

Научная статья

Original article

УДК: 504.064.36

doi: 10.55186/2413046X_2023_9_1_21

**ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЖИДКОЙ
ФАЗЕ СНЕГА Р. ХОДЦА В ЗИМНЮЮ МЕЖЕНЬ**

**ASSESSMENT OF THE CONTENT OF POLLUTANTS IN THE LIQUID
PHASE OF SNOW IN THE RIVER KHODTSA IN WINTER LOW WATER**



Макаханюк Жанна Сергеевна, аспирант (соискатель) кафедры цифрового земледелия и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, E-mail: Nanochka16@mail.ru

Замана Светлана Павловна, доктор биологических наук, профессор кафедры цифрового земледелия и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, E-mail: svetlana.zamana@gmail.com

Makakhaniuk Z.S., postgraduate student (applicant) of the Department of Digital Agriculture and Landscape Architecture, State University of Land Management, E-mail: Nanochka16@mail.ru

Zamana S.P., Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Digital Agriculture and Landscape Architecture, State University of Land Management, E-mail: svetlana.zamana@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты исследований химического состава жидкой фазы снега на всем протяжении (исток, промежуточная точка, устье) протекающей в Московской области малой реки Ходца в зимнюю межень. Река Ходца является приемником сточных вод с промплощадки ПАО «Машиностроительный завод» (г. о. Электросталь). В

талой снеговой воде определены значения водородного показателя, содержание сухого остатка, алюминия, перманганатной окисляемости, аммиачного азота, железа, кадмия, свинца и нефтепродуктов. Показано, большинство определяемых показателей соответствуют установленным нормативам качества, однако, перманганатная окисляемость в отобранных образцах была достаточно повышенной, что может указывать на присутствие органических загрязнителей.

Abstract. The article presents the results of research of the chemical composition of the liquid phase of snow along the entire length (source, intermediate point, mouth) of the small Khodtsa River flowing in the Moscow region during winter low water. A quantitative chemical analysis of the components of the liquid phase of snow was carried out along the entire length (source, intermediate point, mouth) of the small Khodtsa River flowing in the Moscow region during winter low water. The Khodtsa River is a receiver of wastewater from the industrial site of PJSC "Machine-Building Plant" (Elektrostal). In melted snow water, the values of the hydrogen index, the content of dry residue, aluminum, permanganate oxidation, ammonia nitrogen, iron, cadmium, lead and petroleum products were determined. It was shown that most of the determined indicators correspond to established quality standards, however, permanganate oxidation in the selected samples was quite elevated, which may indicate the presence of organic pollutants.

Ключевые слова: снег, жидкая фаза снега, загрязняющие вещества, атмосферный воздух

Key words: snow, liquid phase of snow, pollutants, atmospheric air

Введение

В свете возрастающей проблемы экологической безопасности гидросферы исследование состояния водных объектов приобретает особую актуальность. Значительное внимание уделяется мониторингу загрязнителей в жидкой фазе снега, поскольку они могут не только отражать текущее состояние окружающей среды, но и предвещать долгосрочные изменения в качестве

воды [7]. Жидкая фаза снега рек может содержать разнообразные загрязняющие вещества, включая тяжелые металлы и нефтепродукты, которые представляют значительный риск для водных экосистем и общественного здоровья населения.

Снежный покров является индикатором состояния окружающей среды. Атмосферные осадки играют важную роль в формировании жидкой фазы снега. В период снеготаяния загрязняющие вещества, накопленные за зимнюю межень, мигрируют по всем депонирующим средам. В ходе этих процессов концентрация загрязняющих веществ в снежном покрове может быть выше, чем в воздухе [1].

Цель данного исследования заключается в оценке содержания и распределения основных загрязняющих веществ в жидкой фазе снега и возможности дальнейшего поступления их в малую реку Ходца в зимнюю межень.

Материалы и методы

Объектом исследования была выбрана малая река Ходца. Она расположена в Московской области, впадает в реку Вохонка (правый приток реки Клязьма), относится к Окскому бассейному округу, протекает в 61 км от центра Москвы. Река Ходца является приемником сточных вод с промплощадки ПАО «Машиностроительный завод». Завод расположен в восточной части г. о. Электросталь Московской области в зоне промышленной застройки города.

Для проведения геоэкологической оценки современного состояния бассейна реки Ходца и антропогенного воздействия ПАО «Машиностроительный завод» нами ранее использовались для анализа такие объекты, как поверхностные воды, донные отложения, береговой грунт, высшая водная растительность, рыба [3, 4, 5, 10]. Были взяты в расчет базовые атрибутивные параметры (назначение реки и урбанизированность).

Методы анализа, использованные в данной работе, включают ряд стандартизированных процедур, таких как измерение водородного показателя (рН), определение сухого остатка, нефтепродуктов, концентрации тяжелых металлов и других химических веществ. Предварительная подготовка образцов и аналитические измерения выполнялись согласно утвержденным регуляторными органами протоколам, что позволяет установить допустимые уровни содержания отдельных загрязнителей и оценить степень их отклонения от нормы [2].

Для достижения поставленной цели исследования применялась разработанная комплексная методика отбора и анализа образцов снега [9]. Отбор образцов осуществлялся в зимний период на территории водосбора реки, покрытой снежным покровом. Были выбраны характерные точки сбора, которые наилучшим образом отражают разнообразие условий и возможных источников загрязнения (промышленные зоны, городские территории, фоновые участки) [8]. Снег отбирался с помощью стерильных инструментов, методом «конверта». Затем снег помещался в предварительно подготовленные контейнеры для транспортировки в лабораторию.

Незадолго до периода снеготаяния нами были отобраны пробы снега в трех створах, распределённых по длине реки: исток (55.810586 с. ш., 38.480605 в. д.), промежуточная точка (55.808665 с. ш., 38.507754 в. д.), устье (55.773356 с. ш., 38.637410 в. д.) (рис. 1).

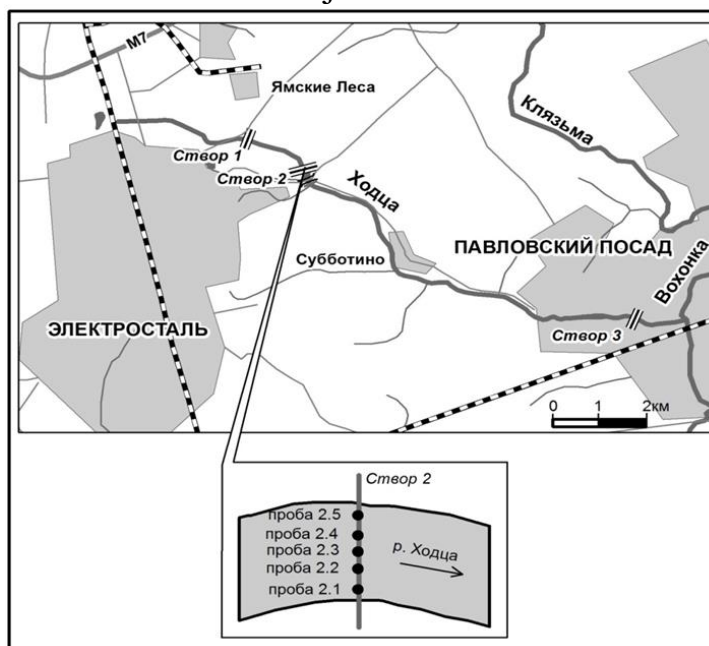


Рисунок 1. Расположение точек отбора проб снега р. Ходца

Исследования проводились в рамках мониторинга состояния экосистемы малой реки Ходца на базе аккредитованной испытательной лаборатории «Центр сертификации и экологического мониторинга агрохимической службы «Московский»». В лаборатории в жидкой фазе снега определяли следующие показатели:

- водородный показатель (рН) - измерялся с использованием стандартного рН-метра, калиброванного согласно рекомендациям производителя;
- сухой остаток - определялся путём выпаривания водной фазы и взвешивания оставшегося сухого вещества;
- нефтепродукты - количественное определение проводилось методом инфракрасной спектроскопии после экстракции органическими растворителями;
- тяжелые металлы (железо, кадмий, свинец) - концентрации металлов измерялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС);
- перманганатная окисляемость - определялась как мера общего содержания органических веществ, способных окисляться перманганатом калия в кислой среде.

Использование вышеперечисленных методов позволило получить данные о количественном содержании загрязняющих веществ. Анализы были выполнены в соответствии с действующими стандартами и нормативными документами, включая ГОСТ и ПНД Ф. Во время всех этапов испытаний соблюдались строгие процедуры контроля качества, включая использование стандартных образцов и проведение параллельных измерений для подтверждения точности и воспроизводимости данных.

Результаты и обсуждение

Результаты химического анализа отобранных образцов жидкой фазы снега представлены в таблице 1.

Значения pH в жидкой фазе снега при отборе проб во всех местах отбора снега изменялись в диапазоне от 6,03 до 6,48 (слабокислая среда), что находится в пределах величин допустимого уровня для поверхностных вод (6,0-9,0), указывая на отсутствие значительного подкисления жидкой фазы снега.

Концентрация сухого остатка в жидкой фазе снега при отборе проб у истока реки и в промежуточной точке варьировала от 14,2 до 27,2 мг/дм³, что значительно ниже принятого предельного значения для данного показателя (1000 мг/дм³). Это свидетельствует о низком уровне содержания неорганического и органического материала в образцах.

Содержание алюминия (<0,10 мг/дм³) в жидкой фазе снега при отборе пробы у истока реки не превышало величину допустимого уровня (1,0 мг/дм³).

Таблица 1. Результаты химического анализа жидкой фазы снега, мг/дм³

| Определяемые показатели | Место отбора проб снега | | | |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|
| | Исток | Промежуточная точка | Устье | Величина допустимого уровня |
| Водородный показатель рН, ед. | 6,48±0,20 | 6,03±0,20 | 6,39±0,20 | 6,0-9,0 |
| Сухой остаток | 27,2±2,4 | 14,2±1,3 | - | 1000,0 |
| Алюминий | <0,10 | - | - | 1,0 |
| Перманганатная окисляемость | 4,32±0,43 | 4,32±0,43 | - | 5,0 |
| Аммиачный азот | 0,28±0,05 | - | - | 2,0 |
| Железо | 0,110±0,025 | 0,048±0,014 | 0,023±0,007 | 0,3 |
| Кадмий | <0,0005 | - | - | 0,001 |
| Свинец | <0,005 | - | - | 0,03 |
| Нефтепродукты | - | 0,006±0,003 | - | 0,05 |

Значения показателя перманганатной окисляемости в истоке и в промежуточной точке сохранялось на уровне 4,32 мг/дм³, что указывает на присутствие в жидкой фазе снега органических веществ, способных к окислению.

Содержание аммиачного азота в жидкой фазе снега при отборе проб снега у истока реки составляло 0,28 мг/дм³, что укладывается в рамки допустимого значения 2,0 мг/дм³.

Концентрация железа в жидкой фазе снега во всех местах отбора проб составила от 0,023 до 0,110 мг/дм³, причем обнаруженное содержание железа находилось в пределах допустимого значения (0,3 мг/дм³). Концентрация кадмия в жидкой фазе снега при отборе проб у истока реки оказалась ниже 0,0005 мг/дм³, что меньше предельного значения (0,001 мг/дм³). Концентрация свинца в жидкой фазе снега при отборе проб у истока реки

была менее $0,005 \text{ мг/дм}^3$, что также ниже принятой величины допустимого уровня ($0,03 \text{ мг/дм}^3$).

Содержание нефтепродуктов в промежуточной точке отбора было $0,006 \text{ мг/дм}^3$, что ниже допустимого уровня ($0,05 \text{ мг/дм}^3$), указывая на относительно чистый статус снега в отношении нефтяного загрязнения.

В целом, результаты исследования показывают, что практически все определяемые в жидкой фазе снега показатели находились в пределах допустимых нормативов. Однако, значение перманганатной окисляемости в двух местах отбора проб приближалось к нормативному значению, что может указывать на наличие органических загрязнителей, поэтому требуются дополнительные исследования. Наблюдаемый уровень содержания нефтепродуктов, хотя и был ниже допустимых пределов, указывает на то, что требуется обратить внимание на данный показатель в контексте возможного влияния нефтепродуктов на водную экосистему при длительном их воздействии или в сочетании с другими загрязнителями.

Самая высокая концентрация тяжелых металлов обнаружена для железа, причем его концентрация снижалась от истока к устью (рис. 2).

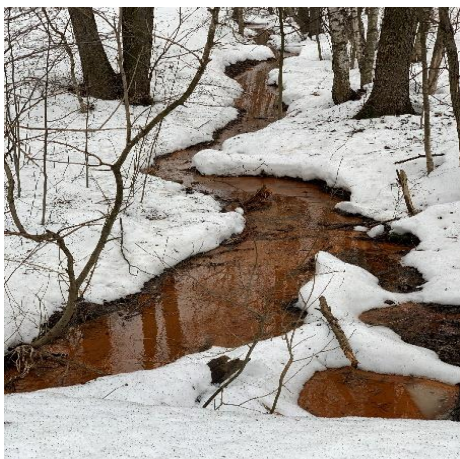


Рисунок 3. Малая река Ходца в зимнюю межень (слева - исток, справа - устье)

Ни в одной из точек отбора проб снега превышение определяемых показателей по установленным для них ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения не выявлено, значения концентраций были ниже предельно допустимых.

Химический состав снегового покрова, находящегося на территориях г.о. Электросталь и г. Павловский Посад в данный период времени различался по функциональным зонам незначительно и ярко выраженных различий не прослеживалось.

Состояние атмосферного воздуха городского округа Электросталь в период проведения исследований характеризовалось как «удовлетворительное». Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) предприятием ПАО «Машиностроительный завод» [6] в атмосферный воздух в 2019 году составили 12,077 т при разрешенном выбросе 22,126 т, в 2020 году – 13,625 т (при разрешенном – 22,126 т), в 2021 году - 18,306 т (при разрешенном 20,180 т) (рис.4). До 2021 года для ПАО «Машиностроительный завод» действовало разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, выданное Росприроднадзором в 2017 году. Уменьшение разрешенного валового выброса в 2021 году связано с проведенной на предприятии оптимизацией производственных площадей, реконструкцией технологических процессов производства и модернизацией оборудования [6].

Валовые выбросы вредных загрязняющих веществ от предприятия ПАО «Машиностроительный завод» в атмосферный воздух были ниже установленных нормативов и составляли в 2019 году 54,6 % , в 2020 году - 61,6%, в 2021 году – 90,7% от разрешенной нормы. Уровень загрязнения оценивался как низкий [6].

Результаты исследования жидкой фазы снега, отобранного у истока, промежуточной точке и в устье малой реки Ходца, выявили, что большинство химических показателей соответствуют установленным нормативам качества воды. Однако, перманганатная окисляемость в

отобранных образцах была достаточно повышенной, что может указывать на присутствие органических загрязнителей. Это обстоятельство требует детального рассмотрения, так как органические загрязнители могут поступать от различных источников загрязнения.

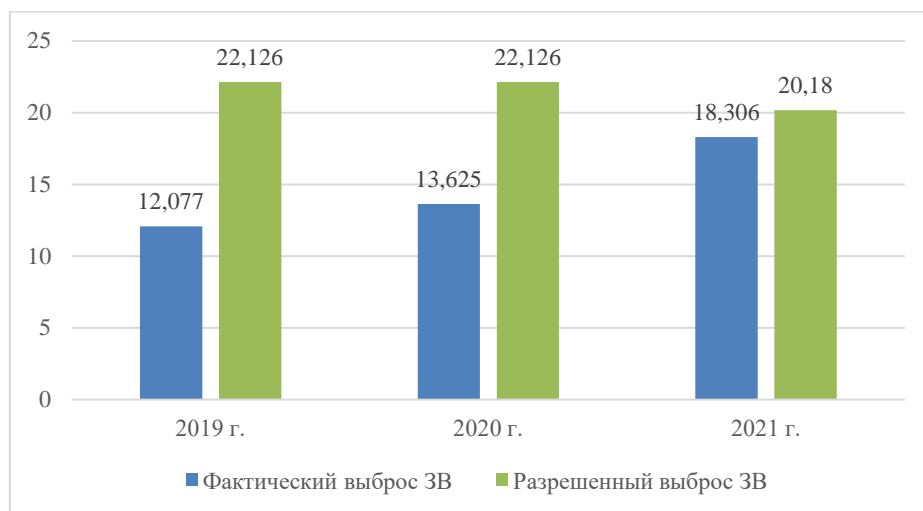


Рисунок 3. Валовые выбросы вредных загрязняющих веществ в атмосферный воздух, т

Относительно низкие уровни нефтепродуктов и тяжелых металлов, таких как железо, кадмий и свинец, свидетельствуют о том, что прямое промышленное загрязнение при этом не является значительным фактором или существующие меры по очистке от загрязнителей являлись эффективными. Тем не менее, даже низкие концентрации нефтепродуктов могут оказывать негативное воздействие на водную экосистему, особенно при учёте их совокупного эффекта и возможности накопления в пищевой цепи.

Превышений ПДК анализируемых показателей в жидкой фазе снега не обнаружено, возможно, еще и в связи с тем, что снег был свежевывавшим и не успело накопиться существенное количество загрязняющих веществ. Повышенный уровень перманганатной окисляемости требует

дополнительного изучения. Возможно, это связано с наличием органических загрязнителей, которые могут иметь антропогенное происхождение.

Таким образом, несмотря на соответствие определяемых показателей нормативам, выявленные уровни перманганатной окисляемости подчеркивают необходимость в дальнейшем мониторинге и, возможно, реализации дополнительных мер по контролю за органическими загрязнителями. Рекомендуется продолжить мониторинг с учетом сезонных изменений и анализа динамики загрязнений для выявления потенциальных источников и разработки стратегий по снижению уровня загрязнения.

Выводы

По результатам проведенных исследований жидкой фазы снега в разных местах отбора проб на территории реки Ходца, расположенной в Московской области, можно сделать следующие основные выводы:

1. Большинство измеренных показателей, включая уровни pH, содержание сухого остатка, нефтепродуктов, тяжелых металлов и аммонийного азота, соответствуют установленным допустимым уровням, что свидетельствует о сравнительно благополучном состоянии исследуемой акватории.
2. В некоторых пробах снега обнаружено повышенное значение перманганатной окисляемости, что может указывать на наличие органических загрязнений и необходимость в дополнительных исследованиях для определения их источников и состава загрязнителей.
3. Дополнительные исследования должны быть направлены на идентификацию конкретных источников поступления органических загрязнений, а также на оценку их сезонной динамики и долгосрочного воздействия на водную экосистему и здоровье человека.

4. Результаты подчеркивают важность регулярного мониторинга состояния водных объектов, особенно в свете изменяющихся экологических условий и антропогенного воздействия.

Список источников

1. Воеводин Анатолий Федорович, Гранкина Татьяна Борисовна Численное моделирование динамики роста ледяного покрова в пресных и солоноватых водах // Математические заметки СВФУ. 2012. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislennoe-modelirovanie-dinamiki-rosta-ledyanogo-pokrova-v-presnyh-i-solonovatyh-vodah> (дата обращения: 08.12.2023).
2. ГОСТ 17.1.5.05-85: Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Стандартинформ, 1986. -12 с.
3. Зубкова, В.М. Накопление тяжелых металлов (ТМ) ряской малой (*Lemna minor*) в условиях антропогенного загрязнения реки Ходца / В.М. Зубкова, Ф.Ф. Арсланбекова, Ж.С. Макаханюк // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и технические науки. – 2021. – №7. – С. 23-28.
4. Зубкова, В.М. Оценка качества воды малой реки Ходца в периоды весеннего половодья и летне - осенней межени / В.М. Зубкова, Л.А. Розумная, Ж.С. Макаханюк // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и технические науки. –2019. – №6. – С. 9-14.
5. Макаханюк, Ж.С. Миграция тяжелых металлов в системе береговой грунт – донные отложения – растения реки Ходца в период летней межени 2019 [Текст] / Ж.С. Макаханюк, В.М. Зубкова, Л.А. Розумная // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. – Астрахань, 2020. – №2. – С. 67-74.

6. Отчет по экологической безопасности АО «Машиностроительный завод», 2021 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosatom.ru/upload/iblock/7cc/7cca6e0f5300cdc7d866c4884719b239.pdf>

(дата обращения: 25.12.23).

7. Пьянков Сергей Васильевич, Шавнина Юлия Николаевна, Шихов Андрей Николаевич Комплексный подход в исследовании динамики процессов снеготаяния на водосборах рек // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-podhod-v-issledovanii-dinamiki-protssessov-snegotayaniya-na-vodosborah-rek> (дата обращения: 08.12.2023).

8. Учватов Валерий Петрович Ландшафтно-эколого-геохимические показатели природных фоновых процессов // Природообустройство. 2009. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/landshaftno-ekologo-geohimicheskie-pokazateli-prirodnih-fonovyh-protssessov> (дата обращения: 08.12.2023).

9. Федорук, Н.А., Галицкая, И.В. (2021). Анализ загрязняющих компонентов в жидкой фазе снега на территории правого берега г. Дубны в 2020 г. // Журнал Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия «Естественные и инженерные науки», (2(47), 44-50. (извлечено от <https://ein.uni-dubna.ru/index.php/ein/article/view/44>).

10. Zubkova, V.M. Features of chemical composition of small river Khodtsa / V.M. Zubkova, N.Y. Belozubova, A.V. Gaponenko, F.F. Arslanbekova, Z.S. Makakhaniuk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Том 867. – Выпуск 1.

References

1. Voevodin Anatolij Fedorovich, Grankina Tat`yana Borisovna Chislennoe modelirovanie dinamiki rosta ledyanogo pokrova v presny`x i solonovaty`x vodax // Matematicheskie zametki SVFU. 2012. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislennoe-modelirovanie-dinamiki-rosta->

ledyanogo-pokrova-v-presnyh-i-solonovatyh-vodah (data obrashheniya: 08.12.2023).

2. GOST 17.1.5.05-85: Oхrana prirody`. Gidrosfera. Obshhie trebovaniya k otboru prob poverxnostny`x i morskix vod, Гda i atmosfery`x osadkov. M.: Standartinform, 1986. -12 s.

3. Zubkova, V.M. Nakoplenie tyazhely`x metallov (TM) ryaskoj maloj (Lemna minor) v usloviyax antropogennoho zagryazneniya reki Хodcza / V.M. Zubkova, F.F. Arslanbekova, Zh.S. Makaxanyuk // Sovremennaya nauka: aktual`ny`e problemy` teorii i praktiki. Ser.: Estestvenny`e i texnicheskie nauki. – 2021. – №7. – S. 23-28.

4. Zubkova, V.M. Ocenka kachestva vody` maloj reki Хodcza v periody` vesennego polovod`ya i letne - osennej mezheni / V.M. Zubkova, L.A. Rozumnaya, Zh.S. Makaxanyuk // Sovremennaya nauka: aktual`ny`e problemy` teorii i praktiki. Ser.: Estestvenny`e i texnicheskie nauki. –2019. – №6. – S. 9-14.

5. Makaxanyuk, Zh.S. Migracija tyazhely`x metallov v sisteme beregovoi grunt-donnie otlozhenija- rastenija reki Хodcza v period letnej mezheni 2019 / Zh.S. Makaxanyuk, V.M. Zubkova, L.A. Rozumnaya // Vestnik Astrachanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo univesiteta. Serija: Ribnoje xozjajstvo. – Astraxanj, 2020. – №2. – С. 67-74.

6. Otchet po e`kologicheskoj bezopasnosti AO «Mashinostroitel`ny`j zavod», 2021 /[E`lektronny`j resurs]. – Rezhim dostupa: <https://rosatom.ru/upload/iblock/7cc/7cca6e0f5300cdc7d866c4884719b239.pdf> (data obrashheniya: 25.12.23).

7. P`yankov Sergej Vasil`evich, Shavnina Yuliya Nikolaevna, Shixov Andrej Nikolaevich Kompleksny`j podxod v issledovanii dinamiki processov snegotayaniya na vodosborax rek // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Nauki o Zemle». 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-podhod-v-issledovanii-dinamiki-protssesov-snegotayaniya-na-vodosborah-rek> (data obrashheniya: 08.12.2023).

8. Uchvatov Valerij Petrovich Landshaftno-e`kologo-geoximicheskie pokazateli prirodny`x fonovy`x processov // Prirodoobustrojstvo. 2009. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/landshaftno-ekologo-geohimicheskie-pokazateli-prirodnih-fonovyh-protsessov> (data obrashheniya: 08.12.2023).

9. Fedoruk, N.A., Galiczkaya, I.V. (2021). Analiz zagryaznyayushhix komponentov v zhidkoj faze snega na territorii pravogo berega g. Dubny` v 2020 g. Zhurnal Vestnik Mezhdunarodnogo universiteta prirody`, obshhestva i cheloveka «Dubna». Seriya «Estestvenny`e i inzhenerny`e nauki», (2(47), 44-50. izvlecheno ot <https://ein.uni-dubna.ru/index.php/ein/article/view/44>

10. Zubkova, V.M. Features of chemical composition of small river Khodtsa / V.M. Zubkova, N.Y. Belozubova, A.V. Gaponenko, F.F. Arslanbekova, Z.S. Makakhaniuk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Tom 867. – Vy`pusk 1.

Для цитирования: Макаханюк Ж.С., Замана С.П. Оценка содержания загрязняющих веществ в жидкой фазе снега р. Ходца в зимнюю межень // Московский экономический журнал. 2024. № 1. URL: <https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2024-21/>

© Макаханюк Ж.С., Замана С.П., 2024. Московский экономический журнал,
2024, № 1.