

Естественные науки. 2023. № 2 (11). С. 31–37.
Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2023; 2 (11): 31–37 (In Russ.)

Научная статья
УДК 628
doi 10.54398/1818507X_2023_2_31

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И УСЛОВИЯ ЕГО ОТВЕДЕНИЯ

Давыдова Екатерина Васильевна^{1✉}, *Мурзаева Эльмира Камаловна*²,
Лютин Сергей Юрьевич^{3©}

^{1, 2}Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

³ООО «Эковод Инжиниринг», Санкт-Петербург, Россия

¹katya_11_05@mail.ru ✉

Аннотация. Рассмотрена проблема загрязнения поверхностных вод различными токсичными веществами, их происхождением из городских территорий и промышленных предприятий. Особое внимание уделено влиянию различных факторов, таких как благоустройство территорий, плотность населения и наличие непроницаемых поверхностей, на формирование количества загрязняющих веществ в дождевых и ливневых стоках. Для эффективной очистки поверхностных сточных вод и сокращения их влияния на окружающую среду и живые организмы следует уделить особое внимание улавливанию и удалению взвешенных и органических веществ.

Ключевые слова: поверхностный сток, загрязнения окружающей среды, водные объекты, поверхностные сточные воды (ПСВ), токсичные вещества, живые организмы, благоустройство территорий, плотность населения, непроницаемые поверхности, дождевые и ливневые стоки

Для цитирования: Давыдова Е. В., Мурзаева Э. К., Лютин С. Ю. Характеристика поверхностного стока с городских территорий и условия его отведения // Естественные науки. 2023. № 2 (11). С. 31–37. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_2_31.

CHARACTERISTICS OF SURFACE RUNOFF FROM URBAN AREAS AND CONDITIONS FOR ITS DISPOSAL

Davydova Ekaterina V.^{1✉}, *Murzaeva Elmira K.*¹, *Lyutin Sergey Yu.*²

¹Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

²ООО “Ecovod Engineering”, St. Petersburg, Russia

¹katya_11_05@mail.ru ✉

Abstract. This publication deals with the problem of surface water pollution by various toxic substances, their origin from urban areas and industrial enterprises. Particular attention is paid to the influence of various factors, such as landscaping, population density and the presence of impermeable surfaces, on the formation of the amount of pollutants in rain and storm runoff. In order to effectively treat surface wastewater and reduce its impact on the environment and living organisms, special attention should be paid to the capture and removal of suspended and organic substances.

Keywords: surface runoff, environmental pollution, water bodies, surface sewage (SWS), toxic substances, living organisms, landscaping, population density, impermeable surfaces, rain and storm runoff

For citation: Davydova E. V. Murzaeva E. K., Lyutin S. Yu. Characteristics of surface runoff from urban areas and conditions for its disposal. *Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2023; 2 (11): 31–37. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_2_31.

Введение. Одним из опаснейших техногенных источников загрязнений окружающей среды, в том числе водных объектов, является ливневый сток городских территорий и площадок различных промышленных предприятий. Различные по составу и происхождению поверхностные сточные воды (ПСВ) представляют собой токсичную массу химических веществ различного происхождения, которые оказывают на живые организмы губительное воздействие.

Благоустройство территорий, плотность населения, количество непроницаемых поверхностей — всё это определяет формирование количества загрязняющих веществ, которые выносятся с городских территорий дождевыми и ливневыми стоками. Их концентрация в ливневом стоке возрастает с продолжительностью сухого периода и подвергается количественному изменению в процессе смыва дождевыми потоками [1].

Качественные показатели степени очистки поверхностных сточных вод при сбросе их в водные объекты должны отвечать требованиям следующих нормативных документов:

- Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»;

- СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы.

Сброс в централизованные системы водоотведения регламентируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 июля 2013 г. № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

Контаминирующие вещества, находящиеся в ливневом и талом стоках городских территорий, можно условно разделить на несколько групп:

- контаминанты естественного происхождения — частицы эрозии почв, а также органические и минеральные вещества в растворённом состоянии;

- контаминаты техногенного и антропогенного характера — нефтепродукты (НП), тяжёлые металлы и другие вещества в зависимости от антропогенной нагрузки места формирования стока;
- бактериальные контаминаты.

Принимая во внимание множественное количество факторов, которые влияют на формирование состава и качество поверхностного стока, главными показателями загрязнённости стока городских территорий необходимо выделить наличие и количество взвешенных веществ (ВВ) и нефтепродуктов (НП) [2]. Технический прогресс ежедневно наращивает темпы негативного воздействия на флору и фауну, поэтому качественный и количественный состав дождевых и ливневых стоков требует постоянного контроля и мониторинга. Примерный состав ливнево-дренажных вод для различных водосборных территорий представлен в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что наиболее контаминантным является талый сток, который по некоторым показателям приближен к неочищенным хозяйственно-бытовым стокам.

Согласно проведённым исследованиям отечественных и зарубежных авторов, выявлено, что загрязнение водных ресурсов, вызванное поверхностными стоками с городских территорий, имеет негативное воздействие на качество воды. Это, в свою очередь, приводит к повышению затрат на производство чистой питьевой воды, сокращению производительности объектов рыбного хозяйства и даже возможному повреждению городской инфраструктуры. Таким образом, необходимо проводить меры по охране и оздоровлению водных объектов, чтобы минимизировать все указанные негативные последствия [2–10].

Отличительной особенностью характера загрязнённости поверхностных сточных вод от других вод является динамически изменяющиеся качественные и количественные характеристики стока. Согласно исследованиям, в первом смыве поверхностного стока зафиксированы самые высокие концентрации НП и ВВ, значение которых может превышать в десятки раз характеристики в конце дождя. Это объясняется смывом загрязнений, находящихся на водосборной поверхности, которые накопились в результате предшествующего сухого периода [5–10].

Результаты исследований. В ходе исследования было проведено несколько отборов проб поверхностного стока с различных территорий и проанализировано их содержание. Было замечено, что концентрации контаминант ПСВ различны не только при интенсивности выпадения осадков, но и имеют различия по сезонности. На рисунке представлены данные об изменениях концентраций нефтепродуктов с различных территорий.

Таблица 1 — Примерный состав ливнево-дренажных вод для различных водосборных территорий

Площадь стока	Дождевой сток, мг/дм ³			Талый сток, мг/дм ³		
	взвешенные вещества	БПК ₂₀	нефтепродукты	взвешенные вещества	БПК ₂₀	нефтепродукты
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	400	40	8	2 000	70	20
Современная жилая застройка	650	60	12	2 500	100	20
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1 000	80	20	3 000	120	25
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	2 000	90	18	4 000	150	25
Кровли зданий и сооружений	< 20	< 10	0,01–0,70	< 20	< 10	0,01–0,70
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зелёные насаждения	300	60	< 1	1 500	100	< 1

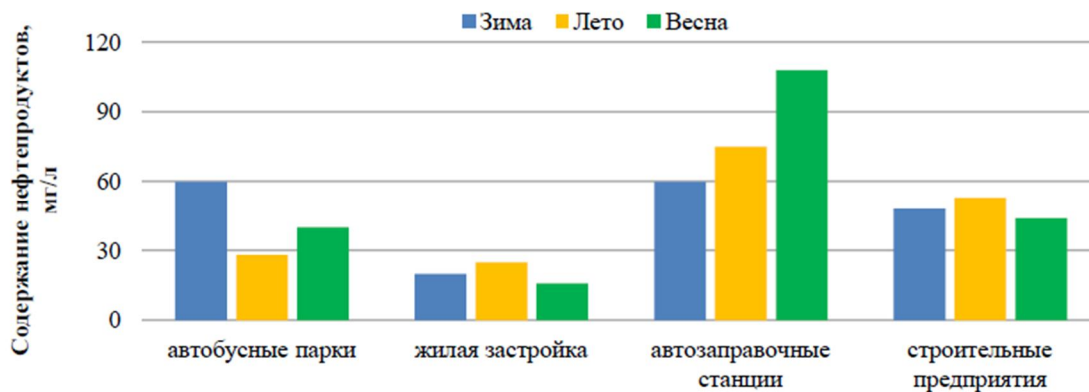


Рисунок — Динамика изменений концентраций нефтепродуктов ПСВ с различных территорий водосбора

Большое влияние на загрязнённость ПСВ нефтепродуктами оказывает интенсивное дорожное движение, которое с каждым днем только возрастает. В таблице 2 представлены результаты исследований усреднённых значений загрязнённости ПСВ на территории городов РФ, расположенных на р. Волге, и предельно допустимые концентрации загрязнений, допускающие сброс в водоёмы рыбохозяйственного назначения.

Таблица 2 — Значения загрязнённости ПСВ на территории городов РФ, расположенных на р. Волге

Показатель	Астрахань	Волгоград	Самара	Казань	ПДК р.х.
Водородный показатель	8,6–9,4	7,41–7,8	7–8	6,8–7,2	6,5–8,5
Взвешенные вещества, мг/л	215–281	420–1 250	39–1450	587–1 274	фон + 0,25
Нефтепродукты, мг/л	95–197	0,75–3	0,12–47,5	39–101	0,05
БПК (ХПК), мг/л	58–195	40–240	5,2–316	16–22	3
Хлориды, мг/л	323–451	99–150	37–87	82–138	350
Сульфаты, мг/л	195–212	126,8–216	63,4–792	31–65	100

Несмотря на уникальные особенности поверхностных сточных вод (ПСВ), которые отличают их от других типов стоков (непостоянность поступления, значительные колебания состава по качеству и количеству загрязнений, наличие широкого спектра загрязняющих веществ), законодательство Российской Федерации устанавливает такие же требования к качеству очищенных дождевых и талых вод, как и к хозяйственно-бытовым и промышленным стокам. Более того, сброс ПСВ в большинство водных объектов страны регламентируется жёсткими экологическими требованиями, особенно в отношении рыбохозяйственных водоёмов [3]. Несмотря на то, что некоторые авторы отмечают жёсткость этих требований, специалистам предстоит

сложная задача обеспечения глубокой очистки поверхностных сточных вод с минимальными затратами на строительство и эксплуатацию сооружений. При выборе технологической схемы очистки, в соответствии с п. 7.7.4 СП 32.13330-2012, рекомендуется учитывать содержание взвешенных веществ и нефтепродуктов как приоритетные показатели [1–5].

Выводы. При выборе оптимальной технологической схемы и конструкции очистных сооружений учитывается ряд факторов, включая схему канализации, функциональное назначение водосборного бассейна, объём очищаемых сточных вод, качество поверхностного стока, экономические факторы, наличие свободной территории для строительства и другие соответствующие соображения. Эти факторы имеют большое значение при выборе наиболее подходящих технологий и конструкций сооружений для эффективной очистки сточных вод.

Список литературы

1. Ким, А. Н. Отведение и очистка поверхностного стока в Астрахани: современное состояние и перспектива развития / А. Н. Ким, Е. В. Давыдова, Д. И. Полянская // Градостроительство и архитектура. — 2016. — № 2 (23). — С. 31–35.
2. Ким, А. Н. Современные решения проблемы поверхностного стока с урбанизированных территорий / А. Н. Ким // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2015. — № 2 (12). — С. 45–50.
3. Щукин, И. С. Исследование процессов очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов на фитофильтрах / И. С. Щукин // Водоснабжение и санитарная техника. — 2018. — № 2. — С. 35–42.
4. Веницианов, Е. В. О переходе к риск-ориентированному нормированию в водном хозяйстве / Е. В. Веницианов, Г. В. Аджиенко // Вода Magazine. — 2017. — № 4 (116). — С. 6–11.
5. Калита, А. Н. Нормирование качества очищенных вод — выход из тупика / А. Н. Калита, Е. В. Веницианов, В. И. Данилов-Данильян // Контроль качества продукции. — 2010. — № 2. — С. 5–10.
6. Campisano, A. C. Rainwater Harvesting Systems in Cities: Research, Research and Future Perspectives / A. C. Campisano, D. Butler, S. Ward, M. Yu. Burns, L. N. Friedler Fisher-Jeffs, E. Gisi, A. Rahman, H. Furumai et al. // Water Res. — 2017. — Vol. 115. — P. 195–209.
7. Hanson, L. S. Generalized dependences of accumulation — reliability — profitability for rainwater harvesting systems / L. S. Hanson, R. M. Vogel // Environment. Res. Lett. — 2014. — Vol. 9. — P. 075007.
8. Rahman, A. Imtiaz, Massachusetts. Rainwater Harvesting in Greater Sydney: Water Savings, Reliability and Economic Benefits / A. Rahman, J. Keene // Resource canned Revised. — 2012. — Vol. 61. — P. 16–21.
9. Schuetze, T. Rainwater harvesting and management — Policies and regulations in Germany / T. Schuetze // Water sciences. Technol. Water Supply. — 2013. — Vol. 13. — P. 376–385.
10. Gisi, E. Rainwater storage and potable water storage capacity to account for rainwater use in a residential area of Southeast Brazil / E. Gisi, D. L. Bressan, M. Martini // Assembly. Environment. — 2007. — Vol. 42. — P. 1654–1666.
11. Ward, S. Rainwater Harvesting and Social Networks: Visualizing Interactions for Niche Management, Stability, and Stability / S. Ward, S. Butler // Water. — 2016. — Vol. 8. — P. 526.

References

1. Kim, A. N., Davydova, E. V., Polyanskaya, D. I. Otvedenie i oчитка poverhnostnogo stoka v Astrahani: sovremennoe sostoyanie i perspektiva razvitiya. *Gradostroitelstvo i arhitektura = Urban planning and architecture*. 2016; 2 (23): 31–35.
2. Kim, A. N. Sovremennye resheniya problemy poverhnostnogo stoka s urbanizovannyh territoriy. *Inzhenerno-stroitelnyy vestnik Prikaspiya = Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region*. 2015; 2 (12): 45–50.
3. Shchukin, I. S. Issledovanie protsessov oчитki poverhnostnykh stochnykh vod ot nefteproduktov i tyazhelyh metallov na fitofiltrakh. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water supply and sanitary technology*. 2018; 2: 35–42.
4. Venitsianov, E. V., Adzhienko, G. V. O perekhode k risk-orientirovannomu normirovaniyu v vodnom khozyaystve. *Voda Magazine = Water Magazine*. 2017; 4 (116): 6–11.
5. Kalita, A. N., Venitsianov, E. V., Danilov-Danilyan, V. I. Normirovanie kachestva oчитshchennykh vod — vykhod iz tupika. *Kontrol kachestva produktsii = Product quality control*. 2010; 2: 5–10.
6. Campisano, A. C., Butler, D., Ward, S., Burns, M. Yu., Friedler Fisher-Jeffs, L. N., Gisi, E., Rahman, A., Furumai, H. et al. Rainwater Harvesting Systems in Cities: Research, Research and Future Perspectives. *Water Res.* 2017; 115: 195–209.
7. Hanson, L. S., Vogel, R. M. Generalized dependences of accumulation — reliability — profitability for rainwater harvesting systems. *Environment. Res. Lett.* 2014; 9: 075007.
8. Rahman, A., Keene, J. Imtiaz, Massachusetts. Rainwater Harvesting in Greater Sydney: Water Savings, Reliability and Economic Benefits. *Resource. canned Revised*. 2012; 61: 16–21.
9. Schuetze, T. Rainwater harvesting and management — Policies and regulations in Germany. *Water sciences. Technol. Water Supply*. 2013; 13: 376–385.
10. Gisi, E., Bressan, D. L., Martini, M. Rainwater storage and potable water storage capacity to account for rainwater use in a residential area of Southeast Brazil. *Assembly. Environment*. 2007; 42: 1654–1666.
11. Ward, S., Butler, S. Rainwater Harvesting and Social Networks: Visualizing Interactions for Niche Management, Stability, and Stability. *Water*. 2016; 8: 526.

Информация об авторах

Давыдова Е. В. — магистрант;
Мурзаева Э. К. — магистрант;
Лютин С. Ю. — директор.

Information about the authors

Davydova E. V. — undergraduate;
Murzaeva E. K. — undergraduate;
Lyutin S. Yu. — Director.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2023; одобрена после рецензирования 26.06.2023; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 19.06.2023; approved after reviewing 26.06.2023; accepted for publication 30.06.2023.