

УДК 627.01:556.5

Канд. техн. наук С.И. Куц<sup>1</sup>**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО РАСХОДА  
ПРИРОДООХРАННОГО ПОПУСКА МЕЖДУ РУСЛОМ И  
ПОЙМЕННЫМИ УЧАСТКАМИ РЕКИ ИРТЫШ**

**Ключевые слова:** пойменный массив, эталон гидрографа, морфометрические показатели поймы, свободное меандрирование, излучина реки, русловой процесс

*Рассмотрены вопросы практического применения гидролого-морфологического метода расчета гидрологических характеристик реки с широкой поймой для разработки предпроектной документации по обоснованию технических решений строительства водохозяйственных объектов. Использование расчетных зависимостей, рекомендованных межгосударственным нормативом проведения инженерных гидрологических расчетов, позволяет на примере р. Иртыш последовательно определить стоковые характеристики при перемещении потока по двусторонней пойме и руслу в условиях отсутствия близко расположенных пунктов стационарных гидрологических наблюдений. Критерием оценки распределения стока между руслом и поймой, интенсивности развития русловых деформаций и русловых образований является максимальный расход воды природоохранного попуска из каскада Верхне-Иртышских водохранилищ.*

Долины рек с широкой поймой (10...20 км) в период половодья практически недоступны для точных инструментальных измерений скорости течения и расхода воды. Повышенные скорости течения воды (2,0...2,5 м/с) в основном русле, не оборудованном специальными фиксирующими устройствами для плавсредств в створе, не позволяют выполнить продолжительную стоянку судна на период измерения параметров механическими приборами. Акустические измерители скорости течения воды с горизонтальным лучом за счет повышенной мутности потока искажают результаты измерений. Обратный эффект наблюдается при инструментальных измерениях на пойме – скорости перемещения воды по пойменным массивам ниже пороговой чувствительности самих приборов.

<sup>1</sup> ТОО «Биосфера», г. Павлодар, Казахстан

Для оценки распределения скоростей течения воды между элементами речной долины рассматриваются методический прием расчета с применением гидролого-морфологического анализа. Гидролого-морфологический анализ трансформации водного потока в фазу максимального проявления всех гидрологических характеристик дает качественное представление о возросших нагрузках стока на активизацию русловых процессов. Так как расчеты с применением гидролого-морфологического метода базируются на картографическом материале и космическом мониторинге, исключается из практики использование значительного объема полевых топогеодезических и гидрологических измерений. Программные продукты «GOOGLE» делают метод более доступным для широкого круга инженерно-технического персонала. Область применения метода ограничена необходимостью расширения познаний других факторов – гидродинамических, геологических, термических, ответить на их взаимодействие могут только непосредственно натурные измерения. Сам гидролого-морфологический метод имеет значительное преимущество на стадиях обоснования хозяйственной инвестиционной деятельности и на уровне предпроектных технических решений использования речных систем. Применение метода расчета расхода потока между руслом и поймой на основе гидролого-морфологического анализа приводится на примере участка долины р. Иртыш (Ертыс).

Долина Иртыша в границах Павлодарской области находится в зоне сезонного затопления при природоохранных попусках воды из каскада Верхне-Иртышских водохранилищ многолетнего регулирования, состоящего из Бухтарминского, Усть-Каменогорского и Шульбинского водохранилищ [1, 2]. Река полностью зарегулирована на территории Восточно-Казахстанской области и гидрологический режим ее управляется в соответствии с «Правилами использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ» (утверждены Председателем КВР МПР и ООСРК №17-п от 04.03.2002 г.)

Согласно «Правил ...» годовой режим реки в нижнем бьефе Шульбинской ГЭС регламентирован целевыми попусками на:

- обводнение поймы в Павлодарской области (период весеннего природоохранного попуска);
- снижение рисков переполнения Шульбинского водохранилища весенними водами боковой приточности на участке Усть-Каменогорская ГЭС – Шульбинская ГЭС (период пропуска высоких половодий);

- обеспечение условий для судоходства на территории Республики Казахстан до границы с Российской Федерацией (период попусков навигационных расходов и пропуска летне-осенних дождевых паводков);

- обеспечение экологических требований для сохранения биоценозов Иртыша в условиях ледовых явлений (период зимних попусков).

Управление каскадом водохранилищ осуществляется по диспетчерским графикам, установленным объектами гидроэнергетики и согласованным всеми основными водопотребителями и водопользователями бассейна на основании фактического наполнения водохранилищ каскада поверхностным стоком, включая водные ресурсы, поступающие из КНР.

Гидрологическое влияние волны природоохранного попуска проявляется по глубине затопления пойменного пространства и продолжительности периода затопления. Указанные факторы являются производными при оценке разрушительных проявлений на строительных сооружениях от воздействия скоростей течения воды, волновых и ледовых нагрузок.

Перемещение весеннего природоохранного попуска начинается от створа Шульбинской ГЭС. Период попуска подразделяется на три временных фазы – подготовительную (4...5 суток), основную (15...24 суток) и фазу выхода из попуска (3...4 суток). Начало ежегодного попусков в нижний бьеф приходится в среднем на 15 апреля. В створ города Павлодара (устье р. Усолки) начальная волна попуска доходит 18-19 апреля.

В подготовительную фазу природоохранного попуска, продолжающуюся 4 суток, расходы в нижний бьеф увеличиваются с суточными градациями по 250 м<sup>3</sup>/с с 400 м<sup>3</sup>/с (зимний расход) до 1500 м<sup>3</sup>/с. При подготовительной фазе попуска вода из Иртыша в створе намечаемой застройки еще не выходит на пойму – уровень воды поднимается и заполняет речные затоны и глубокие старицы.

При гарантированной отдаче водохранилища (зона 1) – продолжительность второй фазы попуска должна составлять 24 суток с объемом попуска 6,7 км<sup>3</sup> воды. По срокам вторая фаза приходится на третью декаду апреля – вторую декаду мая. Подъем уровней (расходов) воды достигает пиковых значений в середине мая после ежесуточного увеличения расходов воды на 250 м<sup>3</sup>/с до максимального значения 3500 м<sup>3</sup>/с (рис. 1). Снижение расходов попусков с 3500 до 2000 м<sup>3</sup>/с осуществляется ступенями по 500 м<sup>3</sup>/с в сутки.

Третья фаза природоохранного попуска приходится на третью декаду мая со снижением расходов с 2000 м<sup>3</sup>/с до 650 м<sup>3</sup>/с (навигационный попуск) ступенями по 250 м<sup>3</sup>/сутки.



*Рис. 1. Эталон гидрографа природоохранного попуска из Шульбинского водохранилища в русло р. Иртыша (выше горизонтальной пунктирной линии зона затопления поймы в створе г. Павлодара с продолжительностью 21 сутки).*

Эталонный профиль весеннего гидрографа Иртыша по диспетчерскому графику управления водными ресурсами не всегда выдерживается по началу попуска, продолжительности и объема воды, сбрасываемого на обводнение поймы. В зависимости от запасов воды в водохранилищах каскада на начало природоохранного попуска и влагозапасов на водосборном бассейне график может корректироваться государственной паводковой комиссией в сторону ограничения продолжительности и объемов попусков от зоны 2 (снижение объемов и расходов на 10 %) до зоны 6.

По эталонному гидрографу Иртыша в период природоохранного попуска воды продолжительность периоды затопления поймы составляет 21 сутки, из них подъем уровня (расхода) происходит в течение 7 суток, продолжительность периода максимальных расходов составляет 8 суток и периода снижение уровней до незатопляемых высотных отметок – 6 суток. Из-за разности уклонов водной поверхности и прибрежного рельефа продолжительность периода затопления пойменных массивов существенно различается на всей протяженности Иртыша в границах Павлодарской области. Примером может быть сравнение гидролого-морфологических показателей ближайших створов г. Аксу и г. Павлодара. Выход воды из русла на пойму в створе г. Аксу происходит при уровне воды 109,8 м (абс.) и расходе воды 2100 м³/с, выход воды на пойму у г. Павлодара наблюдается при высотной отметке уровня 106,5 м и критическом расходе 1600 м³/с.

Попуск воды из Шульбинского водохранилища с заданным расходом доходит до пойменного массива с запозданием равным сроку преодоления руслового сопротивления (время добегания). Такая же закономер-

ность понижения уровня воды в створе Павлодара ежегодно прослеживается на спаде расхода попуска.

За период зарегулированности Иртыша с 1964 по 2017 гг. по причине вариации климатических характеристик на водосборном бассейне и годового объема наполнения водой водохранилищ каскада приведенный эталонный по форме гидрограф реки не всегда соблюдался.

На участке речного русла Иртыша, общей протяженностью 257 км, от гидрологического поста с. Семиярское до гидрологического поста г. Павлодар отсутствует стационарная сеть гидрологических наблюдений. Временные водомерные промежуточные посты на реке фиксируют только динамику уровня воды в период попуска. Информация о наполнении основного русла реки и проток, выхода воды на пойму, о расходах и скоростях течения воды, как по руслу, так и по участкам поймы, отсутствует. Настоящая работа направлена на совершенствование теории гидролого-морфологических расчетов и приближении ее к прикладным целям – прогнозирования русловых процессов и снижения нагрузок на действующие гидротехнические сооружения.

Для оценки распределения гидравлических параметров по руслам рек и пойменным массивам построена расчетная модель движения волны попуска по методике МСП с учетом основных особенностей морфометрии русла с поймой [8]. В схеме расчета рассматривается участок долины р. Иртыш от г. Аксу до г. Павлодара общей протяженностью 38 км. Точка отсчета движения волны попуска начало Кызылжарского левобережного пойменного массива и середина Павлодарского правобережного пойменного массива. Ширина всей долины измерена по «Google Earth Pro» в масштабе 1:50 000, ширина русла и проток – в масштабе 1:10 000.

Вся территория, охваченная оценкой морфометрических и гидравлических показателей, разделена на 8 расчетных блоков, ограниченных 9 контрольными створами. Конечный, нижний по течению расчетный створ, пересекает левобережную пойму и русло Иртыша на широте речного вокзала г. Павлодара. В конечном створе отсутствует правобережная пойма. Расчетные блоки участков поймы и русла представлены на рис. 2.

На участке поймы в границах расчетных блоков имеются характерные особенности типичные для сложных пойм [3, 5, 6]. В состав особенностей входит:

1. наличие проток, впадающих в «окнах» прируслового вала, в основное русло;

2. наличие протяженных проток, вытекающих из русла и снова впадающих в него;
3. отъем части стока протоками, снижающими общий расход воды по пойменной равнине;
4. наличие проток, примыкающих к коренному берегу с последующим широтным пересечением поймы по пути к основному руслу.



Условные обозначения :

$\frac{2246}{126}$  - ширина поймы, м  
 126 - расход воды, м<sup>3</sup>/с ;

④ - номера излучин ;

Рис. 2. Схема морфометрических показателей поймы р. Иртыш на участке Аксу – Павлодар.

Все перечисленные особенности сложных пойм отчетливо проявляются в расчетной схеме исследуемого участка реки. Протока Усолка следует ниже по течению за протокой Подстепка. При этом начало правобережной Усолки (исток от Иртыша) планомерно привязано к устью Подстепки. Обе протоки отличаются размером гидравлических показателей, но по оценке режима стока они являются аналогами.

Синхронизация русловых процессов в исторический период привела к образованию проток-аналогов и в левобережной пойме – протока Старый Иртыш является продолжением протоки Белая. Гидрологическими измерениями протока Старый Иртыш и протока Усолка не были охвачены. На протоках Подстепке и Белой регулярные гидрологические измерения проводились институтом «Гидропроект» им. С.Я. Жука при обосновании проектных решений головного водозабора канала Иртыш – Караганда. Результаты наблюдений гидрологических характеристик в смежные годы в условиях зарегулированности Иртыша гидроузлами (табл. 1) представляют единые взаимосвязи между руслом основной реки и протоками [7, 9].

Таблица 1

Среднемесячные и максимальные расходы воды по р. Иртыш и протокам  
Белая, Подстепка в период прохождения природоохранного попуска  
(апрель – июнь) – 1963...1965 гг.

Река	Створ	Год	Месяц			Максимальный расход	
			апрель	май	июнь	Q, м <sup>3</sup> /с	дата
Иртыш	НС КиКС*	1963	835	1130	1030	1680	09.04
		1964	930	2350	1100	3560	03.05
		1965	1090	1925	795	3240	19.06
Белая	НС КиКС** (с. Беловка)	1963	54,9	81,0	69,0	150	09.06
		1964	43,8	206	77,8	303	15.05
		1965	113	151	40,8	358	20.04
Подстепка	с. Жертумсык	1963	4,16	7,07	5,87	18,9	08-09.06
		1964	9,02	20,8	5,73	30,7	06.05
		1965	13,5	-	-	105	19.04

*Примечание:* \* створ НС КиКС – головной водозабор (НС №1) канала им. К. Сатпаева. \*\* источник информации – фонды ПИ НИИ «Гидропроект» (г. Москва).

Анализ схемы участка реки с расчетными блоками морфометрических параметров позволяет определить изменение соотношения ширины правобережной поймы с левобережной. По мере уменьшения ширины правобережной поймы от створа 1 до створа 9 увеличивается ширина левобережной поймы. Исходя из условий постоянства расхода по длине участка русла морфометрическими показателями – общей ширины поймы, ширины левой и правой поймы, по зависимости  $\frac{Q_n}{Q_p + Q_n}$  можно определить расходы в русле и на участках пойменных массивов [8].

Последовательность расчетов:

1. По рекомендации МСП 3.04-101-2005 измеряем фактическую ширину правой, левой поймы и русла реки, на дату прохождения гребня попуска (картографический материал спутникового мониторинга) – результаты обобщены в табл. 2.

2. Определяем значение  $\frac{B_p + B_n}{B_n}$  и по результатам приводим

к отношению  $\frac{Q_n}{Q_p + Q_n}$ .

3. В условиях зарегулированности Иртыша минуем стадию расчета вероятности превышения максимального расхода  $Q_p$  % и производим расчет максимального суммарного расхода на пойме на основании заданного максимального расхода  $Q_{\max} = 3500 \text{ м}^3 / \text{с}$  по зависимости

$$Q_n = \frac{Q_{\max}}{Q_p + Q_n}.$$

4. Максимальный расход воды в русле будет равен разности между суммарным максимальным расходом и расходом в пойме  $Q_p = Q_{\max} - Q_n$ .

5. По соотношению морфометрических показателей двусторонней поймы  $\frac{B_{n.n.}}{B_{n.n.} + B_{л.п.}}$  определяем максимальный расход в правобережной пойме  $Q_{n.п.}$ .

6. Расход воды по левой пойме  $Q_{л.п.}$  будет составлять  $Q_n - Q_{n.п.}$ .

Таблица 2

Морфометрические характеристики русла и поймы Иртыша в границах расчетных блоков

№ створа	Ширина поймы, м		Ширина русла $B_p$ , м	Ширина поймы с руслом $B_p + B_n$ , м	$\frac{B_p + B_n}{B_p}$
	левая $B_{л.п.}$	правая $B_{п.п.}$			
1	1189	12550	395	14134	35,8
2	2246	8983	447	11676	26,1
3	3435	9115	520	13070	25,1
4	3831	7530	556	11917	21,4
5	4491	6209	605	11305	20,3
6	6341	3699	294	10334	35,1
7	4095	6869	426	11390	26,7
8	7530	2410	400	10340	25,9
9	7794	0	578	8372	14,5

Выполнив расчет всех расходных характеристик по пойме и руслу, иллюстрируем динамику изменения гидравлических характеристик реки в границах исследуемого участка реки (табл. 3). Числовые значения расходов воды, проходящих в период максимального расхода весеннего попуска, указывают на неоднородность факторов в речном русле, как результат

постоянного процесса формирования новых русловых форм и водообмена между руслом и поймой, а также о наличии строгих закономерностей движения воды по пойме. По мере перемещения волны попуска по правой пойме расход воды снижается от 767 м<sup>3</sup>/с (створ №1) до нуля (створ № 9) – концевой участок Павлодарского пойменного массива.

По классификации рек, Иртыш на пойменном участке характеризуется как равнинный участок реки с гидравлическими параметрами коэффициента Лохтина  $\geq 5$ , параметра устойчивой ширины русла  $A = 1,0$  (в формуле  $B = A \frac{Q^{0,5}}{I^{0,5}}$ , где  $Q$  в м<sup>3</sup>/с), параметры  $m = 0,7$  при  $K = 10$  (в морфологической формуле  $B^m / h_{cp} = K$ ), числа Фруда  $F_r = 0,2 \dots 0,04$ .

Таблица 3  
Распределение расходов воды в долине р. Иртыш при трансформации максимального расхода природоохранного попуска ( $Q = 3500$  м<sup>3</sup>/с)

№ створа	$\frac{Q_n}{Q_p + Q_n}$	$Q_p, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{л.п.}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{п.п.}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_n, \text{ м}^3/\text{с}$
1	0,24	2660	73	767	840
2	0,18	2870	126	504	630
3	0,17	2905	163	432	595
4	0,13	3045	153	302	455
5	0,12	3080	176	244	420
6	0,26	2590	575	335	910
7	0,18	2870	235	395	630
8	0,18	2870	507	123	630
9	0,09	3185	315	0	315

Переход к определению гидравлических параметров русла и поймы в фазу прохождения максимального расхода в любом из промежуточных речных створов выполняется через расчет глубины затопления поймы по интерполяции уклонов водной поверхности между верхним гидрологическим постом и нижним. Для решения этой задачи определяется разность абсолютных отметок уровня воды между постами при заданном максимальном расходе воды, которая делится на длину реки между створами и результат приводится к расстоянию одного из створов. Полученный параметр выражает значение наивысшего уровня воды в абсолютных высотных отметках в расчетном створе. Глубину затопления поймы определяем по разности максимального уровня воды и средним значениям высоты рельефа поймы (в абсолютных отметках). Для определения средней высо-

ты рельефа поймы по расчетному створу рекомендуется использование топографических карт масштаба 1:10 000 или 1:25 000. Разность между наивысшим уровнем воды и средней высотой рельефа поймы в створе будет являться глубиной затопления поймы. На участке р. Иртыш между гидропостом Семиярское и гидропостом Павлодар-затон глубина затопления поймы находится в диапазоне 1,30...1,74 м.

Произведение ширины пойменного массива  $B_n$  на среднюю глубину  $h_n$  дает площадь водного сечения пойменного потока  $S_n$ . Умножением ширины русла  $B_p$  на глубину затопления поймы  $h_n$  определяем площадь водного сечения в русле над береговой бровкой  $S_p$ . Частное от деления  $\frac{Q_p}{S_{p.m}}$  и  $\frac{Q_n}{S_n}$  дает значение средних скоростей в русле  $V_{ср.р.м}$  и пойме  $V_{ср.п}$ .

Выражение  $B_p \cdot h_{p.m} \cdot V_{ср.р.м}$  представляет собой часть расхода воды  $Q_{p.в.}$  проходящего в русле выше береговой бровки при прохождении максимального расхода воды в русле  $Q_p$  в условиях гребня природоохранного попуска. Если от общего максимального расхода воды в русле вычесть ту часть расхода которая проходит выше уровня береговой бровки, тогда оставшаяся часть расхода воды (максимального расхода в русле ниже отметок береговой бровки) представляет собой руслоформирующий расход  $Q_r$ :

$$Q_r = Q_p - Q_{p.в.} \quad (1)$$

Руслоформирующий расход  $Q_r$  выражает максимальный расход в русле при наибольшем наполнении водой до выхода ее на пойму. Руслоформирующий расход определяет наиболее высокую интенсивность динамики русловых процессов в формировании русловых форм. При руслоформирующем расходе перемещается наибольшая масса твердого стока, и активизируются неблагоприятные для водохозяйственных объектов и речных сооружений явления.

Результаты расчетов средних значений гидрологических характеристик – расхода, скорости течения воды в пойме и русле позволяют углубиться в детализацию определения дополнительных параметров. Пользуясь расчетными зависимостями, установленными Агроскиным И.И., Алтуниным В.С., Барышниковым Н.Б., Железняковым Г.В., Латышенко

вым А.В., можно приступить к определению недостающих для инженерных расчетов гидравлических характеристик – средней скорости на вертикали, придонных и поверхностных скоростей течения, изменения поля скоростей при обтекании потоком сооружений в русле.

Данные о распределении характеристик потока между поймой и руслом, полученные путем применения гидролого-морфометрического метода расчета, позволяют производить определения размеров мезоформ русла, скорости их переформирования и выполнять прогнозные расчеты плановых смещений элементов русла на заданный интервал времени (как правило 5 лет, но не более 20 лет).

Высота донных подвижных гряд  $h_{\Gamma}$  в русле может быть приближенно оценена формулами:

$$\text{при } H < 1 \text{ м, } h_{\Gamma} = 0,25H, \quad (2)$$

$$\text{при } H > 1 \text{ м, } h_{\Gamma} = 0,2 + 0,1H, \quad (3)$$

где  $H$  – средняя глубина в створе, м.

Длина донных гряд установившегося профиля выводится из уравнения:

$$l_{\Gamma} = H^3 \sqrt{\frac{c^2}{g}}, \quad (4)$$

или ориентировочно по формуле:

$$l_{\Gamma} = 4,2H. \quad (5)$$

Скорость смещения гряд ( $C_{\Gamma}$ , м/с) равна:

$$C_{\Gamma} = 0,019V_{p,sp} \cdot F_{\Gamma}^3, \quad (6)$$

а продолжительность времени их сползания  $t_{\Gamma}$  рассчитывается по формуле:

$$t_{\Gamma} = \frac{l_{\Gamma}}{C_{\Gamma}}. \quad (7)$$

Приведенные расчетные гидравлические зависимости могут быть применены в случаях отсутствия натурных измерений. Корректирование значений мезоформ рельефа русла производится с применением результатов полевых исследований по другим расчетным формулам. Так, определение размеров деформаций по максимальной высоте гряд  $h'_{\Gamma}$  примет вид расчетной формулы:

$$h'_{\Gamma} = 2,5h_{\Gamma}, \quad (8)$$

где  $h_{\Gamma}$  – высота гряд измеренная на спаде половодья, м.

Длина русловых гряд в период прохождения максимального расхода попуска будет соответствовать зависимости:

$$l'_Г = 2,5l_Г, \quad (9)$$

где  $l_Г$  – длина гряд, измеренная спустя месяц после попуска, м.

По критериям руслового процесса Снисченко Б.Ф. [10], тип руслового процесса, доминирующего на р. Иртыш, соответствует рекам со свободным меандрированием с  $A_Д = 36,6$ ;  $\sigma_A = 11,5$ ;  $\frac{\sigma_A}{A_Д} \cdot 100 = 32$  из расчетной формулы:

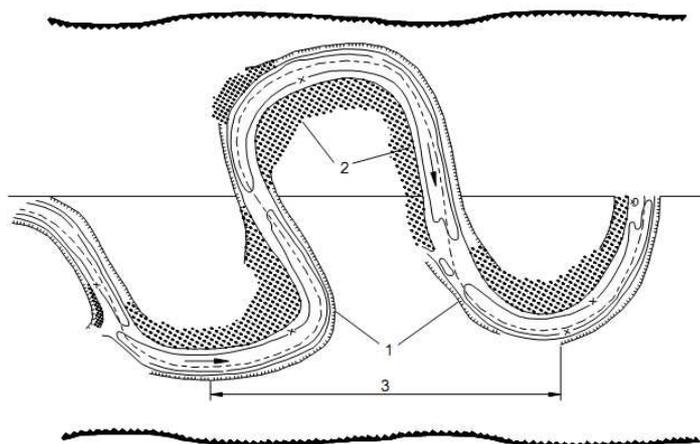
$$A_Д = \frac{I_Д}{I} \cdot \frac{B_Д}{B_б}, \quad (10)$$

где  $I_Д$  – уклон дна долины;  $I$  – уклон потока по руслу;  $B_Д$  – ширина дна долины, включающей пойму и русло, м;  $B_б$  – ширина русла на уровне пойменных бровок, м.

В соответствии с гидролого-морфологической теорией основная роль в русловых процессах принадлежит транспорту наносов, внешним проявлением которого являются все русловые и пойменные деформации. Развитие русловых форм связано с расходом донных наносов, с кинематической структурой потока и его макротурбулентностью. Донным наносам отводится роль в формировании собственного русла реки. Взвешенные наносы принимают активное участие в формировании пойменных отложений.

В пределах исследуемого участка речной долины Иртыша, состоящего из 8 расчетных блоков, имеется 10 макроформ – крупных меандр, каждая из них отличается размерами, формой, глубинами, скоростями течения, интенсивностью эрозионных и русловых процессов. Каждой излучине реки присущи местные размывы и отложения наносов с формированием перемещающихся вниз по течению зон: дефицита, транзита и осаждения наносов (рис. 3).

Зону дефицита наносов представляют нижние участки плесовых лощин, зону транзита – речные перекаты, зону аккумуляции – верхние участки плесовых лощин. Морфологические образования в русле непрерывно меняются под влиянием изменений скоростного режима. Работа речного потока постоянно обеспечивается годовыми циклами руслоформирующего расхода. Степень неравномерности течения наиболее значительная на перекатах, где и развиваются наиболее значительные деформации.



*Рис. 3. Элементы долины р. Иртыш (2462...2446 км) в условиях переформирования русла при свободном меандрировании: 1 – зона размыва; 2 – зона аккумуляции наносов; 3 – шаг меандры.*

Ширина русла Иртыша в зоне размыва на излучине в период прохождения максимального расхода составляет 300...400 м. В фазу летней межени размер на нижних створах перекатов сокращается по ширине до 250...265 м. Плесовые ложины, выступающие зонами аккумуляции неорганического материала твердого стока (преобладают средnezернистые и крупнозернистые пески), имеют ширину в пик попуска 530...620 м, в межень 380...410 м. Плесовые ложины создают условия для формирования новых и увеличения существующих русловых образований – побочней, кос, осередков и т.п.

Натурные исследования русловых деформаций в условиях зарегулированности Иртыша и максимальных расходов воды при попусках величиною  $3500 \text{ м}^3/\text{с}$  определили среднее значение смещения береговой бровки на размывающих участках 2,8...3,7 м за один попуск. Теоретические расчеты с использованием формул Гончарова В.М., Великанова М.А. подтвердили оценку устойчивости русла к русловым деформациям и установили предельную ширину размыва берега – 4 м/год при коэффициенте скорости развития излучины  $k = 0,5$  [1, 6].

При качественной работе с картографическим материалом по определению морфометрических показателей русла и поймы реки расчетные гидравлические характеристики по заданным створам будут близки к результатам полевых исследований. Если будет соблюдено количество расчетных створов, равное рекомендуемому СП РК количеству по масштабам батиметрической съемки, уровень достоверности результатов расчета

можно признать удовлетворительным. Полученные числовые значения могут быть использованы в практике проектных разработок намечаемого строительства.

Всего на участке реки в русле непрерывно смещаются 13 перекатов разделенных 12-ю плесовыми лощинами, от г. Аксу верхний перекаат Верхне-Воскресенский (2470 км от устья), самый нижний перекаат Павлодарский (2430 км от устья).

Любой вид использования речной системы в экономических целях требует принятия обоснованного технического решения по плановой и высотной привязке объекта к размерам ближайших макроформ русла и к существующим водохозяйственным объектам с прогнозированием вероятных изменений гидрологических условий. Кроме данных об амплитуде уровней (расходов) в заданном расчетном створе реки необходимо располагать информацией о влиянии режима наносов на русловые сооружения и об ожидаемых последствиях при дополнительных нагрузках на интенсивность деформаций.

#### **Заключение.**

1. Теория гидролого-морфологического анализа русловых процессов может быть расширена в практике прикладных расчетов при разработке предпроектной и проектной документации строительства водохозяйственных объектов.

2. На примере данных о морфологических показателях участка долины р. Иртыш произведены гидрологические расчеты распределения расходов и скоростей течения воды по руслу и двусторонней пойме в фазу прохождения гребня природоохранного попуска.

3. Результаты расчетов гидрологических характеристик пропускной способности русла и поймы реки позволяют их применение в детализации прогнозирования русловых процессов, интенсивности распределения твердого стока, динамики формирования макро- и мезоформ руслового рельефа.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бурлибаев М.Ж., Куц С.И., Фащевский Б.В., Опп К., Царегородцева А.Г., Шенбергер И.В., Бурлибаева Д.М., Айтуреев А.М. Затопление поймы Ертиса – главный фактор устойчивого развития речной экосистемы. – Алматы: Каганат, 2014. – 395 с.
2. Гребной канал в составе многофункционального спортивного комплекса в рекреационной зоне реки Усолка: Отчет по инженерно-

- гидрологическим изысканиям. – Павлодар, Научно-производственное предприятие «Биосфера». – 2017. – 44 с. – Отв. исполн. М.Ф. Криворак.
3. Грушевский М.С. Волны попусков и паводков в реках. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 340 с.
  4. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 310 с.
  5. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 288 с.
  6. Куц С.И., Куц Е.И. Влияние застройки части поймы р. Иртыш на трансформацию волны природоохранного попуска // Водное хозяйство Казахстана. – 2018. – Вып. 1. – С. 23-30.
  7. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 5 – Выпуск 1. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола / Под ред. З.М. Кожинной – Л.; Гидрометеоздат, 1987. – 466 с.
  8. МСП 3.04-101-2005. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства РК, 2006. – 56 с.
  9. Сводный отчет о гидрологических работах на реках Иртыше и Белой в районе водозабора канала Иртыш – Караганда за период 1959...1970 гг. Технический отчет. Гидропроект им. С.Я. Жука. – М.: 1973. – 293 с. – Отв. исполн. Ю.П. Макавеев.
  10. Снищенко Б.Ф. Типы руслового процесса и их возникновение // Труды ГГИ. – 1980. – Вып. 263. – С. 4-40.

Поступила 4.06.2018

Техн. ғылымд. канд. С.И. Куц

**ТАБИҒИ ОРТАНЫ ҚОРҒАУ РҰҚСАТАНАМАСЫНЫҢ ЕРТІС  
ӨЗЕНІҢ БӘЛЕКЕЙ ЖӘНЕ ЖАЙЫЛМА БӨЛІМШЕЛЕР  
АРАСЫНДА МАКСИМАЛЬДЫ ШЫҒЫНЫҢ ҮЛЕСТУРУІ**

*Түйінді сөздер:* жайылма алабы, табиғи рұқсатанама, гидрографтың үлгісі, морфометрикалық жайылмасының көрсеткіштері, еркін меандрлену, өзеннің айналмасы, арналық үдеріс

*Су шаруашылық объектілердің құрылысты техникалық шешімдерді дәлелдеу бойымен жобалау алдындағы құжаттаманың әзірлеуі үшін кең жайылмамен өзеннің сипаттамаларын гидрологиялық есептеудің су – морфологиялық әдісінің практикалық қолданудың мәселелері қарастырылған. Гидрологиялық есептер*

жүргізудің мемлекетаралық норматив ұсынылған есеп айырысу тәуелділіктерді пайдалануы, Ертіс өзеннің мысалында, екі жақты жайылмасы және өзен арнасы бойымен науа сипаттамалары ағысын ауысуында дәйекті түрде жақын жайғастырылған стационарлық гидрологиялық бақылауларының пунктiлер жоқтығы шарттарында анықтауға рұқсат береді. Ертіс су қоймаларының құламасынан табиғи ортаны қорғау рұқсатанамасының максимальды су шығының үлестіруі бәлекей мен жайылма арасындағы ағынды үслерірудің бағалау, арналық өзгерістерді дамудың қарқындылығы және арналық құрылымдар бойынша белгісі.

Kuts S.I.

### **DISTRIBUTION OF THE MAXIMUM EXPENSE OF THE ENVIRONMENTAL FLASH BETWEEN CHANNEL WAY AND THE BOTTOMLAND AREAS OF THE IRTISH RIVER**

**Keywords:** floodplain area, environmental flush, hydrograph etalon, morphometric indicators of floodplain, free meandering, bend of river, evolution of river bed

*The problems of practical application of the hydrological-morphological method for calculating the hydrological characteristics of a river with a wide floodplain for the development of pre-project documentation for the justification of technical solutions for the construction of water management facilities are considered. The use of calculated dependencies recommended by the interstate standard for engineering hydrological calculations makes it possible, by the example of the Irtysh River, to determine successively the runoff characteristics when moving the flow along a bilateral floodplain and channel way in the absence of closely located stationary hydrological observation points. The criterion for estimating the distribution of flow between the channel way and the floodplain, the intensity of the development of channel deformations and channel formations is the maximum flow of water from the nature protection release from the cascade of the Upper Irtysh water reservoirs.*