

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*Набиев З.А., Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х.
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ
Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими
Таджикский национальный университет*

Аннотация. Приводятся результаты НИР, выполненных по Яванскому району. Цель работы – внедрение ГИС для составления серии карт климатических ресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве. Работа по составлению карт выполнялась с использованием программы ArcGIS-9.2. Исходные цифровые, использованные для работы, климатические параметры взяты из Справочника по климату СССР. С использованием ГИС технологий, для характеристики климатических ресурсов, впервые составлены карты среднегодовой температуры воздуха, суммы температур выше 10°C, суммы годовых атмосферных осадков, коэффициента увлажнения.

Ключевые слова: ГИС- геоинформационные системы, ДЗ-дистанционное зондирование, МДЗ-материалы дистанционного зондирования, КС-космические снимки, DEM- Цифровая матрица рельефа.

Введение. Важно отметить, что проблема формирования и дальнейшая очистка поверхностных сточных вод (ПСВ) для условий больших городов Таджикистана недостаточно изучена. Хотя ПСВ являются основным источником загрязнения водных объектов, в том числе и воды питьевого качества, тем самым вызывая эвтрофикацию в водоёмах, накопление тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других органических загрязнителей. К ПСВ относятся: дождевые, талые и ливневые осадки, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные и производственные сточные воды, отводимые с территорий промышленных предприятий.

Согласно данным Агентства по ирригации и мелиорации при Правительстве Республики Таджикистан в городе Душанбе функционирует 29 селесбросов с общей длиной 50,3 км и 30 каналов с общей длиной 103,2 км (для предотвращения селевых потоков и наводнений, а также сбора и отведения поверхностного стока и ирригации орошаемых площадей).

Также в настоящее время в городе Душанбе реализуется Генеральный план

развития города на период до 2040 года, и за последние годы инфраструктура города и строительство объектов различного назначения ведётся ускоренным темпом и очень динамично развивается. С учётом расширения города, бурно развивается строительство и реконструкция дорожной инфраструктуры, построены несколько эстакад, и площадь асфальто-бетонных покрытий дорог соответственно увеличивается. Такая ситуация способствует уменьшению объёма фильтрации и испарения дождевых осадков, а количество отводимых поверхностных стоков с автомобильных дорог и мостовых переходов увеличивается, создавая при этом дополнительную нагрузку на лотковую сеть, каналы и селевые сбросы. К тому же, отводящие с полотна дорог поверхностные стоки становятся источником для загрязнения окружающей среды и представляют большую угрозу для водных объектов

Исходя из этого, исследования проблемы формирования и оценки качества поверхностных сточных вод по содержанию тяжёлых металлов и органических

загрязнителей, влияющих на малые реки, является актуальной задачей.

Обзор литературы. В нормативном документе СНИП РТ 40-02-2021 «Водоотведение. Наружные сети и сооружения» [1] приводятся расчёты по дождевым стокам и их примерные параметры поверхностных сточных вод. Также в данном документе рекомендуется, что поверхностные сточные воды следует аккумулировать в накопителях и подавать в систему водоотведения в часы минимального притока городских сточных вод. Согласно схеме водоотведения поверхностных сточных вод с территорий населённых пунктов и промышленных предприятий следует их очищать совместно и в отдельности. Однако в условиях города поверхностные стоки отводятся через лотковую сеть, каналы и селесбросы, где далее впадают в водные объекты различного назначения.

Анализ некоторых работ российских учёных показывает, что содержание тяжёлых металлов и нефтепродуктов в поверхностных сточных водах в крупных городах год за годом увеличивается. Приводятся данные, что концентрации тяжёлых металлов и других органических загрязнителей в талых стоках наиболее высоки, значительно превышая не только существующие нормативы водоотведения, но и показатели состава этих вод, рекомендованные для расчётов систем водоочистки при их проектировании. Отмечается заметное ухудшение качества вод, особенно средних и малых рек за счёт сброса поверхностных стоков. Для сохранения водной экосистемы предлагается использовать дополнительную глубокую очистку на основе сорбционно-фильтрационной технологии. Разработаны различные установки и конструкции, позволяющие обеспечить очистку поверхностноливневых сточных вод в соответствии с действующими нормами, которые способствуют предотвращению засоре-

ния и нарушению работы городских канализационных сетей, и загрязнения водных объектов [2-4].

Цель исследования. Цель данного исследования заключается в оценке состояния и качества поверхностных сточных вод по содержанию тяжёлых металлов, а также разработка рекомендаций и предложений по сохранению водной экосистемы реки Душанбинка.

Объект исследования. Поверхностные сточные воды и их состав являются объектами исследования.

Методы исследования. Сбор и анализ поверхностных сточных вод с территорий города Душанбе показывают достаточно высокий уровень загрязнённости. Концентрация загрязняющих веществ в составе дождевых стоков в течение года для современной жилой застройки примерно колеблется в пределах 80-90% взвешенные вещества, 8-10% БПК₂₀ и 1,5-3% нефтепродукты, а для талых вод уровень загрязнения более высокий и соответственно составляет до 95% взвешенные вещества, до 4% БПК₂₀ и 2% нефтепродукты. Кроме того, в составе дождевых и талых вод высокие концентрации имеют примеси тяжёлых металлов и органические соединения.

В таблице 1 приводится примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий [1].

Анализ состава поверхностных сточных вод для условий города Душанбе показывает, что высокое содержание взвешенных веществ зависит от интенсивности и длительности дождевых и ливневых стоков, а территории, прилегающие к промышленным объектам, и большие потоки движения автотранспорта на магистральных дорогах влияют на загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами и тяжёлыми металлами.

Таблица 1

Примерный состав концентрации поверхностного стока

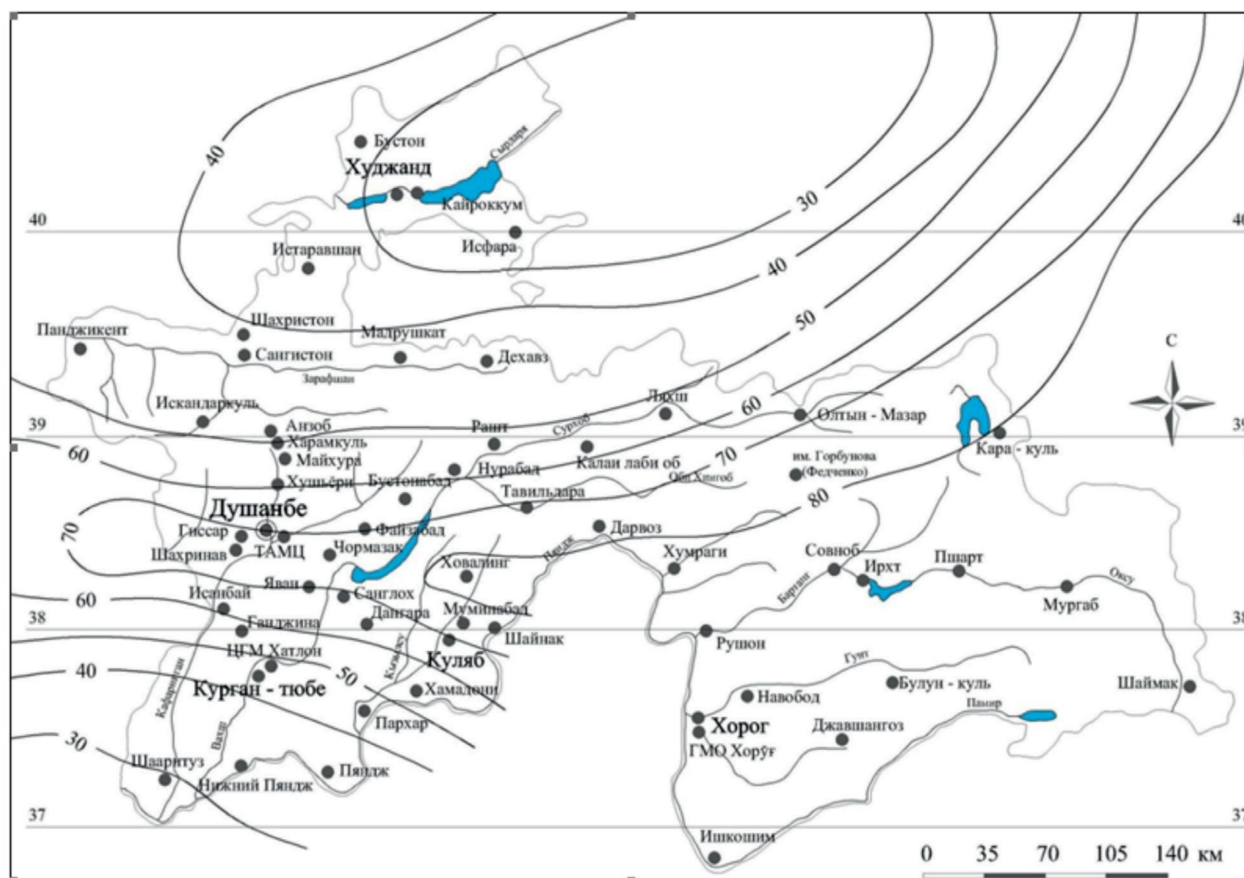
Площадь стока	Дождевой сток			Талый сток		
	Взвешенные вещества, г/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Взвешенные вещества, г/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	400	40	8,0	2000	70	20,0
Современные жилые застройки	650	60	12,0	2500	100	20,0
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	80	20,0	3000	120	25,0
Территории, прилегающие к промышленным объектам	2000	90	18,0	4000	150	25,0
Кровли зданий и сооружений	Менее 20	Менее 10	От 0,01 до 0,70	Менее 20	Менее 10	От 0,01 до 0,70
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	300	60	Менее 1,0	1500	100	Менее 1,0

Согласно [1] значение интенсивности дождя для условий города Душанбе на площади 1 га, при продолжительности до 20 мин, составляет примерно 70 дм³/с (рис.1). По данным метеорологических станций Агентства по гидрометеорологии за последние годы, усиливается интенсивность выпадения осадков за весенний, и за холодный период года. За последние 30 лет, начиная с 90-х годов, на территории города Душанбе объём выпадения атмосферных осадков имеет тенденцию к увеличению и в 2022 г. практически возрастает на 30-40% [5].

Для определения качественных характеристик состава поверхностных сточных вод с территории города Душанбе нами выбраны отборы проб талых стоков в четырёх точках города. Пробы от дождевых стоков были выбраны от селесбросов

перед впадением в реку Душанбинка. Образцы проб были выбраны в середине, и в конце января 2023 года, во время обильных дождевых осадков и снегопадов. Отбираемые пробы подвергались выпариванию. Процесс выпаривания проводился с целью удаления растворителя из раствора, а также для повышения концентрации раствора.

Процесс выпаривания проводили в фарфоровых чашках. Объём раствора выбирали не более чем на 30 % чашки по высоте. При выпаривании периодически перемешивали выпариваемую жидкость, разбивая корочку кристаллов на поверхности жидкости. После, выпариваемое вещество сушили в сушильном шкафу, с целью освобождения вещества от влаги воды и паров.

Рисунок 1. - Значения величин интенсивности дождя q_{20} [1]

В лабораторных условиях нами было выпарено и высушено 5 проб воды, объём которых составлял 5 л. В результате про-

ведённых процессов осадки взвешивались в аналитических весах. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вес осадков после процессов выпаривания и высушивания

№	Название пробы	Вес, в граммах
1	Селесброс «Шураксой»	3,612
2	Селесброс «Карамова»	4,332
3	Селесброс «Шотемура»	0,836
4	1А	3,568
5	2А	1,644

Далее, анализ осадков продолжался в рентгенно-флуоресцентном анализаторе (РФА) типа NitonXL3t, который имеет высокую чувствительность $>10^{-6}$ г/г или 1 мкг/г. РФА относится к инструментальным методам определения элементного состава и позволяет определять концентрации элементов от К до U, безотноси-

тельно от формы их нахождения в веществе. Типичный диапазон определяемых содержаний для РФА составляет от $n \cdot 1$ мкг/г до 100%.

В таблице 3 представлены концентрации загрязняющих веществ дождевого и талого стока по тяжёлым металлам для условий города Душанбе.

Таблица 3

Характеристика состава загрязнённости поверхностного стока
по некоторым тяжёлым металлам, отводимым с территории города

Наименование загрязнений	Ед. изм.	Дождевой сток	Талый сток
Тяжелые металлы: Железо (общ.)	мг/дм ³	3,49	2,6
Медь	мг/дм ³	0,010	0,035
Цинк	мг/дм ³	0,077	0,031
Алюминий	мг/дм ³	1,04	1,73
Свинец	мг/дм ³	0,049	0,44
Хром	мг/дм ³	0,159	0,139
Никель	мг/дм ³	0,069	0,071

Как видно по данным таблицы 3 химический состав поверхностных стоков по некоторым тяжёлым металлам превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК), предъявляемые для хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного назначения. Это свидетельствует о том, что

состав поверхностных стоков в основном зависит от многих факторов, среди которых самым существенным является интенсивность осадков. На рис.2 приводится диаграмма содержания исследуемых металлов загрязнителей в дождевых и талых стоках.

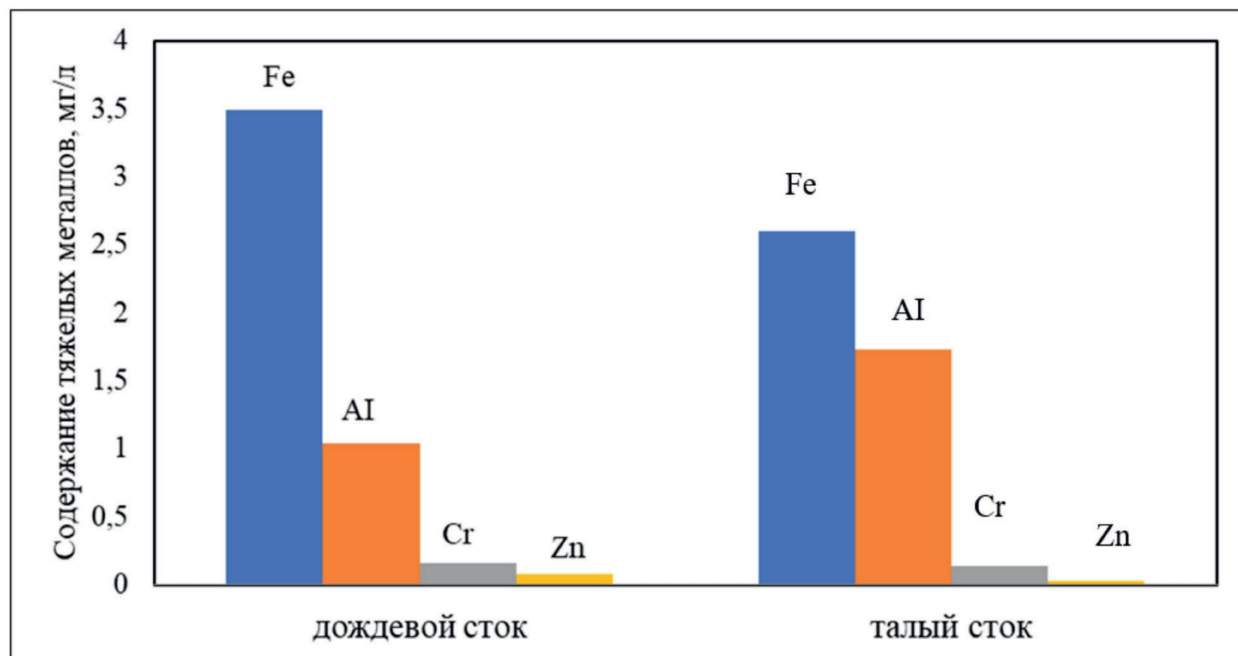


Рисунок 2. – Содержание некоторых тяжёлых металлов в дождевых и талых стоках

Соотношение концентраций некоторых тяжёлых металлов
в селевых сбросах, выбрасываемых в реку Душанбинка

Местоположение	Концентрации средних значений тяжёлых металлов в селевых сбросах, мг/дм ³						
	Fe	Cu	Zn	Al	Pb	Cr	Ni
Селесброс «Шураксой»	3,37	0,024	0,068	3,87	0,030	0,164	0,457
Селесброс «Карамова»	3,02	0,045	0,186	5,31	0,023	0,116	0,497
Селесброс «С. Насирова»	1,08	0,026	0,092	1,77	0,031	0,082	0,632
Селесброс «Шотемур»	2,01	0,010	0,436	2,21	0,049	0,151	0,357

Судя по данным таблицы 4, по четырём тяжёлым металлам фиксируется превышение значений ПДК для хозяйственно-бытовых и рыбохозяйственных водоёмов, это по железу, алюминию, хрому и никелю, а в некоторых случаях и по свинцу. При этом превышение по отношению к ПДК для хозяйственно-питьевых водоёмов наблюдается по содержанию железа и алюминия в десятки раз, а содержание никеля и хрома – в 2 и 4 раза. Также в ряде случаев отмечено превышение содержания свинца чуть больше, чем ПДК. В отношении содержания всех прочих тя-

жёлых металлов состояние воды селевых сбросов практически удовлетворяет нормативам объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В водах исследуемых селевых сбросов (рис.3.) основным металлом-загрязнителем является железо и алюминий, где повсеместно регистрируются в наибольших концентрациях, или превышающих ПДК. Концентрации остальных металлов, в целом, значительно ниже зафиксированных концентраций железа и алюминия, но тоже нередко превышающих ПДК.

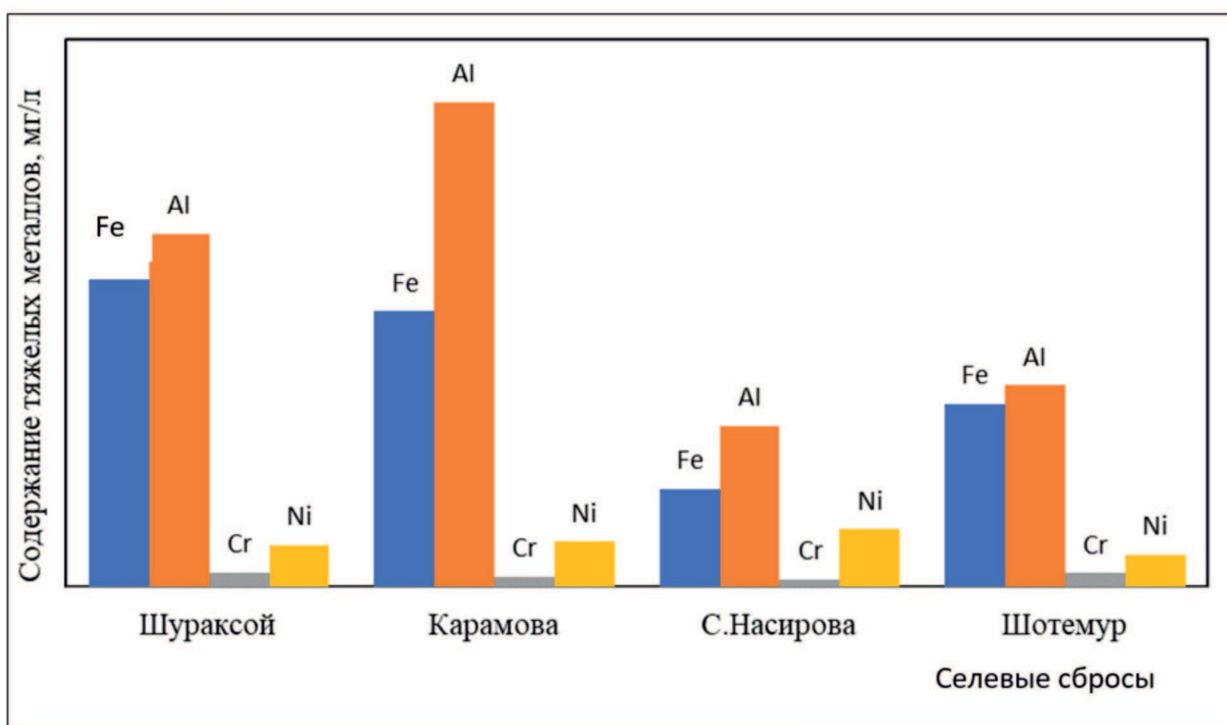


Рисунок 3. – Содержание некоторых тяжёлых металлов в воде селевых сбросов

Концентрации металлов-загрязнителей имеют закономерную тенденцию к повышению при выпусках селевых сбросов в реку, по сравнению с верховыми участками водотоков. Степень антропогенного давления на речные экосистемы, зависящая от объёмов сброса поверхностных сточных вод и степени их очистки, может в значительной степени нивелироваться за счёт снижения критических концентраций до относительно безопасных значений за счёт ассимилятивной разбавляющей способности рек. Это же обстоятельство предохраняет водные экосистемы от возможного формирования ударных концентраций, возможного вследствие сброса больших объёмов поверхностных сточных вод со значительным количеством веществ-загрязнителей. Отмечается ухудшение качества вод реки Душанбинка по содержанию тяжёлых металлов (в наибольшей степени - по железу, алюминию, хрому и никелю, а в некоторых случаях по свинцу).

Заключение. Результаты исследования показывают, что содержание некоторых тяжёлых металлов и других загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, выбрасываемых в реку Душанбинка через селевые сбросы, особо не представляет опасности для сохранения водной экосистемы реки. Однако в целях комплексной оценки отводимых поверхностных стоков с учётом их химического состава рекомендуется осуществить следующие мероприятия:

- Совершенствовать систему учёта по формированию и отведению поверхностных сточных вод через лотковую сеть, каналов и селевых сбросов;
- Определить методы количественной

и качественной оценки загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты, вследствие смыва поверхностного стока с урбанизированных территорий;

- Проводить постоянный мониторинг и оценку качества состояния рек Душанбинка и Кафирнигана по содержанию металлов – загрязнителей и органическим веществам, уточнять характер и степень антропогенного давления на водные ресурсы и окружающую среду.

Используемая литература

1. СНИП РТ 40-02-2021 «Водоотведение. Наружные сети и сооружения». г. Душанбе, от 06 апреля 2022 года, №27/р.
2. Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал, №6, 2014, – С. 67–74. doi: 10.5862/MCE.50.7
3. С. Эпоян, С. Лукашенко, Н. Гетманец. Технология очистки нефтесодержащих поверхностно-ливневых сточных вод// Motrol. commission of motorization and energetics in agriculture – 2014, vol.16, no. 6, 61-68.
4. Свириденко В.Г., Пырх О.В. Содержание тяжелых металлов и органических компонентов в поверхностных водах рек Гомельской области// Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, № 3 (96), 2016, – С.55 – 60.
5. Набиев З.А., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х. Анализ закономерности выпадения атмосферных осадков и их влияние на способы отведения поверхностных стоков для условий г. Душанбе // Вестник ТНУ. 2023. № 4. С. 51-54.

ХУСУСИЯТҶОИ ТАШАККУЛЁБӢ ВА АРЗЁБИИ СИФАТИ ОБҶОИ ПАРТОВИ САТҶӢ АЗ РӢИ ТАРКИБИ МЕТАЛҶОИ ВАЗНИН

Набиев З.А., Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х.

Аннотатсия. Мақола ба масъалаҳои омӯзиши хусусиятҳои ташаққулёбии обҳои партови сатҳӣ бо дарназардошти арзёбии сифати онҳоваишартҳои интиқолионҳобаобъектҳои об, баҳишида шудааст. Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ таркиби ифлосишудаи обҳои партови сатҳӣ аз рӯи металҳои вазнин муайян карда шудааст. Муқаррар карда шудааст, таркиби баъзе металҳои вазнин ва дигар моддаҳои ифлоскунанда дар обҳои партови сатҳӣ, ки тавассути селпартҳо ба дарёи Душанбинка партофта мешаванд, ба объектҳои об ва муҳити зист хатар ва таъсири зиёд надоранд. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот як қатор тавсияҳо ва пешниҳодҳо барои нигоҳ доштани экосистемаи оби дарё, манзур гардидаанд.

Калидвожаҳо. Обҳои партови сатҳӣ, объектҳои об, экосистемаи об, металҳои вазнин, обҳои партови аз борон ва барфи обишуда.

FEATURES OF FORMATION AND QUALITY ASSESSMENT OF SURFACE WASTEWATER BY CONTENT HEAVY METALS

Nabiev Z.A., Akhmadov P.M., Sharifzoda Sh.K., Amirzoda O.Kh.

Annotation. The article is devoted to the study of the peculiarities of the formation of surface wastewater, taking into account the assessment of its quality and the conditions of release into a water body. Based on experimental data, the composition of surface runoff pollution in terms of the content of heavy metals was revealed. It has been determined that the content of some heavy metals and other pollutants in surface wastewater discharged through mudflows into the Dushanbinka River does not pose a particular danger to water bodies and the environment. Based on the results of the study, a number of recommendations and proposals were proposed for the preservation of the river's aquatic ecosystem.

Keywords. Surface wastewater, water bodies, aquatic ecosystem, heavy metals, rain and melt runoff.

Сведения об авторах: Набиев Зохир Ахмадович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Ахмадов Пайрав Мирзоназарович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Шарифзода Шухрат Курбон – к.т.н., докторант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Амирзода Ориф Хамид - доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

Маълумот дар бораи муаллифон: Набиев Зохир Ахмадович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Ахмадов Пайрав Мирзоназарович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Шарифзода Шухрат Курбон – н.и.т., докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Амирзода Ориф Хамид – доктори илмҳои техникӣ, дотсент, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

Information about authors: Nabiev Zohir Ahmadovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Ahmadov Payrav Mirzonazarovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Sharifzoda Shukhrat Kurbon – candidate of technical sciences, - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Amirzoda Orif Hamid - Doctor of Technical Sciences, dotsent, Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the NAST, tel.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru