

**Барабанова Т.С., Самохин М.А.**

*(Московский Государственный Университет им.*

*М.В.Ломоносова)*

### **Оценка изменения инженерно-гидрологических характеристик в среднем течении р. Ока под воздействием природных и техногенных факторов<sup>1</sup>**

Ока является одной из крупнейших незарегулированных рек Европы, вследствие чего характеризуется значительными амплитудами колебания уровней (12 м) и расходов воды (в г. Кашира за период инструментальных наблюдений расход воды изменялся в диапазоне от 30 м<sup>3</sup>/с до 16400 м<sup>3</sup>/с). Кроме того, для р. Оки характерны значимые тренды изменения расходов воды и отметок дна, что определяет формирование сложных закономерностей изменения характерных уровней воды. Данные условия определяют высокую степень сложности и стоимость инженерного освоения долины и русла реки. Оптимизация расходов на проектирование, строительство и эксплуатацию хозяйственных объектов возможна при детальном учете инженерно-гидрологических условий и их изменчивости во времени.

Целью данного исследования является оценка изменения максимальных уровней и расходов воды за многолетний период и влияние данных изменений на основные инженерно-гидрологические характеристики – максимальный расход воды 1%-ной обеспеченности ( $Q_{1\%}$ ) и максимальный уровень воды 1%-ной обеспеченности ( $H_{1\%}$ ). Реализация поставленной задачи опробована на локальной области бассейна Оки – на участке от г. Калуги до г. Коломны (выше впадения р. Москвы). Площадь водосбора на нижней границе данного участка составляет 74100 км<sup>2</sup>, длина реки – 701 км. На участке расположено 5 гидрологических постов с продолжительностью наблюдений 84 – 139 лет.

Основными факторами, влияющими на изменение значений максимальных расходов воды, являются: техногенное регулирование стока, преобразование подстилающей поверхности на водосборе, изменение климатических условий.

Сопоставление разновременного картографического материала (1871, 1941, 1986 гг.) и космических снимков 2010-ых годов свидетельствует о не существенном увеличении залесенности исследуемого водосбора (с 37 до 40 %). Заболоченность водосбора так же изменялась в узком диапазоне (1,6 – 1,8 %). В рамках исследования собрана и актуализирована информация по значимым прудам и водохранилищам в бассейне р. Ока. За исследуемый период (1870 – 2013 гг.) суммарная площадь акватории техногенных водоемов увеличилась менее чем на 100 км<sup>2</sup> (менее 0,15% площади водосбора). Таким образом, подтверждено предположение о не существенном влиянии изменения природного и техногенного регулирования стока на формирование максимальных расходов воды.

Наибольший вклад в изменение водного режима р. Ока вносят климатические факторы. В рамках исследования на основе репрезентативных метеостанций Коломна, Сухиничи, Москва-ВДНХ, Плавск был выполнен количественный анализ изменения погодноклиматических условий в пределах исследуемой части водосбора р. Ока. Подтверждены опубликованные тренды увеличения среднегодовой температуры воздуха на 1.5 – 3 °С (за период 1914 – 2014 гг.). На данных метеостанциях зафиксировано изменение среднемесячной температуры марта от отрицательной до близкой к 0 °С и даже положительной (м/с Плавск). С начала 1970-ых годов зимой могут наблюдаться частые оттепели и снеготаяние. В результате часть влагозапаса в снежном покрове срабатывается в зимний период, что приводит к меньшим объемам стока в период весеннего половодья. Статистическая обработка ряда дат пика весеннего половодья свидетельствует об изменении его среднего значения с 14 апреля (1880 – 1970 гг.) на 6 апреля (1971 – 2013 гг.), средняя дата начала половодья изменилась с 27 на 18 марта. Продолжительность периода ледостава уменьшилась на 18 суток.

Режим уровней воды зависит не только от изменения расходов воды, но и от морфометрических особенностей русла и долины реки,

воздействия ледовых явлений, неравномерности гидравлических сопротивлений, вертикальных и горизонтальных русловых деформаций. Большое значение для исследуемого участка р. Ока имеют дноуглубительные работы для улучшения условия судоходства и разработка карьеров для добычи песчано-гравийного материала. Искусственное увеличение глубины и площади поперечного сечения привело к снижению отметок дна, минимальных и даже максимальных уровней воды, изменению уклона водной поверхности. По данным К.М. Берковича среднее понижение дна на участке от Калуги до Коломны длиной 250 км за период 1937– 1991 гг. составило 1,9 м.

За период наблюдений максимальный расход воды наблюдался в диапазоне 830 – 16400 м<sup>3</sup>/с (г/п Кашира). График разностно-интегральной кривой имеет выпуклую форму с периодом роста с 1880 г. по 1953 г. и спадом с 1971 г. по настоящее время. В связи с отсутствием явных факторов нарушения условий формирования стока, была осуществлена проверка ряда наблюдений на однородность. По критериям Стьюдента, Фишера и Вилькоксона выявлена неоднородность рядов максимальных расходов воды по каждому посту. Согласно рекомендациям [Методические рекомендации..., 2011], был выделен однородный период с 1971 по 2013 гг.

Для периодов 1880 - 2013 гг. и 1972-2013 гг. проанализировано эмпирическое распределение максимальных расходов и уровней воды и подобрано 6 аналитических кривых. Расходы воды определенные по методу моментов (ММ), методу наименьших квадратов (МНК) и по усеченным кривым приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальные расчетные расходы и уровни воды 1%-ной обеспеченности полученные по аналитическим кривым для р. Ока – г. Калуга для разных типов распределения

Крицкого-Менкеля (ММ)	Крицкого-Менкеля (МНК)	Пирсона (ММ)	Пирсона (МНК)	усеченное Крицкого-Менкеля при Cs/Cv=4	усеченное Крицкого-Менкеля при Cs/Cv=6
Расход воды за период 1880 - 2013 гг.					
11600	12300	11600	12000	13300	13500
Расход воды за период 1971 - 2013 гг.					
5430	5590	5420	5450	5940	6100
Уровень воды за период 1880 - 2013 гг.					
1670	1690	1700	1700	1880	1950
Уровень воды за период 1971 - 2013 гг.					
1080	1110	1100	1090	1200	1240

По результатам расчетов выявлено, что для г/п р. Ока – г. Калуга  $Q_{1\%}$  за однородный период (1971 – 2013 г.) меньше, чем за весь период наблюдений (1880 – 2013 г.) в 2 раза, а  $H_{1\%}$  – меньше на 4,6 м. Для г/п р. Ока – г. Кашира получены сходные результаты:  $Q_{1\%}$  за однородный период меньше в 2,6 раза, а  $H_{1\%}$  – на 1,9 м. Для других гидрологических постов подтверждены аналогичные изменения. Роль направленных русловых деформаций в формировании расчетных максимальных уровней воды обеспеченностью 1% определена для исследуемых створов на основе гидравлических расчетов равной 0,25 – 0,50 м.

Выявлено, что разница в расчетных уровнях и расходах воды является значительной и при строительстве переходов инженерных коммуникаций через долину реки может определять на изменение стоимости выражающееся в сотнях миллионов рублей. Тем не менее, действующие нормативные документы в области инженерной гидрологии не дают четкого ответа для обоснования принимаемых значений.

Беркович К. М. Злотина Л.В., Турькин Л.А. Русловые процессы и использование природных ресурсов реки (на примере Оки) // География и природные ресурсы – 2015 – № 1 – С. 98–104

Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным.– С-Пб.: Изд-во Нестор-История, 2011.–с. 162.