Научная статья / Scientific paper
УДК: 556.535.3
DOI: 10.34753/HS.2025.7.3.297

К вопросу корректировки нормативных документов по определению основных гидрологических характеристик

А.А. Возняк
Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Камский филиал, г. Пермь, Россия; Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия; Горный институт УрО РАН, г. Пермь, Россия
e-mail: aavoznyak@gmail.com

Аннотация. Решение практических задач в самых различных отраслях народного хозяйства от строительного проектирования до мелиорации и водообеспечения не может быть реализовано без изысканий и гидрологических расчетов. На основе проведенных расчетов основных гидрологических характеристик при разработке Правил использования водохранилищ на малых и средних уральских реках рассмотрены проблемы, возникающие при использовании в расчетах методов, рекомендованных действующими нормативными документами. Предложены решения методологических проблем через корректировку отдельных пунктов СП 529.1325800.2023. Они касаются временной неоднородности гидрологических рядов, отсутствия необходимых формул и внесения дополнительных поправок к имеющимся, некорректных условий регрессионного анализа и добавления в раздел 7 СП 529.1325800.2023 метода восстановления рядов при отсутствии данных наблюдений. Другая часть проблем, связанная с существенной пространственной неоднородностью территории по физико-географическим показателям, представлена в дискуссионном режиме. Она касается корректности гидрологических расчетов на речных водосборах от Урала до Дальнего Востока и определяется трудностями поиска рек-аналогов с синхронным гидрологическим режимом и сложностью выделения однородных районов.

Ключевые слова: гидрологические расчеты; СП 529.1325800.2023; корректность методов расчета; расчет максимального расхода паводка; реки-аналоги.
Для цитирования: Возняк А.А. К вопросу корректировки нормативных документов по определению основных гидрологических характеристик // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2025. Т. 7. Вып. 3. С. 297–303. DOI: 10.34753/HS.2025.7.3.297.

On the Issue of Adjusting Regulatory Documents for Determining the Main Hydrological Characteristics

Anna A. Wozniak
Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Kama Branch, Perm, Russia; Perm State University, Perm, Russia; Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia
e-mail: aavoznyak@gmail.com

Abstract. Solving practical problems in a wide variety of sectors of the national economy, from construction design to land reclamation and water supply, are impossible without surveys and hydrological calculations. Based on calculations of the main hydrological characteristics conducted during the development of the Rules for the Use of Reservoirs on Small and Medium-Sized Ural Rivers, problems arising from the use of calculation methods recommended by current regulatory documents are considered. Solutions to methodological issues are proposed through adjustments to individual clauses of SP 529.1325800.2023. These relate to the temporal heterogeneity of hydrological series, the absence of necessary formulas and the introduction of additional amendments to existing ones, incorrect conditions for regression analysis, and the addition of a method for reconstructing series in the absence of observational data to Section 7 of SP 529.1325800.2023. Other issues related to the significant spatial heterogeneity of the territory in terms of physical and geographical indicators are presented for discussion. They concern the correctness of hydrological calculations in river catchments from the Urals to the Far East and are

determined by the difficulties of finding analogue rivers with a synchronous hydrological regime and the complexity of identifying homogeneous regions.

Keywords: hydrological calculations; SP 529.1325800.2023; correctness of calculation methods; calculation of maximum flood flow; analogue rivers.

For citation: Wozniak A.A. On the issue of adjusting regulatory documents for determining the main hydrological characteristics. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2025, vol. 7, iss. 3, pp. 297–303. DOI: 10.34753/HS. 2025.7.3.297. (In Russian; abstract in English).

Введение

Гидрологические расчеты – раздел гидрологии, который наряду с гидрологическими прогнозами является основным в области гидрологических наук. Решение практических задач в самых различных отраслях народного хозяйства: от строительного проектирования до мелиорации и водообеспечения – не может быть реализовано без изысканий и гидрологических расчетов. Даже если строительство осуществляется вдали от водных объектов, всегда территория строительства является водосборной площадью какого-либо водного объекта. Игнорирование этого факта и не проведение гидрологических изысканий и расчетов приводит к очень большим проблемам: заболачиванию территории или, наоборот, образованию пустынных областей. Поэтому в любой развитой цивилизации, начиная с древнеримских акведуков, гидрологические расчеты обязательно проводились.

В России гидрологические расчеты начали развиваться с конца XIX века. С появлением государственной собственности и планового хозяйства процесс изысканий был взят под государственный контроль, и гидрологические расчеты были систематизированы, то есть сведены к единым общегосударственным правилам. В 1960-х гг. в соответствии с решениями III Всесоюзного гидрологического съезда были выполнены большие работы по обобщению отечественного и зарубежного опыта инженерно-гидрологических расчетов и создан ряд первых нормативных документов для Госстроя СССР по определению минимального (строительные нормы: СН 346-66) и максимального стока талых вод (СН 356-66), годового стока и его внутригодового распределения (СН 371-67) и наивысших уровней воды рек и озер (СН 397-69). В 1972 г. издан единый нормативный документ «Указания по определению расчетных гидрологических характеристик СН 435-72». На базе этого документа в 1985 г. был издан общесоюзный стандарт СНиП 2.01.14-83. К последнему документу в помощь разработчикам было издано Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик [1] с набором более трех десятков карт, на которых представлены в изолиниях по всей территории СССР и расчетные гидрологические характеристики, и параметры формул и распределений, и границы однородных районов.

В 2005 г. вышел новый нормативный документ – Свод правил по проектированию и строительству «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» СП 33-101-2003[1], однако он был без карт, и большинство разработчиков по-прежнему активно использовали Пособие [1]. С 2007 по 2011 гг. ГГИ разработали Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрометрических наблюдений [2–4] взамен Пособия [1]. И, наконец, 12 октября 2023 г. введен в действие новый, утвержденный приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 11 сентября 2023 г. Свод правил (далее – СП) СП 529.1325800.2023 Определение основных расчетных гидрологических характеристик[2].

[1] СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик (одобрен Постановлением Госстроя РФ от 26.12.2003 № 218). – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 85 с.

[2] СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик (утв. Приказом Минстроя России от 11.09.2023 № 654/пр). М., 2023. 103 с.

Обозначение проблемы

Камский филиал РосНИИВХ в 2011–2013 гг. разрабатывал, а в 2020–2022 гг. актуализировал Правила использования водохранилищ (далее – ПИВ) для десяти водохранилищ Уральского региона, расположенных на малых и средних реках. Естественно, необходимо было провести гидрологические расчеты. В гидрологические расчеты входит определение основных гидрологических характеристик: годовой сток, внутригодовое распределение, максимальные и минимальные расходы и уровни воды заданной вероятности превышения. Для обеспечения дальнейшего согласования и принятия проектных документов, все эти расчеты должны быть произведены в строгом соответствии с нормативными документами по определению основных расчетных гидрологических характеристик.

И вот тут возникла проблема. Произвести корректные расчеты основных гидрологических характеристик для уральских рек по представленным в нормативных документах методам не представляется возможным, а введение новых способов расчета, новых физико-географических факторов, уточнений формул не утверждается согласующими организациями. Вывод: изменять, совершенствовать, корректировать нормативные документы. Далее обозначим ряд корректировок, использованных для завершения разработки ПИВ на малых реках Уральского региона. Заметим, что наши предложения по корректировке ограничены расчетами на уральских реках. Предлагаем подключиться к дискуссии гидрологов Сибири и Дальнего Востока.

Еще необходимо отметить, что номера пунктов, требующих корректировки, даны по последнему документу СП 529.1325800.2023, хотя и в двух предыдущих СП данные пункты излагались точно в такой же формулировке, изменилась только нумерация.

Пункты корректировки нормативных документов

1. Первая проблема – пространственная неоднородность большинства речных бассейнов от Урала до Тихоокеанского побережья. Она приводит к невозможности подобрать корректные реки–аналоги для малых и средних уральских рек в силу природных особенностей Уральских гор. Это, в принципе, основная и самая главная проблема всех гидрологических расчетов на Урале, поскольку, согласно всем СП, и старым, и новым[1,2] [1–4], и при недостаточности данных гидрометрических наблюдений, и при отсутствии данных гидрометрических наблюдений, расчеты всех характеристик производятся с использованием данных рек-аналогов (или рек однородного района).

Эта проблема не является недостатком или ошибкой разработчиков СП. Как уже отмечалось, во все СП[1,2] [1–4] вошли обобщенные формулы, выведенные исследователями в первой половине XX века (и вот уже более 60 лет они не меняются) по данным наблюдений на реках Северо-Западного, Центрального регионов и Днепровского бассейна. Гидрологические расчеты возникли, в принципе, для обеспечения безопасности строительства первых ГЭС – Днепрогэса и Волховстроя. Первые гидрометеорологические высшие учебные заведения в СССР возникли в Одессе, Москве и Ленинграде. Головное учреждение по гидрологии (ГГИ) тоже было в Ленинграде. Все ученые, занимающиеся гидрологическими исследованиями, были сосредоточены в Ленинграде, Москве, Одессе, Киеве. Таким образом, все методы расчетов разработаны по данным рек Восточно-Европейской равнины.

Для всех речных бассейнов Урала и, далее, Сибири и Дальнего Востока характерна очень существенная пространственная неоднородность и факторов подстилающей поверхности, и климатических факторов. Поэтому условия выбора рек-аналогов, перечисленные в п. 4.9 СП 529.1325800.2023, не являются достаточными для проведения корректных расчетов. Например, две соседние малые реки с одинаковыми площадями водосбора (287 км^2 – Куса-Магнитка и 277 км^2 – Большая Арша – Вознесенская, бассейн р. Ай, бассейн р. Уфы), протекающие в одном направлении, имеют асинхронность в максимальных расходах не только дождевых паводков, но и весеннего половодья. При этом, как было отмечено, условия выбора рек-аналогов

из[1,2] [1–4] полностью выполняются. И таких примеров – десятки, по рекам-аналогам всех десяти разрабатываемых проектов ПИВ.

Предложения по решению этой проблемы – при расчетах на неизученных реках для получения более-менее корректных результатов прибегать к построению районных зависимостей характеристик стока от физико-географических факторов для однородного района. Но и здесь есть свои проблемы: даже внутри одного речного бассейна средних размеров (до 30000 км^2) часто нет одной четко выраженной зависимости, приходится разделять посты одного водосбора на 5–6 более-менее однородных группировок со своими зависимостями, и встает вопрос – а к какой из групп отнести наш неизученный водосбор?

Выход – использование таких физико-географических факторов для построения районных зависимостей, которые дают однозначные, четко выраженные линии связи характеристик стока, даже если эти факторы не входят в перечень, приведенный в нормативных документах. Этот вопрос будет рассмотрен отдельно ниже по тексту.

2. Вторая проблема касается уже временной неоднородности гидрологических рядов. И она актуальна уже не только для Уральского региона или Сибири. На речных бассейнах рек Восточно-Европейской равнины также почти все гидрологические ряды неоднородны.

И это тоже не ошибка разработчиков первых СП. Когда разрабатывались первые Правила, ряды наблюдений имели продолжительность от 7 до 30 лет. А в настоящее время средняя продолжительность рядов наблюдений 70–80 лет (есть до 120 и более). Когда этот ряд делится на 2 группы по 30–40 лет, они тоже являются однородными. Но по коротким рядам некорректно определять расходы 0,1 или 0,01 % вероятности превышения. В принципе, еще в СП-33-101[1] использовались составные кривые, а в новом СП 529[2] добавлен еще один метод решения проблемы временной неоднородности через использование Байесовского подхода. Но почему-то так и не исчезла фраза «Определение расчетных гидрологических характеристик следует проводить по однородным рядам наблюдений» – первое предложение п. 4.6 СП 529. Все ряды не однородны, все гидрологи давно считают по неоднородным рядам, используя составные кривые распределения. Однако согласующие организации «заворачивают» проект, так как в Пояснительной записке приведена проверка на однородность, ряды не однородны, следовательно, в соответствии с 1-ым предложением п. 4.6 СП 529, расчеты не корректны.

Решение проблемы: убрать первое предложение п. 4.6 СП 529, заменить его на «Все ряды наблюдений должны быть проверены на однородность. В случае неоднородности ряда, использовать составные кривые распределения или Байесовский подход».

3. Проблема: Некорректность условий (6.1) из п. 6.1.6 СП 529, соблюдение которых необходимо при восстановлении ряда с использованием регрессионного анализа.

Выполнение всех 4 условий (6.1) из п. 6.1.6 СП 529 возможно только при использовании одного аналога, при двух предикторах минимальная длина совместного ряда наблюдений должна составлять 25–30 лет, при трех – более 40 и т.д. [5–6], иначе условие $k/\sigma_k \geq 2$ не может быть соблюдено. А, как уже отмечалось, несоблюдение условий приводит к несогласованию документа.

Решение проблемы – корректировка условий (6.1) из п. 6.1.6 СП 529.

4. В принципе, 4-ая проблема возникла при расчете условий (6.1) из п. 6.1.6 СП 529, однако она касается и других пунктов данного СП, поэтому ее выделили отдельно, как самостоятельную проблему.

Она заключается в том, что отсутствуют формулы по определению параметров из условий (6.1) из п. 6.1.6 СП 529. П. 6.1.4 СП 529 гласит: «При восстановлении значений стока за отдельные годы и расчете параметров и квантилей распределения необходимо проводить статистическую оценку значимости и устойчивости получаемых решений с определением случайных и систематических погрешностей в соответствии с п. 6.1.6», в котором как раз и приводятся условия (6.1). Но формул по расчету средних квадратических погрешностей

коэффициента корреляции и коэффициента регрессии в СП 529[2] не приводится, нет их и в Методических рекомендациях по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений, выпущенных ГГИ в 2009 г. [3]. Инженеры, разработчики проектов, изыскатели не владеют этой информацией. Нормативные документы по гидрологическим расчетам должны содержать в своем тексте формулы определения всех характеристик, так или иначе используемых в методах расчета, или ссылки на источники, где эти формулы можно найти.

5. Пятая проблема также касается восстановления ряда. Дело в том, что при разработке ПИВ необходимо восстановить погодичные значения среднегодовых расходов за 70–80 лет, даже если на данном водном объекте никогда не проводились гидрометрические наблюдения. Так вот, ни в одном из нормативных документов, давних, средней давности и новых, не предлагается ни одного метода по восстановлению ряда при полном отсутствии данных наблюдений. Пришлось самостоятельно разрабатывать подобные методы, апробировать их и выбирать лучший.

Решение проблемы – добавить в раздел 7 СП 529, где рассматриваются методы определения расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений, метод восстановления погодичных значений стока при отсутствии данных наблюдений.

6. Шестая проблема касается как раз набора физико-географических факторов, по которым строятся региональные зависимости характеристик стока, о которых упоминалось в изложении первой проблемы.

Как отмечалось выше, в связи с тем, что подбор аналогов для уральских рек очень затруднен, а при отсутствии наблюдений – невозможен, расчеты среднего многолетнего значения стока неисследованных рек определяют в соответствии с СП[1,2] [1, 4] по районным зависимостям стока от физико-географических факторов, установленным для изученных рек в районе исследования. Для равнинных рек – это, в первую очередь, площадь водосбора, для горных и полугорных рек – средняя высота водосбора. В Методических рекомендациях ГГИ [4] добавлены еще 14 факторов для средних рек и дополнительно 4 для малых рек. По нашему опыту в расчетах ПИВ для средних и малых уральских рек ни один из 18 факторов не показывает хорошие зависимости характеристик стока от них. Зато почти все стоковые характеристики имеют значимую зависимость (коэффициент аппроксимации 0,6–0,8) от географических координат центра тяжести водосбора. Однако в СП[1,2] [1, 3] данные физико-географические факторы не указываются, и при согласовании Росгидромет выставляет замечания о несоответствии методов расчета нормативным документам.

7. Седьмая проблема также вытекает из первой, поэтому в первой и было отмечено, что она основная и главная для рек Уральского региона. Пространственная неоднородность стоковых характеристик приводит к отсутствию однозначных зависимостей модуля максимального стока от площади водосбора даже в рамках одного речного бассейна. Отсюда возникает сложность с определением параметров формул расчета максимального стока из раздела 7 СП 529, и дождевого, и весеннего. В СНиП 2.01.14-83, вернее, в Пособии к нему, эти параметры были приведены в таблицах по природным зонам. В последних двух СП[1,2] предлагается самостоятельно строить зависимости вида $q_{1\%}=f(F)$ для нахождения параметров редукционной формулы. В Уральском регионе с этим возникли проблемы. Например, при рассмотрении всех постов наблюдений одного водосбора уральской реки средних размеров (около 30000 км^2) получаем 5 зависимостей вида $q_{1\%}=f(F)$ с параметром степени редукции от 0,15 до 0,40, однозначной связи нет. Возникает нерешаемый вопрос: какое значение параметра брать для расчетной реки, если на ней никогда не было наблюдений, и она равнозначно может быть отнесена к любой из групп с разными параметрами. А значение параметра меняет расчетный максимальный расход практически в 2 раза.

8. Из совокупного влияния первой и седьмой проблем, которое можно в общем виде

выразить как «существенная неоднородность процессов формирования стока даже внутри одного речного бассейна», вытекает восьмая проблема – расчет максимального расхода определенной вероятности превышения по редукционной формуле. О том, что редукционная формула не дает корректных расчетов для рек Сибири, писалось еще в 1980-х годах [7]. Вот и на Урале эта проблема тоже актуальна. В таблице 1 представлен расчет максимальных расходов разных обеспеченностей для р. Лысьвы в створе Лысьвенского гидроузла по редукционной формуле, представленной в СП[1,2] [1, 4] для расчетов при отсутствии данных наблюдений. Таблица 1 явно демонстрирует существенную разницу в значениях расчетных расходов, при этом все приведенные посты прошли проверку на соответствие условиям выбора аналогов.

9. Девятая проблема касается учета влияния карста на величину максимального и минимального обеспеченного расхода. СП 529.1325800.2023 предлагает вводить поправку на закарстованность только в среднемноголетний слой стока весеннего половодья. При этом вид зависимости для поправки на закарстованность не приводится, в отличие от других поправок. Однако, как показали исследования [8, 9], не менее важным является введение поправки при расчете максимального расхода по редукционной формуле, и при расчете минимального расхода, особенно зимней межени. При этом величина поправочного коэффициента зависит не столько от площади закарстованности, сколько от типа карста, распространенного на данном водосборе.

Таблица 1. Максимальные расходы весеннего половодья разных обеспеченностей для р. Лысьвы в створе Лысьвенского гидроузла, рассчитанные по редукционной формуле (7.9) СП 529.1325800.2023
Table 1. Maximum spring flood discharges of varying probability for the Lysva River at the Lysva Reservoir dam, calculated using the reduction formula (7.9) from CP 529.1325800.2023

Аналог	$Q_{0.01\%}$	$Q_{0.1\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$
Чусовая-Кын	515	458	363	287	228	178
Чусовая-Лямино	257	251	223	191	154	145
Вогулка-Шамары	306	263	204	165	111	99
Сылва-Шамары3130	391	201	158	175	120	98
Сылва-Шамары2160	289	257	207	163	132	130
Сылва-Подкаменное	363	312	244	186	136	120
Сылва-Сылвенск	234	218	189	152	112	100
Усьва-Усьва	206	202	173	144	111	99
Серебряная	191	185	162	134	109	103
Барда-Синюшата	274	236	181	138	101	80
Бабка-Балалы	209	186	148	123	88	82

Решение проблем №№ 6–9 может состоять в предоставлении больших возможностей для региональных подходов к расчету основных гидрологических характеристик, естественно, при обязательном их научном обосновании. Главное, чтобы это было указано в нормативном документе, чтобы согласующие организации не «заворачивали» проекты, аргументируя это несоответствием методам нормативных документов.

Таким образом, при проведении расчетов основных гидрологических характеристик на уральских реках с использованием СП 529.1325800.2023 проявились некоторые недостатки предлагаемых в СП методов расчета. Первая, и с седьмой по девятую проблемы связаны, возможно, с особенностями рельефа Уральских гор, и характерны только для уральских рек, хотя, судя по вопросам при докладах на конференциях, они актуальны и для территории Сибири и Дальнего Востока. Остальные пять проблем должны возникнуть у инженера-разработчика любого региона РФ при проведении расчетов характеристик гидрологического режима любых рек, даже на территории Восточно-Европейской равнины.

Литература / References

1. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат. 1984. 449 с.
2. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. СПб.: Изд-во Нестор-История, 2005. 103 с.
3. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. СПб.: Изд-во Нестор-История, 2007. 67 с.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. СПб.: Изд-во Нестор-История, 2009. 193 с.
5. Возняк А.А. Расчет годового стока в соответствии с нормативными документами по определению основных гидрологических характеристик // Сборник докладов X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов», г. Пермь, 29 мая – 1 июня 2025 г. С. 53–58.
6. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». СПб.: изд. РГГМУ. 2007. 279 с.
7. Комлев А.М. Особенности формирования стока малых рек и методы его оценки // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. Красноярск, изд. СибНИИГИМ. 1987. С. 81–85.
8. Возняк А.А. Влияние карста на максимальный сток рек Чусовой и Сылвы // Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Карст и пещеры. 2024», Пермь - Кунгур, 28 мая – 01 июня 2024 г. С. 25–31.
9. Возняк А.А. Гидрологический аспект влияния карста на Урале (на примере рек Чусовая и Сылва) // Материалы II Международной научно-практической конференции «Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества. Челябинск, 2021. С. 51–58.

Поступила в редакцию / Received 16.09.2025
Принята к публикации / Accepted 02.10.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Возняк Анна Анатольевна, кандидат географических наук, главный специалист, Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Камский филиал, доцент кафедры, Пермский государственный национальный исследовательский университет; старший научный сотрудник, Горный институт УрО РАН, г. Пермь, Россия, SPIN-код: 2436-8281, Author ID: 289675, Scopus ID: 57211202546, e-mail: aavoznyak@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Anna A. Wozniak, Ph.D. (Geography), Chief Specialist, Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Kama Branch; Associate Professor, Perm State University; Senior Researcher, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia, SPIN-code: 72436-8281, Author ID: 289675, Scopus ID: 57211202546, e-mail: aavoznyak@gmail.com.