

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ БЕРЛИНА, ЛОНДОНА, МОСКВЫ, ПАРИЖА НА РЕЧНОЙ СТОК

Коронкевич Николай Иванович, доктор географических наук, профессор, Институт географии Российской Академии наук, 119017, Российская Федерация, г. Москва, Старомонетный пер., 29, e-mail: hydro-igras@yandex.ru

Мельник Константин Сергеевич, кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт географии Российской Академии наук, 119017, Российская Федерация, г. Москва, Старомонетный пер., 29, e-mail: konsmelnik@gmail.com

Рассматривается влияние урбанизированных ландшафтов четырех европейских столиц: Берлина, Лондона, Москвы, Парижа – на сток территорий в их границах и на сток крупных речных бассейнов, в пределах которых они располагаются: Шпрее, Темзы, Москвы и Сены. В основу расчетов положены методические подходы, ранее разработанные авторами для бассейна реки Москвы. Дана оценка изменений речного стока по сравнению с условно-естественным стоком, а также по сравнению со стоком за период исчисления его нормы (к. XIX в. – 60-е гг. XX столетия). Показано, что рост урбанизированных ландшафтов становится значимым фактором его увеличения.

Ключевые слова: урбанизированные ландшафты, речной сток, Москва, Лондон, Париж, Берлин, бассейны рек Шпрее, Темза, Москва, Сена

IMPACT OF LANDSCAPES BERLIN, LONDON, MOSCOW, PARIS TO THE RIVER FLOW

Koronkevich Nikolay I., D.Sc. in Geography, Professor, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetnyy per., Moscow, 119017, Russian Federation, e-mail: hydro-igras@yandex.ru

Melnik Konstantin S., C.Sc. in Geography, Researcher, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetnyy per., Moscow, 119017, Russian Federation, e-mail: konsmelnik@gmail.com

Urban landscapes impact on river runoff was shown on the example of four European capitals (Berlin, London, Moscow, Paris) as well as on the area of river basins – Spree, Temza, Moscow, Seine, where these cities are located. Landscapes impact calculation based on methodological approaches which were previously developed by the authors for the Moscow River basin. The assessment of river runoff changes was completed for the current period in comparison with natural runoff as well as with the runoff norm period (the end of XIX century – the middle of XX century). The growth of urban landscape impact on river runoff is becoming a significant factor in its increase.

Keywords: urban landscapes impact, urbanization, waterproof areas, river runoff, Moscow, London, Paris, Berlin, Spree, Temza, Seine river basins

Рост урбанизированных площадей – сравнительно новый фактор формирования стока и водного баланса. Новый в том смысле, что его долгое время считали несущественным. Хотя появление урбанизированных площадей относится к самым первым этапам развития человеческой цивилизации. Долгое время если и рассматривалась гидрологическая роль урбанизации, то в основном через призму водопотребления и гидротехнического строительства

в городах и других населенных пунктах. Быстрый рост урбанизированных площадей, характеризующихся повышенными коэффициентами полного речного стока (за счет увеличения поверхностного стока, при некотором снижении подземного), заставил обратить на себя внимания лишь в середине XX столетия. В СССР это особенно связано с обобщающей работой [5]. В дальнейшем значительные исследования по изучению гидрологической роли урбанизированных земель на примере Курска и Москвы были выполнены в Институте географии АН СССР М.И. Львовичем и его сотрудниками [6–8], в Государственном гидрологическом институте Б.С. Устюжаниным [10], а также сотрудниками других организаций. В самое последнее время авторами данной статьи проведено изучение влияния на водный баланс и сток комплекса факторов, связанных с урбанизацией территории, применительно к бассейну реки Москвы и Московской агломерации [4]. Разработанные методические подходы и полученные количественные закономерности представляется целесообразным применить к расчету влияния урбанизации территории на сток в отношении других столиц Европы (Берлин, Лондон, Париж) и речных бассейнов, в пределах которых расположены эти города: Шпрее, Темзы, Сены. Из различных аспектов урбанизации рассмотрим лишь изменения стока в результате увеличения площади указанных выше столиц. При этом не учитывается возможное влияние городов на количество атмосферных осадков. Поскольку этот вопрос во многом остается спорным. Хотя большинство авторов считает, что над городами выпадает атмосферных осадков больше, чем над окружающей территорией.

Нами были выделены следующие периоды рассмотрения:

- период практически естественных условий формирования стока. По существу, к ним близки условия формирования стока в середине XIX в., когда города и другие урбанизированные территории занимали очень малые площади и практически не оказывали влияния на сток рек. Условно за естественный сток принят зональный сток в районах расположения рассматриваемых городов;

- период исчисления нормы стока, примерно соответствующий тому, который был принят К.П. Воскресенским [2] для территории СССР, т.е. с конца XIX в. до начала 1960-х гг.

- современный период (начало XXI в.). Сделано допущение, что средние многолетние климатические условия при этом не менялись. Это, конечно, не совсем так, учитывая происходящие в самые последние годы изменения климата, но учет климатообусловленных гидрологических изменений на урбанизированных площадях является задачей дальнейших исследований.

В основу расчетов для указанных выше районов положены разработки авторов, выполненных по территории города Москвы и бассейну одноименной реки. Учитывая различия в природных и хозяйственных условиях рассматриваемых городов и рек, разные оценки площадей урбанизированных земель и водонепроницаемых участков, отсутствие экспериментальных исследований влияния урбанизации на сток на территориях Лондона, Берлина, Парижа и в бассейнах рек, на которых они расположены, был применен вариантный расчет диапазона изменения стока в результате роста урбанизированных площадей.

Алгоритм расчетов. Определяются основные гидрологические характеристики для территорий, занимаемых указанными городами, а также речных бассейнов, в пределах которых они находятся. В качестве базового (зонального) речного стока принята величина, подчерпнутая из [9].

1. Определяются площади урбанизированных земель в современный период и за период исчисления нормы стока. При этом в составе урбанизированных земель выделяются площади, занимаемыми водонепроницаемыми участками.

2. На основании соотношения коэффициентов стока с урбанизированных и неурбанизированных площадей, найденных для территории города Москвы и бассейна реки Москвы, а также данных по изменению площадей урбанизированных земель в других городах и речных бассейнах находятся изменения стока за рассматриваемые периоды. Применены два варианта расчетов. Первый исходит из полученного по городу Москве и бассейну реки Москвы соотношения – 1 % современной урбанизированной территории, увеличивает годовой речной сток в среднем так же на 1 % [4], а в более ранние периоды – на 0,8 %. Второй вариант расчета опирается на данные по величине водонепроницаемых площадей и коэффициента стока с них, средние для периодов половодья и теплого сезона года, рекомендуемых различными нормативными документами [12]. Первый вариант в применении к городам, в которых площади водонепроницаемых участков меньше, чем в Москве, по видимому, преувеличивает влияние урбанизированных площадей на сток. Второй вариант, скорее всего, преуменьшает это влияние. Поскольку он не учитывает, что и на других участках города, помимо водонепроницаемых, сток выше, чем на естественных и сельскохозяйственных угодьях. Хотя, возможно, соотношение коэффициентов стока с водонепроницаемых площадей и зонального в отношении полного речного стока преувеличено. Поэтому рассчитываются и средние значения из этих двух вариантов. Так как значения стока на картах районов расположения городских агломераций, составленных за период исчисления нормы стока, уже учитывают влияние урбанизации за этот период, современные изменения стока находятся по разнице его изменений за эти два периода.

3. Зная объем измененного стока на территории столичных городов определяется влияние этих городов на сток речных бассейнов, в пределах которых они располагаются.

Краткая характеристика бассейнов рек Шпрее, Темзы, Москвы, Сены. Основные гидрографические и воднобалансовые данные рассматриваемых территорий представлены в таблице 1. Обращаем внимание на близость коэффициентов стока во всех речных бассейнах.

Таблица 1

Основные сведения о рассматриваемых речных бассейнах

Речной бассейн	Площадь речного бассейна, км ²	Длина реки, км	Осадки, мм	Сток, мм	Испарение, мм	Кэф. стока
Шпрее	10 105	398	509	12	180	0,22
Темзы	12 900	346	690	60	212	0,23
Москвы	17 600	473	707	180	160	0,25
Сены	78 650	780	890	12	112	0,24

Примечание. Водный баланс р. Шпрее определен по [9], р. Москвы рассчитан авторами [4], рек Сены и Темзы дан по [14]

Река Шпрее является притоком р. Хафель в бассейне Эльбы, протекает по территории Восточной Германии. Берет начало в Лужицких горах, недалеко от границы с Чехией. Течёт преимущественно на север и впадает в Хафель, в западной части немецкой столицы. Относится к типу рек, у которых основным источником питания являются талые снеговые воды.

Бассейн реки Темзы является одним из крупнейших речных бассейнов в Великобритании. Его площадь составляет около 10 % от площади Англии и Уэльса. Длина Темзы 346 км (по некоторым данным 334 км). Берёт начало на возвышенности Котсуолд-Хилс. Протекает через равнины с запада на восток, принимая многочисленные притоки. Пересекает Лондон и впадает в Северное море, образуя эстуарий.

Питание в основном дождевое и грунтовое. Режим характеризуется зимними паводками и летней меженью. В бассейне Темзы происходят регулярные наводнения, вызванные дождевыми паводками в неприливной его части. Океанический умеренный климат в бассейне Темзы способствует условиям влажной и практически бесснежной зимы.

Река Москва протекает по территории Московской области Российской Федерации. В черте г. Москвы ее длина составляет около 80 км. Русло реки зарегулировано системой Москворецких водохранилищ. Впадает в р. Оку у г. Коломна.

Москва относится к типу рек, у которых основным источником питания являются талые снеговые воды. По [3] на долю снегового питания приходится до 55 %, дождевого – 21 %, подземного около 24 %. Причем подземное питание играет основную роль в формировании стока в зимний и летний меженьные периоды. В отношении величины среднего многолетнего стока реки Москвы в замыкающем створе у разных авторов имеются большие разночтения из-за отсутствия систематических наблюдений в замыкающем створе. Среднемноголетняя норма стока по нашим расчетам за период с конца XIX в. до 1960-х гг. XX в. составляет 180 мм (3,2 км³/год, 101 м³/с).

Бассейн реки Сены является самым крупным во Франции. Его площадь, по разным данным, составляет от 74 до 79 тыс. км². Сена берет начало в южной части плато Лангр, далее протекает по широкой долине Парижского бассейна. В черте Парижа – примерно 50 км. Между городами Гавр и Онфлер река впадает в бухту Сена пролива Ла-Манш. Питание реки преимущественно дождевое. В верхней части бассейна Сены находятся три больших водохранилища, осуществляющих сезонное регулирование стока [14].

Развитие урбанизации. Урбанизация (от лат. *urbs* – город) представляет собой по [11] исторический процесс разрастания городских территорий, увеличения численности их населения и роли в развитии общества. (К урбанизированным территориям часто относят и те, которые заняты сельскими поселениями, дорогами, аэродромами и т.п.) На территории всех рассматриваемых бассейнов в столицах всегда было сконцентрировано основное население. Причем с середины XIX в. до настоящего времени население Берлина возросло почти в 10 раз, Лондона – в 4 раза, Москвы – почти в 20 раз, Парижа – в 8 раз, достигнув соответственно 3,7; 10; 15; 9,5 млн человек.

В расчетах урбанизированных площадей, занятых рассматриваемыми городами, использованы данные различных статистических справочников, в том числе Института политики землепользования Линкольна [15], масштабного проекта "Open street map" (картографические данные) [16], снимков "Landsat" и ряда статистических справочников, таких как [1, 13]. В наших расчетах

учитывалась площадь Москвы в размере 1081 км², что примерно в 2,5 раза меньше современной. Так как увеличение площади в 2012 г. произошло в основном за счет естественных и сельскохозяйственных угодий, которые нельзя считать урбанизированными. В таблице 2 приведены сведения об общей площади урбанизированных земель и проценте водонепроницаемых территорий Берлина, Лондона, Москвы, Парижа.

Таблица 2

Динамика урбанизированных площадей*

Период	Берлин	Лондон	Москва	Париж
Период исчисления нормы стока	478 (31)	598(25)	399 (18)	347 (18)
Начало XXI в.	892 (53)	2303 (38)	1081 (50)	1796 (36)

Примечание: * км², в скобках – % водонепроницаемых участков.

Как видно, по сравнению с периодом исчисления нормы стока наиболее быстро выросла площадь Парижа (в 5,5 раза), а меньше всего в Берлине (в 1,6 раза). Правда, площадь современной Москвы (2511 км²) в 6 с лишним раз больше, чем в период исчисления нормы стока, но, как уже отмечалось, основное увеличение произошло в самые последние годы и не за счет урбанизированных ландшафтов. Площадь водонепроницаемых территорий больше всего (почти в 3 раза) выросла в Москве. В других городах этот рост был значительно ниже.

Изменения стока в современный период по сравнению с периодом условного естественного его формирования. Результаты расчетов современных изменений стока, по сравнению с зональным (условно-естественным стоком), по двум вариантам расчета представлено в таблицах 3, 4, а осредненного – по двум вариантам и по отношению к речному стоку в бассейнах, в которых расположены эти столицы (табл. 5).

Таблица 3

Современное увеличение стока в результате роста урбанизированных площадей по сравнению с естественными условиями его формирования на территории города (1-й вариант расчета)

Город	Площадь города, км ²	Зональный сток на территории города		Увеличение стока млн м ³
		мм	млн м ³	
Берлин	892	112	100	100
Лондон	2303	160	369	369
Москва	1081	180	195	195
Париж	1796	212	371	371

Таблица 4

Современное увеличение стока в результате роста урбанизированных площадей по сравнению с естественными условиями его формирования на территории города (2-й вариант расчета)

Город	Площадь в/п* территорий км ²	Объем зонального стока с в/п территорий, млн м ³	Кэф. стока с в/п территорий	Увеличение коэф. стока на в/п территориях в п раз	Объем стока с в/п территорий, млн м ³	Увеличение стока, млн м ³
Берлин	473	53	0,7	3,2	169	116
Лондон	875	140	0,65	2,8	392	252
Москва	541	97,4	0,75	3,0	292	195
Париж	647	130	0,6	2,7	351	221

Примечание: * в/п – водонепроницаемые территории.

Таблица 5

Современное увеличение стока в результате роста водонепроницаемых площадей на территории города и в речном бассейне по сравнению с естественными условиями его формирования (среднее по 2-м вариантам расчета)*

Город	Среднее увеличение, млн м ³	Среднее увеличение в % к зональному стоку с города*	Речные бассейны	Объем зонального речного стока, млн м ³	Увеличение речного стока, %
Берлин	108	108	Шпрее	1132	9,5
Лондон	311	84	Темза	2064	15,1
Москва	195	100	Москва	3168	6,2
Париж	296	80	Сена	15809	1,9

Примечание: *Площадь городов в современных границах, Москва в границах 2010 г.

Наиболее близкие значения увеличения стока по обоим вариантам расчета получены для Берлина и Москвы (по Москве – 100%-ное совпадение). Это объясняется близкой величиной доли водонепроницаемых территорий (половина всех урбанизированных площадей) и относительно близкими природными условиями. Для Лондона и Парижа, доля водонепроницаемых площадей в которых значительно ниже, различия довольно существенны (соответственно в 1,5 и 1,7 раза).

Изменение стока в период исчисления его нормы по сравнению с периодом условно-естественного его формирования. Аналогичные расчеты для периода исчисления нормы стока представлены в таблицах 6–8. Следует обратить внимание, что для этого периода приняты более низкие значения (0,8 %) увеличения стока при росте урбанизации на 1 % и несколько пониженные коэффициенты стока с водонепроницаемых площадей. Все это объясняется менее эффективной системой отвода воды с этих территорий. Значительно больше различия между первым и вторым вариантами расчета из-за гораздо меньшей точности определения площадей за этот период (особенно водонепроницаемых) по сравнению с современным периодом.

Таблица 6

Увеличение стока в результате роста городских площадей в период исчисления нормы стока по сравнению с естественными условиями его формирования (1-й вариант расчета)

Город	Площадь города, км ²	Зональный сток (условно-естественный) на территории города, млн м ³	Увеличение стока, млн м ³
Берлин	478	54	43
Лондон	598	96	77
Москва	399	72	57
Париж	347	74	59

Таблица 7

Увеличение стока в результате роста городских площадей в период исчисления нормы стока по сравнению с естественными условиями его формирования (2-й вариант расчета)

Город	Площадь в/п территорий км ²	Объем зонального стока с в/п территорий, млн м ³	Кэфф. стока с в/п территорий	Увеличение коэфф. стока на в/п территориях в п раз	Объем стока с в/п территорий, млн м ³	Увеличение стока, млн м ³
Берлин	148	17	0,6	2,7	46	29
Лондон	150	24	0,55	2,4	56	32
Москва	72	13	0,65	2,6	34	21
Париж	63	13	0,5	2	26	13

Таблица 8

**Увеличение стока в результате роста городских территорий
за период исчисления нормы стока
по сравнению с естественными условиями его формирования
(2-й вариант расчета)**

Город	Среднее увеличение, млн м ³	Среднее увеличение в % к зональному стоку с города*	Речные бассейны	Увеличение речного стока, %
Берлин	36	67	Шпрее	3
Лондон	55	57	Темза	3
Москва	39	54	Москва	1
Париж	33	50	Сена	0

Но в любом варианте налицо гораздо меньшее увеличение стока по сравнению с современным периодом.

Изменения стока в современный период по сравнению с периодом исчисления его нормы. Вычитанием из величин современного увеличения стока их аналогичных значений за период исчисления нормы (см. табл. 5 и табл. 8) находим осредненное современное его изменение для территории городов и речных бассейнов (табл. 9). Как видно из таблицы 9, наибольшее влияние на сток основной реки, на которой располагается город, оказал Лондон в связи со своими самыми крупными размерами и почти четырехкратным увеличением площади по сравнению с периодом исчисления нормы стока, а также из-за сравнительно скромных размеров стока р. Темзы. Наименьшее влияние на речной сток оказал Париж, главным образом, из-за большого объема стока Сены.

Таблица 9

**Современное увеличение стока в результате роста городских территорий
по сравнению с периодом исчисления его нормы**

Город	Среднее увеличение, млн м ³	% к зональному стоку с территории города	% к речному- стоку
Берлин	72	41	6,3
Лондон	256	27	12,4
Москва	156	46	5
Париж	260	30	1,7

Необходимо отметить, что для всех городов осредненное по двум вариантам современное процентное увеличение стока соответствует соотношению 1 % роста урбанизированных площадей и такое же увеличение стока. Так, для Берлина – рост процента урбанизированных площадей (F.y) с 4 до 9 %, т.е. на 5 %, привел к увеличению стока Шпрее на 6,3 %. Для Лондона – рост (F.y) с 5 до 19 %, т.е. на 14 %, увеличивает сток Темзы на 12,6 %. Для Москвы увеличение (F.y) с 2 до 7 %, т.е. на 5 %, дает прирост стока ровно на такую же величину. Наконец, для Сены увеличение площади урбанизированных площадей с 0,5 до 2,4 % (1,9 %) приводит к росту ее стока на 1,7 % (см. табл. 9).

В действительности, влияние урбанизированных площадей на сток рассматриваемых рек больше приведенных выше величин ввиду наличия, кроме столиц, большого числа менее крупных городов, сельских населенных пунктов, дорог, аэродромов и других объектов с уплотненной по сравнению с естественными условиями почвой и пониженной инфильтрационной способности земной поверхности. Но учет их влияния на сток требует специального рассмотрения.

Заклучение. Выполненные выше расчеты носят ориентировочный характер. Полученные величины влияния урбанизированных площадей на сток нуждаются в уточнении. Вместе с тем они свидетельствуют о том, что урбанизация ландшафтов становится одним из важных факторов роста речного стока. Это имеет как позитивные последствия (увеличение доступных водных ресурсов), так и негативные (рост паводочного стока с сопутствующими ему наводнениями, загрязнением рек и водоемов водой, стекающей с улиц и площадей).

Список литературы

1. Военно-статистическое обозрение Российской империи. – Санкт-Петербург : Департамент генерального штаба, 1853. – Т. 6, ч. 1. Московская губерния. – 306 с.
2. Воскресенский К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза / К. П. Воскресенский. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1962. – 548 с.
3. Давыдов Л. К. Гидрография СССР / Л. К. Давыдов. – Ленинград : Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, 1955. – 184 с.
4. Коронкевич Н. И. Трансформация стока под влиянием ландшафтных изменений в бассейне реки Москвы и на территории города Москвы / Н. И. Коронкевич, К. С. Мельник // Водные ресурсы. – 2015. – Т. 42, № 2. – С. 133–143.
5. Куприянов В. В. Гидрологические аспекты урбанизации / В. В. Куприянов. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1977. – 184 с.
6. Львович М. И. Вода и жизнь / М. И. Львович. – Москва : Мысль, 1986. – 256 с.
7. Львович М. И. Изменение водного баланса территории под влиянием урбанизации / М. И. Львович, Г. М. Черногаева // Проблемы гидрологии. – Москва : Известия Академии наук СССР, 1978. – С. 43–52.
8. Львович М. И. Закономерности водного баланса и вещественного обмена в условиях города / М. И. Львович, Е. П. Чернышев // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. – 1983. – № 3. – С. 23–29.
9. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Москва : Гидрометеоздат, 1974. – 638 с.
10. Расчеты и прогнозы гидрологических характеристик : сборник научных трудов / Б. С. Устюжанин // Реакция речного стока на урбанизацию водосбора. – 1989. – Вып. 103. – С. 73–81.
11. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Мысль, 1990. – 637 с.
12. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введены Союзводоканалпроектом Госстроя СССР. – Москва : ГУП ЦПП, 1996.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели за 1995–2010 гг. // Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_14p/Main.html, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Реки и озера мира : энциклопедия / Н. И. Алексеевский, К. Ф. Ретеном и другие. – Москва : Энциклопедия, 2012. – 925 с.
15. Lincoln University of Land Policy. – Режим доступа: <http://www.lincolninst.edu/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
16. Open Street Map Data Extracts. – Режим доступа: <http://download.geofabrik.de/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
17. Shlomo Angel. Atlas of Urban Expansion / Shlomo Angel, Jason Parent, Daniel L. Civco, Alejandro M. Blei. – Massachusetts, Cambridge, 2012. – 397 p.

References

1. *Voенno-statisticheskoe obozrenie Rossiyskoy imperii* [Russian empire statistical military review], Saint Petersburg, General Staff Department Publ. House, 1853, vol. 6, part 1. Moscow region. 306 p.
2. *Voskresenskiy K. P. Norma i izmenchivost godovogo stoka rek Sovetskogo Soyuz* [Annual runoff norm and variability of Soviet Union rivers], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1962. 548 p.
3. *Davydov L. K. Gidrografiya SSSR* [USSR hydrography], Leningrad, Pushkin Leningrad State University Publ. House, 1955. 184 p.
4. *Koronkevich N. I., Melnik K. S. Transformatsiya stoka pod vliyaniem landshaftnykh izmeneniy v bassejne reki Moskvy i na territorii goroda Moskvy* [Runoff Transformation under the Effect of Landscape Changes in the Moskva R. Basin and in the territory of Moscow city]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 2015, vol. 42, no. 2, pp. 133–143.

5. Kupriyanov V. V. *Gidrologicheskie aspekty urbanizatsii* [Hydrological aspects of urbanization], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 184 p.
6. Lvovich M. I. *Voda i zhizn* [Water and life], Moscow, Mysl Publ., 1986. 256 p.
7. Lvovich M. I., Chernogaeva G. M. *Izmenenie vodnogo balansa territorii pod vliyaniem urbanizatsii* [Water balance change on the territory which is under urbanization pressure]. *Problemy gidrologii* [Problems of hydrology], Moscow, Izvestiya Akademii nauk SSR Publ., 1978, pp. 43–52.
8. Lvovich M. I., Chernyshov Ye. P. *Zakonomernosti vodnogo balansa i veshchestvennogo obmena v usloviyakh goroda* [The regularities of water balance and material exchange in the city conditions]. *Izvestiya Akademii nauk SSR. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the USSR Academy Science], 1983, no. 3, pp. 23–29.
9. *Mirovoy vodnyy balans i vodnye resursy Zemli* [World water balance and the Earthwater resources], Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 638 p.
10. Ustyuzhanin B. S. *Raschety i prognozy gidrologicheskikh kharakteristik* [Hydrological characteristics calculations and forecasts]. *Reaktsiya rechnogo stoka na urbanizatsiyu vodosbora* [River runoff reaction on the development of watershed urbanization], 1989, no. 103, pp. 73–81.
11. Reymers N. F. *Prirodopolzovanie* [Natural resources management], Moscow, Mysl Publ., 1990. 637 p.
12. SNIP. 2.04.03-85. Sewerage. External networks and facilities. Introduced Soyuzvodokanal project Gosstroy USSR. Moscow, GUP CPP Publ., 1996.
13. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli za 1995–2010 gg.* [Regions of Russia. Social and economic indicators for 1995–2010]. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_14p/Main.html.
14. Alekseevskiy N. I., Reteyum K. F., et al. *Reki i ozera mira* [Worlds rivers and lakes], Moscow, Entsiklopediya Publ., 2012. 925 p.
15. *Lincoln University of Land Policy*. Available at: <http://www.lincolnst.edu/>.
16. Open Street Map Data Extracts. Available at: <http://download.geofabrik.de/>.
17. Shlomo Angel, Jason Parent, Daniel L. Civco, Alejandro M. Blei. *Atlas of Urban Expansion*, Massachusetts, Cambridge, 2012. 397 p.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

Голуб Валентин Борисович, доктор биологических наук, профессор, Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, 445003, Российская Федерация, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: vbgolub2000@mail.ru

Бармин Александр Николаевич, доктор географических наук, профессор, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: abarmin60@mail.ru

Иолин Михаил Михайлович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: miolin76@mail.ru

Валов Михаил Викторович, аспирант, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Герасимова Ксения Анатольевна, младший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, 445003, Российская Федерация, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: kseniya-starichkova@yandex.ru

Чувашов Андрей Викторович, инженер-исследователь, Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, 445003, Российская Федерация, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: andrei.chuwashov@yandex.ru