

# ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА БАССЕЙНА РЕКИ ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.

Московский государственный университет природообустройства, Россия

В докладе рассматриваются методические подходы оценки изменения элементов водного баланса (ЭВБ) бассейна реки Волги за период XX-го столетия и дается их ретроспективный анализ с целью получения уравнения взаимосвязи речного стока с определяющими его климатическими факторами. Относительно простой вид наиболее распространенного четырехчленного уравнения водного баланса речного бассейна, включающего атмосферные осадки ( $P$ ), речной сток ( $R$ ), суммарное испарение ( $E$ ) и изменение бассейновых влагозапасов ( $\pm\Delta V$ ), на первый взгляд не предполагает каких-либо трудностей при его анализе, по крайней мере для годового отрезка времени. В действительности же это совсем не так, что обусловлено в первую очередь невозможностью прямой оценки суммарного испарения и бассейновых влагозапасов, особенно для крупных водосборов ( $10^4$ - $10^6$  км<sup>2</sup>). В данной работе рассматривается определение суммарного испарения и изменение бассейновых влагозапасов при заданных величинах годовых и сезонных значений атмосферных осадков и речного стока за многолетний период гидрометеорологических наблюдений. В соответствии с поставленной задачей разработана методика определения суммарного испарения с поверхности суши водосбора и изменение бассейновых влагозапасов в бассейне р. Волги. Предложенная методика позволила получить временные ряды (за 1914/1915 – 2000/2001гг.,  $n=87$  лет) основных элементов водного баланса (речной сток, атмосферные осадки, суммарное испарение и бассейновые влагозапасы) по 11 частным водосборам бассейна р. Волги и бассейну в целом за периоды половодья, межени и года. Разумеется, наличие столь длительных временных рядов позволило осуществить пространственно-временной анализ элементов водного баланса рассматриваемого бассейна. Дополнительно к традиционно рассматриваемым ЭВБ были определены также разности «осадки – сток» и «осадки – испарение». В результате мы располагаем 144 временными рядами ЭВБ длительностью 87 лет каждый для периодов половодья, межени и года в целом. Для этих рядов определены выборочные оценки основных статистических параметров (среднее значение, стандарт, коэффициент вариации, внутрирядные и межрядные связи и т.п.). Анализ автокорреляционной функции ЭВБ показал, что обнаруживается умеренная связь между водностью стока смежных лет, аналогичное положение наблюдается и в период меженного стока. К сожалению этого нельзя сказать в отношении атмосферных осадков. Также как и для речного стока обнаруживается умеренная связь между смежными

отрезками времени суммарного испарения и изменения бассейновых влагозапасов. Если рассматривать межрядные связи, то наиболее тесная обратная связь наблюдается между осадками и бассейновыми влагозапасами ( $r=-0,73\dots-0,97$ ), а прямая связь - между осадками и речным стоком ( $r=0,43\dots0,59$ ) в период половодья. Еще более тесная связь обнаруживается между осадками и стоком ( $r=0,55\dots0,70$ ), и между осадками и испарением ( $r=0,70\dots0,81$ ) в период межени.

Анализ корреляционной матрицы одноименных элементов водного баланса частных водосборов бассейна р. Волги показал наличие связи между стоком и эффективными осадками ( $P-E$ ), которая отчетливо проявляется в достаточно тесной взаимосвязи в годовом и сезонном разрезе (от  $r=0,61$  – для частного водосбора Камского вдхр до  $r=0,90$  для частного водосбора Куйбышевского вдхр). Данный анализ позволяет выбрать для оценки величин речного стока ( $R$ ), прежде всего «эффективные осадки» ( $P-E$ ), а также собственно атмосферные осадки ( $P$ ), суммарное испарение ( $E$ ) и температуру подстилающей поверхности ( $T$ ).

Для бассейна р. Волги в зоне формирования стока (до г. Волгограда) получены уравнения взаимосвязи речного стока с определяющими его климатическими факторами для периодов весеннего половодья, межени и года в целом:

а) Весеннее половодье

$$\Delta R_{ВПi} = 0,379 \Delta (P_{ВП} - E_{ВП})_i \quad (1)$$

$$\Delta R_{ВПi} = 0,235 \Delta P_{ВПi} - 1,146 \Delta E_{ВПi} \quad (2)$$

б) Межень

$$\Delta R_{Mi} = 0,399 \Delta (P_M - E_M)_i \quad (3)$$

$$\Delta R_{Mi} = 0,518 \Delta P_{Mi} - 0,766 \Delta E_{Mi} \quad (4)$$

в) Год

$$\Delta R_{Гi} = 0,086 \Delta P_{Гi} - 0,138 \Delta E_{Гi} \quad (5)$$

$$\Delta R_{Гi} = 0,130 \Delta (P_{Г} - E_{Г})_i \quad (6)$$

$$\Delta R_{Гi} = 0,022 \Delta P_{Гi} - 9,041 \Delta T_{Гi} \quad (7)$$

$$\Delta R_{Гi} = -0,067 \Delta E_{Гi} - 5,916 \Delta T_{Гi} \quad (8)$$

В уравнениях (1) и (8) все ЭВБ даны в виде их ежегодных отклонений от среднемноголетних значений. И, таким образом, расчетные величины стока за тот или иной период будут равны

$$R_i = R_{cp} + \Delta R_i \quad (9)$$

Полученные уравнения взаимосвязи создают возможность достоверной оценки стока р. Волги в первой половине XXI века с использованием различных сценариев климата, полученных по моделям общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО).