

УДК 502/504: 627.5

И.В. ГЛАЗУНОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация.

К.П. ВОРОНИНА, М.В. БАРСУКОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РЕКУ ЯУЗУ

Цель исследования – анализ эффективности водоохраных мероприятий (ВОМ) в условиях антропогенной нагрузки, которая складывается из прямого поступления загрязнений со сточными водами и диффузионными стоками, а также загрязнения реки при затоплении прилегающих городских территорий. Представлены результаты анализа метеорологических и гидрологических условий, прогнозы затопления территории, приведены результаты исследований эффективности проводимых и рекомендуемых ВОМ, даны рекомендации по объемам эксплуатационных работ, периодичности и технологиям их проведения. Проанализированы ВОМ, выполняемые ГУП «Мосводосток» в эксплуатационном режиме, и оценена их эффективность и стоимость. Наибольшая эффективность мероприятия составляет 62%. Расчет эффективности мероприятий при оценке снижения загрязнения реки выполнялся посредством сравнения объемов поступления загрязняющих веществ в реку до и после проведения водоохраных мероприятий в расчетных створах. При оценке эффективности мероприятий выполнялись расчеты эффективности работы противопаводковых сооружений на водосборе реки до и после работ по их текущей эксплуатации. Для рассматриваемого участка от Боготырского моста до улицы Березовая аллея рассчитаны необходимые объемы ВОМ по длине реки, по площадям обслуживаемых территорий, по количеству сооружений в эксплуатации гидротехнических районов (ЭГТР).

Метеорологические и гидрологические условия, прогнозы затопления территории, эффективность водоохраных мероприятий, работы по эксплуатации рек.

Введение. На территории г. Москвы существует более 140 рек и ручьев. Яуза (48 км) является одним из наиболее крупных притоков и имеет открытое русло. Река Яуза представляет экологическую и ландшафтно-рекреационную ценность. Все элементы бассейна реки в городе взаимосвязаны и участвуют в формировании водного баланса и качества воды. В целом питание реки Яуза в г. Москве превышает естественный уровень в поверхностном стоке вследствие высокого коэффициента стока с территории города и сбросов сточных вод и в подземном стоке за счет утечек из водопроводно-канализационных сетей, что вместе с фактором значительного заиления реки создает высокую опасность затопления территорий. При этом от абонентов ГУП Мосводосток поступает в среднем около 35% стоков, остальные стоки (65%) поступают с жилых территорий города и в настоящее время никем не оплачиваются. В связи с этим актуальным является выполнение анализа

эффективности водоохраных мероприятий в условиях антропогенной нагрузки для реки Яузы с целью рекомендации необходимого объема водоохраных, рековосстановительных и противопаводковых мероприятий для их практического применения.

Материалы и методы исследований.

Для исследования был выбран наиболее характерный участок по интенсивности антропогенной нагрузки и опасности затопления территорий по данным ГУП «Мосводосток» – рисунок 1:

- от сечения русла реки Яузы под мостом улицы Березовой аллеи;
- до сечения русла реки Яузы в промышленной зоне завода «Красный Богатырь».

Основные причины выбора рассматриваемого участка в качестве объекта исследований: заиление реки наносами с содержанием масел и нефтепродуктов, а также периодическое засорение русла мусором, затопление прилегающих территорий в 2004-2016 гг.

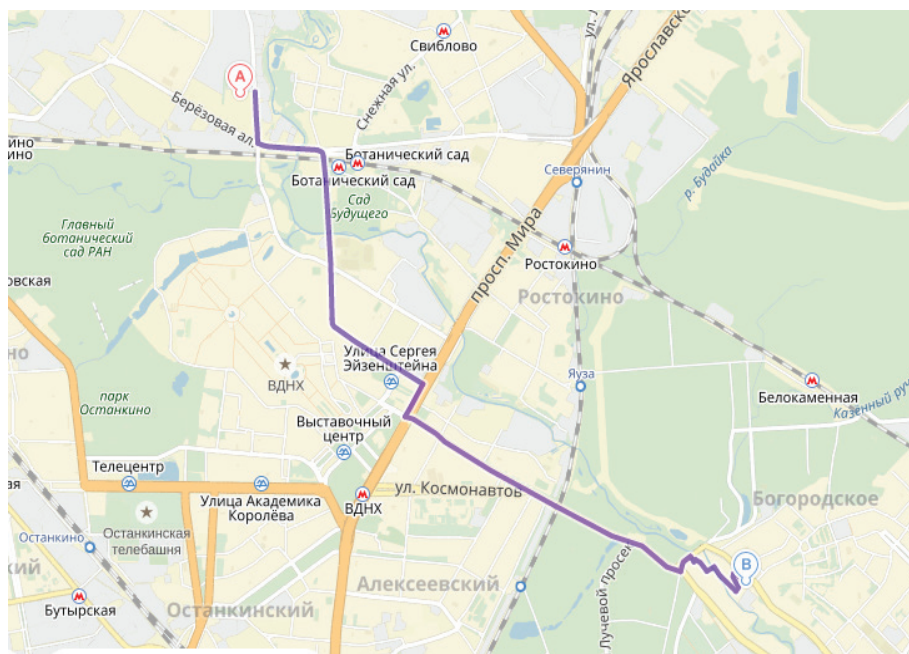


Рис. 1. Участок реки Яузы, подверженный высокой антропогенной нагрузке

По результатам рекогносцировочных исследований на местности и гидрологических измерений с их статистической обработкой составлена таблица 1.

Для выбранного в качестве исследуемого участка реки характерны показатели водосбора внутри МКАД.

По данным научной консалтинговой фирмы НКФ Волга, основные расходы воды р. Яузы как в межень, так и в периоды половодья и дождевых паводков формируются, главным образом, внутри города, т.е. на сильно урбанизированных (застроенных)

территориях [1, 3]. Поэтому для выбранного участка выполнен подробный анализ метеорологических условий бассейна реки Яузы, а также прогноз стокообразующих осадков и повторяемости экстремальных осадков с использованием результатов гидрометеорологических наблюдений метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. При этом применялись стандартные методики статистической обработки результатов метеорологических и гидрологических наблюдений.

Таблица 1

Основные характеристики водосбора реки Яуза

Наименование водосбора	Площадь речного бассейна (км ²)	Доля застроенных площадей в бассейне	Доля непроницаемых площадей в застройке	Среднемесячные расходы воды (м ³ /с)		
				Инфильтрационные	Антропогенные	Всего в межень
Бассейн р. Яузы полный	450,52	0,428	0,511	1,820	1,920	3,740
Тоже внутри московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД)	341,52	0,523	0,512	1,290	1,860 ¹	3,150

По результатам расчетов и при сравнении их с фактическими данными наблюдений на метеостанциях ТСХА и ВДНХ, а также со справочными данными, распределение расходов реки определяется распределением осадков, при этом практический интерес представляют суточные дожди от 2,7 до 25 мм (объем, в среднем обязатель-

но реализующийся в форме поверхностного стока).

По кривым связи уровней и расходов при современном состоянии реки и графику повторяемости уровней под мостом Проспекта Мира, а также по профилям реки (данные НКФ Волга) при оценке состояния русла р. Яузы определена периодичность затопления

и наиболее опасные участки. За последнее десятилетие с 2004 и 2016 г. затопления наблюдались 8 раз, при этом наиболее опасные затопления произошли на участках пешеходного моста и моста Проспекта мира, что говорит о недостаточной эффективности проводимых противопаводковых мероприятий и является обоснованием для выбора участка (области исследований для закладки полевого опыта).

Весь участок реки, от впадения р. Лихоборки до Богатырского моста, при всех расходах воды начиная с меженных, находится в режиме подпора.

Частота затоплений не удовлетворяет нормам градостроительства, лимитирующим, как минимум, одно затопление в 10 лет для данного класса территории [2].

Эффективность противопаводковых и ВОМ оценивалась как по сравнению объемов выполненных и требуемых работ

по площади обслуживаемых территорий и по количеству ЭГТР, так и по снижению загрязняющей нагрузки на реку по эпюрам изменения концентраций загрязняющих веществ по длине реки в результате проводимых мероприятий.

Результаты и обсуждение исследований. Дальнейшие анализы были направлены на поиск более эффективных ВОМ, оценку эффективности противопаводковых и ВОМ на основе исследований в пределах выбранного участка реки Яузы и ее водосбора, разработку рекомендаций и мероприятий по уходу и восстановлению русла р. Яузы и прилегающих территорий, с целью снижения загрязнения реки и повторяемости затоплений. На обобщенном графике эффективностей (рис. 2) видно, что на современный период эффективность проводимых мероприятий не превышает 62%.

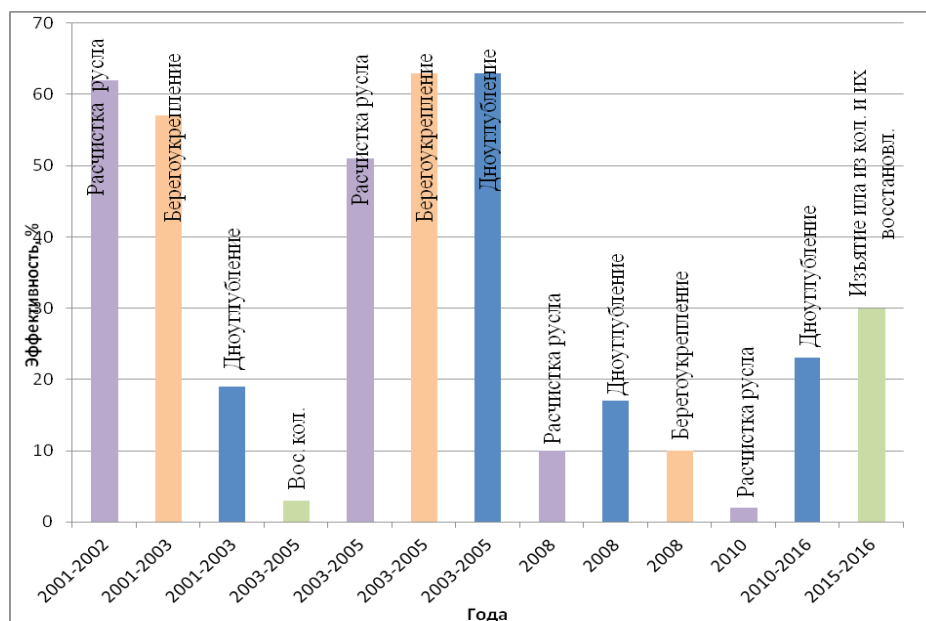


Рис. 2. Эффективность проведенных мероприятий

Для рассматриваемого участка от Богатырского моста до улицы Березовая аллея рассчитаны необходимые объемы водоохранных мероприятий по длине реки, по площадям обслуживаемых территорий и по количеству сооружений в ЭГТР.

При комплексном подходе определена требуемая эффективность рекомендуемых мероприятий по уменьшению опасности затопления, составившая 80% (рис. 3) и которая, в свою очередь, определяется требованиями работы локальных противопаводковых сооружений на территории водосбора реки, а также по снижению загрязняющей

нагрузки на реку – 90%, то есть снижение поступлений загрязняющих веществ.

Даны технологические рекомендации по проведению каждого вида водоохранных мероприятий с указанием периодичности, объемов и используемого оборудования и материалов.

Выполнен анализ изменения концентраций загрязняющих веществ по длине реки без учета и с учетом ВОМ, которые показали достаточную их эффективность, обеспечивающую снижение загрязнения реки до нормативов действующих предельно-нормативных концентраций (ПДК).

Рекомендуемые водоохранные мероприятия и их эффективность

Мероприятия	Объемы	Ед. изм.	Периодичность выполнения	Технология
Расчистка русла от крупно-размерного мусора, сухостоя, топляков, местных насосов с частичным берегоукреплением	7	км	1 раз в 2 года	Вручную санитарная вырубка и уборка погибших деревьев и кустарников, теплоход-мусоросборщик
Восстановление коллектора	19	шт.	один раз в 10 лет, или по мере разрушения коллектора	Грузовой транспорт, лебедка, выполняется вручную.
Берегоукрепление	7	км	ежегодно	Плавкран, катер
Дноуглубление	1270	тонн	ежегодно	Плавкран, катер, земснаряд
Изъятие ила из коллекторов с их восстановлением	2 237, 52	м ³	1 раз в 15 лет или по мере заилиения	Каналоочистительные машины (ДКТ-275, ДКТ-Старт-300), илосос (ДКТ Старт-100, ДКТ-Старт-300)

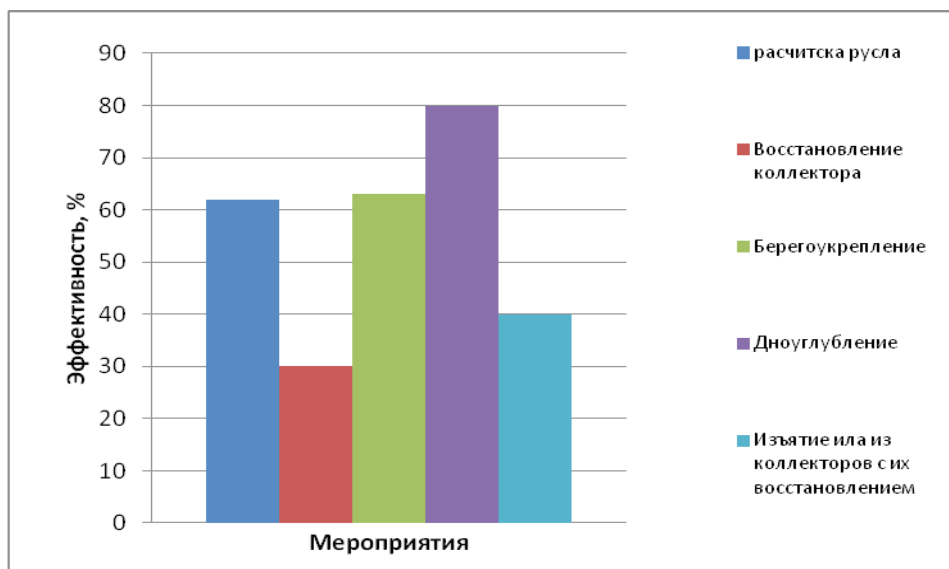


Рис. 3. Эффективность рекомендуемых мероприятий

Увеличение глубины на участке реки Яуза от моста Березовой аллеи до моста Богатырского моста решает следующие задачи:

- увеличить сечение водного потока для прохождения больших объемов воды при паводках в пределах речного русла;
- избавиться от многолетних донных отложений, чтобы снизить опасность вторичного загрязнения воды;
- дополнительная очистка водоемов от растительности и мусора;
- организация удобных подходов к реке.

Операции по увеличению глубины дна делятся на две группы:

- эксплуатационные – для очистки водоема от всех типов загрязнений;
- капитальные – для возведения гидротехнических конструкций.

В обоих случаях дноуглубление рек подразумевает под собой механизированную выемку грунта, но разной интенсивности и масштабности. Расчетный рекомендованный объем составляет 26445 м³/год, т.е. при плотности речного ила 1,6 тонн/м³, составляет 46,875 тонн ила с 1 км реки, или 1270 тонн для рассматриваемого участка.

В результате комплексного анализа антропогенных факторов на участке реки от моста улицы Березовой аллеи до промышленной зоны завода «Красный Богатырь» была произведена многофакторная оценка эффективности природоохранных мероприятий.

По длине реки располагаются подпорные коллекторы на рассматриваемом участке – 19 шт., коллекторы железобетонные, прямоугольного профиля, максимальная

площадь дренирования до 2 км². Обследование состояния и необходимое восстановление коллекторов рекомендуется проводить с периодичностью один раз в 10 лет или по мере разрушения коллектора, выявленного при ежегодном обследовании территории с целью уборки мусора

При паводковом периоде и резких дождевых осадках уровень воды в подпорных коллекторах практически равен урезу воды (зеркалу воды) основного русла, этот фактор также вызывает поднятие воды в коллекторе. Изъятие ила из коллекторов проводится с периодичностью 1 раз в 15 лет или по мере заиливания выявленного при ежегодном обследовании территории с целью уборки мусора.

Расчистку русла рекомендуется проводить один раз в два года. Для удобства сбора мусора рекомендовано устраивать боновые заграждения. На участках реки с судоходной глубиной используются катера с ковшовым навесным оборудованием. На остальных участках рекомендован ручной сбор мусора с берега и его последующая погрузка на грузовой транспорт лебедками и подъемными кранами, находящимися на небольших грузовиках.

Варианты комплексной реконструкции приведены для участка реки от ул. Доукина д. 11, стр. 2 до Ростокинского проезда вл. 2 и заключались в проведении инженерных мероприятий, вплоть до их полного совмещения.

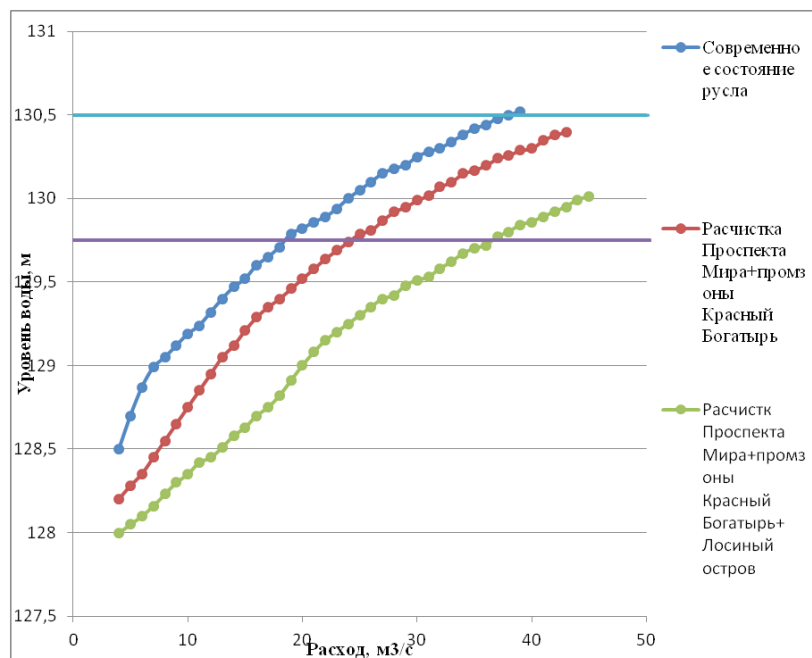


Рис. 4. Изменение $Q(H)$ при комплексных вариантах реконструкции [1]

Как видно из рисунка 3, комплексная реконструкция русла реки позволяет обеспечить прохождение большей части паводковых вод в русле реки, однако необходимы дополнительные мероприятия на водосборе, так как все еще наблюдается превышение допустимых паводковых расходов на рассматриваемом участке реки.

Выводы

В результате комплексного анализа антропогенных факторов на участке реки от моста улицы Березовой аллеи до промышленной зоны завода «Красный Богатырь» была произведена многофакторная оценка эффективности природоохранных мероприятий и определены необходимые

объемы по каждому из рекомендуемых мероприятий для достижения плановой эффективности по предотвращению затоплений и снижению загрязнения реки.

В частности рекомендуется:

- расчистка русла от крупноразмерного мусора, сухостоя, топляков, местных насосов с частичным берегоукреплением на участке от русла под мостом Березовой аллеи до русла в промышленной зоне завода «Красный Богатырь»;
- восстановление коллекторов в количестве 19 шт.;
- берегоукрепление в объеме 7 км;
- дноуглубление объем работ 1270 тонн;
- изъятие ила из коллекторов с их восстановлением в объеме 2237, 52 м³;

- комплексная реконструкция на участке от ул. Докукина д. 11, стр. 2 до Ростокинского проезда вл. 2.

Рекомендуемые методы позволяют повысить эффективность эксплуатационных и реконовосстановительных мероприятий на 18-28% для рассматриваемого участка реки Яузы.

Библиографический список

1. Отчет НКФ Волга «Состояние реки Яуза на 2004 г.» – М.: ВНИИГИМ, 2010. – 273 с.
2. Строительные нормы и правила. «Канализация. Наружные сети и сооружения». СНиП 2.04.03-141 с. Режим доступа: <http://rosavtodor.ru/storage/b/2014/03/25/2.04.03-85.pdf>
3. Раткович Л.Д., Маркин В.Н., Глазунова И.В., Соколова С.А. Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты. // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 64-75.
4. Глазунова И.П., Барсукова М.В. Анализ предотвращенных ущербов от загрязнения воды при компьютерных расчетах параметров биоинженерных сооружений. // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2017. – № 2. – С. 66-70.
5. Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Глазунова И.В. Особенности методологии комплексного водопользования. Моногра-

фия. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. – 117с.

Материал поступил в редакцию
19.11.2017 г.

Сведения об авторах

Глазунова Ирина Викторовна, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела природоохранных технологий ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, корп. 28, тел. 8(499)9762156; ФГНБУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44., корп. 2; тел.: 8(499)9762349; e-mail: ivglazunova@mail.ru

Воронина Ксения Петровна, аспирант 1-го года обучения заочного факультета кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, корп. 28; тел.: 8(499)9762156, e-mail: xenua.voronina2014@mail.ru

Барсукова Мария Васильевна, доцент кафедры инженерной экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, корп. 28; тел.: 8(499)9762156, e-mail: gribovaa@rambler.ru

I.V. GLAZUNOVA

Federal State Budgetary Institution of higher education – «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Moscow, Russian Federation

State research institution «All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after. A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation

K.P. VORONINA, BARSUKOVA M.V.

Federal State Budgetary Institution of higher education – «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Moscow, Russian Federation

INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF WATER PROTECTION MEASURES UNDER THE CONDITIONS OF THE INTENSIVE ANTHROPOGENIC LOAD ON THE RIVER YAUZA

The goal of the research is the analysis of the efficiency of water protection measures (WPM) under conditions of the anthropogenic impact which consists of the direct discharge of wastewater and diffuse runoff as well as pollution of the river during flooding neighboring urban territories. There are given results of the analysis of the meteorological and hydrological conditions, predictions of flooding, studies of the efficiency of the water conservation measures, recommendations on the operational measures, technologies and their periodicity of their fulfillment. WPM are analyzed which are performed by GUP «Mosvodostok» in the operational regime and their efficiency and cost is assessed. The maximal efficiency of the actions was 62%. The efficiency calculation when assessing the decrease of the river pollution was performed by means of comparison of the pollutants volume before and after fulfillment of water protection measures in the rated sections. When assessing the efficiency of anti-flooding measures there were fulfilled calculations of the efficiency of anti-flooding structures on the river basin before and after works on their current operation. For the considered area from the Bogotomysky bridge

up to the street Berezovaya alleya the necessary volumes are calculated (WPM) along the length of the river, on the spaces of the served territories, on the number of structures in operation of hydro technical districts (OHTD).

Meteorological and hydrological conditions; flooding forecast of the territory; efficiency of water protection measures, works on river operation, technologies of water protection works.

References

1. Otchet NKF Volga «Sostoyanie reki Yauza na 2004 g.» – M.: VNIGIM, 2010. – 273 s.
2. Stroitelnye normy i provila. «Kanalizatsiya. Naruzhnye seti i sooruzhwniya». SNiP 2.04.03-141 c.. <http://rosavtodor.ru/storage/b/2014/03/25/2.04.03-85.pdf>
3. **Ratkovich L.D., Markin V.N., Glazunova I.V., Sokolova S.A.** – Faktory vliyaniya diffuznogo zagryazneniya na vodnye objekty. // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 3. – S. 64-75.
4. **Glazunova I.V., Barsukova M.V.** Analiz predotvrashchennyh ushcherbov ot zagryazneniya vody pri kompjuternyh raschetah parametrov bioinzhenernyh sooruzhenij // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodospabzhenie. – 2017. – № 2. – S. 66-70.
5. **Markin V.N., Ratkovich L.D., Glazunova I.V.** Osobennosti metodologii kompleksnogo vodopoljzovaniya. Monografiya. – M.: RGAU-MSHA imeni K.A. Timiryazeva, 2016. – 117 s.

The material was received at the editorial office 19.11.2017

Information about the authors

Glazunova Irina Victorovna, candidate of technical sciences, associate pro-

fessor, Department of the integrated use of water resources and hydraulics – Federal State Budgetary Institution – Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, 127550, Timiryazevskaya street, 49, building 28; a researcher of All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after. A.N. Kostyakov, Russia, Moscow; tel.: (8-499)976-23-49; e-mail: ivglazunova@mail.ru

Voronina Ksenia Petrovna, postgraduate student of the correspondence faculty, Department of the integrated use of water resources and hydraulics – Federal State Budgetary Institution – Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, 127550, Timiryazevskaya street, 49, building 28, tel: (8-499)9762156, xenya.voronina2014@mail.ru

Barsukova Mariya Vasiljevna, associate professor of environmental engineering department, – Federal State Budgetary Institution – Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, 127550, Timiryazevskaya street, 49, building 28, (8-499)9762156), gribovaa@rambler.ru

УДК 502/504:627.8.034.93:631.4

DOI 10.26897/1997-6011/2018-3-46-50

А.Е. КАСЬЯНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

РАСЧЕТ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ КАНАЛОВ ЛОКАЛЬНО НЕОДНОРОДНЫХ ГРУНТАХ

Ложье ловчих коллекторных каналов русла отрегулированных водоприемников может разрушать фильтрационные потоки. В наибольшей мере этот процесс проявляется в условиях локально неоднородных грунтов, когда проницаемость локального включения существенно отличается от проницаемости основания ложка канала. Такие гидрогеологические условия характерны для пойменных и лесных земель. Вблизи контура включения формируются зоны с повышенными скоростями и градиентами фильтрационного потока, которые вызывают суффозию и контактный размыв. Решается задача стационарной плоской фильтрации в ложье канала, содержащем включение, проницаемость которого отличается от проницаемости грунта основания. Используется теорема об окружности и аналитическое продолжение