

## ГИДРОЛОГИЯ

УДК 551.482.212

С.А. Двинских, Т.П. Девяткова, А.Б. Китаев, Т.А. Тереханова

## ДИНАМИКА КРИВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ КАК ИНДИКАТОР РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Обсуждаются существующие подходы к оценке зависимости расходов воды от уровней. Дана характеристика исходной информации для такой оценки. Представлена динамика кривой расходов для рек Пермского края. В качестве показателя динамики кривой в работе рассмотрены значения «просадки» уровня.

К л ю ч е в ы е с л о в а : водоток; расход воды; русловой процесс.

Кривая расходов воды является одной из важнейших характеристик водного режима реки, в которой интегрируется влияние многих факторов, определяющих сток воды по руслу и пойме. В то же время кривые  $Q=f(H)$  графически отображают режим гидравлических сопротивлений в руслах рек при разных уровнях воды и на разных структурных уровнях транспорта наносов.

Если нормализовать кривую по двум из трех основных видов гидравлических сопротивлений – сопротивлению растительности и ледовых явлений, то изменение местоположения кривой на графике будет свидетельствовать об изменении морфометрии русла, т.е. о русловых деформациях.

По типизации Г.В.Железнякова [5] рекам с русловыми деформациям присущи неоднозначные кривые расходов, т.е. связь имеет вид не  $Q=f(H)$ , а  $Q=f(H+dH)$ . Величина  $dH$  среди прочих условий возникает в результате русловых деформаций. В табл. 1 приведена характеристика руслового процесса на основе анализа расположения опытных точек по отношению к однозначным кривым свободного русла.

Таблица 1

## Расположение опытных точек по отношению к однозначным кривым расходов

<i>Деформация русла</i>	<i>Расположение опытных точек по отношению к однозначным кривым свободного русла</i>
Размыв	Отклоняются вправо
Заиление	Отклоняются влево
Намывы и размывы	Точки разбрасываются

Похожие результаты были получены в ГГИ В.М.Католиковым [6], который анализировал динамику кривой расходов для рек с разными типами руслового процесса, а также В.А.Виноградовым и А.Б.Клавен [3] при анализе расходных кривых р. Полометь. В результате чего

© Двинских С.А., Девяткова Т.П., Китаев А.Б., Тереханова Т.А., 2012

**Двинских Светлана Александровна**, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990 Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; dvins@mail.ru

**Девяткова Тамара Павловна**, доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990 Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; t.devyatкова@yandex.ru

**Китаев Александр Борисович**, кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990 Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; hydrology@psu.ru

**Тереханова Татьяна Анатольевна**, научный сотрудник Института коммунального и промышленного водного хозяйства Дрезденского технического университета, 01062 Германия, г. Дрезден, Берг Штр., 66; Terekhanova@yandex.ru

было выяснено, что в одном месте происходит подъём кривых, а в другом на значительном расстоянии опускание кривых, что характеризует опускание дна реки. «Если в многолетнем разрезе на участке реки обеспечивается состояние динамического равновесия, то ежегодные кривые расходов воды группируются тесным пучком. Если динамическое равновесие нарушено, кривые расходов смещаются монотонно или в сторону увеличения пропускной способности или обмеления русла».

Изменение местоположения кривой на графике В.М.Католиков [6] объясняет прохождением паводков разной обеспеченности. При этом для рек с разными типами русловых процессов (при наличии и отсутствии поймы) динамика кривых различна.

Так, динамику кривых  $Q=f(H)$  для определения просадки уровня на участке р. Томи у г. Томска, где производится добыча ПГС, использовал Д.А.Вершинин [2]. В период наибольшего воздействия на русло реки наблюдались просадки уровня, за 35-летний период произошло снижение уровней на 1,0 м, т.е. по сравнению с кривой расходов 1965 г. кривая 1999 г. сместилась вправо.

Форма кривой и ее местоположение на графике определяется наличием и величиной гидравлических сопротивлений русла: водная растительность, ледовые явления, русловые деформации.

Для выявления русловых деформаций в определении местоположения кривой расходов необходимо исключить влияние растительности и ледовых явлений. Для этого необходимо рассматривать поток вне этих условий, т.е. при свободном русле.

При отсутствии русловых деформаций или еще каких-либо сопротивлений в русле кривая расходов должна быть постоянной. Смещения кривой расходов возможны вдоль основного ее положения (вверх или вниз) в зависимости от водности года. Отклонения кривой от своего основного положения выражаются в величине просадки уровня и свидетельствуют об изменении морфометрических характеристик русла, по которому движется поток.

Следовательно, между величиной просадки уровня и изменением морфометрии русла (глубины и ширины) связь очевидна. Степень подверженности русла переформированию в данный момент времени зависит от величины проходящего по руслу расхода воды и от уже существующих в русле форм. Так, для переформирования русла в зависимости от крупности русловых форм необходима та или иная сила потока, определяющаяся мощностью (или водностью), т.е. величина русловых форм на данный момент времени определяется величиной расхода, прошедшего по руслу в предыдущий момент времени.

Русловые формы, сложившиеся при прохождении потока с расходом малой обеспеченности, могут быть переформированы в тех же масштабах только в результате прохождения расходов еще меньшей обеспеченности.

Таким образом, отклонения кривой расхода от предыдущего положения зависят от величины расхода воды, проходящего по руслу.

Следует отметить, что максимальные расходы малых обеспеченностей, проходящих по руслу, влияют на макро- и мезоформы, а расходы больших обеспеченностей, согласно положению вложенных форм, влияют на микроформы.

Степень влияния потока на русло, кроме всего прочего, определяется, как уже было отмечено, величиной транспортирующей способности потока, которая пропорциональна средней скорости потока в кубе. Соответственно, величина русловых деформаций прямо зависит от критических скоростей потока (неразмывающие, размывающие). Русловые формы обладают некоторой величиной инерционности, поэтому кроме значений скоростей важно также время воздействия потока на русло с определенной скоростью.

Кроме величины средней скорости транспортирующая способность потока также зависит от количества и крупности переносимых потоком наносов. Данные характеристики непостоянны во времени и в пространстве, их изменения также могут влиять на положение кривой расходов. Так как кривая расходов является в большинстве случаев характеристикой связи расходов и уровней за год, то наиболее показательным будет многолетнее изменение стока наносов.

Кроме того, степень воздействия потока на формы русла может быть оценена *показателем устойчивости*. Показатель устойчивости – это некий интегрированный критерий, учитывающий возможность переформирования русла при данной водности в сложившемся русле. Он непостоянен по времени и изменяется по длине реки. Так, наиболее подходящим для решения поставленных задач является показатель устойчивости русла, предложенный К.В.Гришаниным [4].

Вероятно, что динамика кривой будет иметь различный характер для разных типов руслового процесса.

Таким образом, для выявления роли русловых деформаций в динамике кривой расходов во времени необходимо определить величину изменения уровней при прохождении одной и той же величины расхода. Сопоставим изменения уровня с колебаниями основных элементов системы руслового процесса: стока воды и наносов (во времени), типом руслового процесса в пространстве. Поскольку динамика кривой расходов является интегральным показателем руслового процесса, то должны обнаруживаться ее связи с такими критериями, как условия наличия критических скоростей в потоке, отношение максимальных и руслоформирующих расходов, показатель устойчивости русла.

### Характеристика исходных данных для построения связи расхода и уровня воды

В качестве исходных данных для построения кривых связи  $Q=f(H)$  использовались таблицы Измеренных расходов воды (ИРВ), приведенные в гидрологических ежегодниках.

Пучки кривых были построены для 17 гидрометрических створов рек Камского бассейна. В целом, освещаемый данными период составил 1936-1996 гг. Но в силу отсутствия информации (Гидрологических ежегодников или наблюдений) и условий для выполнения цели исследования для каждого отдельного поста данный период не выдерживается.

При построении кривых использовались измеренные расходы при отсутствии ледовых явлений и растительности, что сократило рассматриваемую выборку как в количественном, так и в качественном отношении. Если при отсеивании расходов с «льдом и травой» от всего количества измеренных за год расходов оставалось при свободном русле менее пяти, то для этих лет кривые не строились.

В практике на гидрологических постах в зависимости от обстоятельств гидрометрический створ может быть перенесен. Это незначительно сказывается на точности подсчетов стока, но недопустимо для целей настоящего исследования, так как при изменении створа меняются морфометрические условия, т.е. характер глубины и ширины. В случае перенесения створа (измерения расхода в другом створе поста) измеренные расходы также не использовались, что повлияло на объем использованных данных.

При прохождении половодий и паводков высокой обеспеченности на некоторых рассматриваемых участках, примыкающих к створу гидрологического поста, наблюдался выход воды на пойму. С точки зрения динамики потока это может быть рассмотрено как появление дополнительных гидравлических сопротивлений, характер которых изучен не достаточно, поэтому значения при выходе воды на пойму также не рассматривались.

«Классическая» кривая расходов служит для определения связи между расходом воды и уровнем воды в реке в данном створе, при этом обязательным условием является охват значениями измеренных расходов основных фаз водного режима. Для определения качества построенных кривых связи был выполнен анализ распределения рассмотренных измеренных расходов воды по фазам водного режима (табл. 2). Анализ таблицы показывает, что наибольший охват по периоду лет для р. Сылва – с. Подкаменное (34 года) и р. Колва – д. Петрецова (25 лет), наименьший – р. Кутим – д. Кутим (4 года) и р. Яйва – с. Подслудное (4 года). По количеству измеренных расходов наибольшее число у створа р. Сылва – с. Подкаменное (452), также значительное количество измеренных расходов, использованных для анализа, для р. Кама – с. Волосницкое (327) и р. Кама – пгт Гайны (320). Наименьшее количество измеренных расходов - для р. Кутим – д. Кутим (46).

Анализ распределения расходов по фазам водного режима показывает, что для всех постов характерно значительное преобладание количества расходов, измеренных в период весеннего половодья (рис.1), что может быть объяснено характером применяемых критериев при подборе данных. Столь низкое количество использованных измеренных расходов в межень (16,8%) и паводки (12%) связано с зарастанием русла в теплый период на большинстве створов.

Поскольку в период половодья на реке наблюдается неустановившееся движение, то в расчетах необходимо принимать во внимание добавочный уклон и добавочный уровень (по уравнению Сен-Венана), так как однозначная зависимость расхода от уровня строится, как правило, для установившегося движения.

Таблица 2

## Характеристика исходных данных по рассматриваемым годам и фазам водного режима

№ п/п	Река – пункт наблюдений	Годы	Всего лет	Всего расходов	Количество расходов по фазам водного режима		
					Половодье	Межень	Паводки
1	Кама – с.Волосницкое	1939-1942, 1952, 1954-1956, 1958- 1964, 1979, 1983, 1984	18	327	209	46	72
2	Кама – пгт Гайны	1936, 1938, 1939, 1955, 1956, 1958- 1964, 1984-1987, 1989, 1991-1996	23	320	190	89	41
3	Вишера – д.Митракова	1936, 1937, 1954- 1956, 1958-1962, 1964	11	149	133	4	12
4	Вишера – пос.Рябиново	1979, 1984-1988, 1991- 1996	12	207	127	35	45
5	Кутим – д.Кутим	1950, 1955, 1959, 1964	4	46	35	7	4
6	Колва – д.Петрецова	1940-1942, 1946, 1947, 1948-1952, 1954, 1956, 1958, 1959, 1961, 1962, 1979, 1984, 1985, 1987, 1988, 1991, 1992, 1995, 1996	25	294	260	26	8
7	Яйва – с.Подслудное	1936, 1941, 1944, 1955	4	70	57	0	13
8	Иньва – г.Кудымкар	1939, 1944, 1945, 1954, 1958, 1960, 1979, 1985, 1987, 1991-1993, 1995, 1996	14	139	108	15	16
9	Кува – с. Кува	1956, 1958, 1959, 1961, 1963, 1979, 1984, 1986, 1992, 1994-1996	12	149	110	28	11
10	Обва – с.Карагай	1954, 1958 - 1962, 1964	7	112	61	34	17
11	Чусовая – пгт Лямино	1958, 1960, 1963, 1964, 1979, 1984- 1988, 1991-1996	16	250	144	63	43
12	Лысьва – пос. Креж	1948, 1951, 1952, 1955, 1956, 1958	6	171	140	9	22

Окончание табл. 2

№ п/п	Река – пункт наблюдений	Годы	Всего лет	Всего расходов	Количество расходов по фазам водного режима		
					Половодье	Межень	Паводки
13	Сылва – с.Подкаменное	1936-1938, 1941, 1942, 1949-1952, 1954-1956, 1958- 1960, 1963, 1975- 1986, 1988, 1991- 1993, 1995, 1996	34	452	346	50	56
14	Барда – д.Пятилова	1954-1956, 1958, 1968	5	103	73	23	7
15	Ирень – д.Шубино	1936, 1937, 1959, 1960, 1963, 1965 – 1967, 1969 –1971, 1973, 1974, 1984 – 1987, 1991	18	219	171	37	11
16	Бабка – д.Балалы	1951, 1954, 1959, 1960, 1963, 1965- 1967, 1969-1974	14	148	119	21	8
17	Тулва – с.Барда	1974, 1979, 1984- 1988, 1991-1996	13	169	84	71	14
		Всего	236	3325	2367	558	400

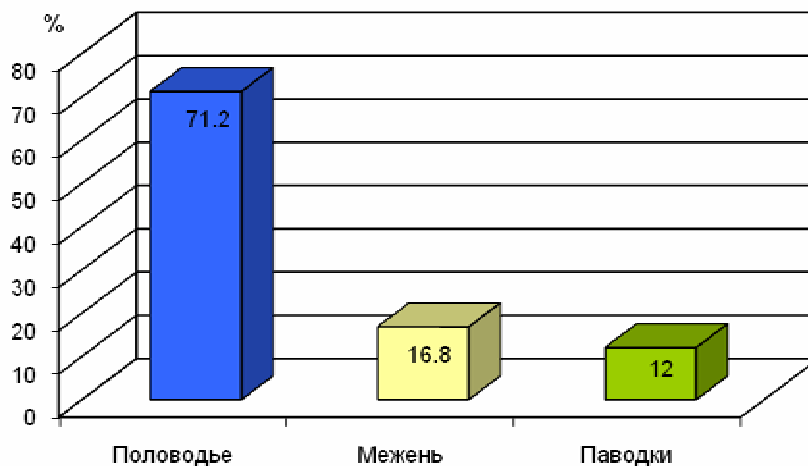


Рис. 1. Распределение измеренных расходов по фазам водного режима

Уравнение Сен-Венана имеет достаточно сложное аналитическое решение, поэтому необходимо вводить поправку на изменение уклона на всю его величину:

$$Q = v\omega = vBH, \text{ где } v = C\sqrt{HI}, \quad B = B_0 \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha,$$

$$Q = C\sqrt{I} \left( \frac{B_0}{H_0^\alpha} \right) H^{1,5+\alpha}. \quad (1)$$

При  $C=const$  получаем, что  $Q=f(H,I)$ . Таким образом,  $Q=f(H) \rightarrow \frac{Q}{\sqrt{I}} = f(H)$ .

Такая поправка не полностью исключает влияние уклона, так как мы имеем неустановившееся движение потока, поэтому примерно 10% - величина добавочного уклона от основного при неустановившемся движении составляет погрешность зависимостей  $\frac{Q}{\sqrt{I}} = f(H)$ . Анализ таких зависимостей показал, что для определения величины просадки уровня они не подходят, так как не позволяют по заданному значению расхода определить значения уровня без учета уклона, соответствующего фиксированному расходу.

Кроме того, визуальное сравнение динамики кривых расходов  $\frac{Q}{\sqrt{I}} = f(H)$  и кривых  $Q=f(H)$  позволяет сделать вывод о том, что вместо эффекта снижения влияния уклона, зависимости  $\frac{Q}{\sqrt{I}} = f(H)$  имеют еще больший разброс значений, что усложняет приведение их к однозначности и отслеживание динамики.

Таким образом, использование массива данных с такими характеристиками в целях исследования может иметь следующие последствия:

- динамика кривых отражает не ежегодные деформации русла, а за период лет – от одной кривой до другой;
- кривые связи  $Q=f(H)$ , построенные на описанном наборе данных, не являются «классическими» кривыми расходов, так как не охватывают амплитуды годового хода уровня воды;
- поскольку основной массив данных тяготеет к фазе половодья, постольку динамика кривых соответствует изменениям морфометрии, включающим как результаты действия предыдущего половодного и меженного потока (за прошлый год), так и текущие;
- из последнего следует, что наиболее значимая динамика должна наблюдаться при росте (или убыли) мощности потока от года к году.

#### Анализ динамики кривой расходов для рек Пермского края

В качестве показателя динамики кривой в работе рассматривается значение «просадки» уровня. Под *просадками* понимается величина изменения уровня воды, наблюдающегося при прохождении расхода фиксированной величины в начале и в конце определенного интервала времени. Она может иметь отрицательное (соответствующее размыву) или положительное (соответствующее повышению отметок дна) значение. Величина просадки свидетельствует о смещении кривой расходов за интервал времени.

В качестве фиксированных расходов первоначально были выбраны максимальные расходы 50 %-ной обеспеченности (средний максимальный срочный расход). Эти расходы выбраны не случайно. Так, по зависимости между водностью потока и шагами мезоформ ( $L$ ), предложенной В.В.Ромашиним:

$$L=f(Q_{max\ 50\%}). \quad (2)$$

Шаг мезоформ определяется величиной расхода 50%-ной обеспеченности, т.е. прохождение расходов 50%-ной обеспеченности будет вызывать активное перемещение русловых форм, занимающих всю ширину русла.

Учитывая, что большая часть данных, на основании которых строились кривые, охватывает уровни и расходы половодья, но некоторая часть все-таки относится к межени и согласно разностно-интегральным кривым максимального стока не в каждый год отмечается половодье, достигающее значения 50%-ной обеспеченности, то в качестве фиксированного значения расхода был принят расход, равный половине среднего максимального, значения которого освещены большей частью кривых, что позволяет снизить ошибку экстраполяции.

Величина просадок определялась аналитическим способом, исходя из уравнения проведенной кривой типа  $H = aQ^2 + bQ + c$ .

Полученные значения просадок были выражены в % к предшествующему значению уровня для удобства анализа и отображения масштабов просадок. Обобщенная характеристика просадок приведена в табл. 3.

Диапазон изменения просадок значителен. Величина просадок для всех постов в абсолютных значениях изменяется от 0 до 373 см, в относительных значениях – 0,03 до 48,8 %.

Таблица 3

### Характеристика изменений уровня воды при фиксированном расходе

№ п/п	Река – пункт наблюдений	Охваченный период	Количество определенных просадок	Количество просадок, >10%	Диапазон изменений, см	Диапазон изменений, %	Характер линии тренда*
1	Кама – с.Волосницкое	1939 – 1984	17	6	3 - 373	0,61 – 48,8	Устойчивое
2	Кама – пгт Гайны	1936 – 1996	22	5	3 – 36	1,3 – 14,4	Размыв
3	Вишера – д.Митракова	1936 – 1964	10	1	2 – 69	0,59 – 23,4	Размыв
4	Вишера – пос.Рябиново	1979 – 1996	11	0	1 – 25	0,23 – 5,35	Аккумуляция
5	Кутим – д.Кутим	1950 – 1964	3	2	3 – 57	1,98 – 32,1	Размыв
6	Колва – д.Петрецово	1940 – 1996	24	0	1 – 22	0,39 – 9,24	Устойчивое
7	Яйва – с.Подслудное	1936 – 1955	3	0	5 – 13	1,61 – 3,56	Аккумуляция
8	Иньва – г.Кудымкар	1939 – 1996	13	3	1 – 43	0,32 – 12,7	Размыв
9	Кува – с.Кува	1956 – 1996	10	0	0 – 8	0,05 – 4,78	Аккумуляция
10	Обва – с.Карагай	1958 – 1964	4	1	10 – 33	3,52 – 11,9	Аккумуляция
11	Чусовая – пгт Лямино	1958 - 1996	15	0	2 - 33	0,81 – 7,95	Устойчивое
12	Лысьва – пос. Креж	1948 – 1958	5	1	0 – 23	0,12 – 10,5	Размыв
13	Сылва – с.Подкаменное	1936 – 1996	32	1	0 – 64	0,03 – 12,7	Устойчивое
14	Барда – д.Пятилова	1954 – 1968	4	1	3 – 25	1,45 – 13,6	Размыв
15	Ирень – д.Шубино	1960 – 1991	14	3	0 – 46	0,04 – 15,7	Аккумуляция
16	Бабка – д.Балалы	1951 – 1974	12	4	1 – 42	0,58 – 16,5	Аккумуляция
17	Тулва – с.Барда	1974 - 1996	12	3	2 - 79	0,95 – 40,5	Аккумуляция

Примечание: \* - слишком мало значений для построения линии тренда (менее 10), поэтому приведена приблизительная оценка.

Поскольку при построении кривых расходов и определении величины расхода и сопутствующих характеристик потока неизбежно появление ошибок, то полученные изменения уровня необходимо

сопоставить с их величиной. Согласно В.Д.Быкову и А.В.Васильеву [1], погрешность определения расхода составляет: для русел с поймой – от 7-12%, для русел без поймы – от 5 до 10%.

Исходя из того, при построении кривых связи расходов с уровнями принимались только характеристики потока до пойменных бровок (полное наполнение русла), то погрешность определения расхода можно принять равную 10%.

Значения просадок, превышающих 10%, составили 14,7%. Столь низкое значение значимых просадок может быть объяснено следующими предположениями: рассматриваемые участки рек большей частью являются стабильными; совокупность процессов, происходящих в русле за период, соответствующий двум соседним кривыми.

Поскольку одна и та же кривая охватывает значения уровней, приходящихся на половодье и на межень, когда происходят процессы размыва и намыва (и на плесах, и на перекатах, только в разной очередности), постольку положение этой кривой отражает суммарное изменение морфометрии русла за цикл водности: половодье – межень - половодье.

Хотя значения изменений уровня, превышающих 10% в ряде случаев (реки Вишера – Рябино, Колва – Петрецова, Яйва – Подслудное, Кува – Кува, Чусовая - Лямино) совсем отсутствуют, это не означает, что на этих участках рек не происходит никаких процессов. Подтверждением этому является наличие общей динамики изменения величины просадок за рассматриваемый период, выраженной положением линии тренда на графиках изменения уровня для р. Вишера – пос. Рябино, р. Кува – с. Кува (рис. 2, 4), где отмечается увеличение отметок дна, т.е. идет процесс направленной аккумуляции.

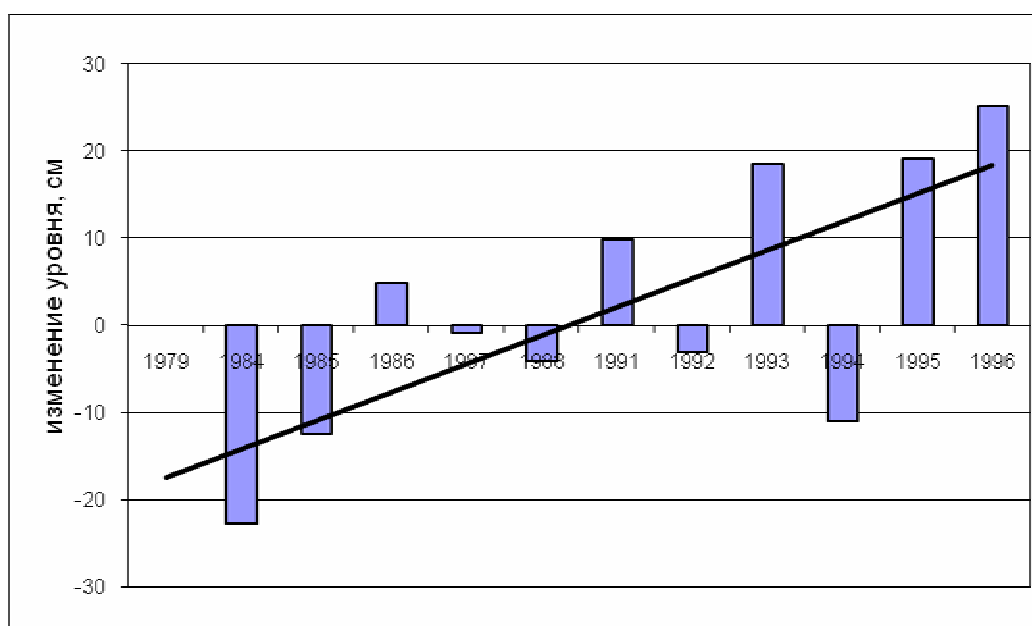


Рис. 2. Динамика просадок уровня для створа р. Вишера – пос. Рябино

В то же время отсутствие значимых изменений уровня, например для р. Колва – д. Петрецова, совпадает с линией тренда, характерной для устойчивого русла (рис. 3), т.е. отсутствие заметно выраженной тенденции изменений.

Другим особым случаем является динамика просадок для створа р. Чусовая – пгт Лямино (рис.5), где не отмечается 10 %-ных изменений, но в то же время отмечается слабое преобладание (общий наклон линии тренда с 1958 по 1996 г. около 2,5 см) процессов увеличения отметок дна.

Таким образом, значения просадок, не превышающих 10%, можно рассматривать как группу, соответствующую низко интенсивным (необратимые деформации) или обратимым (сезонный намыв и размыв плесов и перекатов, сползание гряд) процессам изменения морфометрии русла.

Створы, для которых отмечаются значения изменений уровня, более 10% – 12 из 18 рассматриваемых (табл. 3), на одну треть характеризуются оценочной линией тренда в силу недостаточного количества значений для определения преобладающей динамики. Для двух створов – р. Кама – с. Волосницкое и р. Сытва – с. Подкаменное линия тренда изменений соответствует



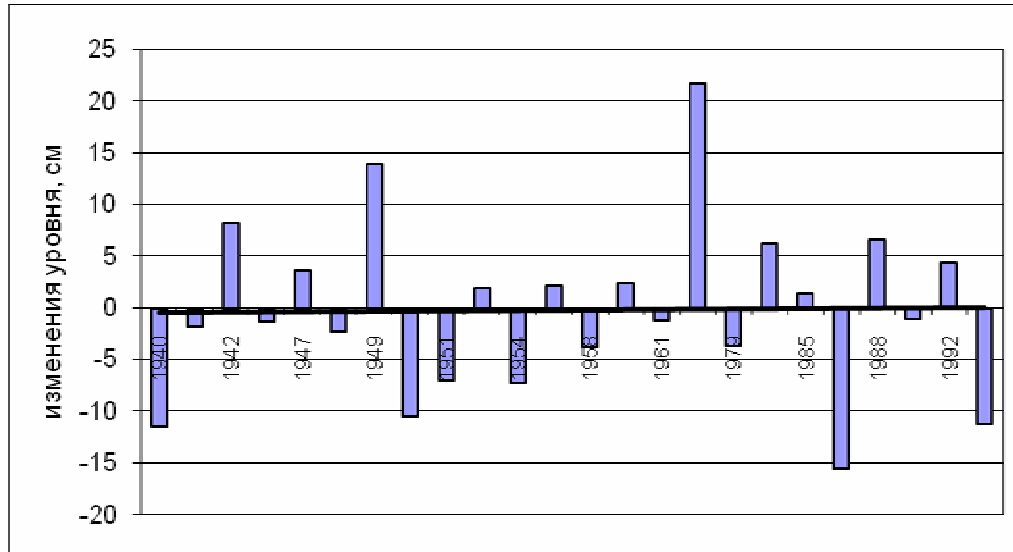


Рис. 3. Динамика просадок уровня для створа р. Колва – д. Петрецова

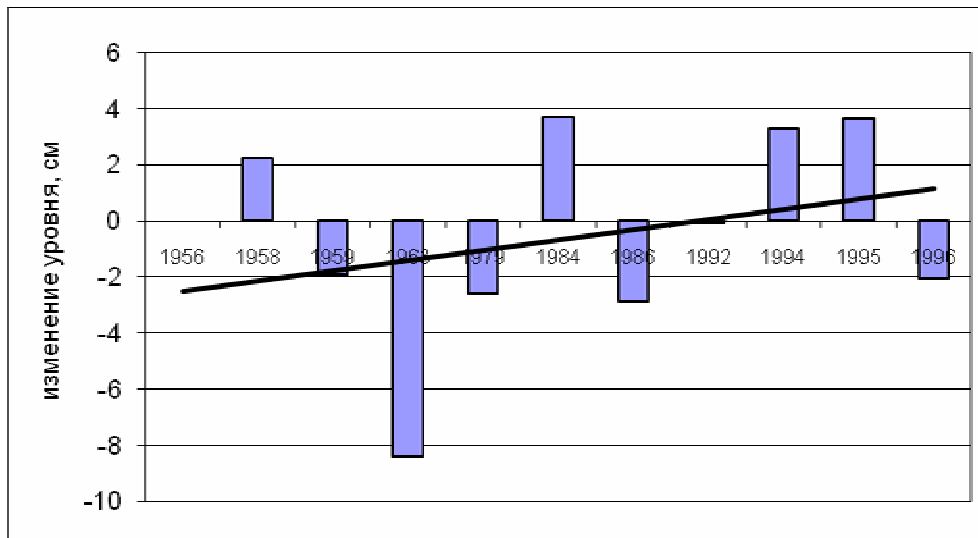


Рис. 4. Динамика просадок уровня для створа р. Кува – с. Кува

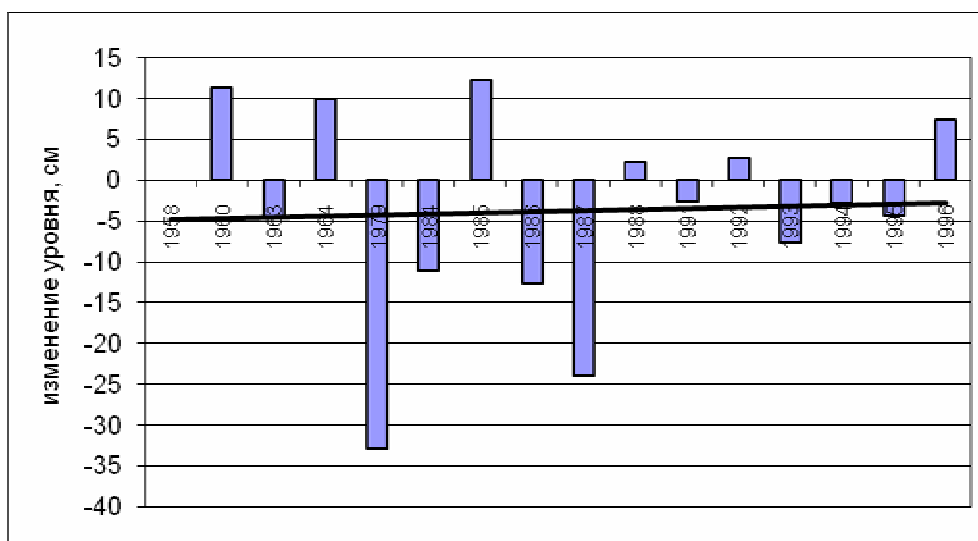


Рис. 5. Динамика просадок уровня для створа р. Чусовая – пгт Лямино

устойчивому руслу, что, видимо, обусловлено рассматриваемым периодом – 17 и 32 года соответственно, который охватил полный цикл изменения отметки дна, например, при перемещении гряд – смена гряд.

Изменения значений уровня были проанализированы совместно с колебаниями максимальных расходов относительно их среднесуточного значения. При этом значение просадки уровня рассматриваемого года сопоставлялось с величиной отношения ( $K$ ) среднего расхода за период (соответствующий изменению уровня) ( $Q_{\max \Delta t}$ ) к среднему максимальному расходу ( $Q_{\max}$ ):

$$K = \frac{\overline{Q_{\max \Delta t}}}{Q_{\max}} \quad (3)$$

Различия между величинами изменений уровня более и менее 10% не определялись.

Также была выявлена связь характеристики стока наносов в виде значений аномалий ( $A$ ) стока наносов для Камского бассейна, принятых согласно Чугаеву [7], со значениями просадок кривых расхода. В качестве оценки связи просадок с характеристиками стока воды и наносов использовался коэффициент парной линейной корреляции.

Анализ табл. 4 показывает, что если в качестве порогового значения коэффициента корреляции принять рекомендуемое 0,75, то за малым исключением сомнительного качества (количество значений менее 10) связь динамики кривой расходов с изменениями стока воды и наносов для рассматриваемых рек характеризуется как незначительная. Максимальное значение коэффициента корреляции - 0,59 (р. Кува – д. Кува), минимальное – 0,003 (р. Чусовая – пгт Лямино). Кроме того, по полученным результатам нельзя определить характер связи динамики кривой со стоком воды и наносов для всей совокупности, так как знак коэффициента корреляции для разных рек указывает и на прямую, и на обратную связь (имеет и отрицательные, и положительные значения).

Таблица 4

#### Связь «величин» просадок с характеристиками стока воды и наносов

№ n/n	Река – пункт наблюдений	Охваченный период	Количество просадок для $K$	Количество просадок для $A$	Коэффициент линейной корреляции просадок:	
					с $K$	с $A$
1	Кама – с.Волосницкое	1939 – 1984	17	13	-0,54	-0,29
2	Кама – пгт Гайны	1936 – 1996	22	11	-0,16	-0,28
3	Вишера – д.Митракова	1936 – 1964	10	9	-0,066	0,63
4	Вишера – пос.Рябино	1979 – 1996	11	5	-0,11	0,88
5	Кутим – д.Кутим	1950 – 1964	3	3	-0,41	0,21
6	Колва – д.Петрецова	1940 – 1996	24	10	0,12	-0,02
7	Яйва – с.Подслудное	1936 – 1955	3	-	0,63	-
8	Иньва – г.Кудымкар	1939 – 1996	13	7	-0,33	-0,73
9	Кува – с.Кува	1956 – 1996	10	7	0,59	0,4
10	Обва – с.Карагай	1958 – 1964	4	4	-0,52	0,83
11	Чусовая – пгт Лямино	1958 - 1996	15	8	0,003	0,39
12	Лысьва – пос.Креж	1948 – 1958	5	3	-0,51	0,87
13	Сылва – с.Подкаменное	1936 – 1996	32	20	-0,14	0,07
14	Барда – д.Пятилова	1954 – 1968	4	4	-0,60	-0,24
15	Ирень – д.Шубино	1960 – 1991	14	13	0,058	0,29
16	Бабка – д.Балалы	1951 – 1974	12	12	-0,059	-0,101
17	Тулва – с.Барда	1974 - 1996	3	3	0,165	-0,98

Получившиеся значения могут быть объяснены с различных точек зрения.

Во-первых, возможно, причина кроется в «нечистоте» рассматриваемой выборки – неоднородности исходных данных, несопоставимости рассматриваемых характеристик, наличия случайных ошибок, количественной разницы исходных значений и т.п.

Во-вторых, поскольку сопоставляемые величины представляют собой не фактические, а расчетные значения, то, возможно, в процессе обработки произошло искажение исходных связей.

В-третьих, поскольку рассматриваемые характеристики системы руслового процесса сами представляют собой сложные взаимопроникающие системы, то неучет каких-то механизмов их взаимодействия также может привести к полученным результатам.

Отсутствие какой-либо общей тенденции в выборке может быть объяснено особенностями каждого отдельного объекта – разными типами руслового процесса на реках, условиями формирования стока воды и наносов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-05-96052-р\_урал\_a*

### Библиографический список

1. *Быков В.Д., Васильев А.В.* Гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 324 с.
2. *Вершинин Д.А.* Техногенное воздействие на вертикальные деформации русла и гидравлику потока (на примере р. Томи): автореф. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Томск, 2005. 21 с.
3. *Виноградов В.А., Клавен А.Б.* О скоплении наносов в русле р. Поломети и их влиянии на элементы гидрологического режима // Русловые процессы рек: тр. ГГИ. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. Вып. 361. С. 21–25.
4. *Гришанин К.В.* Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 312 с.
5. *Железняков Г.В.* Пропускная способность русел рек и каналов. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 254с.
6. *Каталиков В.М., Каталикова Н.И.* Динамика кривой связи расходов и уровней воды при разных типах руслового процесса // Тез. докл. IV Всероссийского гидрологического съезда. СПб.: Гидрометеиздат, 2004. Секция 6. С.34–35.
7. *Чугаев Р.Р.* Гидравлика. М.: Энергия, 1975. 600 с.

**S.A. Dvinskih, T.P. Devyatkova, A.B. Kitaev, T.A. Terekhanova**

### DYNAMICS OF WATER FLOW CURVES AS AN INDICATOR OF CHANNEL PROCESSES

In the article the current approaches to the assessment of the dependence of the water flow on the water levels are regarded. The characteristic of the source of information for this assessment is given. The dynamics of the water flow curve for the rivers of the Perm Krai is presented. In the article as an indicator of the dynamics of the curve the value of the "drawdown" level is taken.

**К е у в о р д с :** stream; water flow; channel process.

**Svetlana A. Dvinskikh**, Doctor of Geography, Professor, Head of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; dvins@mail.ru

**Tamara P. Deviatkova**, Doctor of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; t.devyatkova@yandex.ru

**Alexandr B. Kitaev**, Candidate of Geography, Associate Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; hydrology@psu.ru

**Tatiana A. Terekhanova**, Research Assistant of Institute for Urban water of Dresden Technical University; 66 Berg St., Dresden, Germany 01062; Terekhanova@yandex.ru