

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАСЧЕТОВ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА МАЛОЙ РЕКИ

© 2010 А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова, А.Р. Валетдинов

Институт проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан, Казань

Поступила в редакцию 06.05.2010

В статье представлены результаты исследований пространственно-временной изменчивости параметров стока малых рек территории Республики Татарстан, которые явились предпосылкой для усовершенствования и разработки инновационной системы производства количественных расчётов. Новые подходы обрабатывались на бассейновом комплексе реки Казанка, в устье которой расположена столица Республики Татарстан.

Ключевые слова: *малые реки, речной сток, водосбор, водопользование, водохозяйственные расчеты*

Основу гидрографической сети Республики Татарстан (РТ) составляют 4 крупные реки, протекающие по ее территории (реки Волга, Кама, Вятка, Белая) с их многочисленными притоками, общее количество которых превышает 4,0 тыс. и суммарная протяженность составляет более 22 тыс. км. При таком количестве водотоков возникает необходимость совершенствования не только приемов мониторинга, но и системы расчета параметров стока, необходимых при водохозяйственных расчетах. Определение характеристик стока неизученных рек традиционно ведется по гидрологическим картам или рассчитывается построением зависимостей сточковых характеристик от природных факторов водосборов. Однако, как показывает опыт и в том, и другом случае точность расчетных значений может существенно отличаться от фактических данных. К примеру, для 20% малых рек РТ фактические расходы воды выше расходов, полученных расчетным путем; в 30% случаев те и другие практически совпадают; на остальных реках (50%) фактические расходы воды ниже расчетных. Следовательно, гидрометрические параметры стока малых рек не всегда можно определять косвенными методами, а необходим такой подход, который сочетал бы результаты длительных стационарных наблюдений, периодических наблюдений в разные фазы водного режима, эпизодических измерений расходов воды по длине рек в период летней межени с генетическим анализом условий формирования стока бассейна малой реки.

*Горшкова Асия Тихоновна, кандидат географических наук, заведующая лабораторией гидрологии. E-mail: agorshkova@gmail.com*

*Урбанова Ольга Николаевна, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии. E-mail: urbanovoi@mail.ru*

*Валетдинов Айрат Ренатович, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории гидрологии. E-mail: airat61@mail.ru*

Длительные стационарные наблюдения, проводимые Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, позволяют охарактеризовать особенности режима стока рек и направленность его изменений в исторической перспективе. Эти наблюдения, выясняющие общий ход гидрологических явлений в исторической перспективе и устанавливающие корреляционные зависимости стока от метеорологических элементов, должны проводиться «вечно». Но часто стремление разрешить вопросы гидрологии с помощью только стационарных наблюдений приводят к тому, что гидрологический створ превращается в «самоцель», за которой гидрометры «не видят» водосбора, как территории формирования речного стока, а именно с изменениями на речных бассейнах связана тенденция изменения водности рек РТ, наблюдаемая последние 25 лет. Так, если период с 1960 по 1995 гг. характеризовался незначительным изменением водности, то далее следует практически повсеместное значительное увеличение среднегодовых расходов воды в реках (на 40-61%) на востоке территории (р.р. Шешма, Кичуй, Дымка, Степной Зай, Сюнь) и несколько меньшее увеличение (на 9-15%) на западе (р.р. Свияга, Малый Черемшан, Берсут, Меша) [1].

Организовать длительные стационарные наблюдения в каждом пункте водопользования практически невозможно. Но провести измерения расходов воды для подсчета стока за определенную фазу гидрологического режима можно. Такие измерения целесообразно проводить в характерные годы на временных гидрометрических створах, замыкающих бассейны, однородные по своим физико-географическим условиям. Полученные характеристики стока таких непродолжительных наблюдений можно привести к данным с точностью достаточной для существующих приемов водохозяйственных расчетов.

Эпизодические характеристики стока могут быть получены за периоды, в течение которых сток отличается наибольшей устойчивостью во времени и высокой изменчивостью в пространстве, как по величине, так и по условиям происхождения, например, в межень. Для определения величин стока по длине речной сети достаточно однократных измерений расходов воды, которые легко осуществляются при ее экспедиционном обследовании.

Такое сочетание различных подходов для определения водоносности реки и ее устойчивости во времени позволяют оценить гидрологическое состояние речного бассейна, который как территориальная единица выбран не случайно. Вся жизнедеятельность биосоциальных систем, в которой водные ресурсы играют жизнеобеспечивающую роль, исторически формировались именно в пределах речных бассейнов.

До того времени пока на повестку дня не встали вопросы изучения и использования гидрологических объектов малых размеров, почти априорно речной бассейн рассматривался как замкнутая динамическая система. Это было связано с точностью используемых методов гидрологических расчетов, которая была соизмеримой с величиной периферийного водообмена крупных речных бассейнов, представляющих долгое время основной практический интерес для отечественной гидрологии. Впоследствии представление о речном бассейне как о замкнутой динамической системе в значительной степени трансформировалось. Это связано с необходимостью изучения режима малых рек как природных объектов, в наибольшей степени подверженных антропогенным воздействиям, и для которых необходим региональный подход в определении водных ресурсов.

Хорошо известно, что речной бассейн включает в себя поверхностный и подземный водосборы, при этом имеется значительное несовпадение их размеров. К примеру, в западной части РТ (Предволжье) подземный водосбор в 2 раза меньше поверхностного. В восточной части (Закамье), наоборот, подземный водосбор почти на 20% больше поверхностного. Однако в силу некоторых затруднений в определении границ подземного водосбора обычно при расчетах и анализе явлений стока за величину бассейна реки принимается только поверхностный водосбор, отчего часто различия между терминами «речной бассейн» и «водосбор» не делается [2]. Именно здесь, на водосборе, начинается формирование и происходит сток вод в речную сеть. Величина этого стока, равно как и качественное состояние речной воды, меняется не только в результате эксплуатации самого водного объекта, но и, в первую очередь, в результате процессов и явлений, происходящих на водосборной площади. Возникающие в результате этих

процессов гидролого-экологические связи носят характер сложных взаимодействий между рельефом водосбора, морфологией русла реки и величиной стока. Оценка этих взаимодействий или определение их гидролого-экологической значимости подразумевает интеграцию физико-экономико-географических знаний об исследуемом объекте и определяется целой суммой характеристик, отражающих физико-географические и социально-экономические особенности территории [3].

Несмотря на то, что методы комплексной оценки водосборных площадей разрабатываются для инженерной гидрологии уже давно, до сих пор не существует общей теории и методологии пространственных обобщений гидрологических характеристик, единого принципа систематизации, наглядного представления и увязки многочисленных данных, собранных за многолетнюю историю исследования речных бассейнов. Поэтому в 2009 г. сотрудниками лаборатории гидрологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук РТ было проведено комплексное обследование бассейна реки Казанка с измерением меженных расходов воды по длине реки.

**Цель работы:** выяснение достаточности однократных измерений для получения расчетных значений расходов воды заданной обеспеченности и обоснования районирования меженных расходов по типу их внутригодового распределения.

Работы выполнялись в период устойчивой летней межени и явились своеобразной гидрометрической съемкой. Измерения расходов воды проводились на 25 створах, выбранных с таким учетом, чтобы можно было впоследствии построить график нарастания расходов воды по длине реки, с помощью которого рассчитать значения расходов в любой точке реки, избежав при этом большого количества ошибок, возникающих как при измерении, так и при обработке материалов экспедиции. Вертикальные отрезки на графике в принятом масштабе отражают устьевой расход притока, а угол наклона линии графика между притоками зависит от величины подземного питания, поступающего непосредственно в русло. График и составленная по нему ведомость изменения измеренных расходов воды по длине реки, являются основными документами гидрометрической съемки и дают наглядное представление количественного изменения стока реки по ее различным участкам, и наряду с анализом результатов комплексного обследования всего речного бассейна позволяют понять причины этого изменения. Так, результаты обследования бассейна р. Казанка показали, что значения меженных расходов воды, измеренных в разные годы в верховьях реки, совпадают, и различаются лишь в нижнем течении, что не

является ошибочным, а только подтверждает сложность и длительность явлений, происходящих на водосборе. Высокая изрезанность верхней части водосбора Казанки создает благоприятные условия для стока поверхностных вод. Веерообразное расположение притоков, многочисленная сеть мельчайших борозд, промоин и ложбинок, распределенных в соответствии с микрорельефом местности, способствует увеличению расхода за счет одновременного притока вод к основной реке, где они суммируются. В средней и нижней части бассейна основные правосторонние притоки расположены почти параллельно, поэтому в Казанку речная вода из них поступает одновременно и, не суммируясь, продвигаются к устью. Кроме того, на объемы и режим меженного стока реки оказывают влияние потери на испарение с водной поверхности, окружающего грунта и на транспирацию водной и наземной растительностью. Растительность, произрастающая в поймах рек, может создавать большие потери русловых вод, вследствие их постоянного поступления из реки, что подтверждается уменьшением значений расходов Казанки от июля к августу.

В формировании меженного стока решающая роль принадлежит условиям подземного стока в реки, который обусловлен в первую очередь геологическим строением местности. Характер взаимосвязи между поверхностным и подземным стоком различен и зависит от условий залегания водоносного пласта, глубины вреза речных долин и положения мест выхода подземных вод на поверхность. Объем запасов подземных вод зависит как от водно-физических свойств почвогрунтов и подстилающих пород, так и от метеорологических условий речного бассейна. Исследования лаборатории гидрологии показали, что пополнение запасов воды происходит не ежегодно, а только в те годы, когда наблюдается совпадение благоприятных условий для инфильтрации и процессов снеготаяния. Это обстоятельство в сочетании с малой скоростью добегания подземных вод по различным геологическим отложениям создает высокую устойчивость стока в межень, который обусловлен не осадками текущего года, а в большей степени зависит от осадков предшествующих лет, что и объясняет наличие многолетних устойчивых маловодных и многоводных периодов межени. Вместе с тем следует иметь в виду, что изменение запасов подземных вод, сформировавшихся за счет местных осадков, немедленно должно отразиться на расходе реки. Объясняется это тем, что с междуречных пространств, непосредственно примыкающих к руслу, увеличенное поступление подземных вод в реку произойдет одновременно с изменением их запасов. По мере расходования запасов в прирусловой части они будут пополняться из

более удаленных частей бассейна и этот процесс может продолжаться в течение многих лет, длительное время, обеспечивая устойчивую величину меженного стока [4].

Величина подземного питания, выраженная рассчитанными значениями модуля подземного стока, помогает сравнить обеспеченность подземным питанием различных участков и разных рек между собой. Уточнить генезис вод, питающих реки, и установить причины различий в приточности по величине модулей позволяет карта интенсивности подземного питания. Такая карта, построенная для бассейна Казанки, показала крайне неравномерное распределение численных значений модулей подземного стока, образующих пеструю мозаику, на которой модули притоков колеблются в пределах от 0 до 3 л/сек·км<sup>2</sup>, а частных водосборов межприточных пространств варьируют от 3,0 до 50,0 и более л/сек·км<sup>2</sup>. Однако каждая величина считается достоверной и может быть объяснена с помощью анализа геолого-тектонического строения территории бассейна и гидрогеологических условий питания рек.

В бассейне Казанки водовмещающие породы занимают высокие водораздельные участки и разгружаются через многочисленные родники в хорошо развитую речную сеть, глубокие овраги и балки. Сама река, лежащая почти широтно, получает около 30% меженного притока воды в результате того, что уклон подземного потока, поступающего из глубоких водоносных горизонтов, направлен на юг и на восток, то есть почти меридионально. Наиболее устойчивая доля подземного питания поступает в русло Казанки из подрусловых напорных вод, простирающихся от г. Арск до г. Казани. Большое значение в водоносности данной территории принадлежит выходам глубоких напорных вод через трещиноватые горные породы, которые выклиниваются в районе расположения каскада карстовых Голубых озер, расположенных на правой террасе р. Казанка у д. Щербановка. Только из них в Казанку поступает около 1 м<sup>3</sup> воды каждую секунду.

На фоне преобладания высокой интенсивности подземного питания в бассейне Казанки встречаются участки с низкими, почти нулевыми, модулями и, наоборот, на фоне преобладания низкой интенсивности подземного питания встречаются участки со средними и даже высокими модулями подземного питания для отдельных водосборов. Связано это как с тектоническим строением территории, так и с качеством пород, слагающих ее. Например, обширный район на юго-западе бассейна сложен нижне- и среднечетвертичными континентальными отложениями, которые представлены чередованием песков, глин и суглинков. Выдержанные водоносные горизонты отсутствуют и поэтому

протекающие здесь реки отличаются низким уровнем водности (р.р. Сухая Река, Шимяковка). К седловинам между повышениями в рельефе, приурочены участки с повышенным подземным питанием (р.р. Сула, Верезинка, Ия-Су, Пшаламка). Морские отложения, слагающие эти территории, характеризуются выдержанностью водоупорных горизонтов, что и обеспечивает устойчивое питание рек.

На основании изложенного приходим к выводу, что для получения расчетных значений водных ресурсов малой реки необходимо руководствоваться следующими принципами:

- при изучении стока малых рек и расчете количества водных ресурсов нельзя ограничиваться только материалами наблюдений государственной гидрометрической сети;
- необходимо проведение периодических наблюдений на временных постах и эпизодических измерений расходов воды по длине рек и в устьях основных притоков;
- кроме фактических наблюдений и измерений, следует проводить анализ условий формирования стока на водосборах, выяснения условий трансформации выпадающих осадков на поверхностный и подземный сток и рассмотрение движения вод к руслам и по руслам рек;
- при изучении стока нельзя ограничиваться только годовым стоком, необходимо рассматривать отдельные фазы водного режима, выяснять причинные связи каждой фазы, особо

выделяя периоды наиболее значимые для водохозяйственных расчетов.

**Выводы:** в результате обследования бассейна Казанки установлены количественные характеристики меженных расходов воды по длине всей реки и в устьях основных притоков; построена карта и сделан анализ распределения интенсивности подземного питания реки; определены обеспеченные значения (50%, 75%, 95% обеспеченности) меженных расходов воды; проведено районирование меженных расходов по типу их внутригодового колебания; на основе определенных коэффициентов сделан пересчет значений меженных расходов по каждому месяцу года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Обзор состояния природной среды и ее загрязнения на территории Республики Татарстан в 2006 году. Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан. – Казань, 2007. – С. 57.
2. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 14.
3. Водосбор. Управление водными ресурсами на водосборе. [Под ред. А.М. Черняева]. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1994. – 160 с.
4. Быдин, Ф.И. Методика анализа водных ресурсов в их зависимости от атмосферных осадков // Вопросы изучения водных ресурсов. – 1954. – Вып. VI. – С.21-24.

## THE REGIONAL APPROACH TO IMPROVEMENT THE SYSTEM OF CALCULATIONS THE BASIN WATER RESOURCES OF SMALL RIVER

© 2010 A.T. Gorshkova, O.N. Urbanova, A.R. Valetdinov

Institute for Problems of Ecology and Bowels Use of Tatarstan Republics  
Academy of Sciences, Kazan

In article results of researches the existential variability of runoff parameters of the small rivers in territory of Tatarstan Republic which were the precondition for improvement and development of innovative system of making the quantitative calculations are presented. New approaches were fulfilled on basin complex of river Kazanka in which mouth the capital of Republic Tatarstan is had.

Key words: *small rivers, river flow, drainage area, water management, water-cost accountings*

*Asiya Gorshkova, Candidate of Geography, Chief of the Hydrology Laboratory. E-mail: agorshkova@gmail.com*

*Olga Urbanova, Senior Research Fellow at the Hydrology Laboratory. E-mail: urbanovoi@mail.ru*

*Airat Vasetdinov, Candidate of Technical Sciences, Research Fellow at the Hydrology Laboratory. E-mail: airat61@mail.ru*