

Расчеты гидрологических характеристик рек Московского региона при недостаточности исходных данных

Дмитрович П.Д., Самохин М.А., Школьный Д.И.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия
E-mail: gidromiha@mail.ru

Расчет гидрологических характеристик имеет важное научное и практическое значение, являясь необходимым разделом (в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий) при проектировании любых видов хозяйственной деятельности в пределах долин рек и временных водотоков. В частности, определение количественных параметров водного режима требуется при проектировании переходов линейных объектов (дорог, трубопроводов, кабелей ВОЛС, линий ЛЭП и т.д.) через водные преграды, оценке площадей затоплений территории, расчетах интенсивности русловых деформаций. Вместе с тем, определение гидрологических характеристик на участках рек, не освещенных данными наблюдений, является задачей, требующей наличия большого перечня исходных данных.

Систематизация учения о гидрологических расчетах максимального стока в России началась с работ Д.Л. Соколовского, С.Н. Крицкого, М.Ф. Менкеля, М.А. Великанова, Н.П. Чеботарева в довоенный период XX века. Первые государственные обобщения и нормы выпущены в 1966 году (СН 346-66). В развитие и дополнение этого СНиП были опубликованы научные работы В.М. Евстигнеева, А.В. Христофорова, Б.Ф. Перевозникова, А.В. Рождественского и др. С 2003 года основным нормативным документом, регламентирующим определение основных расчетных гидрологических характеристик, является свод правил (СП 33-101-2003) «Определение расчетных гидрологических характеристик», замещающий СНиП 2.01.14-83 года.

Действующий свод правил не включает существенных изменений в научно-методическую базу расчетов, однако содержит значительные ограничения в возможности использования существующих региональных обобщений. В своде правил указано, что *«региональные особенности гидрологического режима и соответствующие методы определения расчетных характеристик учитываются и регламентируются территориальными строительными нормами (ТСН), имеющими статус нормативного документа субъекта Российской Федерации. До разработки ТСН следует использовать методы, изложенные в настоящем Своде правил»*. Важность и необходимость разработки

ТСН многократно отмечалась на гидрологических семинарах и конференциях. Утвержденных действующих обобщений для Московского региона на данный момент нет.

Параллельно со Сводом правил действует не утративший силу СНиП 2.05.03-84 и пособие к нему ПМП-91, в котором регламентированы требования к расчетам гидрологических характеристик при проектировании автомобильных и железнодорожных мостов и водопропускных труб. Согласно ПМП-91: «Определение максимальных расходов воды весеннего половодья на водосборах с площадью до 20000 км² на Европейской и до 50000 км² на Азиатской территориях СССР следует производить согласно рекомендациям СНиП 2.01.14-83». Кроме того, в документе приведены дополнительные редуцированные эмпирические формулы, применяемые при расчетах максимальных расходов воды как весеннего половодья, так и дождевых паводков. Преимущества изложенных в этом документе формул заключается в ограниченных требованиях к исходным данным и широком использовании региональных редуцированных зависимостей. Однако, практика использования ПМП-91 в инженерных изысканиях в рамках проекта ЦКАД Московской области, свидетельствует о негативном отношении к предложенным формулам (в частности Союздорпроекта) специалистов Главгосэкспертизы. Ответ Главгосэкспертизы на запрос о регламентировании использования СП 33-101-2003 и ПМП-91 при расчетах гидрологических характеристик пересекаемых проектируемыми автодорогами рек не последовал. Таким образом, при проведении изысканий негласно соблюдается приоритет свода правил.

Согласно СП 33-101-2003 определение расчетных гидрологических характеристик должно основываться на данных гидрометеорологических наблюдений, имеющих в официальных документах Росгидромета, а также на данных наблюдений, содержащихся в архивах Госгидрометфонда, изыскательских, проектных и других организаций, включая опросы местных жителей. При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений в пункте проектирования необходимо проводить полевые гидрометеорологические изыскания с последующей обработкой полученных материалов в соответствии с Методическими рекомендациями, а также применять региональные методы определения расчетных гидрологических характеристик, основанных на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе исследований. Таким образом, для определения гидрологических характеристик в исследуемом створе реки необходимы исходные данные двух категорий:

- 1) гидроморфометрические характеристики реки и ее водосбора (площадь водосбора, длина водотока, средневзвешенный уклон водотока, средняя высота водосбора, относительная лесистость, заболоченность, озерность,

закарстованность, распаханность водосбора, характеристика типа почвогрунтов, средний уклон склонов водосбора, густота речной сети);

- 2) данные по створам-аналогам (ряд максимальных расходов воды и слоя стока весеннего половодья и максимальных расходов дождевых паводков)

В области определения гидроморфометрических параметров в последние десятилетия произошел существенный технологический прорыв, связанный с появлением в свободном доступе разноформатных пространственных данных (в том числе данных дистанционного зондирования). В настоящее время доступны цифровые модели рельефа ASTER и SRTM с пространственным разрешением до 15 метров, которые позволяют значительно оптимизировать определение основных характеристик водосборов (площадь, высота, уклон, густота русловой сети). Наличие в открытом доступе космических снимков высокого разрешения (в том числе многоканальных) позволяют получать точные и актуальные сведения о таких характеристиках подстилающей поверхности, как заболоченность, озерность и залесенность. Опубликованные крупномасштабные (1:10000, 1:25000, 1:50000) картографические материалы, как обзорно-топографические, так и тематические (например, карты почвенного покрова, растительности) так же позволяют автоматизировать определение параметров формирования стока. Кроме того современные инструменты ГИС-технологий позволяют существенно ускорить процессы расчёта путем использования пакетной обработки информации и скриптинга повторяющихся шагов. На современном этапе гидролог получает возможность получить нужные ему гидроморфометрические характеристики для выполнения расчетов, всего лишь задав граничные условия (например, координаты замыкающих створов).

Однако, исходные данные второй категории (фондовые материалы стационарного гидрологического мониторинга) в последнее время наоборот становятся менее доступными. В настоящее время для Московского региона (Верхневолжский бассейн) опубликованы и доступны в библиотечных фондах гидрологические ежегодники до 1992 года. Более свежие данные необходимо приобретать в областных ЦГМС. При этом стоимость гидрологической информации регламентируется на уровне субъекта федерации. Для Московской области стоимость «единицы гидрологической информации» (например, одного максимального расхода воды) по состоянию на 2012 год составляет 144 рубля. В Смоленской и Тверской области 218 руб., в Калужской, Рязанской и Ивановской 1 – 2 тыс. руб., а во Владимирской – 7 тыс. руб. Информация о слое стока весеннего половодья стоит существенно дороже. Продление рядов данных по одному гидрологическому посту за последние 20 лет стоит от 40 до 500 тыс. руб. в зависимости от региона. С учетом фактической ситуации требования СП 33-101-2003 о необходимости

построения региональных зависимостей, то есть привлечения информации по нескольким постам, для выполнения изысканий даже на одном водотоке становятся трудновыполнимыми с коммерческой точки зрения. В других регионах Российской Федерации данная проблема так же актуальна.

Некоторый сдвиг в области повышения степени доступности гидрологических данных появляется за счет инициативных проектов Федерального агентства водных ресурсов (waterinfo.ru) и частных объединений гидрологов (sur-base.ru). Однако внедрение в практику использования открытых баз данных в настоящее время не приветствуется на этапе проведения государственной экспертизы.

С учетом сложившейся ситуации авторами данной работы поставлена задача поэтапной подготовки автоматизированной системы расчета гидрологических характеристик на региональном уровне. Цель такой системы – попытка построения региональных гидрологических зависимостей в соответствии с требованиями действующих нормативов на территорию Московского региона на основе данных гидрологического мониторинга с привлечением инструментов пространственного анализа ГИС-технологий. Итогом работы предполагается обновление картографического приложения к СНиП 2.01.14-83 в пределах Московской и смежных областях.

Для выполнения данного исследования привлечены данные 49 постов-аналогов на незарегулированных реках, многозональные космические снимки, цифровая модель рельефа ASTER, векторные тематические карты (растительности, типа и механического состава почв, закарстованности и др.). Автоматизация в среде ГИС позволяет получать расчетные значения расходов воды, задавая лишь координаты створа изысканий.

В рамках данной работы выполнены исследования многолетних колебаний максимальных расходов воды. Анализ изменения пиковых расходов за последние 50 лет на незарегулированных реках Московского региона разных порядков (с площадью водосбора от 20 до 2900 км²) позволяет судить о едином тренде к уменьшению максимальных расходов (рисунок 1). Модульные коэффициенты максимальных расходов воды весеннего половодья (отношение максимального расхода в текущем году к среднемаксимальному расходу за период 1960 – 2011 гг.) уменьшаются по зависимости $K = 1,18e^{-0,01x}$, где x – порядковый номер года. Дисперсия всех исследуемых рядов так же имеет тенденцию к снижению. Генезис таких изменений в пределах территории ЕТР заключается, в частности, в смягчении климатических условий зимнего периода. Исследования межгодовой изменчивости максимальных расходов дождевых паводков так же свидетельствуют о нисходящем тренде, характерном для всего региона.

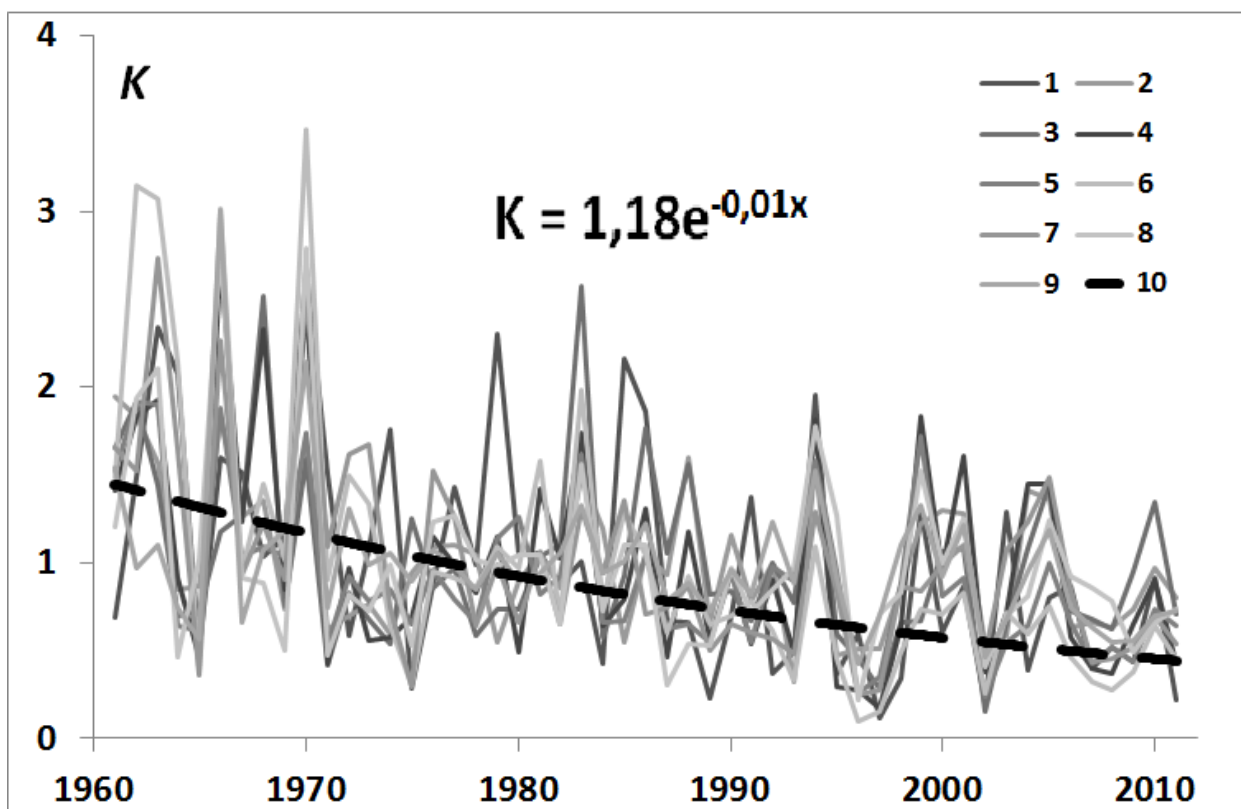


Рисунок 1. Изменение модульного коэффициента (K) на реках Московского региона для постов: 1. р. Осётр (Маркино); 2. р. Москва (Барсуки); 3. р. Лусянка (Черники); 4. р. Искона (Новинки); 5. р. Воря (Мишнево); 6. р. Медвенка (Б.Сареево); 7. р. Закса (Б.Сареево); 8. р. Нерская (Куровское); 9. р. Дубна (Вербилки); 10. линия тренда

В рамках исследования была так же поставлена задача расчета максимальных расходов воды обеспеченностью 1% для створов гидрологических постов за период наблюдений (до 2011 г) и за отдельный «базовый» период (1960 – 1990 гг.). Сравнение полученных расчетных величин позволило сделать вывод об уменьшении расчетных максимальных расходов воды на 5 – 30 % по сравнению с «базовым» периодом. Таким образом, одним из выводов исследования может быть предложение о рассмотрении научным и изыскательским сообществом возможности использования научнообоснованных региональных «базовых» периодов для расчета гидрологических характеристик (по аналогии с «базовыми» периодами, используемыми в ВМО). Данное исследование показывает, что расчеты максимальных расходов воды, выполненные на основе «базового» периода 1960 – 1990 гг., могут применяться при проведении предварительных изысканий (на стадии технико-экономических обоснований) и, возможно, для расчетов при низкой степени ответственности проектируемого сооружения.

На текущий момент коллектив авторов продолжает работу по верификации региональных карт расчетных гидрологических характеристик и анализу

пространственно-временной изменчивости стока рек Московского региона. Получены первые результаты по уточнению редуцированных коэффициентов максимального стока, проведено районирование коэффициентов вариации максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков. Однако сроки завершения работы зависят в первую очередь от темпов накопления информации по постам аналогам, замедленных вышеописанной особенностью рынка гидрологических данных.