

УДК 502/504:556.1:519.233.5

**З. К. ИОФИН**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вологодский государственный технический университет»

**ЛИНЕЙНО-КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ  
КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
ВОДНО-БАЛАНСОВЫХ ПАРАМЕТРОВ\***

*Рассмотрены возможности линейно-корреляционной модели. Как пример вычисляется величина инфильтрации, которая сопоставляется с данными экспериментальных бассейнов водно-балансовых станций (ВБС).*

*Линейно-корреляционная модель водного баланса, впитывание, потери на спаде стока, суммарное испарение, инфильтрация.*

*There are considered possibilities of the linear-correlation model, as an example, an infiltration value is calculated which is compared with the data of experimental basins of water balance stations (WBS).*

*Linearly-correlation model of water balance, absorption, loss at the trailing edge flow, evapotranspiration, infiltration.*

Современная экономика основана на широком применении воды, получении электроэнергии и ее использовании промышленностью, сельским хозяйством, коммунально-бытовыми организациями, водным транспортом. В количественном отношении потребление воды превышает суммарное использование всех иных природных ресурсов.

На современном этапе серьезной задачей является совершенствование методологии количественного определения водных ресурсов в пределах определенной территории.

Возобновляемые водные ресурсы оценивают с помощью трехчленного уравнения водного баланса (осадки, сток, испарение), к которому, по мнению автора, имеются серьезные претензии по части точности определения некоторых параметров. Если применять трехчленное уравнение, то непонятно, как формируется слой испарения с поверхности речного бассейна. При трехчленном уравнении водного баланса в величину испарения при ее определении по разности атмосферных осадков и стока с речного бассейна включается впитыва-

ние на всех этапах формирования стока и инфильтрация. Процессы впитывания и инфильтрации, как известно, взаимосвязаны: при предельной полевой влагоемкости возникает инфильтрация. Таким образом, в трехчленном уравнении исчерпывающе не учитываются все водно-балансовые элементы и, как следствие, водообеспеченность территорий определяется неточно. Кроме этого, у многих авторов уравнение водного баланса замыкается на невязку, что ставит уравнение в разряд отражающих увлажнение водосбора, а не водный баланс.

Автором статьи сделана попытка уточнить структуру уравнения водного баланса территорий Вологодской области и получить экспериментальные зависимости по определению ресурсов речного стока для всей территории Вологодской области.

В процессе экспериментальных исследований использовались гидрологические наблюдения по 72 пунктам и 17 метеостанциям Вологодской области. Объективная оценка всех составляющих уравнения водного баланса выполнена на основе анализа многолетних колебаний речного стока и атмосферных осадков. По линейно-корреляционной модели определены водно-балансовые составляющие: впитывание в почву, суммарное испарение, инфильтрация в

\* Работа выполнена за счет средств Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг., в рамках реализации мероприятий №1.2.2 Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук».

подземные воды, поверхностное задержание на водосборе, испарение с водной поверхности, потери на спаде стока, влажность почвы.\* Все параметры определены для среднемноголетних условий и годового периода (таблица). Использование этой модели основано на анализе корреляционных графиков зависимости стока от атмосферных осадков, по которым вычис-

ляются водно-балансовые элементы.

Средняя величина впитывания за период эксперимента определялась величиной отрезка  $b$ , отсекаемого на оси ординат указанной корреляционной зависимости. Аналитическое выражение водно-балансовых составляющих зависит от знака  $b$ : при отрицательном знаке – подвешенный склоновый сток, при положительном – противоположное явление – аккумуляция стока на водосборе и внутрипочвенный подпертый сток.

Данная модель была применена на

**Результат использования модели для вычисления водно-балансовых составляющих на реках России**

Река – створ	$F, \text{км}^2$	Период наблюдения, дни	$Y_{\text{набл}}, \text{мм}$	$P_{\text{набл}}, \text{мм}$	$E_{\text{набл}}, \text{мм}$	$U_{\text{набл}}, \text{мм}$	Ошибка
<b>Подмосковная ВБС</b>							
Медвенка – Лапино	10	63	179	674	384	111	0,14
Медвенка – выше устья реки Закзы	21,5	63	193	674	302	179	0,10
Река Медвенка – ниже устья реки Закзы	40	63	213	674	276	185	0,02
Лог Лызлово	1,76	63	73	674	382	219	0,08
Лог Кулибин	0,44	50	42	573	344	187	0,06
Ручей Прогоны	0,8	63	92	573	302	179	0,05
Лог Полевой	0,11	62	94	573	348	131	0,00
Лог Лесной	0,066	50	33	573	454	86	0,01
							<b>0,06</b>
<b>Приморская ВБС</b>							
Река Комаровка – Комаровский	60,3	38	322	796	388	86	0,12
Река Комаровка – Центральный	157	38	300	745	381	64	0,10
Река Комаровка – Садовый	395	47	265	726	347	114	0,23
Река Комаровка – Сахарный завод	616	47	242	595	311	42	0,21
Река Комаровская Падь – Егерьский	24	38	357	775	324	94	0,16
Река Волха – Верхний	17,6	38	412	775	270	93	0,23
Река Волха – Нижний	69,5	38	365	775	308	102	0,28
Река Учхозный Ключ – Дальний	36,2	38	434	775	263	78	0,22
Река Семеновская Падь – Доковский	5,64	38	304	778	428	46	0,17
Река Барсуковка – Лесничий	36,8	38	250	741	412	79	0,15
Река Ключ Студеный – Пионерский	2,44	38	163	664	390	111	0,14
Река Глуховка – Мостовой	31,1	47	117	636	435	84	0,13
Лог Луговой – Луговой	0,28	43	181	648	429	38	0,66
Река Раковка – Боголюбовский	126	38	109	648	405	134	0,10
Река Раковка – Раковский	198	47	164	627	377	86	0,02
Река Раковка – Опытный	755	47	108	610	373	129	0,10
Река Каменка – Каменский	31,2	47	298	775	321	156	0,10
Река Михайловка – Михайловский	123	38	72	562	371	119	0,03
Река Бакарьевка – Дубинский	47,5	47	56	598	419	123	0,07
Река Репьевка – Воздвиженский	154	38	43	570	476	51	0,07
Среднее значение по станции			<b>228</b>	<b>691</b>			<b>0,17</b>
<b>Нижедевицкая ВБС</b>							
Река Девица	76	40	118	504	115	271	0,04
Река Девица – Товарня	103	40	138	504	113	253	0,02
Лог Барсук	10,7	40	44	522	399	79	0,08
Лог Круглый	0,83	40	36	606	459	111	0,06
Лог Медвежий	2,55	40	35	600	474	91	0,26
Лог Ивкин	0,5	40	37	607	471	99	0,06
Ручей Ясенок	21,7	40	107	585	183	295	0,00
Лог Барский	3,16	40	45	582	426	111	0,12
Лог Татьянин	0,18	40	88	504	364	52	1,65
Лог Малютка	0,05	40	65	527	398	64	0,06
Лог Вершинин	0,45	40	65	585	438	82	0,03
							<b>0,22</b>

реках Кубы, затем на реках России: на экспериментальных водосборах Подмосковной, Нижнедевицкой и Приморской стоковых станций. Результаты использования модели для вычисления водно-балансовых составляющих на реках России приведены в таблице. Для примера сопоставим вычисленные по линейно-корреляционной модели и наблюдаемые на водно-балансовых станциях значения, например инфильтрации.

Как следует из приведенных данных, средняя ошибка вычисления инфильтрации по линейно-корреляционной модели составляет 15 %. Это удовлетворительный результат.

Материал поступил в редакцию 15.02.11.  
**Иофин Зиновий Константинович**, кандидат географических наук, доцент кафедры «Комплексное использование и охрана природных ресурсов»  
 E-mail: pirit35@yandex.ru

УДК 502/504:532.542

**А. И. ЕСИН**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ВОДОСБРОСНОГО СООРУЖЕНИЯ ПО СХЕМЕ ИСТЕЧЕНИЯ ИЗ-ПОД ЩИТА

*Исследуется пропускная способность водосбросного сооружения Варфоломеевского гидроузла, работающего по схеме истечения из-под плоского вертикального щита. При значительном относительном открытии щита схема истечения трансформируется в схему истечения через водослив с широким порогом. Проведено математическое моделирование пропускной способности водосбросного сооружения.*

*Пропускная способность, водосбросное сооружение, Варфоломеевский гидроузел, математическое моделирование пропускной способности водосбросного сооружения.*

*There is investigated a spillway capacity of the Varfolomeevskij hydraulic unit which operates according to the scheme of water outflow from under a flat vertical gate. Under a significant gate opening the outflow scheme is transformed into a scheme of outflow through a flat-crested weir. Mathematical simulation of the spillway capacity was carried out.*

*Capacity, spillway, weir, Varfolomeevskij hydraulic unit, mathematical simulation of the spillway capacity.*

Отверстия водопропускных и водосбросных сооружений обычно перекрывают затворами (плоскими одиночными или сдвоенными, вертикальными или наклонными и др.). Поднимая затворы на определенную высоту, через отверстие можно пропускать необходимые объемы воды. Отверстия, которые перекрывают затворами, обычно имеют прямоугольное сечение [1].

Водосбросное сооружение Варфоломеевского гидроузла работает по схеме истечения из-под плоского вертикального щита (рис. 1).

Анализ гидравлических параметров сооружения показал, что сопряжение бьефов происходит в донном режиме по типу отогнанного гидравлического прыжка, т.е. при свободном истечении (см. рис. 1а).