

способности размываемых вставок.

1. Богославчик П. М., Филиппович И. В. Динамика размыва плотины из местных материалов при переливе воды // Известия вузов СССР: Серия Энергетика. – 1982. – № 3. – С. 88–93.

2. Dam-Break Flood Analysis. Committee on hydraulics for dams. ICOLD. Bulletin, 1998.

3. Прудовский А. М., Пономарчук К. Р. Образование и развитие прорана при прорыве земляной плотины // Экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации: материалы научно-технической конференции. – М.: МГУП, 2000. –

С. 99–100.

4. Прудовский А. М. Образование прорана при прорыве земляной плотины // Безопасность энергетических сооружений: сб. трудов. – М.: АО НИИЭС, 1998. – Вып. 2. – С. 67–79.

Материал поступил в редакцию 07.03.14.

*Пикалова Ирина Федоровна, кандидат технических наук, профессор кафедры гидравлики*

*Тел. 8 (499) 976-00-19*

*Наумова Татьяна Васильевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела гидротехники и гидравлики*

*Тел. 8 (499) 154-12-24*

*E-mail: naumova@vniigim.ru*

УДК 502/504:532.53:556.53

**К. Н. АНАХАЕВ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт» Росгидромета

**К. Г. ЖАНГОРАЗОВ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Центр изучения, использования и охраны водных ресурсов Кабардино-Балкарии» Росводресурсов

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАЛЫХ ВОДОПАДОВ

*В статье рассмотрено понятие «малые водопады». Проанализированы особенности таких водопадов, предложены классификации по происхождению, формам и режиму истечения, режиму наносов, продолжительности стока и др. Отмечена важность изучения и анализ гидрологических и геоморфологических особенностей малых водопадов для оценки экологической и рекреационной значимости этих уникальных природных водных объектов. Разработаны критерии информации о малых водопадах и возможности использования их в рекреационных, лечебно-оздоровительных и иных целях. Рассмотрены критерии естественной привлекательности ландшафта территории водопадной зоны, доступности для посещения туристов и отдыхающих, уровня развития экологического туризма в регионе, лечебно-оздоровительных свойств территории водопадной зоны, безопасности и комфортности посещения водопадной зоны и другие. Приведены примеры апробации для малых водопадов Кабардино-Балкарии.*

*Водопадная зона, малые водопады, гидрология, геоморфология, исполинов котел.*

*The article considers a conception «small waterfalls». The special features of such waterfalls are analyzed, classifications are proposed according to the origin, forms and regime of outflow, pump mode, duration of the flow etc. The importance of studying and analyzing of hydrological and geomorphologic special features of small waterfalls for assessment of ecological and recreational significance of these unique natural water objects. The information criteria are developed on small waterfalls and possibility of their usage in recreation, health improving and other purposes. There are considered criteria of landscape natural attractiveness of the waterfall territory accessible for visiting by tourists, level of development of the ecological tourism in the region, therapeutic characteristics of the waterfall zone, safety and comfort of visiting and others. There are given examples of approbation for small waterfalls of Kabardino-Balkaria.*

*Waterfall zone, small waterfalls, hydrology, geomorphology.*

Водопады широко распространены в горных (предгорных) районах и являются неотъемлемым элементом гидрологического режима как поверхностных, так и подземных пещерных и внутриледниковых водотоков [1–3]. Они образуются при низвержении воды с возвышенных уступов скальных (полускальных) пород, имеют различные сочетания гидравлических и геометрических параметров, характеризуются особыми формами истечения и стока (падения) воды (рис. 1).

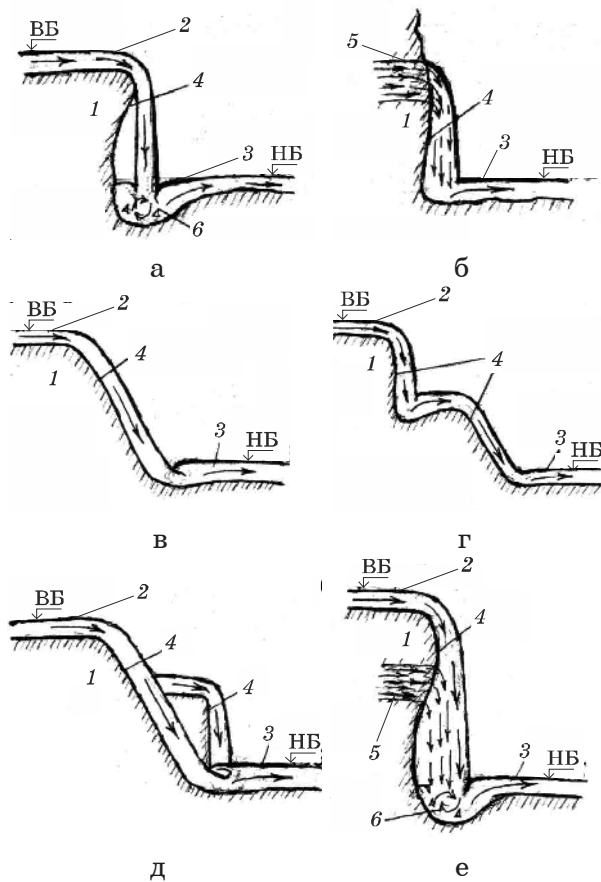


Рис. 1. Классификация малых водопадов по характеру происхождения (генезису) и форме стока воды по отношению к ложу водопада: а – русловой (поверхностный) водопад (с отрывом от ложа); б – водопад внутрискально-трещинный (струящийся); в – скользящий без отрыва от ложа водопад; г – водопад смешанного стока, скользящий по каскаду лож; д – водопад разновысотного стока; е – водопад смешанного генезиса; ВБ и НБ – верхний и нижний бьефы водопадной зоны; 1 – скальная (полускальная) горная порода; 2 – русло поверхностного водотока; 3 – отводящее русло; 4 – ложе водопада; 5 – подземный внутрискально-трещинный водный поток; 6 – «исполинов котел», т. е. яма размыва у подножья водопада

Водопады – уникальные природные объекты, издревле являющиеся излюбленным местом пребывания путешественников, натуралистов и туристов. Подавляющее большинство водопадов Северо-Кавказского региона имеют широкий диапазон расходов воды при относительно малых максимальных значениях (до 10 м<sup>3</sup>/с). Поэтому в данной работе авторы называют их малыми водопадами, которые занимают важное место в экологическом, социальном и особенно рекреационном и лечебно-оздоровительном развитии региона. Но водопады имеют существенное негативное значение как для экологии, так и хозяйственной деятельности человека. В узких ущельях они перекрывают проходы по руслу для людей и животных, а также пути на нерест для «проходных» рыб. В отдельных случаях – может возникнуть угроза для безопасности отдыхающих и туристов как от падения камней, случайно вовлеченных в водный поток или сорвавшихся с окрестных скал в теплое время года, так и от обвалов заледевших столбов и нагромождений ледяных глыб в зимне-весенний период. Подобные случаи в разные годы неоднократно происходили на водопадах Чегемских и Сиптишких\* в Кабардино-Балкарии.

Поэтому изучение и анализ гидрологических и геоморфологических особенностей малых водопадов является важным и необходимым условием оценки экологической и рекреационной значимости этих уникальных природных водных объектов. Известные определения понятия водопад характеризуют его как падение водных масс с уступа в русле реки (рис. 1а) [1–5 и др.]. Данное определение подходит не для всех типов малых водопадов, поскольку источниками питания некоторых из них служат не русловые водные потоки, а подземные скальные и трещинные воды (рис. 1б). Такие малые водопады получили в [6, 7] название струящихся, к которым, в частности, относятся водопады Чегемские («стена водопадов» Суу-Ауз, рис. 4а), Тыжынты, Зылгы-Тар. Эти водопады ни по своему происхождению, ни по форме истечения и гидрологической структуре потока не попадают ни под одно из известных определений «руслового» водопада. Единым (общим) для всего разнообразия малых водопадов

\* Месторасположение указанных водопадов приведено в конце статьи.

служит формулировка, что водопад — это **низвержение воды со скальных или полускальных горных пород.**

Формы истечения водопадов зависят от гидравлических параметров подводящего водотока в верхнем бьефе и очертаний ложа самого водопада, формирующегося в зависимости от вида горных пород, их геологического строения и структуры массива и от характеристик водного потока. Продольный профиль ложа водопада может иметь вертикальное, нависающее, наклонное (вогнутое, прямолинейное, выпуклое), ступенчатое, зигзагообразное и смешанное очертания (рис. 1), в зависимости от которого истечение водопада принимает различные формы: единого (целого) потока свободно падающих водных масс (рис. 1а и 2а) и отдельных рассредоточенных струй-ручейков (рис. 1б и 2б). При этом низвержение воды со скальных (полускальных) горных пород происходит с полным отрывом водных масс от ложа водопада (рис. 1а и 3б), без отрыва в виде скользящего по наклонному ложу потока (рис. 1в и 3а) или каскадного [2] (рис. 1г), разновысотного, закрученного и смешанного (рис. 1д и 1е) падений водных масс.



а



б

Рис. 2. Единый (цельный) на водопаде Султан (а) и рассредоточенный водный сток на водопаде Жетмиш-суу в бассейне реки Малка

В нижнем бьефе малых водопадов со свободным (закрученным, смешанным) падением водного потока формируются «исполиновы котлы», т. е. ямы размыва (рис. 1а и 1е), образующиеся от динамического разрушающего воздействия на грунты основания свободно падающих водных масс и вращающихся в водоворотном «котле» камней в режиме гидравлического прыжка [1, 2, 4].

В основаниях малых водопадов со скользящим по наклонному ложу (вогнутому, прямолинейному, выпуклому) или струящимся водным потоком такие «исполиновы котлы» не образуются, а происходит накопление осыпающихся обломков горных пород при размыве последних струями водных масс или морозном (ледовом) скалывании.

В зависимости от продолжительности стока водного потока малые водопады можно разделить на:

водопады постоянного стока, которые характерны для струящихся водопадов с источником питания от внутрискально-трещинных вод, расходы практически неизменные в течение года с незначительными межсезонными и многолетними колебаниями [6, 7];

водопады переменного стока, которые характерны для малых водопадов с расходами, зависящими от гидрологического режима питающего водотока [3];

водопады временного (сезонного) стока, которые характерны для малых водопадов, возникающих в отдельные сезоны или времена года в зависимости от количества выпавших осадков или интенсивности снеготаяния на их водосборах и т. д.

По наносному режиму водного потока *малые* водопады рекомендуется разделить на чистые (родниковые), поверхностные (русловые), наносоводные и селевые. Последние являются временными и возникают на участках селевых русел с выходами коренных пород при прохождении по водотоку селей (рис. 4б). Выполненный анализ данных натурных обследований малых водопадов, литературных источников, архивных и других материалов дает основание для классификации малых водопадов по характеру происхождения (генезису) с делением их на русловые, струящиеся и смешанные водопады.

Русловые малые водопады (рис. 1а, 1в и 1д) возникают в местах резкого перепада продольного профиля дна русла водотока из-за выхода на дневную поверхность скальных (известняк, базальт, гранит и др.) или полускальных (мергель, песчаник, брекчия, глинистые сланцы и др.) пород основания. Источником питания таких водопадов является русловой водоток, формирующийся из поверхностного стока со всего водосборного бассейна (до створа водопада), в том числе с притоками (выходами) подземных вод, выклинивающихся на береговых склонах. У подножия русловых малых водопадов формируются ямы размыва – «исполиновы котлы».

Струящиеся малые водопады (рис. 1б) образуются при выходе подземных внутрискально-трещинных вод на вертикальную или крутонаклонную дневную поверхность трещиноватых пластов скальных (полускальных) массивов горных пород. Источниками питания таких водопадов являются фильтрационные воды, аккумулирующиеся во внутрискальных полостях и пещерах трещиноватых и карстовых пластов, нередко простирающихся на значительные расстояния (на многие километры) от места истечения водопада и подстилаемых маловодопроницаемыми породами (водупорами). При расположении указанных водонасыщенных пластов между двумя слоями водупоров имеет место напорное артезианское истечение воды. Указанные геоморфологические особенности струящихся водопадов принципиально отличают их от ландшафтных поверхностных водосборов русловых водопадов. Воды струящихся водопадов являются чистыми (родниковыми) с высокой степенью фильтрационной (механической) очистки. В них могут содержаться естественные соли, характерные для вмещающих их водонасыщенных скальных и полускальных горных пород. Рассредоточенное истечение водного потока в струящихся водопадах, как правило, близко к вертикальному падению отдельных оторвавшихся водных струй и капель воды. По режиму истечения струящиеся водопады могут быть напорными (артезианскими) и безнапорными с разнообразными (точечными, линейными, ступенчатыми, стеновыми) и разновысотными формами стока воды. В частности, точно струящиеся водные потоки и ручейки возни-

кают при напорном истечении и свободном или ступенчатом стоке. У подножия струящихся водопадов «исполиновы котлы» не образуются, а скапливаются осыпающиеся обломки горных пород.

Смешанные малые водопады (рис. 1е) образуются в результате совместного низвержения (и истечения) со скальных (полускальных) горных пород руслового поверхностного водного потока и подземных скальных и трещинных вод из слоистых трещиноватых пластов в виде отдельных струй. Примером может служить водопад Жетмиш-суу (рис. 2б).

Следует отметить, что из-за интенсивного посещения туристами и отдыхающими людьми территории водопадных зон подвергаются существенной антропогенной нагрузке, из-за которой близлежащие леса редеют, выламываются кустарники, вытаптывается травяной покров, появляются «инородные» растения и скапливается бытовой мусор [1, 3]. Проводимые на территориях водопадов природоохранные мероприятия по сохранению естественных ландшафтов и рациональному их использованию должны иметь комплексный характер и базироваться на результатах научных геологических, гидрогеологических и геоморфологических исследований. При этом, наряду с уникальными особенностями водопадов, следует выявлять и наиболее уязвимые места в гидрологическом и экологическом отношениях для проведения необходимых защитных мероприятий.

Авторы статьи предлагают оценивать значимость малых водопадов по следующим критериям:

- естественная привлекательность ландшафта территории водопадной зоны;
- доступность для посещения туристов и отдыхающих;
- уровень развития экологического туризма в регионе;
- лечебно-оздоровительные свойства территории водопадной зоны;
- безопасность и комфортность посещения водопадной зоны и др.

Критерий естественной привлекательности водопадной зоны характеризует прилегающий природный ландшафт с учетом уникальности гидрологических, гидрогеологических и геоморфологических особенностей, его высотное расположение и нахождение на особо охраняемых

природных территориях (заповедников, национальных парков и др.). В частности, по высотному расположению природные ландшафты малых водопадов Кабардино-Балкарии в соответствии с [8] можно классифицировать по следующим высотным зонам над уровнем моря:

< 1000 м – степная и лесостепная зона (водопады Артык-дорбун, Айлама);

1000...2400 м – зона средне и высокогорных лесов (водопады Чегемские, Тыжынты, Кюнньюм, Зылгы-тар, Адыр-суу, Думала);

>2400 м – зона субальпийских и альпийских лугов (водопады Султан на рис. 2а, Девичьи косы на рис. 3а, Агаштан, Абай-чучхур, Цора-кол на рис. 3б).



а



Рис. 3. Скользящий по наклонному, выпуклому ложу водопад Девичьи косы (а) в бассейне реки Баксан и «селевой» водопад Цора-Кол (2450 м, бассейн реки Рцывашки) после прохождения селевого потока (фото И. И. Батчаева)

В зависимости от расположения на особо охраняемых природных территориях малые водопады предлагается классифицировать по следующим категориям их природоохранного статуса:

1 категория – территория Высокогорного государственного и других заповедников (водопады Агаштан, Эки, Киямачучхур, Урель-суу);

2 категория – территория Национального парка «Приэльбрусье» (водопады Ирик, Курмутау, Султан, Девичьи косы, Байдаевка);

3 категория – территории памятников природы (водопады Чегемские на рис. 4а, Мыстыкам, Жетмиш-суу, Тыжынты, Зылгы-тар).

Критерий доступности (пространственной, транспортной) характеризует возможность и удобство посещения водопадной зоны как по топографическим, так и условиям удаленности. Пространственную доступность малых водопадов авторы предлагают классифицировать по возможности физического приближения к водопадной зоне:

непосредственный контакт – до водопада можно подойти вплотную и дотронуться рукой (водопады Тыжынты, Адай-суу, Айлама);

близкое расстояние – до водопада 30...40 м (водопады Чегемские, Думала);

на отдаленное расстояние – до водопада > 30...40 м (водопады Султан, Эки).

По критерию транспортной доступности малые водопады предлагается классифицировать по уровням:

легкой доступности – возможность подъезда на транспорте непосредственно к водопадной зоне (водопады Чегемские, Мыстыкам, Тыжынты);

усложненной доступности – возможность подъезда к водопадной зоне на транспорте повышенной проходимости (водопады Думала, Адай-чучхур);

трудной доступности – возможность посещения водопадной зоны транспортом с последующим передвижением верхом на лошади или пешком до 1...2 часов и более (водопады Укю-суу, Девичьи косы, Урель-суу, Агаштан, Курмутау).

Критерий экологического туризма характеризует возможность организации экскурсии в места с нетронутыми естественными ландшафтами для познания природных и культурно-исторических особенностей данного района [3]. Этот критерий

применительно к малым водопадам может быть основан на следующих факторах:

посещение малых водопадов должно иметь познавательную составляющую о природных богатствах и историко-культурных ценностях, а также о геологических, гидрологических и геоморфологических особенностях данного района и т. д.;

экскурсионные маршруты должны охватывать природные ландшафты уникальные по своему разнообразию и слабо затронутые деятельностью человека, в том числе находящиеся в зонах с действующими ограничениями для посещения (особо охраняемых природных территорий);

экологический туризм на малые водопады должен быть экономически выгоден принимающей стороне, ответственной за охрану, поддержание порядка и проведение необходимых природоохранных мероприятий в водопадной зоне.

В настоящее время наиболее активно посещаемыми и пользующимися большой популярностью в Кабардино-Балкарии являются такие малые водопады, как Чегемские, Адай-суу, Мыстыкам, Абай-чучхур, Тыжынты, Зылгы-тар, Кюнньюм, Девичьи косы, Байдаевка, Жетмиш-суу, Султан.

Лечебно-оздоровительный критерий характеризует наличие положительных факторов (физиологического, психологического, социального) воздействия на людей, посещающих малые водопады. Например, физиологически благоприятное воздействие на организм человека оказывает микроклимат в водопадной зоне, насыщенной водно-воздушной пылью, т. е. аэрозолями, образующимися при «рассыпчатом» падении водных струй и капель с большой высоты. Эффективность такого воздействия повышается в солнечную погоду при электризации водно-воздушного пылевого облака ультрафиолетовыми лучами, что оказывает успокаивающее влияние на центральную нервную и сердечнососудистую системы человека, укрепляет его психологическое состояние и т. д. [1, 7].

В социальном плане коллективные посещения территории водопадных зон, сопровождающиеся непринужденным общением и чаепитием, укрепляют взаимодоверие и морально-этические взаимоотношения между коллегами.

Критерий безопасности малых водопадов должен характеризовать условия безопасности и комфортности посещения как самих территорий водопадных зон, так и

пути следования к ним, в том числе с учетом сезонных, погодных, гидрологических и геоморфологических факторов.

Вышеупомянутые малые водопады Кабардино-Балкарии расположены в бассейнах основных рек республики, а именно: р. Малка (Султан, Жетмиш-суу), р. Баксан (Девичьи косы, Адыр-суу, Байдаевка, Ирик, Курмутау), р. Чегем (Чегемские, Адай-суу, Мыстыкам, Абай-чучхур), р. Черек Безенгийский (Тыжынты, Думала, Эки, Киямачучхур, Урель-суу, Сиптишки), р. Черек Балкарский (Артык-дорбун, Айлама, Зылгы-тар, Кюнньюм, Цора-кол, Агаштан).

#### Заключение

Водопады, являющиеся сложным гидрологическим и геоморфологическим явлением, составляют неотъемлемую часть речной сети природных ландшафтов горных и предгорных районов. Они имеют важное природоохранное, рекреационное и лечебно-оздоровительное значение для человека. Рациональное использование водопадов (с проведением необходимых природоохранных мероприятий) возможно только на основе комплексного анализа условий их возникновения, режима водного стока, геологического строения русла водотока, рельефа местности и т. д.

В работе дано определение понятия малые водопады, проанализированы их гидрологические и геоморфологические особенности, предложены системы районирования и классификации по характеру происхождения (генезису), формам и режиму истечения, наносному режиму, продолжительности стока и др. Разработаны критерии привлекательности, экологического туризма, лечебно-оздоровительный, доступности, безопасности и др., позволяющие получить полную информацию о малых водопадах и возможности использования их в различных целях. Приводятся примеры апробации предложенных методик для условий малых водопадов Кабардино-Балкарии.

1. Арсеев Г. Т. Водопады. – М., 1987. – 127 с.

2. Бровко П. Ф. Мир водопадов. – Владивосток, 2005. – 182 с.

3. Ляцневская М. С. Географические особенности распространения водопадов Юга Дальнего Востока и их рекреационный потенциал: автореф. дис. ... канд. географич. наук: 25.00.36. – Хабаровск, 2009. – 22 с.

4. Энциклопедический словарь геогра-

фических терминов. – М.: Советская энциклопедия, 1968. – 437 с.

5. Советский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – 1600 с.

6. Анахаев К. Н., Гегиев К. А., Таов А. М. Изучение и охрана природного объекта «Чегемские водопады»: отчет по НИР. – Нальчик: ФГУ «Каббалководресурсы», 2001. – 210 с.

7. Анахаев К. Н. Таов А. М. Памятники природы Кабардино-Балкарии – бесценное достояние республики // Биосфера и человек: проблемы взаимодействия: материалы 6-ой Международной научно-практической конференции. – Пенза,

2002. – С. 108–112.

8. Гизатулина А. Н. География Кабардино-Балкарии. – Нальчик: Эльбрус, 1971. – 117 с.

Материал поступил в редакцию 03.04.14.  
Анахаев Кошкинбай Назирович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по селевой проблематике  
Тел. 8 (8662) 40-10-34

E-mail: anaha13@mail.ru

Жангоразов Курманбий Гитчиевич, заместитель директора, инженер-гидротехник

Тел. 8 (8662) 40-52-36

E-mail: irbis1961@bk.ru

УДК 502/504:556.51

**М. А. СМЕРНОВА, А. В. ПЕРМИНОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

## ОЦЕНКА БОКОВОГО ПРИТОКА К ГИДРОУЗЛАМ ВЕРХНЕВОЛЖСКОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

*В статье рассматривается пространственно-временная изменчивость бокового притока к водохранилищам Верхневолжской водохозяйственной системы. Анализируются колебания годовых значений бокового притока к водохранилищам за период наблюдений с 1914/15 по 2010/2011 годы. Получены выборочные оценки среднего, дисперсии, коэффициентов вариации, асимметрии и автокорреляции. Отмечается последовательное чередование периодов разной степени водности. По методу компоновки построены расчетные гидрографы 5 и 75% обеспеченности, различия которых объясняются удаленностью гидроузлов друг от друга. Естественный режим в бассейне характеризуется малой водностью в период летней, зимней межени и осенними дождевыми паводками в октябре и ноябре. Выявлены стохастические свойства, установлены связи внутри временных рядов притока в бассейн Верхней Волги и между ними.*

*Бассейн Верхней Волги, водохранилище, боковой приток, гидрограф притока, частный водосбор, статистические параметры.*

*The article considers spatio-temporal variability of the side inflow to water reservoirs of the Upper Volga water economic system. There are analyzed fluctuations of annual values of the side inflow to water reservoirs for the period of observations from 1914/15 to 2010/2011. There are obtained assessments of the average, dispersion, variation coefficients, asymmetry and autocorrelation. The successive interchanging of periods of different degree of water content is marked. Design hydrographs of 5 and 75% provision are built according to the assembly method, the differences of which are explained by the remoteness of hydraulic unite from each other. The natural regime in the basin is characterized by small water content in the period of summer, winter low water and autumn rain floods in October and November. Stochastic properties are revealed, connections inside time series of the inflow into the Upper Volga basin and between them are established.*

*The Upper Volga basin, water reservoir, side inflow, inflow hydrograph, private catchment area, statistical parameters.*