного вида.

3. В настоящее время существует много формул для определения скоростных коэффициентов «С» и коэффициентов шероховатости «n». Формулы для расчетов «С» просты по своей структуре и удобны для расчетов, но они включают в себя коэффициенты «n», которые являются условными и трудно определяемыми.

Коэффициенты «n» зависят от множества факторов и в настоящее время чаще определяются по относительным признакам.

Недостаток формулы для «n» и «С» в том, что они не учитывают взаимодействие руслового и пойменного потоков.

4. На постах Забайкальского УГКС: р. Чара – с. Чара, р. Онон – с. Бытэв, р. Онон – с. В. Ульхун наблюдения за расходом воды проводились недостаточно детальною. Особенно плохо обстоит дело с наблюдениями за клоном водной поверхности, за которыми либо вообще нет наблюдений, либо только при низких уровнях.

5. На всех исследуемых реках наблюдается эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков. Анализ исходных данных подтверждает сделанные уже другими авторами выводы о влиянии на пропускную способность русла пойменного потока.

6. Зависимости $\alpha_{Б} = f(H)$ и $\alpha_{К} = f(H)$ тесно связаны с типом взаимодействия руслового и пойменного потоков, к сожалению, более детально проследить за этой зависимостью не удалось из=за отсутствия наблюдений на пойме (на р. Чара – с. Чара) и недостаточности наблюдений за расходом воды (на р. Онон – с. Бытэв)

7. Для расчета коэффициентов $\alpha_{Б}$ и $\alpha_{К}$ на р. Онон – с. В. Ульхун с точностью не превышающей 7% не обязательно иметь данные о измеренных расходах воды детальным способом, достаточны данные основного способа измерений.

8. После просмотра фондовых материалов по Забайкальскому УГКС следует признать низкое качество наблюдений и измерений на сети за стоком. Особенно недостаточно наблюдений на затопленных поймах за расходом воды, а также и за уклоном водной поверхности.

На большинстве объектов отсутствуют планы участков постов, либо планы относятся к съемкам 1955 г., что особенно затрудняет производить какие-либо выводы.

Считаем целесообразном предложить Забайкальскому УГКС наладить производство регулярных наблюдений за уклонами водной поверхности и измерений расходов в поймах. Производить съемку участков постов не реже, чем 1 раз в 5 лет.

Использованная литература

1. Барышников Н.Б., Иванов Г.В. Влияние эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков при пересечении их осей на русловые процессы// Водный транспорт леса. Вып.2. – Красноярск, 1974. – С. 119.

2. Барышников Н.Б. Об учете взаимодействия руслового и пойменного потоков при построении и экстраполяции кривых расходов воды// Тр. ЛГМИ. Вып.25. – Л., 1967. – С. 41-49.

3. Грушевский М.С. Волны попусков и паводков на реках. – Л.: Гидрометиздат, 1969. – 337 с.

4. Железняков Г.В. Теория гидрометрии. – Л.: Гидрометиздат, 1976. – 434 с.

5. Соболев С.С. Учение о пойме как основа изучения морфологии речных долин и стратиграфии речных террас// Почвоведение. Вып.5-6. – 1935.

6. Спицын И.П. О механизме взаимодействия потоков основного русла и поймы// Тр. ЛГМИ. Вып.13. – Л.:1962.

7. Срибный М.Ф. Нормы сопротивления движению естественных потоков и расчетных отверстий больших мостов. – М.-Л.: Госстройиздат, 1932. – 148 с.

8. Скородумов Д.Е. Вопросы гидравлики пойменных русел в связи с задачами построения и экстраполяции кривых расходов воды// Тр. ГГИ. Вып.128. – Л., 1968. – С. 3-96.

9. Усачев В.Ф. Применение последовательных аэрофотосъемок для исследования процесса затопления пойм// Тр. ГГИ. Вып.190. – Л., 1972.

10. Форхгеймер М.Ф. Гидравлика. М.: ОНТИ, 1935. – 615 с.