

## **ОПУБЛИКОВАНО:**

Суздалева А.Л., Безносков В.Н., Митяева Ю.Д. Роль луж в формировании экологических условий урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2016. №1. С. 17-23

Suzdaleva A.L., Beznosov V.N., Mityaeva Y.D. Role of pools in formation of urbanized territories environmental conditions. *Ecology of Urban Areas*, 2016, no 1, pp. 17-23.

Дополнительная информация размещена на нашем авторском сайте:  
[www.ntsyst.ru](http://www.ntsyst.ru)

УДК 504.75; 711.4

## **РОЛЬ ЛУЖ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Суздалева А.Л., д.б.н., профессор кафедры Инженерной экологии и охраны труда Московского энергетического института, [SuzdalevaAL@yandex.ru](mailto:SuzdalevaAL@yandex.ru)

Безносков В.Н., д.б.н., гл. научн. сотрудник ООО «Альфамед 2000»

Митяева Ю.Д., к.б.н., научный сотрудник АО «НИИЭС»

**Аннотация.** Проведено изучение процесса формирования качества воды в лужах различного происхождения. Исследования проводились на урбанизированных территориях двух различных климатических зон в г. Москва (Россия) и в г. Хургада (Египет). На основании комплексных исследований показано, что лужи любого типа, образующиеся на экранированных почвогрунтах городов, являются концентраторами различных загрязнителей. После высыхания луж, накопленные в них вредные вещества, в форме испарений и аэрозолей могут попадать в организм человека. Кроме того, в лужах происходит интенсивное развитие бактерий. Весьма высокая численность сохранивших жизнеспособность бактерий обнаружена в городском снежном покрове.

**Ключевые слова:** городской поверхностный сток, экранирование почвогрунтов, талые воды, бактериальная загрязненность снега, полив канализационными водами.

Одним из неизбежных последствий урбанизации является покрытие значительных участков водонепроницаемыми материалами. Это приводит не только к так называемому «экранированию» значительной части почвенно-грунтового покрова [1,2], но и к изменению на городских территориях характера поверхностного стока [3]. С одной стороны, это улучшает возможности для организованного отвода этих вод, уносящих с урбанизированных территорий значительную часть скапливающихся на их поверхности загрязнителей. С другой стороны, на поверхности асфальто-бетонных покрытий, крышах зданий и других экранированных участках создаются условия для возникновения и длительного существования большого

количества луж. Их небольшие размеры и относительная кратковременность существования обуславливает формирование к ним у экологов отношение как к чему-то несущественному. Вместе с тем, их суммарный объем может даже в пределах небольшой территории измеряться десятками м<sup>3</sup>. В лужах протекают интенсивные физико-химические и биологические процессы, способные оказать значимое влияние на экологическую ситуацию. Удерживание в них значительной части поверхностного стока, и последующее его испарение оказывает влияние на городской микроклимат. Изменения режима фильтрации вод поверхностного стока из-за возникновения луж на экранированных почвогрунтах оказывает влияние на формирование гидрогеологических условий урбанизированных территорий и на качество вод в городских водных объектах [4].

Вместе с тем, эти явления редко привлекают внимание специалистов. Отсутствует даже общепринятое определение понятия «лужа». Для обобщенного обозначения совокупности этих весьма различных по своему происхождению и характеру воздействия на окружающую среду объектов нами было предложено следующее определение: **«лужа» (временный микроводоем) – это любое временное наполнение водой неровности микрорельефа, площадь зеркала которого обычно не превышает 10 м<sup>2</sup>** [5]. В отличие от так называемых «техногенных скоплений вод» [6] существование луж непродолжительно и, как правило, не превышает несколько суток. Но в определенных условиях этот срок может быть существенно больше.

Лужи возникают как скопления изолированных друг от друга объемов воды, сброшенных на рельеф. В дальнейшем существует два основных сценария их развития. В первом случае они постепенно исчезают в результате испарения воды и ее фильтрации через подстилающий субстрат. Во втором случае обособленность луж исчезает вследствие повторного сброса вод, в результате которых возникает поток, осуществляющий их «промывку». Высокая скорость протекающих в лужах процессов обусловлена большой

поверхностью разделов фаз «вода – субстрат» и «вода - воздух» по сравнению с их объемом, а также хорошей аэрацией и солнечным прогревом.

***По источникам наполнения городские лужи подразделяются на:***

- ***дождевые***, возникающие в результате выпадения дождя;
- ***талые***, образующиеся после таяния снежного покрова;
- ***поливомоечные***, возникающие при поливе территории техническими средствами или организованном смыве загрязнителей с ее поверхности.

Протекающие в лужах процессы и характер их влияние на качество городской среды зависят как от погодно-климатических условий, так и от особенностей городского коммунального хозяйства. Для более широкого охвата явлений наши исследования проводились на территории двух городов, существенно различающихся по своим природным и хозяйственно-бытовым условиям: г. Москва (Северное Тушино) и египетский г. Хургада (район Лёлёа - Фейруз). Оба эти участка являются городскими районами, населенными местными жителями, а коммунальное обслуживание носит характер, типичный для данных регионов.

**Дождевые лужи.** Практически все виды загрязнителей, попадающие на поверхность урбанизированных территорий, с поверхностным смывом попадают в лужи и аккумулируются в них. Они представляют благоприятную среду для развития микроорганизмов, в т.ч. патогенных.

Как показали результаты исследований, ***качество водной среды в дождевых лужах зависит от следующих факторов:***

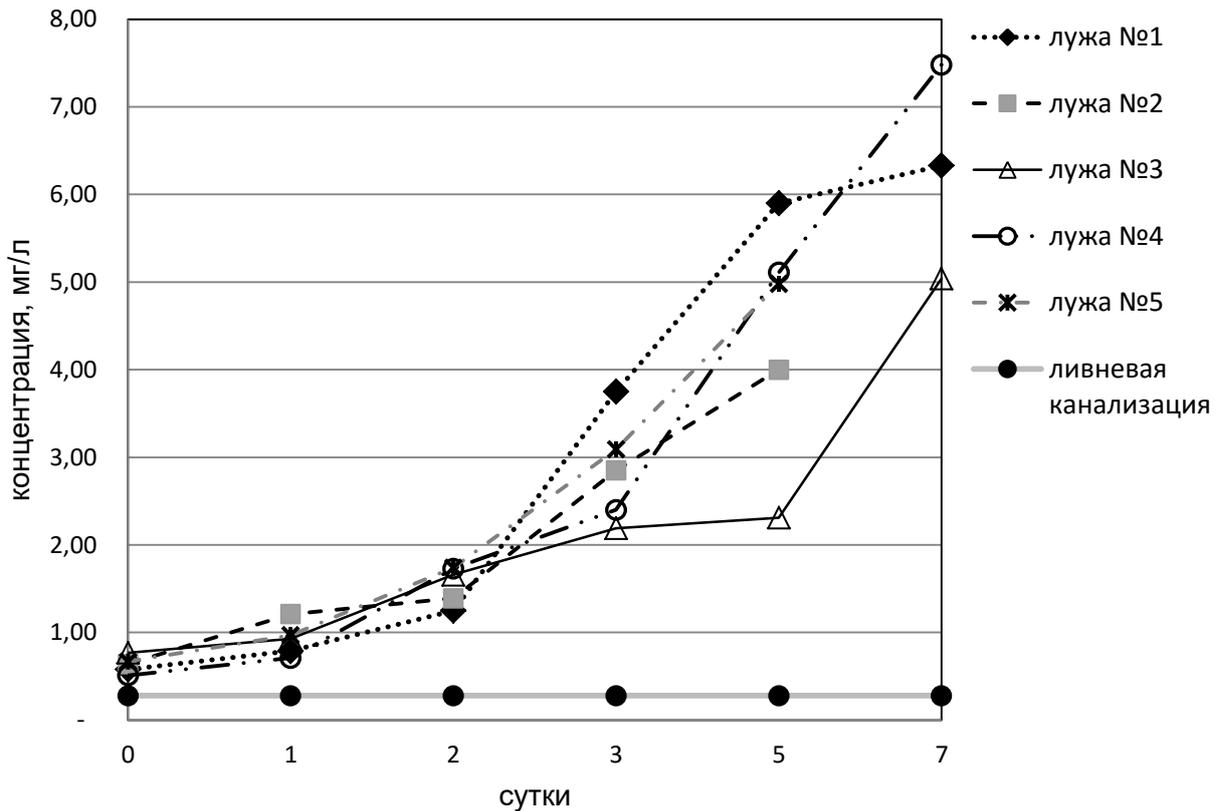
***1. Повышение концентрации различных веществ в лужах в течение их существования.*** Содержание многих компонентов поверхностного стока, формирующегося на урбанизированных территориях, как правило, значительно превышает их допустимые значения (водохозяйственные ПДК) [7]. Но в дождевых лужах уже на начальном этапе образования, т.е. после их обособления от потока стекающей дождевой воды, концентрация многих компонентов еще выше. Например, она нередко существенно превышает их содержание в водах поверхностного стока, сбрасываемых в тот же период через

ливневую канализацию (табл. 1). Через двое-трое суток эти показатели могут увеличиться в несколько раз (рис. 1).

Повышение концентрации различных растворенных веществ (в т.ч. и загрязнителей) происходит в дождевых лужах в результате нескольких процессов. В начальный период основным фактором изменения химизма водной среды в лужах является их взаимодействие с субстратом. Так, в г. Москве, в ряде случаев, наблюдалось интенсивное загрязнение воды луж нефтепродуктами, поступающими из загрязненных подстилающих грунтов и наносов, скопившихся в неровностях микрорельефа. В г. Хургаде иногда происходило быстрое осолонение дождевых луж за счет растворения соли, содержащейся в подстилающих субстратах.

**Таблица 1. Гидрохимические показатели вод дождевых луж в августе 2011 г. через 1-2 часа после окончания дождя (ХПК – химическое потребление кислорода; ПО – перманганатная окисляемость; НП – нефтепродукты)**

Объект	Гидрохимические показатели, мг/л ( $M \pm m$ )		
	ХПК	ПО	НП
<i>Лужи на асфальтовом покрытии внутриквартальных территорий</i>			
Лужа № 1	347,3±10,9	75,4±0,1	0,58±0,03
Лужа № 2	248,7±2,3	80,9±0,8	0,64±0,02
Лужа № 3	377,3±9,2	57,1±0,1	0,77±0,01
Лужа № 4	430,7±9,2	100,6±0,1	0,51±0,03
Лужа № 5	449,3±17,0	102,8±0,2	0,67±0,02
<i>Лужи на асфальтовом покрытии городских улиц</i>			
Лужа № 11	444,0±6,9	125,4±0,2	8,42±0,63
Лужа № 12	458,7±4,6	139,2±0,4	11,78±0,28
Лужа № 13	373,7±4,6	106,6±6,0	20,23±0,95
<i>Выходы ливневой канализации (ЛК)</i>			
ЛК № 1	88,0±13,8	15,4±0,1	0,28±0,04
ЛК № 2	72,0±8,0	14,0±0,1	0,23±0,02
ЛК № 3	93,3±12,2	20,5±0,1	0,25±0,02



**Рис.1. Содержание нефтепродуктов в дождевых лужах**

Значительное количество загрязнителей поступает в лужи из различных внешних источников: с проезжающим по ним автотранспортом, с приносимым ветром мусором, который аккумулируется в лужах и нередко интенсивно взаимодействует с водной средой и др. Увеличение содержания загрязнителей происходит и за счет оседания на поверхность луж атмосферных аэрозолей (пыли) из приземного слоя воздуха. Это подтверждают результаты экспериментов, проведенных в г. Москве и г. Хургаде в мезокосмах с водой из луж, экспонировавшихся в условиях, исключающих иные пути загрязнения. В летний период за 10 суток значение гидрохимического показателя ХПК, характеризующего содержание в воде растворенных и взвешенных органических веществ, увеличивалось в Москве на 30-45%, а в Хургаде – на 105-120%.

**2. Развитие микроорганизмов.** В дождевых лужах интенсивно развиваются микроорганизмы бактерии и микроводоросли. Последствия этих явлений носит двоякий характер. С одной стороны, они представляют благоприятную среду для возбудителей опасных инфекционных заболеваний, с

другой стороны, результаты проведенных экспериментов показали, что развитие сапрофитных бактерий и водорослей способствует самоочищению воды в лужах [8]. Таким образом, лужи можно рассматривать как миниатюрные природно-технические системы, в формировании которых биологические факты также играют значимую экологическую роль.

**3. Промывка луж.** При промывке луж в периоды повторного выпадения обильных осадков происходит скачкообразное изменение качества их водной среды. Как правило, сразу после обособления луж на прежних участках содержание загрязнителей в них более низкое, но через некоторое время начинается его закономерное увеличение. То же можно сказать и в отношении численности в их воде микроорганизмов.

Таким образом, общей тенденцией для городских дождевых луж является интенсивное по мере существования накопление в них различных химических загрязнителей и увеличение численности бактериальной микрофлоры. Лужи представляют собой не только неудобство для передвижения и источник неприятных запахов, но и фактор, способный создавать угрозу для здоровья городских жителей. Даже специалисты ошибочно полагают, что воздействие на человека вредных компонентов луж маловероятно, поскольку взрослый человек старается избегать контакта с их средой. Однако в реальности это не так. На дне луж обычно формируется слой осадков. В процессе высыхания луж и в последующий период эти осадки становятся источником образования испарений и аэрозолей, содержащих вредные вещества и, возможно, возбудителей инфекционных заболеваний. Частицы этих аэрозолей могут попадать в дыхательные пути городских жителей и оседать на продуктах их питания.

**Талые лужи.** В большинстве случаев городские *талые лужи отличаются от дождевых:*

- *частыми и интенсивными промывками*, что обусловлено более постоянным, чем выпадение осадков, процессом снеготаяния в весенний период;

- *высоким уровнем загрязненности вод*. Это связано с тем, что в течение зимнего периода в городском снегу накапливается значительное количество различных загрязнителей [9]. Во время снеготаяния они попадают в воды поверхностного стока и задерживаются в образующихся талых лужах. Для сравнения в таблице 2 приведены результаты анализов взятых на различных участках образцов снега, таивание которого проводилось в лаборатории.

Содержание загрязнителей в талых лужах после их обособления от потока талых вод существенно возрастало за счет взаимодействия с постилающим субстратом. Так же как и в случае с дождевыми лужами, содержание многих компонентов было значительно выше, чем в водах поверхностного стока, сбрасываемых в то же время из ливневой канализации (табл. 2). В последующий период талые воды подвержены различным внешним источникам загрязнения.

Несмотря на низкую температуру, численность бактерий в талых лужах достигала весьма высоких значений. Так, численность гетеротрофных бактерий, растущих на стандартной питательной среде (МПА), в талых лужах внутри московских кварталов составляла 57,3-88,6 тыс. клеток/мл, а на оживленных магистралях до 125,8 тыс. клеток/мл. Еще выше этот показатель был в воде, образовавшейся при таянии снега, собранного весной на обочинах городских улиц – до 10,4 млн. клеток/мл. Можно предположить, что в течение зимы в снежном покрове городов аккумулируются не только частицы различных загрязнителей, в т.ч. и хозяйственно-бытового происхождения, но и находящиеся в них микроорганизмы, некоторые из которых сохраняют жизнеспособность при замерзании.

В талых лужах, также как и в дождевых, нередко накапливаются осадки, которые после их высыхания, становятся источником химического и бактериального загрязнения приземного слоя воздуха.

**Таблица 2. Гидрохимические и микробиологические показатели в воде талых луж в начале апреля 2012 г.**

Объект	Гидрохимические показатели, мг/л (min-max)		Численность гетеротрофных бактерий, 10 <sup>3</sup> кл./мл (M±m)
	ХПК	НП	
<b>Лужи на асфальтовом покрытии внутриквартальных территорий</b>			
Лужа № 1	376-616	1,32-2,33	83,5±4,7
Лужа № 2	264-616	1,34-2,53	58,7±88
Лужа № 3	224-704	0,88-1,93	63,5±88
Лужа № 4	256-312	0,90-1,86	88,6±12,0
Лужа № 5	232-288	1,20-2,34	57,8±9,6
<b>Лужи на асфальтовом покрытии городских улиц</b>			
Лужа № 11	448-952	5,33-10,39	70,5±13,3
Лужа № 12	472-728	8,11-12,12	93,8±12,3
Лужа № 13	328-654	12,04-17,90	125,8±8,4
<b>Выходы ливневой канализации (ЛК)</b>			
ЛК № 1	104-152	0,33-0,62	93,8±12,3
ЛК № 2	104-176	0,30-0,45	86,4±12,4
ЛК № 3	120-184	0,26-0,48	90,3±16,8
<b>Грязный снежный покров на обочинах дорог внутриквартальных территорий</b>			
Участок № 1	320-620	0,77-1,90	936,9±257,6
Участок № 2	280-636	0,96-1,29	367,2±42,1
Участок № 3	296-528	1,12-2,08	1113,8±159,1
<b>«Чистый» снежный покров внутриквартальных территорий</b>			
Участок № 4	96-104	0-0,08	20,1±4,5
Участок № 5	96-120	0,08-0,12	15,7±4,8
Участок № 6	104-112	0-0,10	18,6±5,1
<b>Грязный снежный покров на обочинах городских улиц</b>			
Участок № 7	520-762	9,41-12,05	6504,9±633,1
Участок № 8	536-816	10,44-12,53	2437,6±672,5
Участок № 9	704-720	15,05-21,13	10416,63±2271,0

**Поливомоечные лужи существенно различаются по качеству своих вод** и факторам, которые его определяют. Основными из них являются:

- **состав вод, используемых для полива;**
- **уровень загрязненности обрабатываемой поверхности.**

В Москве для мойки в летний период асфальтовых покрытий, как правило, используется водопроводная вода. Образующиеся в результате этого лужи нередко формируются в тех же самых неровностях микрорельефа, что и дождевые лужи и по качеству своих вод от них принципиально не отличаются

(табл.3). В последующий период в них аналогичным образом происходит постепенное накопление загрязнителей.

**Таблица 3. Гидрохимические показатели в воде поливомоечных луж**

Объект	Источник наполнения	Гидрохимические показатели, мг/л (M±m)	
		ХПК	НП
<i>Москва (июль 2012 г.)</i>			
Лужа № 11	Водопровод	411,0±1,0	0,28±0,07
Лужа № 13	Водопровод	323,0±1,4	0,86±0,16
Лужа № 14	Водопровод	293,7±4,7	0,53±0,03
<i>Хургада (сентябрь 2014 г.)</i>			
Лужа № 1х	Водопровод	645,3±4,0	1,03±0,13
Лужа № 2х	Водопровод	444,3±4,9	2,31±0,01
Лужа № 3х	Водопровод	489,0±6,6	0,48±0,05
Лужа № 4х	Канализация	13166,7±378,6	1,50±0,13
Лужа № 5х	Канализация	12110±1261,0	1,06±0,14
Лужа № 6х	Канализация	7646,7±50,3	4,16±0,37

В г. Хургаде полив территории осуществляется, как правило, не для смыва загрязнителей как в г. Москве, а для полива газонов и искусственно создаваемых островков растительности. Во многих случаях большая продолжительность между поливами в условиях жаркого климата компенсируется их значительным объемом. В результате часть вод вытекает за пределы поливаемой территории и образует лужи на поверхности асфальто-бетонных покрытий. Этому способствует и несовершенство применяемой технологии полива: использование автоцистерн с эластичной трубой большого диаметра, опускающихся вручную для свободного слива воды или полив водопроводной водой и канализационными стоками непосредственно из жилых зданий. При этом для полива городской растительности в г. Хургаде используется как водопроводная вода, так и неочищенные канализационные стоки, забираемые из коллекторов в жилых массивах. По этой причине состав московских и хургадских луж принципиально различался (табл.3). Содержание органических веществ в лужах, формирующихся из канализационных стоков, было во много раз выше (ХПК – до 13 тыс. мг/л). Не вызывает сомнений и высокая бактериальная обсемененность их вод. Вероятно, в них также происходит аккумуляция загрязнителей из внешних источников. На это

указывает высокое содержание нефтепродуктов, но кратковременность существования луж в условиях жаркого климата не позволяет проследить их динамику.

**Заключение.** Возникновение луж на экранированных почвогрунтах приводит к тому, что значительная часть поверхностного стока не выводится через систему ливневой канализации за пределы городской территории. В период своего существования лужи любого типа играют роль своеобразных концентраторов различных загрязнителей, которые в процессе высыхания луж распространяются в приземном слое воздуха в форме вредных испарений и аэрозолей. Возникает угроза их попадания в организм человека. Большой суммарный объем луж обуславливает значимость данного фактора в формировании условий городской среды. Таким образом, образование луж в городских условиях следует рассматривать как экологически нежелательное явление. Но, обсуждая данную проблему, необходимо четко разграничивать городские лужи, возникающие как побочный результат урбанизации и естественные временные водоемы (например, лужи в лесопарковых массивах), являющиеся важным условием существования биологических компонентов в резортах – местах массового отдыха городского населения [10].

В целом экологическое влияние экранирования поверхности городских почвогрунтов на процесс формирования поверхностного стока носит неоднозначный характер. С одной стороны, это облегчает удаление с урбанизированных территорий значительной части загрязнителей через систему ливневой канализации. С другой стороны, образование загрязненных луж, длительность существования которых значительно повышается при затруднении фильтрации вод через подстилающие субстраты, является нежелательным. Баланс этих процессов можно изменить, если начать рассматривать лужи как один из экологически значимых элементов урбосистем и учитывать факторы, способствующие их формированию при проектировании городских объектов, а также разрабатывать инновационные технологии нанесения экранирующих покрытий, не допускающих возникновения луж.

## Литература

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. Щербина Е.В., Астапчик Е.С. Экологическое планирование территории на примере г. Берлина. // Строительство. 2002. № 4. С.15-16.
3. Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 183 с.
4. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2014. 456 с.
5. Безносков В.Н., Суздалева А.Л., Митяева Ю.Д. Классификация временных микроводоемов (луж) и их экологическое значение // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2012. №3. С.36-39.
6. Суздалева А.Л., Горюнова С.В., Безносков В.Н. Техногенные скопления вод: экологические проблемы и пути их решения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. №4. С. 107-113
7. Янин Е.П. Источники и пути поступления загрязняющих веществ в реки промышленно-урбанизированных регионов.// Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация ВНИТИ, 2002. Вып. 6. С. 2-56.
8. Митяева Ю.Д. Экология временных микроводоемов (луж), образующихся на урбанизированной территории. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: РУДН, 2013. 26 с.
9. Прокачева В.Г., Усачев В.Ф. Снежный покров в сфере влияния города. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 194 с.
10. Суздалева А.Л., Безносков В.Н., Суздалева А.А. Экологические и социально-экологические основы проектирования городских резортов // Экология урбанизированных территорий. №3, 2012. С. 29-34.

## ROLE OF POOLS IN FORMATION OF URBANIZED TERRITORIES

### ENVIRONMENTAL CONDITIONS

**Suzdaleva A.L.**, D.Bi.Sci., professor of department of engineering ecology and labor protection

**Beznosov V.N.**, D.Bi.Sci., chief research assistant, LTD "Alphamed 2000"

**Mityaeva Y.D.**, Ph.D. biology, research assistant, JSC "NIIES"

**Summary.** Studying of process of water quality formation in pools of various origins was carried out. Researches were conducted in urban areas of two different climatic zones in Moscow (Russia) and Hurghada (Egypt). Based on comprehensive research it is shown that pools of any type, formed on the urban screened soil are concentrators of various pollutants. After drying of pools, accumulated harmful substances in the form of evaporations and aerosols can get to a human body. In addition, in pools there is an intensive development of bacteria. Very high number of the bacteria which kept viability is found in the urban snow cover.

**Keywords:** urban runoff, screening of soils, melt water, snow bacterial contamination, irrigation with sewer waters.

### References

1. Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V. *Anthropogenic soils: genesis, geography, recultivation*. Smolensk: Oykumena, 2003. 268 p.
2. Shcherbina E.V., Astapchik E.S. Environmental planning of the territory on the example of Berlin. *Construction*. 2002. No.4, pp.15-16.

3. Kupriyanov V.V. Hydrological aspects of urbanization. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 183 p.
4. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. *Technogenesis and degradation of surface water objects*. Moscow: ID ENERGIYA, 2014. 456 p.
5. Beznosov V.N., Suzdaleva A.L., Mityaeva Y.D. Classification of temporary microreservoirs (pools) and their ecological value. *Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series ecology and life safety*. 2012. No.3, pp. 36-39.
6. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V., Beznosov V.N. Technogenic accumulations of waters: environmental problems and ways of their solutions. *Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. A series of ecology and life safety*. 2015. No.4, pp. 107-113.
7. Yanin E.P. Sources and contaminants in the rivers of industrial-urbanized regions. *Scientific and technical aspects of environmental protection. Survey information of VNITI*, 2002. Vol. 6, pp.2-56.
8. Mitiaeva Y.D. Ecology of temporary microreservoirs (puddles) formed in urbanized areas. *Abstract of thesis ... Ph.D. biology*, Moscow: RPFU, 2013. 26 p.
9. Prokacheva V.G., Usachev V.F. *Snow cover in a urban area of influence*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 194 p.
10. Suzdaleva A.L., Beznosov V.N., Suzdaleva A.A. Environmental and socio-ecological principles of urban resort design. *Ecology of Urban Areas*. 2014. No.3, pp. 29-34.