

## ECOLOGIA ȘI GEOGRAFIA

ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НОРМЫ  
ГОДОВОГО СТОКА ЛАНДШАФТНЫХ РЕГИОНОВ МОЛДОВЫМельничук Орест<sup>1</sup>, Желяпов Анна<sup>1</sup>, Бежан Юрий<sup>1</sup>, Беженару Герман<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт экологии и географии Академии Наук Молдовы,<sup>2</sup>Гидрометеорологическая служба Республики Молдова

## Rezumat

În articol este prezentată evaluarea și sinteza normei alimentare de suprafață (scurgerea) a râurilor în baza principiului genetic al dezmembrării hidrografului anual al scurgerii. Este propus un model regional de estimare a unui set de parametri ai factorilor intrazonali ai sistemelor fluviale. Sunt dezvăluite legitățile de formare a stratului mediu anual a scurgerii de versant pe baza sintezei datelor observațiilor hidrologice și caracteristicilor morfologice ale versanților cu ajutorul programelor SIG și abordării bilanțului de apă. Sunt sistematizate datele observațiilor multianuale ale stației de bilanț al apei din Moldova, pe baza cărora au fost stabilite caracteristicile de pantă a pierderilor apei provenite din precipitații după încetarea ploii sau așa-numitul parametrul pedologic-botanic  $A_v$ , care reprezintă condițiile de formare a scurgerii de pantă.

*Cuvinte cheie:* scurgere de pantă, morfometria pantelor, pierderile la scurgere, scurgerea specifică de pantă, factori intrazonali ai scurgerii

*Depus la redacție* 28 octombrie 2016

*Adresă pentru corespondență:* Melniciuc Orest, Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei, str. Academiei, 1, MD-2028 Chișinău, Republica Moldova; e-mail: melniciuc@rambler.ru; tel. (+373 022) 739618.

## Введение

Известно [6], что модель склонового поверхностного стекания дождевых вод многофакторная, поскольку процессы формирования стока от жидких осадков различны в разных условиях, следовательно, различный вид принимает функциональное выражение этих процессов. Так, дождевой сток на малопроницаемых почвах равнин и предгорий образуется там, где склоновое водообразование и сток возникают за счет избытка интенсивности дождя над интенсивностью впитывания. В подтопляемых низменностях с проницаемыми почвами поверхностный сток возникает при достижении уровня грунтовых вод земной поверхности.

Следует подчеркнуть, что попытки картографического обобщения характеристик общего, суммарного (подземного и поверхностного) стока всегда приводили к сложным неопределенным решениям при моделировании норм годового стока. Большинство бассейновых факторов относятся к числу интразональных (лесистость, заболоченность, почвенный покров, густота речной сети, гидрогеологические условия и т. п.). Эти факторы связаны с климатом и во многом определяются им; однако в каждой географической зоне, даже с относительно постоянным климатом, любой интразональный фактор может более или менее варьировать и вызывать определенную временную и пространственную изменчивость компонентов годового стока.

Картографическое моделирование изолиний стока в таких случаях отображает не только чисто зональные условия, но и типичные для данной зоны сочетания интразональных факторов. Попутно заметим, что рельеф, как фактор стока занимает несколько особое положение. Так как он связан в первую очередь не с климатом, а с геологической историей данной местности, рельеф можно отнести к аazonальным факторам. Однако основные типы рельефа (горы, холмы, равнины и др.) имеют определенные ареалы распространения. К тому же, воздействие рельефа на годовой сток оценивается отдельно для поверхностной и подземной составляющих и рельеф здесь выступает как интразональный фактор. Такой подход нами [8] был применен для горных и предгорных рек Украинских Карпат (бассейна Днестра и Прута) и получил название «генетический метод».

### Методика и материалы исследования

В соответствии с генезисом формирования речного стока [6, 8] величина поверхностной составляющей нормы годового стока  $\bar{Y}_{(sp)}$  может быть установлена по выражению

$$\bar{Y}_{(sp)} = \bar{S}_{(sp)} - \sum R_{sp}, \quad (1)$$

Где:

$\bar{S}_{(sp)}$  – суммарный слой водообразования (поверхностного или смешанного) от всех дождей за средний по водности год,

$\sum R_{sp}$  – суммарный слой потерь склонового водообразования на спаде графика склонового притока за все случаи возникновения стока.

Теоретический анализ потерь на спаде графика склонового притока для равнинных и горных водосборов, представленный в работах [6, 8, 11], позволяет определить потери на спаде по формулам:

а) для равнинных территорий

$$\sum R_{sp} = a_s \cdot \phi^{2/3} r_{pl} \cdot \sqrt{\bar{S}_{(sp)}}, \quad (2)$$

б) для горных районов

$$\sum R_{sp} = a_m \cdot k \cdot \phi, \quad (3)$$

Здесь:

$a_s$  и  $a_m$  – склоновые параметры, определяющие воздействие на сток особенностей поверхности склонов: микрорельефа, почвенного и растительного покрова.

$\phi$  – геоморфологический фактор или индекс рельефа;

$r_{pl}$  – приведенное число случаев возникновения стока за средний год.

В условиях расчлененных равнин годовой слой дождевого стока, входящий в выражение (1) устанавливается по формуле

$$\bar{Y}_{(sp)} = \bar{S}_{(sp)} - a_s \cdot \phi^{2/3} r_{pl} \sqrt{\bar{S}_{(sp)}}, \quad (4)$$

а для талой составляющей по формуле

$$\bar{Y}_Z = \bar{S}_m (1 - a_z \phi) - a_v \phi \quad (5)$$

Здесь:

$\bar{S}_m$  – максимальный слой весеннего водообразования;

$a_z$  – коэффициент, учитывающий снеготпасы на склонах, возрастающая пропорционально корню квадратному из относительной лесистости.

Произведение  $\bar{S}_m (1 - a_z \phi)$  представляет собой слой водообразования, т. е. разность между снеготпасами и потерями, которые в свою очередь зависят от факторов, сопутствующих перераспределению снежного покрова его накоплению в оврагах и балках. Член  $a_v \phi$  выражает потери на спаде склонового стока талых вод.

Как показали исследования в Прикарпатье и на юге Украины [7, 8, 11], когда потери на спаде от талых и дождевых вод относительно невелики (не превышают 10-15 %), то в таком случае допустима аппроксимация выражений (4) и (5), и в итоге формулу слоя поверхностного стока можно представить в таком виде:

$$Y_{0(sp)} = \bar{S}_{sp} \left( 1 - A_v \phi^{2/3} \right), \quad (6)$$

Где:

$\bar{S}_{sp}$  – общий годовой слой поверхностного водообразования;

$A_v$  – осредненный склоновый параметр потерь или почвенно-ботанический параметр. В своей сущности по А. Н. Бефани [8] параметр  $A_v$  зависит от соотношения средней за время спада  $\tau$  интенсивности впитывания  $k_\tau$ , которая численно равна установившейся интенсивности фильтрации  $k_o$ , а также коэффициента шероховатости поверхности склона  $m$  (микрорельефа и характера растительности).

На основании обобщения данных полевых экспериментов на стоковых площадках и материалов стоковых станций Европейской степной зоны, а также зарубежных разработок А.Н. Бефани [5], приходит к выводу о том, что при высоком увлажнении параметр  $A_v$  одновременно зависит от слоя водообразования и может быть установлен по формуле:

$$A_v = a' \sqrt[3]{\bar{S}_{sp}}, \quad (7)$$

где  $a'$  – множитель, зависящий от микрорельефа и шероховатости поверхности склона. Здесь принято, что если в формуле скорости стекания вод ( $v = m l^\varepsilon y^n$ ) показатель степени  $n = 1$  (густая трава – луговая растительность) то  $a' = 0,83$ , а при  $n = 0.5$  (пропашные культуры) значение  $a' = 0,77$ .

Следовательно, аргументом искомого значения  $A_V$  одновременно является и искомый слой водообразования  $S_{sp}$  и множитель  $a'$ .

В таком случае определение потерь на спаде склонового стока по уравнению (7) несколько усложняется.

Из уравнения (6) параметр  $A_V$  можно установить по равенству:

$$A_V = \left(1 - \frac{Y_{0(sp)}}{\bar{S}_{sp}}\right) \frac{1}{\phi^{2/3}}, \quad (8)$$

а из (8) следует, что когда  $Y_{0(sp)} = \bar{S}_{sp}$  величина  $A_V$  стремится к нулю. В случае, когда  $Y_{0(sp)} < \bar{S}_{sp}$  слоный параметр потерь обратно пропорциональный геоморфологическому фактору  $\phi$ . Принимая во внимание, что  $\phi$  связан с длиной ( $l_V$ ) и уклоном склона ( $I_V$ ) через соотношение [6, 8]:

$$\phi = \frac{l_V}{\sqrt{I_V}}, \quad (9)$$

и подставляя его в уравнение (8) при замене соотношения  $\frac{Y_{0(sp)}}{\bar{S}_{sp}}$  через  $D$  в итоге получим выражение, позволяющее определить  $A_V$  по соотношению

$$A_V = \frac{(1 - D)(\sqrt{I_V})^{2/3}}{(l_V)^{2/3}}, \quad (10)$$

Реализация уравнения (10) возможна численным методом для заданных значений  $D$  и принятых (установленных) морфометрических характеристик склона. Применительно к водосборам, входящих в состав гидрологического мониторинга гидрометеорологической службы Молдовы, выполнена оценка усредненных по бассейнам длин и уклонов склонов, входящих в уравнение (9). Данные характеристики представляют собой геоморфологический индекс рельефа склонов  $\phi$ . На основе цифровой карты рельефа, с применением ГИС программ были получены карты уклонов и средних длин, которые позволили установить усредненные по 40 водосборам значения фактора  $\phi$ .

### Результаты и дискуссии

Основываясь на результатах обработки материалов по экспериментальным водосборам стоковой станции Р. Молдовы, приведенных в работе [12] возникла возможность дать оценку параметра  $A_V$  по формуле (8) и (10) для заданной доли  $D$  склонового стока (табл. 1). Результаты расчетов показывают, что параметр потерь  $A_V$  по водосборам стоковой станции для постоянной доли  $D$ , характеризуется незначительной изменчивостью. В то же время, при изменении доли  $D$  от 0,65 до 0,90 (всего на 25 %) параметр потерь  $A_V$  возрастает почти в 4 раза.

Интересно отметить, что для паводков редкой повторяемости в условиях степной зоны Украины, согласно [5, 6] значение параметра потерь на спаде склонового стока может изменяться от 0,004 до 0,0055 и более.

Более новые разработки по оценке потерь на спаде склонового стока [10, 1], применительно к двум формам склонового стекания (завершенный и незавершенный сток) показывают, что в зависимости от типа почвенного покрова и характера землепользования речных водосборов значение **потерь на спаде склонового стока** изменяется в среднем от 6,0 до 10,0 мм. При оценке этих потерь в долях от слоя водообразования 1%-ной обеспеченности они, не превышают 15-25 %. Разумеется, что эти результаты относятся к отдельным паводкам редкой повторяемости. Однако, когда речь идет о годовом стоке, тем более о норме поверхностного годового стока, потери на спаде стока со склонов определенным образом интегрируются и представляют собой сумму потерь воды за все случаи паводкового стока.

Из анализа уравнений водного баланса следует, что норма суммарных инфильтрационных потерь осадков представляет собой **суммарный годовой слой инфильтрации в подземные воды  $U_0$** . Следовательно, в формировании этой величины должны участвовать и инфильтрационные воды, образующиеся и на спаде склонового дождевого и талого стока, что следует из уравнений (1) и (2).

**Таблица 1. Результаты численного анализа почвенно-ботанического параметра  $A_v$  по водосборам стоковой станции Молдовы.**

Водосборы	Средний уклон склона, $I$	Средняя длина склона, $l$ , м	Индекс рельефа, $\phi$	Значение параметра $A_v$ при $D$ , равное:			
				0,90	0,80	0,75	0,65
Лог.Тогатино	0,104	163	505	0,0015	0,0031	0,0039	0,0054
Лог.Крузешть	0,109	217	657	0,0013	0,0026	0,0032	0,0045
Лог. Виноградный	0,135	137	373	0,0019	0,0038	0,0047	0,0066
Лог. Станционный	0,092	171	564	0,0014	0,0029	0,0036	0,0050
Руч. Балцата	0,118	175	509	0,0015	0,0031	0,0038	0,0054
Руч.Сагайдачный	0,135	150	408	0,0018	0,0036	0,0045	0,0062
Руч. Вишневы	0,100	190	601	0,0014	0,0027	0,0034	0,0048
Среднее				0,0016	0,0031	0,0039	0,0054

Стало быть, величина **суммарного годового слоя инфильтрации  $U_0$**  складывается из общих потерь на инфильтрацию склонового стока за период дождя и таянии снега с учетом потерь на поверхностное задержание  $\sum \bar{R}_{pr}$  и потерь после прекращения дождя  $\sum \bar{R}_{sp}$ , а также потерь вызванных фильтрацией русло-пойменного стока  $\sum P_{al}$ , т. е.:

$$U_0 = \sum \bar{P}_{pr} + \sum \bar{R}_{sp} + \sum P_{al}, \quad (11)$$

Отсюда следует что, суммарные потери на спаде склонового стока будут равны

$$\sum \bar{R}_{sp} = U_0 - \sum \bar{P}_{pr} - \sum P_{al}, \quad (12)$$

Обычно потери при движении вод в руслах рек  $\sum P_{al}$  занимают небольшую долю в формировании общей инфильтрации, особенно когда речь идет о средних многолетних значениях. Следовательно, слагаемым  $\sum P_{al}$  в выражении (12), из-за его малости можно пренебречь. Преобразуя (12) в долях от  $U_0$  получим:

$$\frac{\sum \bar{R}_{sp}}{U_0} = 1 - \frac{\sum \bar{P}_{pr}}{U_0} = 1 - \Psi_{pr} \quad (13)$$

Теоретический анализ процесса инфильтрации, выполненный в работах [5, 10] показал, что компонента  $\Psi_{pr}$ , прежде всего связана с характером почвенного покрова, морфометрией склона и агротехническими особенностями его поверхности. Все эти факторы квазипостоянны для естественного склона конкретного водосбора. Следует отметить, что поверхностная инфильтрация за время дождя до наступления максимума стока составляет преобладающую долю (примерно 80-90 %) в общем балансе суммарного годового слоя инфильтрации  $U_0$  в грунтовые воды. Принимая во внимание это условие можно считать, что значение суммарных потерь  $\sum \bar{R}_{sp}$  в среднем может составлять 15 % от нормы инфильтрации  $U_0$ :

$$\sum \bar{R}_{sp} = 0,15U_0 \quad (14)$$

По заранее известному значению  $U_0$  [9], а также принятой долей суммарных потерь  $\Psi_{pr} = 0,85$  и сообразуясь с выражениями (1) и (13) можно определить суммарный слой водообразования  $\bar{S}_{(sp)}$  (поверхностного или смешанного) от всех дождей за средний по водности год.

$$\bar{S}_{(sp)} = \bar{Y}_{sp} + 0,15U_0 \quad (15)$$

Результаты такого рода расчетов применительно к изученным водосборам на территории Р. Молдовы приводятся в табл. 2.

Таким образом, установленные по балансовому уравнению (15) и приведенные в табл. 2 среднееголетнее значение слоя водообразования  $\bar{S}_{sp}$ , позволяющие численно определить значение почвенно-ботанического параметра  $A_v$  для 40 изученных водосборов Р. Молдовы, минуя необходимость оценки трудно определяемых характеристик склонового стекания вод (установившейся интенсивности фильтрации  $k_o$ , а также коэффициента микрорельефа, шероховатости, вызванной характером растительности  $m$ ). Для достоверности полученных значений  $\bar{S}_{sp}$ , и  $A_v$  в данном случае можно воспользоваться результатами прямой оценки почвенно-ботанического параметра  $A_v$  по соотношению (10), на основе фактических значений, входящих в него характеристик ( $\bar{Y}_{sp}$ ,  $\bar{S}_{sp}$ ,  $I_v$ ,  $l_v$  или  $\phi$ ), осредненных по всем изученным водосборам. Результаты статистической обработки полученных значений  $A_v$  показали, что средняя их величина составляет 0,0017 при среднеквадратической погрешности составляющей 11,8 %.

Сопоставляя значение почвенно-ботанического параметра  $A_v = 0,0017$  с данными, содержащимися в табл. 1 можно прийти к выводу, что принятая доля

соотношения  $D = 0.85$  соответствует исходному балансовому уравнению (15), что указывает на достоверность результатов определения среднего многолетнего годового слоя водообразования.

**Влияние лесистости водосборов** на поверхностный сток многие годы явилось предметом дискуссии различных авторов [3, 13, 14, 18 и др.]. Выше отмечалось, что лесистость повышает инфильтрацию, а, следовательно, ослабляет поверхностный сток, как талых, так и дождевых вод. Есть мнение [13], что при равномерном распределении лесов по водосборному бассейну с увеличением лесистости до 30-40 % общий годовой сток уменьшается, а при дальнейшем увеличении лесистости сток как будто стабилизируется. С нашей точки зрения эта закономерность вызвана тем, что по мере роста лесистости поверхностная составляющая годового стока убывает пропорционально росту подземной составляющей и поэтому, исследуемый общий годовой сток может не реагировать на изменение лесистости. Кроме того, годовой сток может снижаться при годичном приросте леса и увеличении лесонасаждения.

Не вникая в особенности организации исследований по оценке влияния лесистости на суммарный годовой сток, отметим только, что существующее расхождение во взглядах, прежде всего вызвано тем, что на протяжении многих лет, оценка влияния леса на сток не рассматривалась отдельно применительно к генетическим компонентам общего годового стока - подземного и поверхностного. Как подчеркивается в нашей совместной с А. Н. Бефани публикации [8] «попытка связать коэффициент влияния леса (отношение к норме стока в поле) с относительной лесистостью дает облако точек, разбросанных по вертикальной оси». Следовательно, для того чтобы раскрыть влияние лесистости, как интразонального фактора речного стока необходимо сопоставить его не с общим стоком, а с каждым из основных его генетических видов питания, а в данном случае со слоем поверхностного водообразования (табл. 2). В этой связи можно рекомендовать [8] учет влияния лесистости на поверхностный сток для равнинных рек через степенное уравнение такого вида:

$$\delta_{pd} = 1 - 0,78f_{pd} + 0,36f_{pd}^2 \quad (16)$$

Здесь  $f_{pd}$  — доля леса на речном водосборе.

Согласно этой формуле, при 100% лесистости или  $f_{pd} = 1.0$  поверхностный сток снижается на 42%. Моделирование влияния лесистости (16) на годовые слои водообразования по формуле предлагается устанавливать по соотношению:

$$\bar{S}'_{sp} = \frac{\bar{S}_{sp}}{1 - 0.78f_{pd} + 0.36f_{pd}^2} \quad (17)$$

Располагая сведениями по лесистости исследуемых водосборов Р. Молдовы, а также данными по определению средних многолетних характеристик водообразования сведенных в табл. 2 возникает возможность по формуле (17) определить средние по изучаемым водосборам значения зональных годовых характеристик водообразования (см. табл. 2, графа 8).

Кроме лесистости водосборов определенное влияние на поверхностный сток или на водообразование может оказать свое влияние и заболоченность территорий. Принимая во внимание, что доля заболоченности водосборов, на которых ведутся



гидрометрические наблюдения в границах Р. Молдовы, составляет меньше 1,0%, а на большинстве водосборах заболоченность склонов вообще отсутствует [17], то установленные значения зональных норм водообразования  $S_{sp}^r$  обобщаются путем картографического моделирования на базе программ ArcGIS [16].

**Таблица 2. Результаты расчета реального слоя водообразования по формуле (15, 17)**

№ п/п	Река-пост	Площадь бассейна, $F$ km <sup>2</sup>	Доля лесистости водосбора, $f_{pl}$	Приведенный поверхностный сток, $\bar{Y}_{sp}$ мм	Норма инфильтрации $U_0$ , мм/год	Водообразование $S_{sp}$ , (15) мм/год	Зональное водообразование $\bar{S}_{sp}^r$ , (17) мм/год
1	Вилия с. Бэлэсинешть	261	0,11	31,5	30,5	36,1	39,3
2	Драгиште с. Тринка	225	0,09	25,0	31,8	29,8	31,8
3	Чугур с. Бырлэдень	144	0,17	25,8	29,7	30,2	34,4
4	Каменка с. Кобань	284	0,08	22,1	19,5	25,0	26,6
5	Кэлдэруша с. Кажба	79,5	0,04	28,6	17,7	31,3	32,2
6	Делия с. Пырлица	125	0,12	32,7	10,4	34,2	37,7
7	Ялпуг - г. Комрат	360	0,06	11,1	3,5	11,7	12,2
8	Мусса - г. Комрат	83,5	0,06	22,9	3,5	23,4	24,5
9	Лунга - г. Чадыр-Лунга	370	0,05	5,2	4,8	5,9	6,1
10	Большая Сальча с. Мусант	414	0,16	8,5	13,2	10,5	11,9
11	Тараклия г. Тараклия	103	0,05	34,2	15,2	36,5	38,0
12	Когыльник г. Хынчешть	179	0,26	22,1	15,1	24,4	29,7
13	Каменка г. Каменка	387	0,14	9,3	51,3	17,0	18,8
14	Белочи - с. Белочи	225	0,13	12,5	54,7	20,7	22,9
15	Б. Молокиш с. Молокиш	184	0,06	12,0	42,8	18,4	19,4
16	Чорна - с. Чорна	307	0,18	23,1	33,0	28,1	32,2
17	Рыбница с. Андреевка	152	0,05	8,0	38,4	13,8	14,3
18	Ягорлык с. Дойбань	1220	0,03	7,0	19,7	10,0	10,2
19	Реут - г. Бэлць	1080	0,02	18,3	15,8	20,6	20,9
20	Реут - г. Флорешть	3400	0,02	21,5	15,0	23,7	24,1
21	Реут с. Кээзнешть	4440	0,02	20,6	20,4	23,6	24,0
22	Реут - г. Орхей	7050	0,06	17,7	21,3	20,9	21,9
23	Реут - с. Желобок	7100	0,07	15,1	21,6	18,3	19,3
24	Реуцел - с. Реуцел	95,5	0,01	28,2	22,1	31,5	31,7



25	Куболта с. Куболта	869	0,05	19,9	32,9	24,8	25,7
26	Кайнар с. Севирова	814	0,04	12,6	30,6	17,2	17,8
27	Картофлянка с. Котово	38,8	0,01	41,0	7,3	42,1	42,5
28	Каменка с. Гвоздова	172	0,02	31,0	23,5	34,5	35,1
29	Похоарна с. Домулужень	30,0	0,02	35,9	17,8	38,5	39,1
30	М. Чулук г. Теленешть	566	0,13	19,5	11,9	21,3	23,5
31	Когильник с. Кокорозень	221	0,05	13,0	16,0	15,4	16,0
32	Кула - с.Хулбоака	468	0,07	39,1	12,2	40,9	43,2
33	Икел - с.Пашкаръ	562	0,36	12,7	10,5	14,2	18,6
34	Балцата с. Балцата	62,4	0,10	15,0	15,0	17,3	18,7
35	Бык - г. Кэлэраш	296	0,35	19,7	9,1	21,1	27,3
36	Бык - г. Стрэшень	781	0,31	22,7	11,4	24,4	30,8
37	Бык - г. Кишинэу	882	0,25	19,1	11,4	20,8	25,3
38	Пожарна с. Сипотень	122	0,61	24,1	10,2	25,6	38,9
39	Ишновец с. Сынжера	343	0,23	9,9	11,4	11,6	13,8
40	Ботна - г. Кэушень	1210	0,16	11,5	8,4	12,7	14,3

Приведенная на рис. 1 картографическая модель зональной нормы водообразования составлена по данным 40 водосборов гидрологического мониторинга Р. Молдовы (табл. 2). Располагая электронной версией этой карты, имеется возможность осуществить оценку слоя водообразования  $\bar{S}'_{sp}$  для любого неизученного водосбора и обобщить значение этого компонента по отдельным ландшафтным регионам страны.

Для перерасчета, установленного по карте зонального значения слоя водообразования  $\bar{S}'_{sp}$  в искомую величину нормы поверхностного стока  $\bar{Y}_{sp}$  предлагается следующее выражение:

$$\bar{Y}_{sp} = \bar{S}'_{sp} \delta_{pd} \left[ 1 - 0,0017 \left( \frac{l_V}{\sqrt{I_V}} \right) \right]^{2/3} \quad (18)$$

Здесь кратко добавим, что влияние заболоченности водосборов на годовой сток, его генетические составляющие во многом аналогично влиянию озер. На болотах в торфяной толще и, частично, в замкнутых понижениях земной поверхности аккумулируется часть вод весеннего половодья и летних паводков. Аккумулированная вода расходуется главным образом на повышенное испарение с болот (по сравнению с суходолами).

Для реализации уравнения (18) необходимо установить долю лесистости ( $f_{pd}$ ) водосбора или ландшафтного региона, среднюю длину ( $l_V$ ) и уклон склона ( $I_V$ ), изучаемого объекта.

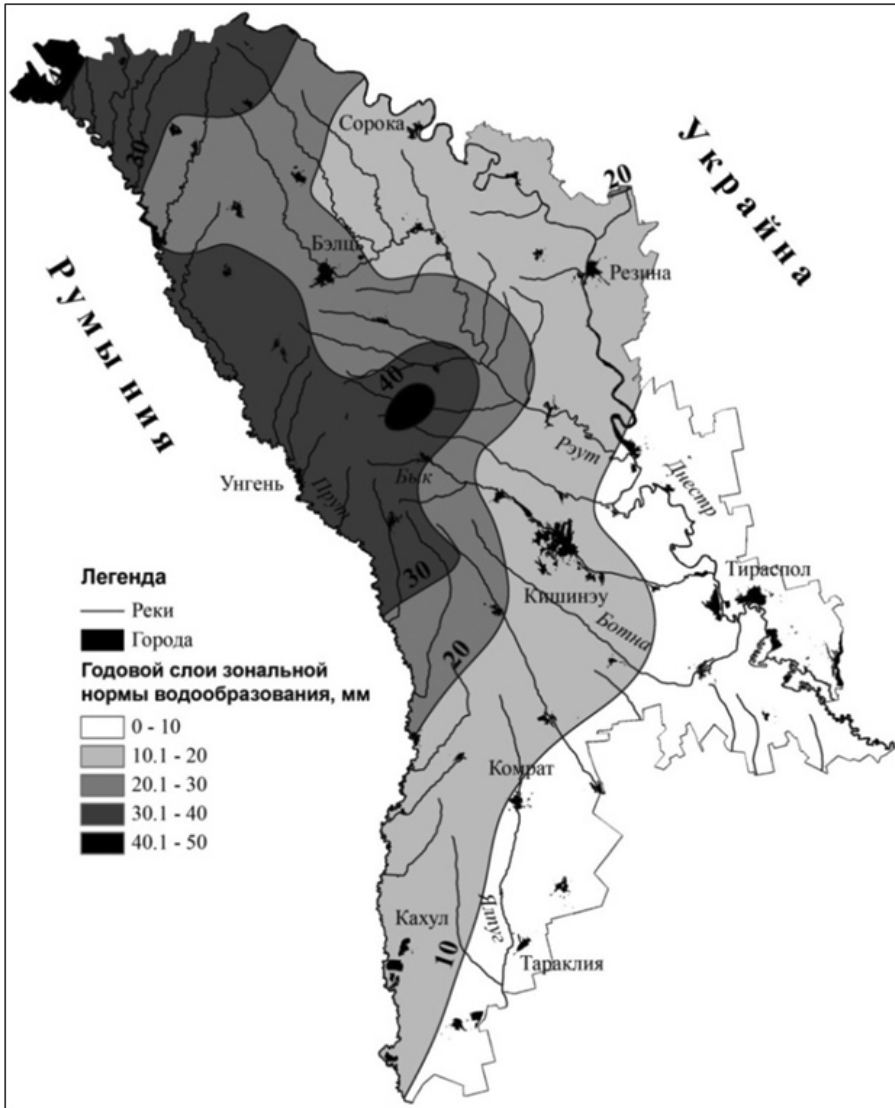


Рисунок 1. Изолинии годового слоя зональной нормы водообразования  $\bar{S}'_{sp}$ .

Некоторая часть аккумулированных болотами вод может пойти и на повышенный дренажный сток. Однако повышенный сток из торфяной толщи образует обычно шлейф талых и дождевых вод. Само по себе грунтовое питание за счет более глубоких подземных вод едва ли способно изменится на болотах. Чувствительным образом, влияние болот на поверхностный сток проявляется при заболоченности земель более чем 5%. При этом величину дополнительного испарения с поверхности болот удобнее выражать в долях от испарения с водной поверхности.

### Заклучение

Поверхностная составляющая нормы годового стока представляет наиболее весомую характеристику водных ресурсов Р. Молдова, играющую особую роль

в формировании естественного и антропогенного фона ландшафтов. Являясь продуктом климатических процессов, поверхностный склоновый сток через свои особенности предопределяет эрозионное воздействие на подстилающую поверхность склонов, а, следовательно, считается рельефообразующим фактором. С другой стороны, образованные морфометрические показатели склонов (уклоны, длина) в своей сущности считаются предикторами склонового стока.

На основе теоретического анализа процессов стекания с нерасчлененных склонов выявлены главные компоненты ( $\phi$ ) и параметры ( $A_v$ ), определяющие общие инфильтрационные потери в период спада склонового стока. Это позволило установить конкретные значения среднемноголетнего слоя водообразования, т. е. слоя склонового стока, сформированного в период выпадения стокообразующих осадков (табл. 2).

Разработанные картографические модели средних уклонов  $I_v$  и длины  $L_v$  склонов на базе использования ГИС материалов [16] и моделей RUSLE [4] позволяют окончательно решить существующую в литературе [2, 15] неопределенность в оценке названных характеристик нерасчлененного склона. Приведенные в табл. 2 среднемноголетние значения слоя водообразования  $S_{sp}$ , позволяют численно установить значения почвенно-ботанического параметра  $A_v$  для 40 изученных водосборов Р. Молдовы, минуя необходимость оценки трудно определяемых характеристик склонового стекания вод (установившейся интенсивности фильтрации  $k_o$ , а также коэффициента микрорельефа, шероховатости, вызванной характером растительности  $m$ ).

Сопоставляя значение почвенно-ботанического параметра  $A_v=0,0017$  с данными, содержащимися в табл. 1 можно прийти к выводу, что принятая доля соотношения  $D = \bar{Y}_{sp} / \bar{S}_{sp} = 0.85$  соответствует исходному балансовому уравнению (15), что указывает на достоверность результатов определения среднего многолетнего годового слоя водообразования.

На основе установленных моделей учета интразональных факторов (лесистости) предлагается возможность определения зонального значения среднего слоя склонового водообразования  $\bar{S}'_{sp}$ , значение которого территориально обобщается в виде компьютерной карты, приведенной на рис. 1. Полученная карта позволяет оценивать значение зонального слоя водообразования в границах любой замкнутой территории (водосбора, ландшафтного региона).

Для перерасчета установленного по карте зонального значения слоя водообразования  $\bar{S}'_{sp}$ , в норму поверхностного стока  $\bar{Y}_{sp}$ , как искомую величину, предлагается операторная модель (18), для реализации которой необходимо установить долю лесистости ( $f_{pd}$ ) водосбора или ландшафтного региона, среднюю длину ( $L_v$ ) и уклон склона ( $I_v$ ), изучаемого объекта.

### Библиография

1. Melniciuc O., Bejan Iu., Boboc N., Castraveț T. Evaluarea resurselor de apă subterane în condițiile diferențieri componentelor naturale ale peisajului. Buletinul AȘM „Științele vieții”, nr. 2 (320), 2013, p. 135-144;
2. Ursu A. Solurile Moldovei. Chisinau: Știința, 2011, 323 p.;
3. Iman A. Watershed management in the USA. The Empire Forestry review № 10, 1950;
4. Pelton J., Frazier E., Pickilingis E. Calculating Slope Length Factor (LS) in the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), 2014, 7 p. <http://gis4geomorphology.com/wp-content/>

uploads/2014/05/LS-Factor-in-RUSLE-with-ArcGIS-10.x\_Pelton\_Frazier\_Pikilingis\_2014.docx (accessed July 2016);

5. Бефани А. Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток, Киев, 1989, 132 с.;

6. Бефани А. Основы теории ливневого стока. Труды ОГМИ, ч. 2, вып. XIV. Л.: Гидрометеоиздат, 1958, 309 с.;

7. Бефани А., Бефани Н., Гопченко Е. Региональные модели формирования паводочного стока на территории СССР, Вып. 2, Обнинск, 1981, 60 с.;

8. Бефани А., Мельничук О. Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат. Тр. УкрНИГМИ. Л.: Гидрометеоиздат, Вып. 69, 1967, с. 105-137;

9. Гопченко Е., Лобода Н. Водные ресурсы Северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью условиях). Киев: КНТ, 2005, 188 с.;

10. Гопченко Е., Светличная И. О расчете потерь на спаде склонового стока в условиях лесостепной и степной зон юга Украины и Молдавии. Труды УкрНИГМИ, вып. 220, 1987, с. 16-22;

11. Лалыкин Н. Расчет нормы годового стока малых рек Молдавии. Тр. УкрНИИ Киев: Госкомгидромета. Вып. 228, 1998, с. 74-82;

12. Мельничук О. Исследование морфометрических показателей водосборов и их роль в процессе формирования ливневого стока. Труды КСХИ, т. 122, Кишинев, 1974, с. 163-170;

13. Молчанов А. Современное состояние лесной гидрологии в СССР и за рубежом, Сб. Вопросы географии, № 60. М.: Географлитиздат, 1963, с. 11-38;

14. Соколовский Д. О влияние леса на режим речного стока, Серия географическая, № 3, М.: Изв. АН СССР, 1958, 27-34.

15. \*\*\*Eroziunea solului (Esența, consecințele, minimalizare a procesului). Chișinău: Tipog. Centrala, 2004, 476 p.

16. \*\*\*ArcGIS desktop Kriging interpolation [http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How\\_Kriging\\_works/009z00000076000000/](http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Kriging_works/009z00000076000000/);

17. \*\*\*Основные гидрологические характеристики. Том 6. Украина, 1975, 622 с.

18. \*\*\*Особенности водного режима лесных почв. Гидрологическая роль леса. <http://studopedia.org/4-158440.html>;