

**ЛИНЕЙНО-КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ
ВОДНОГО БАЛАНСА****LINEAR-CORRELATION MODEL OF WATER BALANCE**

В статье рассматривается сравнение оценок водно-балансовых элементов, вычисленных по методу линейно-корреляционной модели водного баланса и измеренных на водно-балансовых станциях. Результаты сравнения показали хорошую сходимость вычисленных и измеренных значений. Сравнению подверглись инфильтрация, суммарное испарение, испарение с водной поверхности, влажность почв, запасы воды в почве. Такой набор параметров водного баланса позволяет решать ряд практических задач. При этом других способов аналитической оценки указанных параметров в настоящее время просто не существует.

The article deals with the comparison of the values which are estimated with the help of the linear-correlation pattern of water balance and those which are observed at water balance stations of water balance elements. The results of the comparison show some closeness of the estimated and observed values. The following parameters are compared: infiltration, three types of soil absorption at different stages of the runoff formation, total evaporation, water surface evaporation, layer of surface detention in the catchment area, soil moisture, water storage in the soil. These parameters of water balance make it possible to decide a number of practical problems. Whereas there are no other methods of analytical estimation of the mentioned parameters at the present time.

Ключевые слова: линейно-корреляционная модель водного баланса, впитывание в почву, поверхностное задержание на водосборе, инфильтрация, суммарное испарение, испарение с водной поверхности.

Key words: linear-correlation pattern of water balance, soil absorption, surface detention in the catchment area, infiltration, total evaporation, water surface evaporation.

Введение

Имея в виду, что теоретические предпосылки должны подвергаться экспериментальным испытаниям, в работе для оценки точности вычисленных значений водно-балансовых параметров использованы данные измерений на водно-балансовых станциях. Оценка точности выполнена как по каждому из элементов, определяемых по линейно-корреляционной модели, так и в целом для водного баланса рек водно-балансовых станций.

Материалы и методы

В качестве материалов в статье используются экспериментальные данные наблюдений на водно-балансовых станциях России: Валдайского филиала ГГИ, Нижнедевицкой, Подмосковной, Приморской.

Методы, используемые в работе, представлены методом сравнения, когда вычисленные водно-балансовые величины сравниваются по абсолютной величине с экспериментальными данными. При этом для вычисления используется метод ЛКМ. Таким образом, возникает необходимость в пояснении основных принципов и используемых зависимостей, входящих в ЛКМ.

ЛКМ строится на философском утверждении перехода количественных изменений в качественные. То есть атмосферные осадки, выпадающие на водосбор, при их количественном изменении переходят в новое качество — речной сток. При этом величина речного стока отличается от величины атмосферных осадков, выпадающих на водосбор, величиной потерь. На этом свой-

стве основывается ЛКМ. Представляется важным оценить не только теоретические предпосылки ЛКМ, но и возможность их практического применения.

Результаты и их обсуждение

Оценку возможной применимости ЛКМ в практических целях выполним по каждому члену уравнения

$$P = Y + E + U. \quad (1)$$

Следует, однако, заметить, что непосредственно величины впитывания в почву, составляющие суммарное испарение, на стоковых станциях не измеряются. Поэтому вместо слоя впитывания в почву рассмотрим влажность почв и запасы воды в почве, для расчетов которых используется слой впитывания.

Влажность почв и запасы влаги в почве

Использование слоя впитывания для определения величины влажности почвы в дальнейшем состоит в том, чтобы определить по нему тот слой, в который проникает впитавшаяся влага в почву. На первый взгляд то количество влаги, которое впитала почва слоем R , и есть влажность почв. Однако согласно (2) эта влага распределяется в почве слоем большим, чем R , и отсюда влажность уменьшается за счет увеличения слоя распространения влаги h_R :

$$h_R = \frac{R}{P}, \text{ мм.} \quad (2)$$

где h_R — слой почвы, на который проникает влага по порам от слоя впитывания, мм;

R — слой впитывания, мм;

P — порозность почвы, в долях единицы.

Среди видов почвенной влаги может существовать капиллярно-подвешенная влага. Вероятно, слой почвы между капиллярной влагой и сухой почвой, до которой атмосферные осадки не просочились, может быть назван капиллярной каймой. Ведь капиллярная влага передвигается во всех направлениях. Тогда разность между $k_v = h_R - R$ может быть отнесена к капиллярной кайме. Для оценки влажности почв и запасов влаги в почве воспользуемся данными измерений и наблюдений на водно-балансовых станциях. Это Нижнедевицкая стоковая станция (Воронежская область), Подмосковная станция, расположенная в Московской области, Валдайский филиал ГТИ в Новгородской области. По Нижнедевицкой стоковой станции использованы данные по водосборам р. Девицы, руч. Ясенюк, логом Барский и Вершинин. По Подмосковной стоковой станции использованы данные по водосборам р. Медвенки, логов Прогоны и Лесного, по Валдайскому филиалу — руч. Архиерейский и лога Синяя Гнилка. Характеристики этих водосборов приведены в табл. 1.

На основе данных многолетних наблюдений за речным стоком и атмосферными осадками по пунктам наблюдений, приведенным в табл. 1, было выполнено построение корреляционных графиков зависимости среднегодового стока от атмосферных осадков за год. Выполнены вычисления корреляционных характеристик и водно-балансовых параметров. Для этого использованы фондовые материалы наблюдений среднегодовых значений указанных характеристик на водно-балансовых станциях.

Необходимо отметить, что для каждого водосбора, использованного в расчетах, в осреднение попало сравнительно большое количество точек на каждом водосборе. Всего в оценке влажности почв на всех 9 водосборах приняли участие более 200 точек за каждый год. За использованный период наблюдений привлечена информация более чем 2 тыс. точек отбора проб грунта на влажность и запасы влаги.

Таблица 1

Характеристика водосборов, использованных для оценки увлажненности

№ п/п	Река-пункт	Площадь водосбора, F , км ²	Уравнение регрессии речного стока от атмосферных осадков	Слой впитывания, R , мм	Использованный период наблюдений
1	р. Девица	76,0	$Y = 0,31x - 35,7$	115	1966–1980
2	лог Барский	3,16	$Y = 0,32x - 136$	426	1966–1980
3	руч. Ясенок	21,7	$Y = 0,27x - 49,4$	183	1966–1980
4	лог Вершинин	0,45	$Y = 0,46x - 202$	438	1966–1980
5	р. Медвенка-дер. Лапино	10,0	$Y = 0,66x - 254$	384	1964–1979
6	лог Прогоны	0,80	$Y = 0,37x - 112$	302	1960–1979
7	лог Лесной	0,066	$Y = 0,29x - 131$	454	1960–1979
8	руч. Архиерейский	2,67	$Y = 0,60x - 132$	221	1957–1987
9	лог Синяя Гнилка	0,015	$Y = 0,89x - 417$	468	1957–1987

Как известно, влажность почвы — это отношение объема воды, содержащегося в почве, к объему абсолютно сухой почвы, выраженное в процентах. Поэтому, зная слой, в который проникает влага в почве, можно определить для этого слоя объем почвы с учетом воды в ней:

$$m_R = h_R^3 = (R + k_v)^3, \text{ см}^3. \quad (3)$$

Объем воды в почве определим по слою впитывания R :

$$m_V = R^3, \text{ см}^3. \quad (4)$$

Тогда масса сухой почвы в слое h_R определится как

$$m_S = m_R - m_V = h_R^3 - R^3 = (R + k_v)^3 - R^3, \text{ см}^3. \quad (5)$$

Влажность почвы по полученным данным можно вычислить по соотношению

$$V_{\text{выч}} = \frac{m_V}{m_S} = \frac{R^3}{h_R^3 - R^3} = \frac{R^3}{(R + k_v)^3 - R^3}. \quad (6)$$

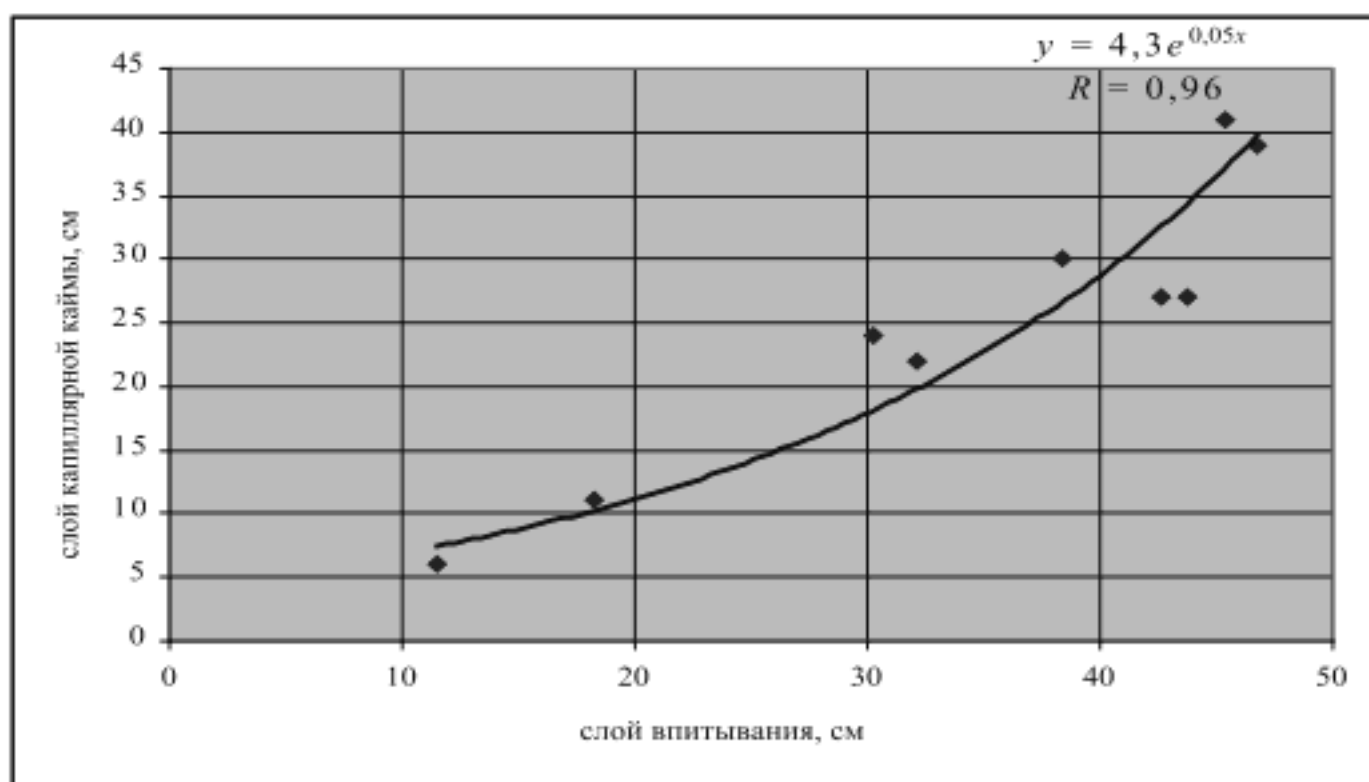
Исходя из приведенных рассуждений, выполним вычисления объемов влаги m_R в почве по слою R и соответственно объемов почвы m_S по слою h_R и, наконец, влажности почвы по зависимости (6). Выполненные вычисления влажности по зависимости (6) $V_{\text{выч}}$ показывают (табл. 2), что имеет место некоторое различие в вычисленных и измеренных величинах. Средняя ошибка в вычисленных и измеренных величинах влажности почв не превышает 14,4 %. Если сравнить эту ошибку с принятой точностью инструментального определения влажности почвы [3], составляющей 5–7 %, то полученная нами точность может быть отнесена к удовлетворительной.

Представляется, что ошибки, полученные при сопоставлении вычисленной и измеренной влажности, имеют многофакторную основу и, вполне возможно, связаны с условиями формирования капиллярной каймы. При этом слой впитывания в свою очередь косвенно является показателем влияния на капиллярную кайму многих физических и водно-физических свойств почвы. На рис. 1 показана ориентировочная зависимость слоя капиллярной каймы от слоя впитывания для небольшой группы водосборов рек с определенными почвенными разностями.

Таблица 2

Вычисление точности оценки влажности почвы и слоя капиллярной каймы

Река-пункт	Порозность, P	Слой впитывания, R , см	Слой впитывания с капиллярной каймой, $h_k = R + k_p$, см	Слой капиллярной каймы, k_p , см	Измеренная влажность, $V_{поверх}$, %	Объем воды в почве, m_p , см ³	Объем сухой почвы, m_s , см ³	Вычисленная влажность, $V_{числ}$, %	Ошибка вычисления влажности почв, %
р. Девица	0,60	11,5	18	6	36,6	1521	5832	35,3	3,6
лог Барский	0,58	18,3	29	12	36,1	6128	27 000	29,4	18,7
руч. Ясенок	0,62	42,6	71	26	29,8	77 309	328 509	30,8	3,3
лог Вершинин	0,64	43,8	70	24	30,5	84 028	314 432	36,5	15,8
р. Медвенка- дер. Лапино	0,48	38,4	65	34	21,1	56 623	373 248	17,9	15,1
лог Прогоны	0,47	30,2	51	28	21,6	27 544	195 112	16,4	23,7
лог Лесной	0,50	45,4	74	42	20,8	93 577	658 503	16,6	20,5
руч. Архиерейский	0,63	46,8	82	35	19,2	102 503	448 865	23,0	15,8
лог Синяя Гнилка	0,62	22,1	41	20	14,6	10 794	63 294	17,0	13,1
<i>среднее</i>									14,4

Рис. 1. Зависимость слоя капиллярной каймы k_p от слоя впитывания в почву R

Вероятно, при использовании более разнообразных природных условий, выраженных в почвенных характеристиках, указанная зависимость может быть представлена серией линий. При этом каждая из линий должна будет относиться к определенному типу почв и их гранулометрическому составу.

Зависимость, представленная на рис. 1, безусловно ориентировочная, так как построена по недостаточному количеству точек и при незначительном охвате генетических типов почв и их гранулометрического состава. С накоплением данных график может быть откорректирован.

По поводу размеров капиллярной каймы в литературе информации недостаточно.

Единственный источник, в котором мы встретили размеры этого слоя, — это монография А. А. Роде [4]. В монографии приводятся экспериментальные данные С. И. Долгова. По этим данным слой капиллярной каймы изменяется от 41 см с размером зерен в гранулометрическом составе 0,1–0,25 мм до 5 см при размере зерен 1–2 мм. Как следует из наших вычислений, размер капиллярной каймы имеет примерно такие же значения. Причем, по нашему мнению, размер капиллярной каймы удобнее выражать через слой впитывания.

По известной влажности почв V , ее объемной массе β и слою, для которого вычисляется запас влаги, вычисление запасов воды в почве не вызывает затруднений:

$$h = 0,1 \cdot \beta \cdot V \cdot \delta. \quad (7)$$

Выполним оценку запасов воды в почве на водосборах приведенных выше водно-балансовых станций. Вычисления приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вычисление запасов влаги в почве

Река, лог	Объемная масса, г/см ³	Вычисленная влажность почв, %	Вычисленный запас влаги в почве, мм	Измеренный запас влаги в почве на 1 см глубины, мм	Ошибка вычисления, %
р. Девица	1,10	35,3	194	201	3,5
лог Барский	1,10	29,4	161	197	18,6
руч. Ясенок	1,05	30,8	162	156	3,3
лог Вершинин	0,97	36,5	177	148	13,4
р. Медвенка-дер. Лапино	1,53	17,9	137	161	13,4
лог Прогоны	1,58	16,4	130	170	25,0
лог Лесной	1,53	16,6	159	127	18,5
руч. Архиерейский	1,35	23,0	61,6	62,1	0,7
лог Синяя Гнилка	1,34	17,0	45,7	50,1	8,8
<i>среднее</i>					11,7

Как следует из результатов расчетов, средняя ошибка вычисления запасов влаги в почве для территорий, соизмеримых с административными областями или речными водосборами, не превышает 12 %. Максимальная ошибка составляет 25,0 %, минимальная — 0,7 %.

Суммарное испарение

Дополнительно к выполненному сравнению вычисленных и измеренных запасов влаги в почве интересно получить ошибку вычисления по ЛКМ суммарного испарения.

По данным наблюдений на водно-балансовых станциях за суммарным испарением выполнено сравнение вычисленных по ЛКМ и измеренных величин. Данные сопоставлений, вычисленных

по линейно-корреляционной модели и измеренных величин суммарного испарения, приведены в табл. 4. Как следует из вычислений, ошибка определения суммарного испарения по линейно-корреляционной модели минимальна и составляет 2 %, поэтому метод может быть использован при решении практических задач.

Испарение с водной поверхности

Располагая значениями суммарного испарения E , интересно оценить величину испаряемости $E_{\text{м}}$, хотя непосредственно слой испарения с водной поверхности не входит в уравнение (1).

Если обратиться к балансовым соображениям испарения с водной поверхности, то, располагая значениями испарения с суши, можно подойти к оценке испаряемости. В частности, А. Н. Бекфани [5] в одной из формул по учету влияния озёрности на норму стока вводит понятие коэффициента избыточного испарения:

$$k_c = \frac{E_{\text{м}} - E_c}{Y}, \quad (8)$$

где $E_{\text{м}}$ — испарение с водной поверхности; E_c — испарение с суши; Y — норма стока.

Из уравнения (8) мы получили уравнение прямой, из которой по данным суммарного испарения E_c и слоя речного стока Y , мы легко получили слой испарения с водной поверхности, или испаряемость $E_{\text{м}}$.

$$Y * k_c = E_{\text{м}} - E_c, \quad (9)$$

а

$$E_{\text{м}} = E_c - Yk_c. \quad (10)$$

Для определения параметра уравнения k_c построен график связи $E_c = f(Y)$, приведенный на рис. 2. Отсюда, располагая всеми параметрами уравнения (10), вычислим значение испарения с водной поверхности.

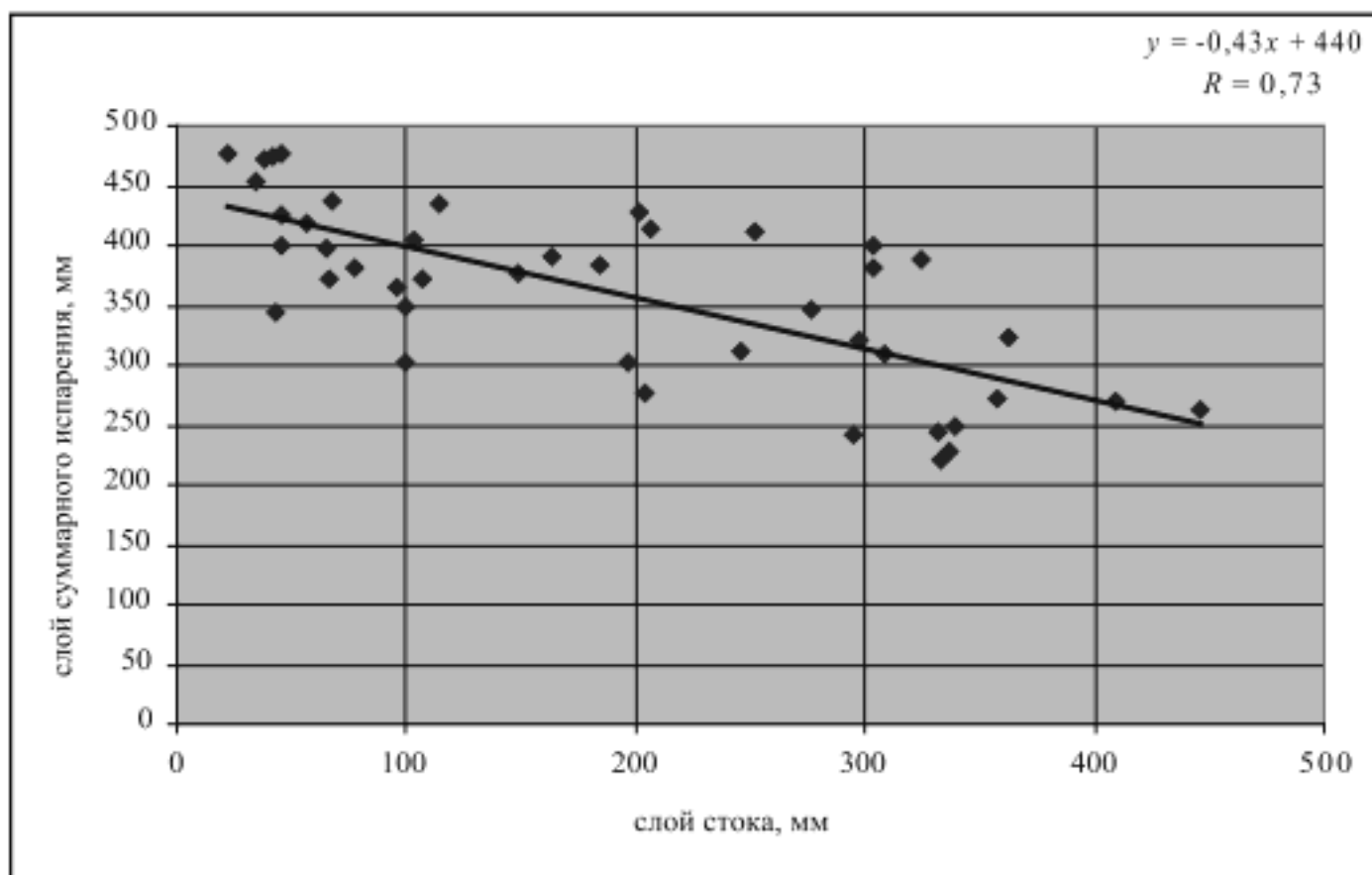


Рис. 2. Зависимость слоя суммарного испарения от слоя речного стока

Таблица 4

Данные по сопоставлению измеренных и вычисленных по линейно-корреляционной модели (ЛКМ) значений водно-балансовых элементов

Река-створ	$F, \text{ км}^2$	Период наблюдения	Наблюденные значения, мм			Вычисленные значения суммарного испарения по линейно-корреляционной модели, мм	Инфильтрация, мм, вычисленная по линейно-корреляционной модели	Ошибка вычисления испарения по линейно-корреляционной модели, %	
			$Y_{\text{набл.}}$	$P_{\text{набл.}}$	$E_{\text{набл.}}$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Подмосковная ВБС									
р. Медвенка-дер. Лапино	10	63	179	674		384	95	2,6	
р. Медвенка — выше устья Закзы	21,5	63	193	674		302	161		
р. Медвенка — ниже устья р. Закзы	40	63	213	674		276	181		
лог Лызлово	1,76	63	73	674	340	382	201		
лог Кулибин	0,44	50	42	573		344	198		
руч. Прогоны	0,8	63	92	573		302	170		
лог Полевой	0,11	62	94	573		348	131		
лог Лесной	0,066	50	33	573		454	85		
Среднее значение по станции			115	624	340	349	153		2,6

Таблица 4
(Продолжение)

Приморская ВБС										
р. Комаровка–Комаровский	60,3	38	322	796	388	76				
р. Комаровка–Центральный	157	38	300	745	381	58				
р. Комаровка–Садовый	395	47	265	726	347	88				
р. Комаровка–Сахарный завод	616	47	242	595	311	34				
р. Комаровская Падь–Егерьский	24	38	357	775	324	79				
р. Волха–Верхний	17,6	38	412	775	270	72				
р. Волха–Нижний	69,5	38	365	775	308	73				
р. Учхозный Ключ–Дальний	36,2	38	434	775	263	61				
р. Семеновская Падь–Доковский	5,64	38	304	778	428	38				
р. Барсуковка–Лесничий	36,8	38	250	741	412	67				
р. Ключ Студеный–Пионерский	2,44	38	163	664	390	96				
р. Глуховка–Мостовой	31,1	47	117	636	435	73				
лог Луговой–Луговой	0,28	43	181	648	429	13				
р. Раковка–Боголюбовский	126	38	109	648	405	148				
р. Раковка–Раковский	198	47	164	627	377	88				
р. Раковка–Опытный	755	47	108	610	321	116				
р. Каменка–Каменский	31,2	47	298	775	371	140				
р. Михайловка–Михайловский	123	38	72	562	419	123				
р. Бакарьевка–Дубинский	47,5	47	56	598	476	115				
р. Репьевка–Воздвиженский	154	38	43	570	373	141				
Среднее значение по станции			228	691	386	85				
					371	1,3				

Таблица 4
(Продолжение)

Нижедевичская ВБС									
р. Девица	76	40	118	504	115	282			
р. Девица – Товарня	103	40	138	504	113	258			
лог Барсук	10,7	40	44	522	399	85			
лог Круглый	0,83	40	36	606	459	105			
лог Медвежий	2,55	40	35	600	474	114			
лог Ивкин	0,5	40	37	607	471	93			3,9
руч. Ясенок	21,7	40	107	585	183	295			
лог Барский	3,16	40	45	582	426	97			
лог Татьяна	0,18	40	88	504	364	138			
лог Малютка	0,05	40	65	527	398	68			
лог Вершинин	0,45	40	65	585	438	79			
Среднее значение по станции			71	557	366	147			3,9

Таблица 4
(Окончание)

Валдайский филиал Государственного гидрологического института									
р. Лонница–дер. Мосолино	48	61	300	752	309	23			
р. Сосника–дер. Киты	101	61	394	706	273	78			0
р. Полометь–пгт. Лычково	2180	61	292	706	241	173			
р. Полометь–дер. Ермошкино	1179	61	326	706	248	125			
р. Полометь–дер. Соменка	776	61	327	706	227	144			
р. Полометь–с. Яжелбицы	631	61	343	706	238	122			
р. Полометь–дер. Дворец	432	61	324	709	245	136			
р. Соминка–дер. Дворец	34	61	321	752	399	63			
руч. Архиерейский	2,67	55	347	778	221	222			
лог Сосновый	0,093	55	164	771	490	113			
лог Еловый	0,0023	54	20	771	476	255			
лог Верховье Усадьевское	0,016	54	125	702	476	96			
лог Синяя Гнилка–дер. Усадье	0,015	54	273	771	468	34			
лог Таежный	0,45	54	122	771	413	162			
Среднее значение по станции			263	736	336	125			0

Примечание: 1) ошибка вычисления суммарного испарения приведена без учета знака;

2) значения $E_{\text{табл.}}$ суммарного испарения приняты по имеющимся наблюдениям, проводившимся только в одной точке на стоковой станции.

Вычисления по формуле (10) оказались возможными только для Подмосковной стоковой станции, по которой в распоряжении автора имелись материалы наблюдений.

Результаты вычислений приведены в табл. 5.

Таблица 5

Вычисление ошибки определения слоя испарения с водной поверхности

Река–створ	F, км ²	Период наблюдений	Измеренные величины			Измеренный слой испарения с водной поверхности	Вычисленные значения испарения с водной поверхности, мм	Ошибка вычисления испарения с водной поверхности по линейно-корреляционной модели, %
			Y _{изм.}	P	E _c			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
р. Медвенка–дер. Лапино	10	63	179	674		362	373	3,0
р. Медвенка — выше устья Закзы	21,5	63	193	674		356	374	4,5
р. Медвенка — ниже устья р. Закзы	40	63	213	674		353	375	5,3
лог Лызлово	1,76	63	73	674		407	376	-9,2
лог Кулибин	0,44	50	42	573		423	377	-13,3
руч. Прогоны	0,8	63	92	573		398	378	-6,7
лог Полевой	0,11	62	94	573		398	379	-6,8
лог Лесной	0,066	50	33	573		426	380	-14,2
среднее			115	624	340	390	376	-4,7

Из уравнения водного баланса (1) осталось оценить точность вычисления по ЛКМ *слоя инфильтрации*.

Оценка точности вычисления слоя инфильтрации выполнена по уравнению (11):

$$U = k_4 \frac{1 - k_4}{k_4} \quad (11)$$

Для этой цели использованы данные наблюдений в речных бассейнах водно-балансовых станций, расположенных в разных климатических зонах. Это Нижнедевицкая стоковая станция (Воронежская обл.), данные наблюдений на гидрогеологической сети Валдайского филиала ГГИ (Новгородская обл.). По Нижнедевицкой стоковой станции использованы данные по водосборам р. Девицы, руч. Ясенок, логу Вершинин. По Валдайскому филиалу — лог Верховье Усадьевское, лог Таежный, лог Сосновый, лог Синяя Гнилка.

По известной методике [6] с использованием данных наблюдений в скважинах по 1300 годопунктам вычислены слои инфильтрации в семи водосборах стоковых станций. Результаты обработки данных наблюдений приведены в табл. 6.

Таблица 6

Оценка точности вычисления слоев инфильтрации по ЛКМ

№ п/п	Наименование реки и пункта наблюдений	Площадь водосбора, F , км ²	Слой инфильтрации, мм		Ошибка вычисления слоя	Примечание
			по наблюдениям	по ЛКМ		
1	р. Девица	76,0	229	282	23,1	Средняя ошибка вычислена без учета знака
2	лог Вершинин	10,7	84,5	85	0	
3	руч. Ясенок	21,7	325	295	9,2	
4	лог Верховье Усадьевское	0,016	104	96	7,7	
5	лог Таежный	0,45	146	162	10,9	
6	лог Синяя Гнилка	0,0015	34	36	5,6	
7	лог Сосновый	0,093	118	113	4,2	
среднее					8,7	

Несмотря на изменение площади водосбора рассмотренных водотоков в значительных пределах, это обстоятельство не повлияло на точность вычисления величин инфильтрации по ЛКМ. Как следует из табл. 6, средняя ошибка составляет 8,7 % при максимальной ошибке 23,1 %. Кроме этого, подтверждена правомерность использования прямолинейной зависимости речного стока от атмосферных осадков, нашедшая подтверждение в работах [4; 7, с. 53–57].

В заключение рассмотрим вопрос совместного влияния ошибок определения всех водно-балансовых параметров по ЛКМ на точность вычислений по уравнению водного баланса. Необходимые вычисления приведены в табл. 7.

Таблица 7

Оценка точности вычисления водного баланса

№ п/п	Наименование реки и пункта наблюдений	Атмосферные осадки, мм	Речной сток, мм	Вычисленный слой суммарного испарения, мм	Вычисленный слой инфильтрации, мм	Ошибка вычисления водного баланса, %
1.	р. Девица	504	118	115	282	2,2
2.	лог Вершинин	585	65	438	85	0
3.	руч. Ясенок	585	65	183	295	7,7
4.	лог Верховье Усадьевское	702	125	476	96	0
5.	лог Таежный	771	122	413	162	10,6
6.	лог Синяя Гнилка	771	273	468	36	0
7.	лог Сосновый	771	273	490	113	13,6
среднее						4,9

Полученная ошибка вычисления водного баланса по водосборам рек стоковых станций демонстрирует высокую точность расчетов. Однако необходимо отметить, что для более уверенного суждения о величине ошибки необходимо располагать более представительным материалом. Од-

нако в существующем положении расширения базы материалов наблюдений задача практически неосуществима из-за высокой стоимости этих материалов.

Заключение

В настоящей работе выполнена оценка точности вычисления, как по отдельным водно-балансовым параметрам, так и в целом водного баланса. Контроль точности выполнен для запасов воды в почве, слоев суммарного испарения и испарения с водной поверхности слоя инфильтрации. При отдельном рассмотрении определения каждого из перечисленных показателей можно констатировать, что сравнительно высокая точность оценки такого количества показателей неслучайна. Закономерность в сравнительно точной оценке водно-балансовых сведений вытекает также и из расчета водного баланса в целом.

Таким образом, на основании сравнения измеренных данных и вычисленных по ЛКМ доказано существование нового вида уравнения водного баланса в виде прямой линии, связывающей слой речного стока со слоем атмосферных осадков. Доказано также, что математические выражения, входящие в состав линейно-корреляционной модели, жизнеспособны и могут быть рекомендованы для практического применения.

Список литературы

1. *Иофин З. К.* Новый подход к определению составляющих водного баланса / З. К. Иофин // Тр. VI Всесоюз. гидрологического съезда. — Л., 2008. — Ч. I. — С. 62–67.
2. *Бефани А. Н.* Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток: учеб. пособие / А. Н. Бефани. — Киев, 1989. — 132 с.
3. *Великанов М. А.* Гидрология суши / М. А. Великанов. — Л.: Гидрометеиздат, 1948. — 530 с.
4. *Иофин З. К.* Совершенствование теории формирования элементов водного баланса речных бассейнов / З. К. Иофин. — М.: Литературное агентство «Университетская книга», 2012. — 196 с.