

УДК 556.5

ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЛАНДШАФТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

© 2014 г. Н.И. Коронкевич, К.С. Мельник

ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», Москва

Ключевые слова: структура ландшафтов, урбанизированные территории, поверхностный сток, изменения стока инфильтрационного происхождения, годовой речной сток.



Н.И. Коронкевич



К.С. Мельник

Предпринята попытка оценить изменения стока на территории современной Москвы за последние 150 лет под влиянием ландшафтных преобразований (без учета гидротехнических преобразований, перебросок стока, водозабора и сброса сточных вод) при средних многолетних климатических условиях. Прослежена динамика ландшафтов. Отражены изменения поверхностного стока. Оценены изменения стока инфильтрационного происхождения и полного речного стока. Особое внимание обращено на гидрологическую роль урбанизированных площадей.

Предпринята попытка оценить изменения стока на территории современной Москвы за последние 150 лет под влиянием ландшафтных преобразований (без учета гидротехнических преобразований, перебросок стока, водозабора и сброса сточных вод) при средних многолетних климатических условиях. Прослежена динамика ландшафтов. Отражены изменения

Введение

Влияние роста урбанизированных площадей на водный баланс и сток еще недостаточно изучено. Между тем можно полагать, что оно может быть весьма существенным, т.к. урбанизированные территории, особенно те, которые можно отнести к водонепроницаемым (крыши домов, мощеные и тем более асфальтированные участки), должны иметь коэффициенты стока выше, чем лесные и сельскохозяйственные угодья, а темпы роста этих площадей весьма велики. Косвенным подтверждением тому может служить рост городов и городского населения.

На территории Российской империи (в современных границах Российской Федерации) было 430 городов и 37 посадов. Доля городского населения не превышала 15 %. К началу XX в. на территории Российской империи

Водное хозяйство России № 6, 2014

Водное хозяйство России

было всего два города-миллионера и пять городов, численность населения которых превышала 100 тыс. чел. [1]. К настоящему времени доля городского населения возросла до 73 % [2]. В 2013 г. в Российской Федерации (РФ) насчитывалось более 160 городов с численностью населения более 100 тыс. чел., в их число входит 15 городов-миллионников [3].

С середины XIX в. в бассейне р. Москвы число городов выросло с 7 до 40. Городское население увеличилось с 0,3 до 15,4 млн чел., в 50 с лишним раз. Площадь городов выросла с 0,7 до 13 %, при этом общая площадь урбанизированных земель (включая сельские населенные пункты, шоссе, аэродромы и т. д.) возросла с 443 до 3528 км², почти в 68 раз.

Одним из первых в нашей стране на важную гидрологическую роль урбанизированных территорий обратил внимание В.П. Куприянов [4], а в отношении г. Москвы – М.И. Львович, Г.М. Черногаева, Е.П. Чернышев [5–8]. В дальнейшем этой темой занимались и другие исследователи [9, 10]. Отчасти о гидрологической роли урбанизации можно судить по нормативным документам [11], но большая часть работ, посвященных гидрологии Москвы, выполнена довольно давно, и оценка изменений стока в них приурочена к одному периоду, главным образом, к 1970–1980 гг.

Цель данной статьи – анализ изменяющейся роли ландшафтной структуры г. Москвы в трансформации речного стока и его составляющих за последние 150 лет, за этот период имеется относительно надежная информация о ландшафтной структуре рассматриваемой территории. Представляется целесообразным выделить для исследования следующие периоды:

- условно-естественный, когда доля урбанизированных площадей была незначительной (в качестве аналога принята структура современных ландшафтов в бассейне р. Москвы в створе г. Звенигорода);
- середина XIX в.;
- начало XX в. (1920–1930 гг.);
- конец XX в. (1980-е гг.);
- начало XXI в. (на уровне 2010 г.);
- современный период (с учетом последнего расширения Москвы после 2012 г.).

В качестве исходной информации были использованы: статистический материал о структуре ландшафтов, традиционная гидрометеорологическая информация, а также данные наблюдений на водно-балансовых станциях. Все расчеты выполнены применительно к средним климатическим условиям аналогично тому, что ранее было сделано А.М. Грином [12] для Центрально-Черноземного района или М.И. Львовичем, Г.М. Черногаевой и Е.П. Чернышевым для территории г. Москвы [5–8]. Основное внимание уделено поверхностному стоку (со склонов, с площади гидрографической сети, суммарному) за зимне-весенний, летне-осенний периоды и в целом за год.

Выполнены ориентировочные расчеты изменения стока инфильтрационно-го происхождения (включающего сток верховодки и подземный), а также полного речного стока за указанные сезоны и за год.

Структура ландшафтов

В табл. 1 приведены сведения об изменении ландшафтной структуры г. Москвы и ее динамике, начиная с середины XIX в. по настоящее время. Информация получена из [1, 9, 10, 13–18]. В качестве элементов ландшафтной структуры выбраны угодья, наиболее важные с гидрологических позиций. Это площади, занятые лесом, зяблевой пахотой, сельскохозяйственными полями, не распахиваемыми с осени и обладающими ко времени весеннего половодья по сравнению с зябью пониженными инфильтрационными свойствами, а также урбанизированные участки, подразделяющиеся на водонепроницаемые, занятые крышами, дорогами, тротуарами, площадями и т. д., и на относительно малопроницаемые по причине их вытаптывания и уплотнения в условиях города (газоны, парки и т. д.). К урбанизированным территориям, помимо городов, относим сельские населенные пункты, дорожную сеть, аэродромы и т. п.

Для оценки влияния урбанизации на формирование стока за рассматриваемые периоды на территории г. Москвы в качестве расчетной была выбрана площадь города в границах 2010 г. – 1081 км². Территории на этой

Таблица 1. Динамика населения и ландшафтной структуры г. Москвы, 1855–2013 гг.

Показатели	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в.	Современный период
Население, млн чел.	0,3	2	8,6	11,91	11,97
Фактическая площадь города, км ²	73	244	879	1081	2511
Расчетная площадь (город в границах 2010 г.), км ²	1081	1081	1081	1081	2511
Территория за пределами фактических границ города, км ²	1008	837	202	0	0
% от расчетной площади					
Залесенность	38	19	6	0	22
Зяблевая пахота	2	2	3	0	4
Прочие с/х земли (поля, не распахиваемые с осени)	50	51	6	0	21
Водонепроницаемые участки	1	4	35	50	24
Малопроницаемые участки	9	24	50	50	29

площади, расположенные в границах указанной расчетной, но за пределами фактической площади города, в указанные выше периоды отнесены к условно-естественным угодьям. В основном к условно-естественным отнесены и земли, недавно включенные в состав Новой Москвы.

Как следует из табл. 1, с течением времени шло практически непрерывное нарастание антропогенной нагрузки. Так, общая численность населения за рассматриваемый период возросла почти в 40 раз; площадь города к 2010 г. почти в 15, а с учетом последнего расширения – в 34 раза. Площадь водонепроницаемых участков выросла к 2010 г. в 50 раз, но их доля в общей площади современной Москвы (2511 км²) снизилась с 50 % в 2010 г. до 24 % в настоящее время. При этом доля естественных и сельскохозяйственных угодий за рассматриваемый период снижалась и была сведена к минимуму в начале XXI в., но вновь возросла в настоящее время за счет присоединения новых земель. Доля малопроницаемых урбанизированных участков, достигнув 50 % к 2010 г., составляет 29 % от территории города.

Поверхностный склоновый сток

Величина удельного поверхностного стока с отдельных угодий представлена в табл. 2. Сток в зимне-весенний сезон в лесу, на зяблевой пахоте и прочих сельскохозяйственных угодьях (озимые, стерня, залежь), расположенных на склонах, занимающих в совокупности приблизительно 90 % общей площади речного бассейна (еще 10 % приходится на площадь

Таблица 2. Поверхностный склоновый сток, мм

Угодья	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в. и современный период
Зимне-весенний сезон				
Лес	23	23	23	23
Зябрь	62	62	54	54
Поля, не распахиваемые с осени	71	71	71	71
Водонепроницаемые участки	119	119	136	136
Малопроницаемые урбанизированные участки	94	94	102	102
Летне-осенний сезон				
Лес, зябрь, поля, не распахиваемые с осени	0	0	0	0
Водонепроницаемые участки	268	268	322	322
Малопроницаемые урбанизированные участки	134	134	161	161
Год				
Лес	23	23	23	23
Зябрь	62	62	54	54
Поля, не распахиваемые с осени	71	71	71	71
Водонепроницаемые участки	387	387	458	458
Малопроницаемые урбанизированные участки	228	228	263	263

гидрографической сети), рассчитывался по данным водно-балансовых станций в южной части лесной зоны (в том числе на Подмосковной) [19]. При этом сток с зяби в современный период принят ниже, чем в период до начала 1930-х гг., т. к. современная тракторная пахота более эффективно влияет на задержание стока, чем применяемая ранее конная.

В приведенных в табл. 2 величинах стока учтено соотношение угодий, сложенных суглинками и супесями (75 и 25 % соответственно). Сток на суглинках существенно выше, чем на супесях, например, на зяби в 3,4 раза.

Зимне-весенний сток с водонепроницаемых урбанизированных участков в конце XX в. и в современный период рассчитан исходя из средних многолетних величин осадков за холодное время года (170 мм) и коэффициента стока 0,8, принятого на основании [11]. Для более ранних периодов коэффициент стока принят несколько ниже – (0,7) с учетом меньшего в прошлом уровня развития коллекторно-дренажной сети и уборки снега с улиц городов с последующим сбросом его в гидрографическую сеть. Коэффициент стока с малопроницаемых урбанизированных участков определялся как среднее между водонепроницаемыми участками и полевыми угодьями, составив 0,6 в конце XX в. и в современный период и 0,55 за более ранние периоды. Для сравнения, по данным [19], коэффициент поверхностного склонового стока с зяби в южной части лесной зоны составляет соответственно 0,46 и 0,48, а с не распаханых с осени полей – 0,5. Приходная часть водного баланса на зяби и прочих полевых угодьях составляет 145 и 125 мм соответственно. В лесу же коэффициент стока почти в три раза ниже, а снегозапасы выше и составляют 170 мм.

Поверхностный сток со склонов в летне-осенний сезон на естественных угодьях и сельскохозяйственных полях, согласно [20, 21], практически отсутствует и имеет место лишь в гидрографической сети. На склонах он формируется почти исключительно на урбанизированных территориях. Величина стока за летне-осенний сезон с урбанизированных площадей определялась исходя из средней многолетней величины осадков, принятой в размере 537 мм и на основании рекомендуемых в [9, 11] следующих коэффициентов стока: с кровли и асфальтобетонных покрытий 0,6–0,7; булыжных или щебеночных мостовых 0,4–0,5; газонов 0,1; кварталов с современной застройкой 0,3–0,4; средних городов 0,3–0,4; небольших городов и поселков 0,25–0,3. Ориентируясь на эти данные, принимаем коэффициенты стока на склонах с водонепроницаемых участков 0,6 для современного периода, 0,5 – для ранних периодов урбанизации, когда почти не было асфальтового покрытия, отсутствовала дренажно-коллекторная сеть, а с малопроницаемых участков 0,3 и 0,25 соответственно. В эти значения в дальнейшем будут внесены коэффициенты редуции, учитывающие потери воды на пути к речной сети, главным образом, на задержание стока в замкнутых отрицательных формах рельефа.

Таблица 3. Средневзвешенный поверхностный склоновый сток, мм*

Сезон	Период условно-естественного стока	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в.	Современный период
Зимне-весенний	52	56	69	106	119	84
Летне-осенний	5	14	42	192	242	124
Год	57	70	111	298	361	208

Примечание: * – на площади склонов в границах Москвы на уровне 2010 г. Для современного периода – с учетом площади Новой Москвы.

При средних многолетних осадках летне-осеннего периода года 537 мм, сток со склонов на водонепроницаемых участках достигает на современном этапе почти 460 мм, а на малопроницаемых – свыше 260 мм (см. табл. 2).

В табл. 3 представлен средневзвешенный сток с учетом структуры угоний, но без коэффициента редукиции. На начало XXI в. он увеличился на территории Москвы в границах 2010 г. (расчетной площади) в летне-осенний период по сравнению с серединой XIX в. более чем в 17 раз, а по сравнению с периодом условно-естественного стока более чем в 48 раз. В целом, на начало XXI в. годовой поверхностный склоновый сток в Москве возрос (без учета климатических изменений) в 5,2 и 6,3 раз соответственно, главным образом, за счет роста стока на урбанизированных площадях в теплое время года. Современное включение в Москву новых территорий после 2010 г. (около 1430 км²), в целом слабо урбанизированных, способствовало снижению средних значений слоя стока с общей площади (2511 км²). Так, по сравнению с 2010 г. (город в старых границах) слой зимне-весеннего стока оценивается ниже на 35 мм, а летне-осенний и годовой сток в 1,95 и 1,73 раза соответственно.

Поверхностный сток со склонов, достигающий речной сети

Практически до рек доходит только часть склонового стока, задерживаясь в различных замкнутых отрицательных формах рельефа, на участках с повышенными инфильтрационными свойствами почв. По данным [19], коэффициент редукиции весеннего склонового стока, т. е. фактически достигающего реки с не урбанизированных площадей в зимне-весенний сезон, может быть принят в размере 0,75. Он значительно выше с урбанизированных территорий и достигает 0,8–0,95 мм. Причем первая цифра относится к более ранним периодам и к малопроницаемым участкам, вторая – к современному периоду, характеризующемуся более качественным устройством дорог. Как уже отмечалось выше, в летне-осенний сезон сток на склонах с естественных и сельскохозяйственных угодий практически отсутствует, а коэффициент редукиции склонового стока при добегании воды до русловой

Таблица 4. Средневзвешенный суммарный поверхностный склоновый сток, поступающий в русловую сеть со склонов, мм*

Сезон	Период условно-естественного стока	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в.	Современный период
Зимне-весенний	40/36	42/38	53 /48	94/85	109/98	73/66
Летне-осенний	3/3	7/6	21/19	137/123	181/163	90/81
Год	43/39	49/44	74/67	231/208	290/261	163/147

Примечание: * – в числителе – в расчете на площадь склонов, в знаменателе – на общую площадь водосбора в пределах Москвы на уровне 2010 г. Для современного периода площадь водосбора в пределах современной Москвы.

(гидрографической) сети ниже, чем в зимне-весенний сезон, он составляет на водонепроницаемых участках 0,8–0,9, а на малопроницаемых территориях 0,4–0,45. В итоге с учетом коэффициентов редукации в русловую сеть попадают следующие величины склонового стока (табл. 4).

Сток с площади гидрографической сети

Согласно ряду исследователей [19, 22], коэффициент зимне-весеннего стока с гидрографической сети (преимущественно поверхностного), занимающей примерно 10 % всей территории бассейна р. Москвы, составляет в среднем 0,8. Снегозапасы в гидрографической сети значительно выше, чем на склонах, за счет снега, сдуваемого с полей. Снегозапасы в гидрографической сети определяли суммированием собственных запасов (и осадков за период снеготаяния) и тех, которые были снесены с полей. За величину сноса снега в первом приближении можно считать разницу между максимальными значениями в лесу и на полевых угодьях. Согласно [19], эта разница по данным наблюдений на водно-балансовых станциях в регионе составляет 32 мм. Вместе с собственными в гидрографической сети общие снегозапасы и осадки за время снеготаяния составили на период исчисления нормы стока в бассейне р. Москвы с конца XIX в. до 1960-х гг. XX в. [23] 256 мм или в расчете на всю площадь водосбора 26 мм. При коэффициенте стока 0,8 сток с площади гидрографической сети составил 20 мм. Относим эту величину к условно-естественному периоду (табл. 5).

Сток с площади гидрографической сети изменялся с течением времени, главным образом за счет того, что менялась площадь, с которой ветром сносился снег. В условиях города этот снос снижается, как и сток (см. табл. 5). Согласно [20], сток с гидрографической сети для Подмосковья за летне-осенний период составляет около 25 мм. Условно принимаем, что сток в это время года с гидрографической сети в отдельные периоды практически не менялся.

Таблица 5. Сток с площади гидрографической сети на территории г. Москвы, мм

Сезон	Период условно-естественного стока	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в. и современный период
Зимне-весенний	20	19	17	15	10
Летне-осенний	25	25	25	25	25
Год	45	44	42	40	35

Таблица 6. Общий речной поверхностный сток, формирующийся на территории г. Москвы, мм

Сезон	Период условно-естественного стока	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в.	Современный период
Зимне-весенний	56	57	65	100	108	76
Летне-осенний	28	31	44	148	188	106
Год	84	88	109	248	296	182

Общий поверхностный сток складывается из склонового стока и стока с площади гидрографической сети и представлен в табл. 6. Очевидно, что основные изменения поверхностного стока связаны с теплым временем года. В итоге, современный суммарный поверхностный речной сток с расчетной территории Москвы при средних климатических условиях возрос к началу XXI в. по сравнению с серединой XIX в. и с периодом условно-естественного стока более чем в три раза. На территории современной Большой Москвы средний слой стока ниже, чем рассчитанный на площадь на уровне 2010 г.: зимне-весеннего сезона в 1,4 раза; летне-осеннего сезона – 1,7; за год – в 1,6 раза.

Сток инфильтрационного происхождения включает сток верховодки и подземный сток. Их величина за период условно-естественного стока определена по разнице полного стока у г. Звенигорода (по [6] 204 мм) и рассчитанного поверхностного стока в этот период – 84 мм (см. табл. 6). В результате годовая величина стока инфильтрационного происхождения составила 120 мм (табл. 7), в том числе за зимне-весенний сезон 85 мм, из которых примерно половина приходится на сток верховодки, и летне-осенний (преимущественно подземный сток) – 35 мм. Эти значения стока сформировались в результате инфильтрации воды в почву, величину которой приблизительно можно оценить по разнице осадков (в зимне-весенний сезон 200 мм, в летне-осенний 500 мм, в среднем за год 700 мм) и поверхностного стока за период условно-естественного стока (56, 28 и 84 мм соответственно). Допускаем, что изменения величины инфильтрации воды

Таблица 7. Сток инфильтрационного происхождения, мм

Сезон	Период условно-естественного стока	Середина XIX в.	Начало XX в.	Конец XX в.	Начало XXI в.	Современный период
Зимне-весенний	85	85	83	77	75	81
Летне-осенний	35	34	32	12	5	20
Год	120	119	115	89	80	101

в почву в результате изменения поверхностного стока приводят к пропорциональному изменению стока инфильтрационного происхождения с обратным знаком. При этом целесообразно ориентироваться на годовой коэффициент инфильтрационного питания за период условно-естественного стока, равный отношению этого стока к величине годовой инфильтрации (0,19) с распределением полученных годовых значений изменения стока инфильтрационного происхождения в соответствии с изменением поверхностного стока в отдельные сезоны.

Так, при условном увеличении поверхностного стока за год на 20 мм (5 мм в зимне-весенний сезон и 15 мм в летне-осенний сезон) сток инфильтрационного происхождения снизится на 3,8 мм ($20 \text{ мм} \times 0,19$), в том числе по сезонам на 0,95 и 2,85 мм соответственно. Расчет, исходя из величины инфильтрации за отдельные сезоны, не учитывает того, что значительная часть стока инфильтрационного происхождения данного сезона (особенно это относится к подземному стоку) формируется за счет осадков другого сезона. Например, подземный сток в летне-осенний сезон во многом определяется величиной осадков холодного периода. По-видимому, приведенная схема расчета изменения стока инфильтрационного происхождения, основанная на использовании среднего годового коэффициента стока инфильтрационного питания, несколько преуменьшает изменения этого стока в зимне-весенний сезон и преувеличивает в летне-осенний. Напрашивающийся расчет уменьшения стока пропорционально увеличению урбанизированных площадей не учитывает того, что часть стекающей с водонепроницаемых и малопроницаемых участков воды увеличивает сток инфильтрационного происхождения в результате так называемого потускулярного (очагового) питания. Результаты расчета стока инфильтрационного происхождения (с округлением) представлены в табл. 7.

В настоящее время можно констатировать уменьшение стока инфильтрационного происхождения с середины XIX в. и на начало XXI в. Это уменьшение обусловлено, главным образом, ростом урбанизированных территорий. Для территории Большой Москвы с высоким процентом неурбанизированных площадей слой стока инфильтрационного происхождения выше, чем на площади Москвы до современного расширения.

Таблица 8. Полный речной сток на территории Москвы и его изменения

Период	Показатель	Зимне-весенний сезон	Летне-осенний сезон	Год
Середина XIX в.	Сток, мм	142	65	207
	Изменения стока, мм/%	1/0,7	2/3	3/1
Начало XX в.	Сток, мм	148	76	224
	Изменения стока, мм/%	7/5	13/20	20/10
Конец XX в.	Сток, мм	177	160	337
	Изменения стока, мм/%	36/26	97/154	133/65
Начало XXI в.	Сток, мм	183	193	376
	Изменения стока, мм/%	42/30	130/206	172/84
Современный	Сток, мм	157	126	283
	Изменения стока, мм/%	16/11	63/100	79/39

Полный речной сток в Москве в результате трансформации структуры ландшафтов при средних климатических условиях и его изменения по сравнению с условно-естественным стоком р. Москвы в створе г. Звенигорода (годовой 204 мм, зимне-весенний 141 мм, летне-осенний 63 мм) представлены в табл. 8.

Возрастание годового стока (в 1,8 раза по сравнению с серединой XIX в.) обусловлено, главным образом, изменениями поверхностного склонового стока в теплое время года, который на площади Москвы на начало XXI в. по сравнению с периодом условно-естественного стока возрос почти в три раза, что объясняется в основном ростом урбанизированных площадей. Однако включение в состав Москвы на современном этапе незначительно урбанизированных территорий снижает средний годовой слой стока по сравнению с 2010 г. на 93 мм.

Отметим, что в расчетах [5–8] на уровне 1970–1980-х гг., выполненных по несколько иной методике, увеличение слоя стока на территории Москвы по сравнению с периодом условно-естественного стока оценено в 50 %, в представленных в статье расчетах для этого периода соответствующее изменение оценено близкой величиной – 65 %.

Выводы

Выполненные расчеты позволили выявить динамику поверхностного стока, стока инфильтрационного происхождения и годового на территории г. Москвы в период с середины XIX в. и по настоящее время в результате трансформации ландшафтной структуры при средних климатических

условиях. Выявлена тенденция увеличения годового стока главным образом за счет поверхностного стока со склонов в теплое время года (при снижении стока инфильтрационного происхождения), обусловленное в основном ростом урбанизированных площадей. На начало XXI в., по сравнению с серединой XIX в., слой годового стока, формирующийся на территории Москвы возрос более чем на 80 %, а на современном этапе – в результате последнего расширения за счет слабо урбанизированных ландшафтов – почти на 37 %.

Выполненные расчеты носят ориентировочный характер, вместе с тем они свидетельствуют о том, что рост урбанизированных площадей становится важным гидрологическим фактором. В числе наиболее перспективных направлений дальнейших исследований – совершенствование расчетов стока инфильтрационного происхождения и учет гидрологических последствий изменения климата на урбанизированных площадях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Военное статистическое обозрение Российской империи. Т. 6. Ч. 1. Московская губерния. Изд-во департамента генерального штаба, 1853. 306 с.
2. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>.
3. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3abe.
4. *Куприянов В.В.* Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 184 с.
5. *Львович М.И.* Вода и жизнь. М.: Мысль, 1986. 256 с.
6. *Львович М.И., Черногаева Г.М.* Изменение водного баланса территории под влиянием урбанизации // В кн.: Проблемы гидрологии. М.: Известия АН СССР, 1978. С. 43–52.
7. *Львович М.И., Чернышев Е.П.* «Закономерности водного баланса и вещественного обмена в условиях города» // Известия АН СССР. 1983. № 3. С. 23–29.
8. *Черногаева Г.М.* Гидрологическая роль урбанизации (на примере г. Москвы) // Вопросы географии. М.: Мысль, 1976. Вып. 102. С. 179–184.
9. *Курбатова А.С.* Ландшафтно-экологические основы формирования градостроительных структур. М.; Смоленск: Маджента, 2004. 400 с.
10. *Лихачева Э.А., Смирнова Е.Б.* Экологические проблемы Москвы за 150 лет. М. 1994. 248 с.
11. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Минстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1996.
12. *Грин А.М.* Динамика водного баланса Центрально-Черноземного района. М.: Наука, 1965. 148 с.
13. Доклад о состоянии окружающей среды в г. Москве в 2011 году / под общ. ред. А.О. Кульбачевского. М.: Спецкнига, 2012. 150 с.
14. *Захаров М.П.* Путеводитель по Москве и указание ее достопримечательностей. М.: Типограф. Введ. Моск. Гор. Полиции, 1856. 145 с.
15. Москва в цифрах. 1939 год: Стат. ежегодник / Стат. М 82 упр. г. Москвы. М.: Финансы и статистика, 1939. 64 с.
16. Москва в цифрах. 1985 год: Стат. ежегодник / Стат. М 82 упр. г. Москвы. М.: Финансы и статистика, 1985. 223 с.

17. Статистический справочник города Москвы и Московской губернии 1927 год. М.: Издание Московского статистического отдела, 1928. 282 с.
18. Статистическое управление народно-хозяйственного учета Госплана СССР. Сектор учета городского хозяйства. Коммунальное хозяйство СССР к концу первой пятилетки. (Сб. стат. материалов за 1927/1928–1931 гг. в сопоставлении с дореволюционными). М.: 1935. 135 с.
19. *Коронкевич Н.И.* Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990. 205 с.
20. *Субботин А.И.* Сток талых и дождевых вод (по экспериментальным данным). М.: Гидрометеиздат, 1966. 376 с.
21. *Субботин А.И., Дыгало В.С.* Экспериментальные гидрологические исследования в бассейне реки Москвы. М.: Гидрометеиздат, 1991. 264 с.
22. *Басс С.В.* Внутризональные особенности весеннего поверхностного стока в лесной зоне. М.: АН СССР, 1963. 107 с.
23. *Воскресенский К.П.* Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 548 с.

Сведения об авторах:

Коронкевич Николай Иванович, д-р геогр. наук, профессор, заведующий лабораторией, ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», 119017, Москва, Старомонетный переулок, д. 29; e-mail: hydro-igras@yandex.ru

Мельник Константин Сергеевич, аспирант, ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», 119017, Москва, Старомонетный переулок, д. 29; e-mail: konsmelnik@gmail.com