

---

*Н. А. Карелина*

## **МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАРСТОВЫХ РЕК**

*Автор рассказывает о способах построения морфометрических и гидроморфологических зависимостей карстовых рек России: раскрывает необходимость использования этих зависимостей при планировании хозяйственной деятельности человека и т. п.*

**Ключевые слова:** морфометрические и гидроморфологические зависимости, карстовые реки, руслоформирующий расход, критериальный график.

*N. Karelina*

## **MORPHOMETRIC AND HYDROMORPHOLOGICAL DEPENDENCIES KARST RIVERS**

*The article discusses how to build morphometric and hydromorphological dependencies of karst rivers of Russia and the need in using these dependencies in planning economic activities.*

**Keywords:** morphometric and hydromorphological dependencies, karst rivers, river channel flow, dimensionless graph.

Под русловым процессом понимают изменения морфологического строения речного русла и поймы, происходящие под действием текущей воды. Русловые процессы определяют условия жизни и хозяйственной деятельности людей на берегах рек, использование водных ресурсов, эксплуатацию рек как водных путей сообщения и т. д. Русловый процесс — сложное многофакторное явление. Активными факторами русловых процессов являются сток воды и сток наносов. Их прогнозирование часто сопряжено с большими трудностями и требует значительных затрат труда. Для обоснованного научного прогноза русловых деформаций надо знать, как развиваются речные излучины в естественных условиях, каковы скорости их деформаций в плане, от чего они зависят [5]. Дно и берега рек направляют движение потока, но и сами зависят от структуры потока. С изменением гидравлических характеристик потока во времени перестраиваются и формы русла: разрушаются одни и возникают другие формы его рельефа. Чем прочнее породы, слагающие берега и дно реки, тем больше времени требуется на перестройку форм русла.

По геологическим условиям примерно третья часть поверхности земного шара имеет потенциальные возможности для развития карстовых явлений. В России карстовым деформациям подвержено около 13% территории. Карст влияет на регулирование стока поверхностных и подземных вод в границах распространения карстовых пород. От состава последних зависит химический состав подземных вод, которые, в свою очередь, влияют на почву и растительность.

В период, когда отчетливо стоит вопрос о глобальных изменениях, активном антропогенном вмешательстве на речных водосборах и непосредственно в руслах, увеличивается потребность в пресной воде для удовлетворения нужд растущего населения, в условиях урбанизации, промышленного развития, ирригации с целью получения продовольствия и т. д., возникает необходимость заблаговременного получения сведений о возможном влиянии подобных изменений на водотоки и их русла. Эта проблема становится острее при росте народонаселения, загрязнении поверхностных и подземных вод и угрозе изменений

---

климата. Факторы, воздействующие на водные объекты посредством изменения поверхности речных водосборов, особенно ощутимо сказываются на экологическом состоянии малых рек. Малые реки играют решающую роль в формировании водных ресурсов, на их долю в европейской части России приходится около 80% среднего многолетнего стока. В отдельных районах ресурсоформирующая роль малых рек еще более существенна. Гидролого-морфологическая теория русловых процессов разработана главным образом для рек в естественном состоянии. Основное ее назначение — получение фоновых прогнозов обратимых деформаций с заблаговременностью, равной периоду работы «пассивных» инженерных сооружений. В современной гидрологии наиболее надежно гидрологические расчеты выполняются для тех рек, где имеются длительные, стационарные и однородные ряды стандартных гидрологических наблюдений. Составленные к настоящему времени в ГГИ нормативные документы по учету русловых деформаций, как правило, относятся именно к проектированию пассивных инженерных сооружений (трубопроводов, ЛЭП, выпусков сточных вод). Необратимыми деформациями естественных рек вследствие замедленности их развития обычно пренебрегают. При этом прогноз дальнейшего хода русловых процессов предполагает сохранение схемы и темпов русловых переформирований в последующее время [4].

По мнению К. И. Россинского и И. А. Кузьмина [9], потребность в создании методов количественного анализа, опирающихся на математические зависимости между элементами руслового режима, ощущается достаточно остро. К. И. Россинский и И. А. Кузьмин отмечали важность получения качественных закономерностей, определяющих направление процессов формирования речных русел и эмпирических количественных зависимостей, могущих служить орудием прогноза режима русел и обеспечивающих возможность расчета эффективности проектируемых гидротехнических сооружений и мероприятий. В результате этого в распоряжении инженера появился бы некоторый аппарат, позволяющий, в известной мере, рационализировать приемы проектирования русловых процессов. Этот аппарат полезен в создании более глубоких методов количественного анализа, опирающихся на математические зависимости между элементами [12]. Подобные методы необходимы как с точки зрения теоретического толкования наблюдаемых в природе явлений, так и в отношении создания рациональных способов инженерного расчета. Одним из самых распространенных инструментов, используемых для мониторинга состояния, создания проектов восстановления, исследования динамики и прогнозирования поведения водотоков, в настоящее время являются гидроморфологические зависимости.

Для обеспечения строительного проектирования на реках одной из главнейших задач является установление формы русла и изменение ее во времени. Основные факторы руслообразования — сток воды и наносов и так называемые «ограничивающие условия» — существуют в определенных соотношениях и комбинациях длительное время. Таким образом, реки приходят в «состояние динамического равновесия», которое может нарушаться только в результате изменения руслообразующих факторов или же в результате деятельности человека. Вырабатываются определенные формы русел с устойчивыми во времени соотношениями между отдельными параметрами русел и между ними и характеристиками определяющих факторов. Эти соотношения и представляют собой не что иное, как различного рода морфометрические и гидроморфологические зависимости [1]. Морфометрические зависимости связывают между собой отдельные элементы речного русла, гидроморфологические зависимости используют различного рода гидравлические соотношения. При установлении этих зависимостей обычно различали лишь прямолинейные и криволинейные участки. Гидроморфологические зависимости можно получить с помощью регрес-

---

сионного анализа большого объема данных о ширине, средней глубине и скорости, об уклоне, размере частиц донных отложений, соответствующих характерному расходу воды. Зависимости дают возможность предсказать характеристики речного русла при изменении водности реки [2].

Гидроморфологические зависимости обычно разрабатываются с целью расчета морфометрических характеристик речных русел в зависимости от гидрологических и гидравлических характеристик потока. Рядом исследователей высказывалась идея постановки и решения обратной задачи — определения гидрологических и гидравлических характеристик реки по известным размерам речных русел. Предпринимались попытки практической реализации этой идеи. Однако эти попытки нельзя признать успешными [Wahl, 1984; Wharton et al, 1989; Williams, 1978]. Причина, с нашей точки зрения, прежде всего заключается в упрощенном, двухмерном представлении речного русла в виде поперечного сечения, без учета большого разнообразия и особенностей пространственного морфологического строения речных русел и пойм, то есть типов руслового процесса и региональных особенностей водного режима рек, а также их абсолютных размеров [7].

Появление гидроморфологических (структурных) зависимостей в литературе о русловом процессе обязано работам ГГИ [Ромашин, 1969; Антроповский, 1969; Копалиани, Ромашин, 1970; Kopaliani, 1988] [7].

Для расчетов характеристик речного стока в конкретных створах рек при недостатке или полном отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений в гидрологии традиционно используются методы водного баланса, гидрологической аналогии, эмпирические и полумпирические формулы и математическое моделирование, то есть методы, основанные на использовании сведений о характеристиках речных водосборов и данных наблюдений за метеорологическими величинами. Эти методы не отличаются высокой точностью.

Отсутствие необходимых исходных данных и надежных методов прогноза русловых деформаций при проектировании, строительстве и эксплуатации многочисленных трубопроводов, линий электропередач, водозаборных и водосбросных сооружений, пристаней и причалов, русловыправительных сооружений нередко приводит к разрыву труб, к нарушению работы трубопроводов, к потере нефти и газа, к загрязнению рек, к подмыву фундаментов опор ЛЭП и к разрыву ЛЭП. Это ведет к прекращению подачи электроэнергии, к остановке работы фабрик и заводов, к появлению наносов и даже выходам из строя водозаборов многих городов.

Основными причинами ущерба являются: недостаточная изученность сложного многофакторного процесса переформирования русел рек в полевых и лабораторных условиях и отсутствие достаточно разработанных общетеоретических основ русловых процессов, не позволяющее при современном уровне знаний проводить надежные инженерные расчеты и составлять долгосрочные прогнозы их развития на десятки лет вперед.

Особенно гидроморфологические зависимости эффективны в условиях недостатка детальных исходных данных и на предварительных стадиях проектирования [1].

Фоновые прогнозы русловых переформирований при изменении одного или нескольких основных руслообразующих факторов (сток воды, наносы и ограничивающие условия) стали составлять сравнительно недавно. К настоящему времени известны примеры оценок изменения характера русловых деформаций, их интенсивности и параметров речных русел и потока для случаев регулирования, перераспределения и изменения стока под влиянием крупных водохозяйственных мероприятий (как при увеличении, так и при уменьшении водности рек), а также для ситуации изменения положения базиса эрозии (уклона) реки. Возможно развитие гидроморфологических зависимостей, свойственных каждому из

---

основных типов русловых процессов в отдельности и требующихся для прогноза параметров русел и потока в меняющихся природных условиях. При установлении конкретных характеристик рек, соответствующих сценарным изменениям стока воды в условиях потепления климата, необходим анализ и выбор гидроморфологических зависимостей, свойственных участкам рек с определенным типом русел. Но вследствие отсутствия надежных сведений о максимальных расходах воды в условиях потепления и их противоречивости требуется модификация зависимостей, заключающаяся в использовании в качестве расчетных средних годовых расходов воды. Различными исследователями предложено большое число гидроморфологических зависимостей, связывающих геометрические характеристики русла и мезоформ наносов с крупностью частиц аллювия, с расходом, уклоном и скоростью течения воды.

Ежегодно в нашей стране строится большое число инженерных сооружений, требующих учета русловых процессов, надежного научно обоснованного долгосрочного прогноза возможных изменений (деформаций) русел рек. Это касается планирования и реконструкции городов, строительства промышленных предприятий, мостовых переходов, линий электропередач, нефте- и газопроводов, водозаборных и водосбросных сооружений, судоходных и обводнительных каналов, дамб, пристаней и причалов, русловыправительных сооружений и многого другого. Опыт показывает, что при проектировании этих сооружений далеко не всегда надлежащим образом учитываются закономерности русловых процессов, часто допускаются ошибки и просчеты, в результате которых происходят серьезные аварии. Из-за недоучета руслового процесса происходят наносы и временами выходят из строя водозаборы многих городов [2].

Гидроморфологические зависимости необходимы при планировании хозяйственной деятельности и осуществлении природоохранных мероприятий. Они могут быть использованы при составлении детальных прогнозов русловых переформирований рек на ближайшие десятилетия с разработкой рекомендаций и схем мероприятий по снижению негативных последствий влияния наиболее мощных видов хозяйственной деятельности (строительство дамб обвалования, водозаборов и выпусков сточных вод и другое). Используя гидроморфологические зависимости, можно оценить состояние ранее построенных подводных трубопроводов, достаточно точно для целей практики прогнозировать переформирование русла и берегов реки на длительный период и принимать обоснованные решения по дополнительному заглублению размываемых участков труб [12].

Одной из конечных целей создания гидроморфологических зависимостей является прогнозирование развития руслового процесса и предупреждение чрезвычайных ситуаций, то есть состояний, при которых в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, на определенной территории или в акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде. Лишь с появлением гидроморфологических зависимостей стало возможным достаточно обоснованно оценивать деформации русла и берегов реки на длительный период.

В результате участия гидрологов и геоморфологов в развитии учения о русловых процессах появился целый ряд «законов флювиальной геоморфологии», например, такие, как законы взаимосвязи и взаимообусловленности видов эрозионно-аккумулятивных процессов, закон нелинейности связей, закон факторной относительности, закон взаимной обусловленности потока и русла (или принцип взаимодействия потока и русла), закон (или принцип) ограниченности морфологических комплексов, закон автоматического регулирования транспортирующей способности потока (закон баланса наносов в системе поток — русло) [11].

---

Расчет и прогноз русловых деформаций не регламентируется до сих пор какими-либо официальными общегосударственными нормативными документами. Имеются лишь многочисленные, обычно недостаточно обоснованные ведомственные рекомендации.

На основе гидролого-морфологической теории прогнозы деформаций речных русел обычно составляются по ранее наблюдавшимся тенденциям в условиях сложившегося многолетнего режима жидкого и твердого стока. При этом предполагается сохранение средних гидрологических и гидравлических условий в будущем. В последнее время стало очевидным, что без надежного расчета расхода донных наносов гидравлические методы количественной оценки (прогнозы и расчеты) русловых деформаций созданы быть не могут [4].

Для установления конкретных характеристик рек, соответствующих сценарным изменениям стока воды в условиях потепления климата, необходим анализ и выбор гидро-морфологических зависимостей, свойственных участкам рек с определенным типом русел. При этом вследствие отсутствия надежных сведений о максимальных расходах воды в условиях потепления и их противоречивости требуется модификация зависимостей, заключающаяся в использовании в качестве расчетных средних годовых расходов воды. Различными исследователями предложено большое число гидроморфологических зависимостей, связывающих геометрические характеристики русла и мезоформ наносов с крупностью частиц аллювия, с расходом, с уклоном и со скоростью течения воды. При составлении гидроморфологических зависимостей авторы сталкиваются с двумя осложняющими факторами. Первый из них обусловлен недостаточностью исходной информации об участках рек значительной протяженности и, как следствие, вынужденностью использования для расчетных зависимостей исходной информации, полученной по гидрометрическим створам. Второй фактор обусловлен недостаточной ясностью вопроса о том, какие морфометрические характеристики русел, и особенно пойм в гидроморфологических зависимостях, необходимо связывать с гидравлическими характеристиками, соответствующими руслоформирующим расходам. Более того, в настоящее время нет точного определения понятия «руслоформирующий расход», хотя оно широко используется в специальной литературе [5]. Вследствие грубого осреднения и схематизации исходных данных эти зависимости обладают довольно низкой точностью.

Критериальные зависимости характеризуют переход руслового процесса из одного типа в другой. Они устанавливают характер руслового процесса рек с измененным гидрологическим режимом и проектируемых крупных каналов в естественных грунтах. Критериальные зависимости позволяют ориентировочно прогнозировать тип русловых процессов рек с интенсивным хозяйственным использованием, особенно при многолетнем регулировании и межбассейной переброске стока. Зависимости между количественными характеристиками каждого данного типа руслового процесса и руслообразующими факторами позволяют определить в первом приближении конкретные значения всех характеристик при данном типе руслового процесса. При использовании зависимостей для каждого типа руслового процесса в отдельности точность определяемых характеристик повышается. Типизация, объединяющая качественно однородные элементы, вносит упорядочение в применении статистики при обработке натуральных материалов [1].

Какой расход принимать в качестве руслоформирующего, единого мнения не существует. В зависимости от целей и задач имеется не менее десятка предложений по этому вопросу [2]. Наиболее разработанным способом определения руслоформирующего расхода и по настоящее время остаются способы, предложенные Ф. Шаффернаком и Н. И. Маккавеевым. Ф. Шаффернак использует при определении руслоформирующего расхода непосредственно расход наносов, а Н. И. Маккавеев — произведение расхода на уклон водной поверхности в степени  $m$  ( $QI^m$ ), где  $m$  — параметр, величина которого для равнинных рек равна 2.

---

В. И. Антроповский для определения руслоформирующего расхода использует понятие удельной мощности  $N_{уд}$  и удельной работы  $A$  водного потока. В данном случае под руслоформирующими понимаются расходы воды, совершающие при своем прохождении наибольшую удельную работу. Именно при этих расходах в наибольшей мере проявляются специфические особенности в морфологии и гидравлике участков, что используется при получении морфометрических и гидравлических зависимостей, учитывающих тип руслового процесса. Использование понятия удельной мощности и удельной работы делает методику определения руслоформирующих расходов физически более обоснованной по сравнению с другими. По В. И. Антроповскому,  $N_{уд} = \rho g Q I$  (кг/с или квт/м). Здесь  $\rho$  — плотность воды (полагаем равной единице);  $g$  — ускорение силы тяжести;  $Q$  — расход воды;  $I$  — уклон водной поверхности в относительном выражении. Тогда  $A = N_{уд} \cdot P$ ; где  $P$  — продолжительность прохождения расхода в относительном виде (год принят равным 1,0). Величина  $P$  снимается для данного расхода с обобщенной (абсолютной) кривой продолжительности суточных расходов воды. В первом приближении обобщенная кривая может быть получена из средней посредством экстраполяции от расходов 10 и 75%-ной (или 90%-ной) обеспеченности к абсолютному максимуму и минимуму расходов. Это весьма существенно, так как необходимые данные для построения средней кривой обеспеченности имеются в справочниках по ресурсам поверхностных вод, часть вторая — «Основные гидрологические характеристики» [1].

Сведения о расходах воды и уклонах, необходимые для определения удельной мощности потока, берутся из таблиц «Измеренные расходы воды», содержащихся в гидрологических ежегодниках [6]. Определение руслоформирующих расходов производится графическим способом с помощью соосных графиков (рис. 1).

Такое определение было сделано для пяти створов малых карстовых рек. Кривые  $Q = f(N_{уд}, P)$  получились односторонние. Карстовые формы рельефа регулируют сток рек подобно водохранилищам: осадки поглощаются воронками и трещинами и пополняют подземные воды. А в период межени на контакте их с глинами или глинистыми сланцами наблюдаются мощные родники, питающие реки.

Важным является выявление условий образования типов речных русел и установление различного рода соотношений (критериев), при которых происходит переход руслового процесса из одного типа в другой. Наличие типизаций речных русел позволило перейти к выявлению условий существования рек с определенным типом русловых процессов и к установлению критериальных значений гидравлических и морфометрических характеристик. Связь типов руслового процесса со средним из максимальных годовых расходов и уклонов дна долины была выявлена Л. Б. Леопольдом и М. Г. Вольманом, которые построили первый критериальный график. На него были нанесены точки карстовых рек России (рис. 2). Средние из максимальных годовых расходов воды взяты из справочников по водным ресурсам, часть вторая — «Основные гидрологические характеристики», уклоны водной поверхности — из гидрологических ежегодников [10]. На полученном графике видно, что меандрирующие карстовые реки располагаются ниже линии  $J = 11,0 \cdot Q^{-0,44}$ , а многорукавные — выше, что полностью соответствует выводам, сделанным Л. Б. Леопольдом и М. Г. Вольманом для рек с аллювиальным руслом. Ими было установлено, что меандрирующие реки переходят в прямолинейные и разветвленные при определенном сочетании уклонов водной поверхности и средних из максимальных годовых расходов воды [3].

Для выяснения условий, при которых происходит распределение точек на графиках по типам русловых процессов, был проанализирован график Л. Б. Леопольда и М. Г. Вольмана. С этой целью расход воды, используемый по оси абсцисс указанного графика, был представ-

лен в виде произведения средней скорости на площадь поперечного сечения. Затем получались поля точек с учетом: 1) средней скорости и уклона дна долины; 2) площади поперечного сечения и уклона дна долины; 3) площади поперечного сечения и расхода воды.

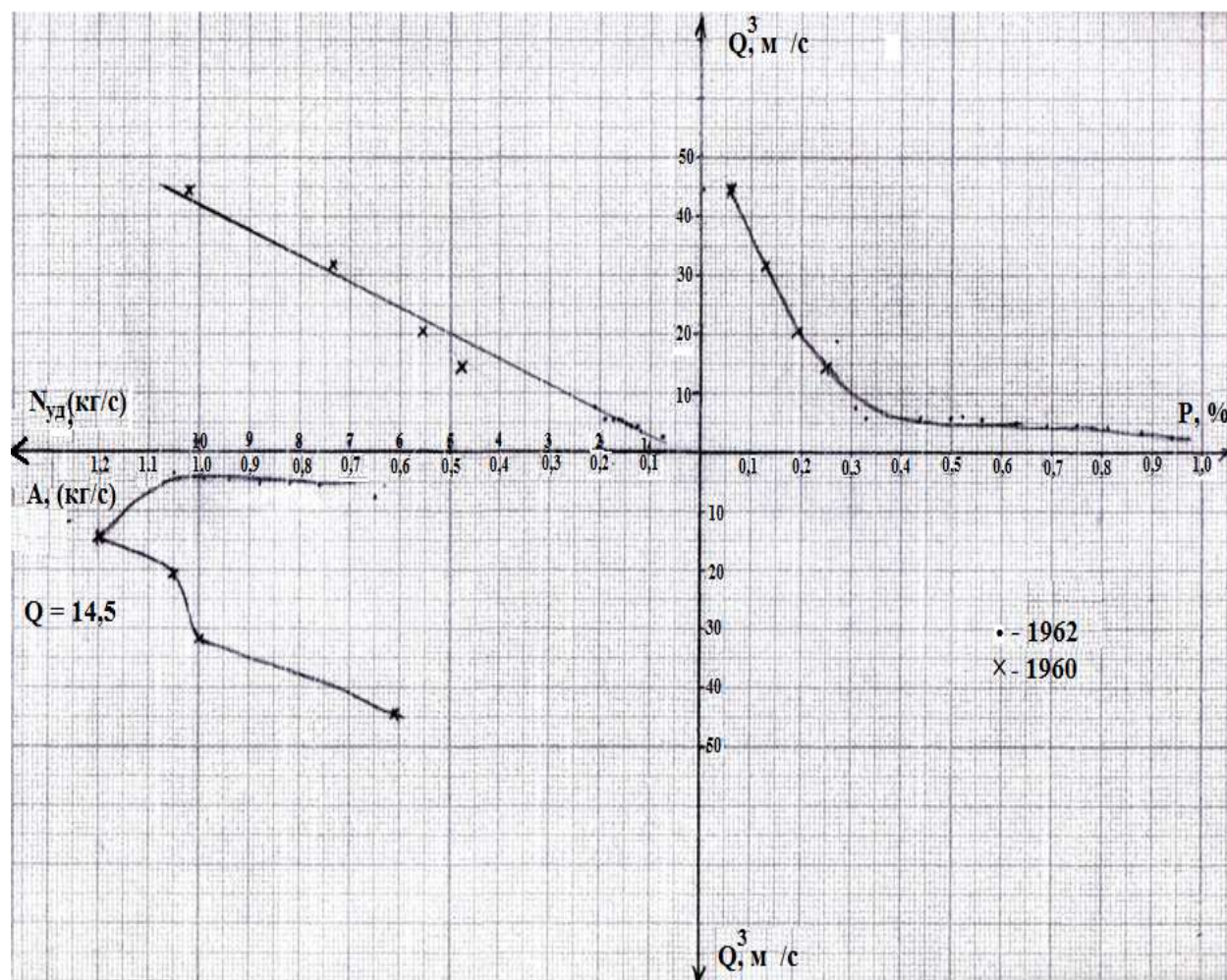


Рис. 1. Определение руслоформирующего расхода графическим способом  
р. Степной Зай у д. Тихоновка

В. И. Антроповским было установлено, что значения средней скорости в сечении при переходе руслового процесса из одного типа в другой с увеличением уклона дна долины несколько возрастают. При одном и том же уклоне дна долины участки русел с русловой и пойменной многорукавностью обладают большими скоростями, чем участки русел с незавершенным меандрированием, и тем более со свободным. Аналогичный график построен для 30 карстовых рек России.

Однако точки с различными типами руслового процесса не разграничиваются на графике, и все значения средней скорости в сечении карстовых рек чуть больше нижнего предела 1,2 м/с.

Площадь поперечного сечения тесно связана с типом руслового процесса и с уклоном дна долины. С ростом уклона дна долины размеры поперечного сечения русла карстовых рек, так же как и рек с аллювиальным руслом, уменьшаются.

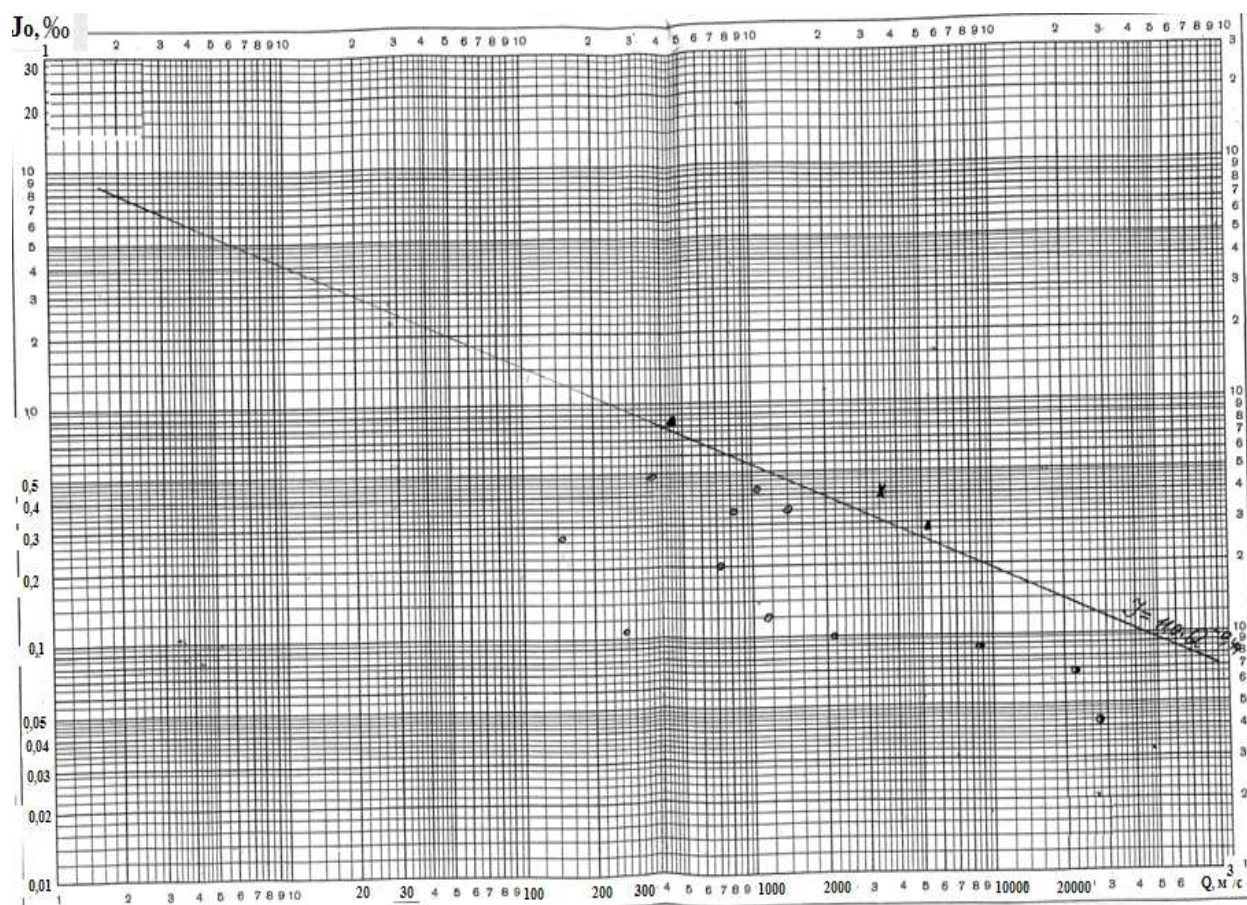


Рис. 2. График Л. Б. Леопольда и М. Г. Вольмана:

- × — пойменная многорукавность, o — свободное меандрирование,  
 ▲ — русловая многорукавность, ● — незавершенное меандрирование

При одном и том же уклоне дна долины участки с русловой и пойменной многорукавностью обладают большими размерами поперечного сечения, чем участки русел с незавершенным меандрированием, и тем более со свободным. Точки, отвечающие участкам с различными типами руслового процесса, разграничиваются на графике (рис. 3) очень четко [1].

Точки, отвечающие участкам с различными типами русловых процессов, разграничиваются очень четко и на связи площади поперечного сечения  $\omega$  со средним из годовых максимумов  $Q$ . С ростом среднего из годовых максимальных расходов размеры поперечного сечения русла естественно возрастают. При одном и том же расходе воды участки с русловой и пойменной многорукавностью обладают меньшими размерами поперечного сечения, чем участки русел с незавершенным меандрированием, и тем более со свободным. Однако при одном и том же расходе воды размеры поперечного сечения русла меняются в меньших пределах с изменением типа русловых процессов, чем при одном и том же уклоне дна долины.

В результате анализа полученных полей точек был сделан вывод, что точки, относящиеся к участкам с различными типами русловых процессов, как правило, хорошо разделяются, если по одной из осей графика откладывать уклон или выражение, его содержащее. Следует отметить, что рассматриваемые критериальные графики типов русловых процессов по своей сущности напоминают известные в физике диаграммы фазовых превращений (кривые фазовых переходов) веществ в природе.



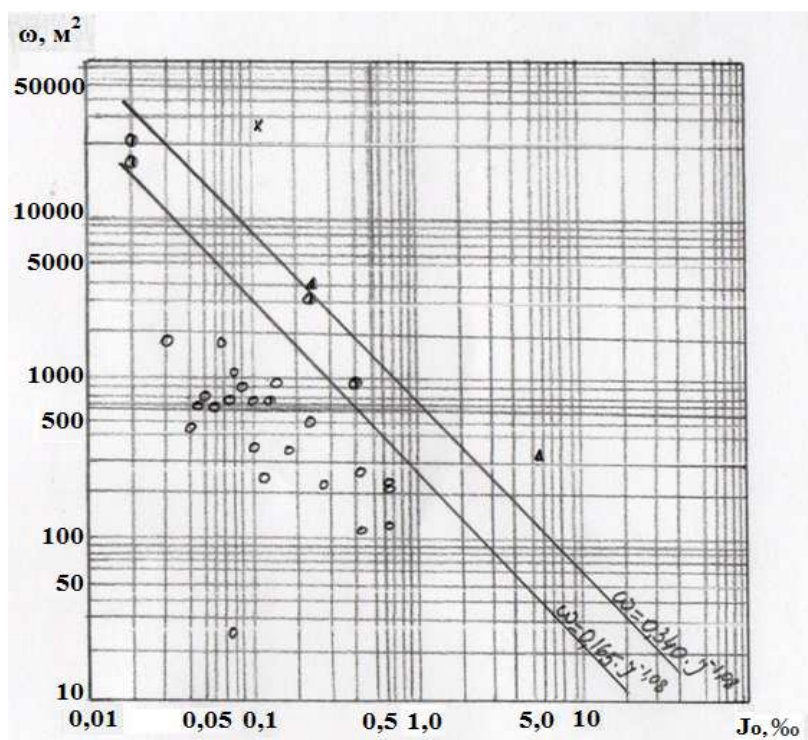


Рис. 3. Связь площади поперечного сечения с уклоном дна долины и типом руслового процесса:

- × — пойменная многорукавность, o — свободное меандрирование,
- ▲ — русловая многорукавность, ● — незавершенное меандрирование

Для определения статистических параметров характеристик русловых процессов на клетчатке вероятности строились эмпирические кривые обеспеченности (вероятность превышения) указанных характеристик по морфологически однородным участкам карстовых рек со свободным меандрированием русла (рис. 4, 5 и 6).

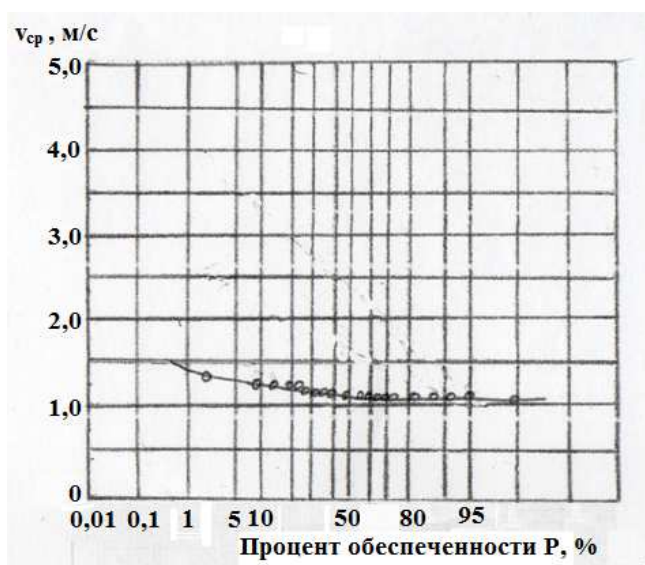


Рис. 4. Эмпирическая кривая обеспеченности средней скорости потока в сечении, свойственная участкам карстовых рек со свободным меандрированием русла

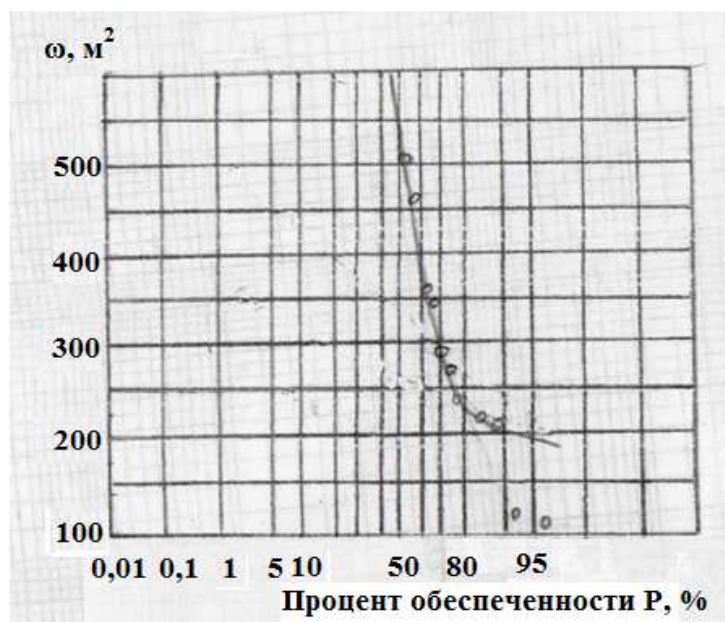


Рис. 5. Эмпирическая кривая обеспеченности площади поперечного сечения, свойственная участкам карстовых рек со свободным меандрированием русла

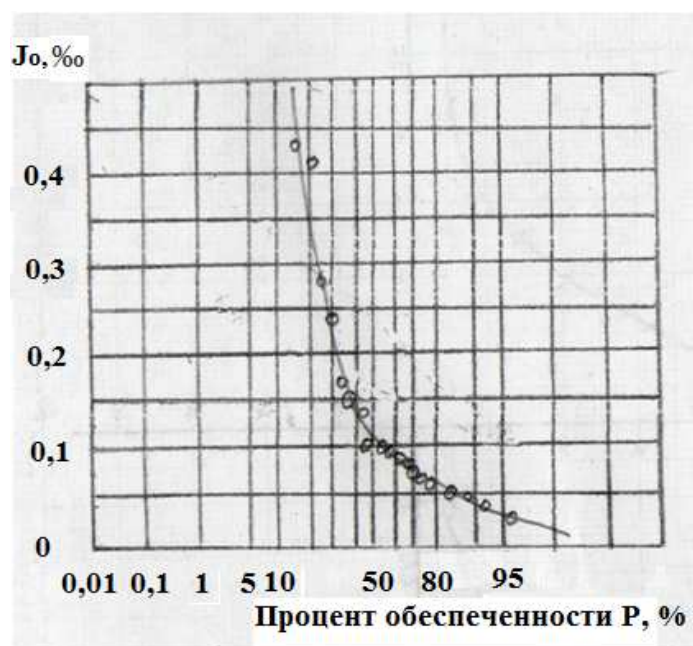


Рис. 6. Эмпирическая кривая обеспеченности уклона дна долины, свойственная участкам карстовых рек со свободным меандрированием русла

Указанные зависимости выглядели бы более конкретно, если бы данные, использованные для их получения, относились не к створам, а к участкам с одинаковым типом руслового процесса. Использование данных по створам, по-видимому, приводит к большему разбросу точек.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антроповский В. И.* Гидролого-морфологические зависимости и фоновые прогнозы перестроения русел рек. СПб.: Кримас+, 2006. 216 с.
2. *Антроповский В. И.* Гидроморфологические зависимости и их дальнейшее развитие // Труды ГГИ. Л., 1969. Вып. 169. С. 34–86.
3. *Антроповский В. И.* Связь типов руслового процесса с определяющими факторами // Гидроморфологические исследования пойменного и руслового процессов: Труды ГГИ. Л., 1970. Вып. 183. С. 70–80.
4. *Антроповский В. И., Денисова И. В., Изотов А. В.* Гидролого-морфологическое направление исследований русловых процессов // Известия РГПУ им. А. И. Герцена: Естественные и точные науки. СПб., 2005. № 5 (13). С. 233–241.
5. *Барышников Н. Б., Исаев Д. И.* Русловые процессы: Учебник. СПб.: РГГМУ, 2014. 504 с.
6. Гидрологические ежегодники.
7. *Жук М. М., Копалиани З. Д.* О перспективах создания методов оценки гидрологических и гидравлических характеристик неизученных рек на основе гидроморфологических зависимостей // Ученые записки РГГМУ. СПб., 2007. № 5. С. 86–97.
8. *Маккавеев Н. И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: МГУ, 2003. 355 с.
9. *Россинский К. И., Кузьмин И. А.* Речное русло // Гидрологические основы речной гидротехники. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 52–97.
10. Справочник по водным ресурсам. Часть вторая: «Основные гидрологические характеристики».
11. *Чалов Р. С.* Общее и географическое русловедение: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1997. 112 с.
12. *Шелухина О. А.* Современное состояние и прогноз руслового режима и гидроморфологических характеристик левобережных притоков Средней Волги. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена. 2008.

## REFERENCES

1. *Antropovskij V. I.* Hidrologo-morfologicheskie zavisimosti i fonovye prognozy pereformirovanija rusel rek. SPb.: Kriskas+, 2006. 216 s.
2. *Antropovskij V. I.* Hidromorfologicheskie zavisimosti i ih dal'nejshee razvitie // Trudy GGI. L., 1969. Vyp. 169. S. 34–86.
3. *Antropovskij V. I.* Svjaz' tipov ruslovogo protsesssa s opredelajushchimi faktorami // Hidromorfologicheskie issledovanija pojmennogo i ruslovogo protsessov: Trudy GGI. L., 1970. Vyp. 183. S. 70–80.
4. *Antropovskij V. I., Denisova I. V., Izotov A. B.* Hidrologo-morfologicheskoe napravlenie issledovanij ruslovyh protsessov // Izvestija RGPU im. A. I. Gertsena: Estestvennye i tochnye nauki. SPb., 2005. № 5 (13). S. 233–241.
5. *Baryshnikov N. B., Isaev D. I.* Ruslovyje protsessy: Uchebnik. SPb.: RGGMU, 2014. 504 s.
6. Hidrologicheskie ezhegodniki.
7. *Zhuk M. M., Kopaliani Z. D.* O perspektivah sozdaniya metodov otsenki gidrologicheskix i gidravlicheskix harakteristik neizuchennyh rek na osnove gidromorfologicheskix zavisimostej // Uchenye zapiski RGGMU. SPb., 2007. № 5. S. 86–97.
8. *Makkaveev N. I.* Ruslo reki i erozija v ee bassejne. M.: MGU, 2003. 355 s.
9. *Rossinskij K. I., Kuz'min I. A.* Rechnoe ruslo // Hidrologicheskie osnovy rechnoj gidrotehniki. M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1950. S. 52–97.
10. Spravochnik po vodnym resursam. Chast' vtoraja: «Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki».
11. *Chalov R. S.* Obshchee i geograficheskoe ruslovedenie: Uchebnoe posobie. M.: Izd-vo MGU, 1997. 112 s.
12. *Sheluhina O. A.* Sovremennoe sostojanie i prognoz ruslovogo rezhima i gidromorfologicheskix harakteristik levoberezhnyh pritokov Srednej Volgi. SPb.: RGPU im. A. I. Gertsena. 2008.