

УДК 579.843:614.4:628.162.5:656.612

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЕКОНТАМИНАЦИИ БАЛЛАСТНЫХ ВОД ЭМ-ПРЕПАРАТОМ

**Мясникова Ирина Борисовна**<sup>1</sup>, доцент, кандидат химических наук

*e-mail:* [irina120669@yandex.ru](mailto:irina120669@yandex.ru)

**Павлова Светлана Михайловна**<sup>1</sup>, аспирант

*e-mail:* [s.pavlova2774334@gmail.com](mailto:s.pavlova2774334@gmail.com)

**Сахарова Елена Николаевна**<sup>1</sup>, студент

*e-mail:* [Saharov4e@yandex.ru](mailto:Saharov4e@yandex.ru)

**Медведкова Алина Сергеевна**<sup>1</sup>, студент

*e-mail:* [medvedkova.lina@list.ru](mailto:medvedkova.lina@list.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** Изучена температурная зависимость деконтаминации балластных вод ЭМ – препарата на модельных системах. Рассчитана энергия активации деконтаминации на модельных системах. Оценена возможность применения ЭМ – препарата при низкой температуре.

**Ключевые слова:** Температурная зависимость, деконтаминация, балластная система, энергия активации, ледокол, балластная вода, цветность, окисляемость.

## INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF BALLAST WATER DECONTAMINATION WITH AN EM PREPARATION

**Myasnikova Irina Borisovna**<sup>1</sup>, Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences

*e-mail:* [irina120669@yandex.ru](mailto:irina120669@yandex.ru)

**Pavlova Svetlana Mikhailovna**<sup>1</sup>, Doctoral Student

*e-mail:* [s.pavlova2774334@gmail.com](mailto:s.pavlova2774334@gmail.com)

**Sakharova Elena Nikolaevna**<sup>1</sup>, Student

*e-mail:* [Saharov4e@yandex.ru](mailto:Saharov4e@yandex.ru)

**Medvedkova Alina Sergeevna**<sup>1</sup>, Student

*e-mail:* [medvedkova.lina@list.ru](mailto:medvedkova.lina@list.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The temperature dependence of the ballast water decontamination of an EM preparation on model systems has been studied. The activation energy of decontamination on model systems is calculated. The possibility of using an EM drug at a low temperature was evaluated.

**Keywords:** Temperature dependence, decontamination, ballast system, activation energy, icebreaker, ballast water, chromaticity, oxidizability.

В настоящее время возрастают перевозки судов различного направления по Северному Морскому Пути (СМП), а это может привести к внесению чужеродных организмов, которые могут изменить экологическое равновесие. В 2023 году грузопоток по СМП достиг рекордного уровня в 36,3 млн. т, превысив объем 2022 года на 2,2 млн. т. (рис. 1).

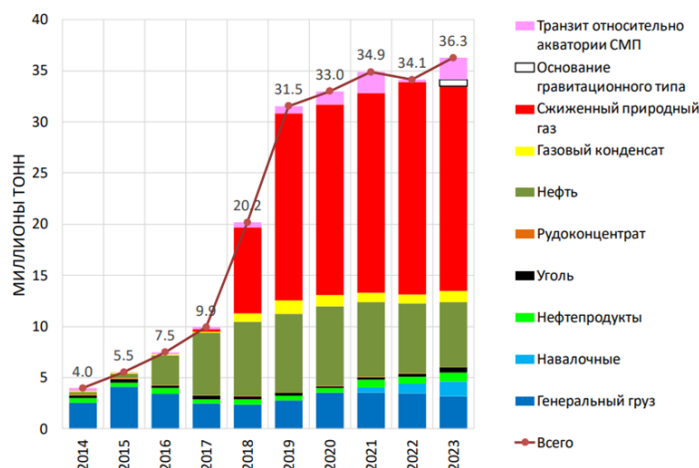


Рисунок 1 – Динамика перевозок по СМП в 2014 – 2023 годах

Балластная система предназначена для приема и удаления водяного балласта с целью изменения осадки, дифферента и крена судна. Такие системы установлены только на тех судах, на которых при эксплуатации требуется принимать балласт [1 – 6].

Климат Арктики считается суровым и холодным. Воздух здесь холоднее воды, температура воздуха — минус 50°С. Температура в арктическом бассейне летом 0 – 5°С.

Таким образом, целью нашей работы является изучение возможности использования ЭМ-препарата при деконтаминации балластных вод в условиях, приближенных к работе на СМП.

В качестве модельной системы использовали воду из реки Волга и ЭМ-препарат Экобактер в концентрации 0% и 0,1%. Во второй модели, мы имитировали морскую воду. Солёность создавали хлоридом натрия 3%.

Поскольку микроорганизмы, входящие в состав ЭМ-препарата, являются естественными для любой экосистемы, то они не нарушают экологический баланс. О работе ЭМ-препарата судили по следующим показателям: цветность, прозрачность, окисляемость и рН. Определение показателей проводили в соответствии со следующими нормативными документами: ГОСТ 31868-2012, ГОСТ Р 55684-2013, ГОСТ 31957-2012, ГОСТ Р 57164-2016.

Цветность воды при температуре 25°С (0%) без препарата в течение первых двух недель уменьшается и держится постоянно, после второй недели увеличивается (рис. 2). Этот показатель для модели, содержащей 0,1% препарата, на первой неделе увеличивается, а затем уменьшается до 50°.

Цветность модели при низкой температуре 3°С (0% X) без препарата возрастает ко второй недели до 50° и держится постоянной до третьей недели, а потом уменьшается. Цветность модели с препаратом изменяется точно так же, как и цветность модели без препарата (рис. 3).

Цветность модельной системы с соленой водой без препарата (0% С) при 25°С держится постоянной до третьей недели, а потом резко уменьшается до 20°. В модельной системе с препаратом (0,1% С) цветность возрастает на первой неделе до максимального значения (90°), затем снижается (рис. 2).

Цветность модельной системы с соленой водой без препарата (0% CX) при 3°C до третьей недели держится постоянной, потом резко уменьшается. Цветность модельной системы с соленой водой с препаратом (0,1% CX) на второй неделе возрастает до 70°, а затем уменьшается (рис. 3).

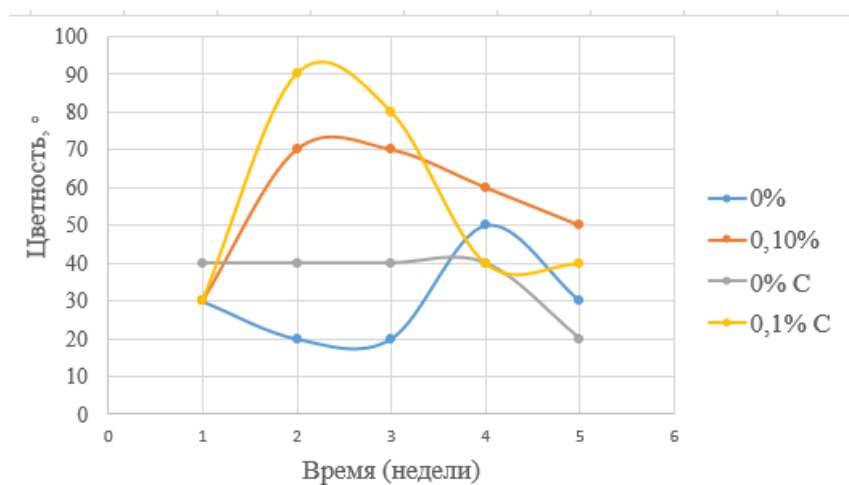


Рисунок 2 – Изменение цветности модельной системы при  $t = 25^\circ\text{C}$

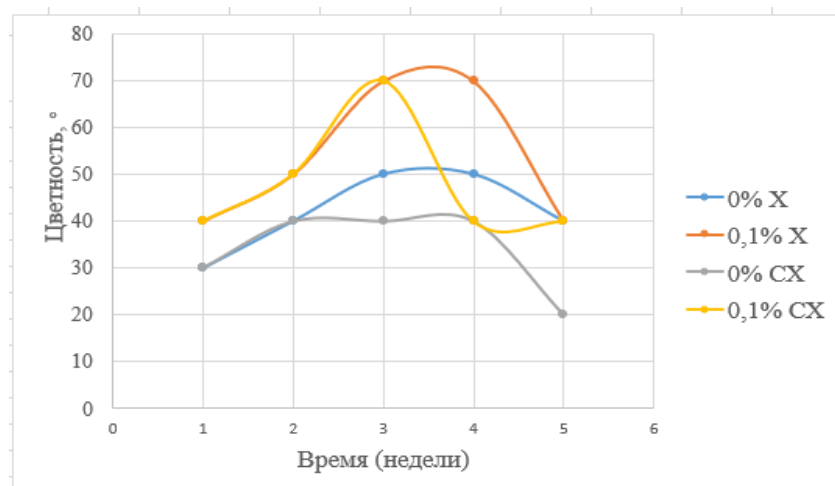


Рисунок 3 – Изменение цветности модельной системы при  $t = 3^\circ\text{C}$

pH модели с препаратом (0,1%) к концу третьей недели приближается к нейтральной среде (от 5,8 до 7). Эти результаты нам говорят о том, что эффективные микроорганизмы работают, они используют исходные организмы, которые были в речной воде в качестве питательного субстрата.

pH воды без препарата при низкой температуре (0% X) в основном держится постоянной. А модель с препаратом при низкой температуре (0,1% X) к первой неделе приближается к нейтральной среде, и держится почти постоянной. Данную ситуацию мы видим на рисунке 5. pH модели с соленой водой стремится к нейтральной среде, но среда все равно остается слабо-кислой (рис. 4, 5).

Эффективные микроорганизмы первые две недели активно размножаются, об этом свидетельствует рост окисляемости (рис. 6). Окисляемость воды без препарата (0% X) при  $t = 3^\circ\text{C}$  в основном уменьшается, а введение ЭМ-препарата (0,1% X) вызывает возрастание этого показателя на первой неделе, затем начинает уменьшаться (рис. 7).

Окисляемость модели с соленой водой несколько выше, чем с пресной водой, но нужно помнить, что засоление мы проводили хлоридом натрия, и хлорид-ион несколько

увеличивает окисляемость образцов. Сначала на первой неделе идет резкий рост окисляемости, а затем ко второй неделе идет снижение.

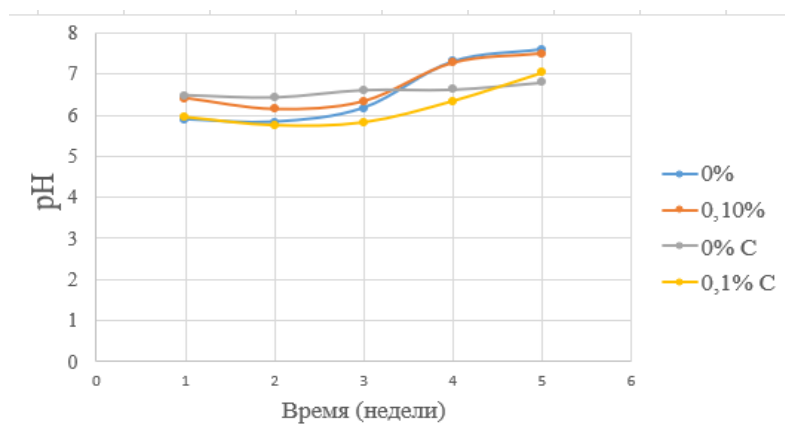


Рисунок 4 – Изменение рН модельной системы при  $t = 25^{\circ}\text{C}$

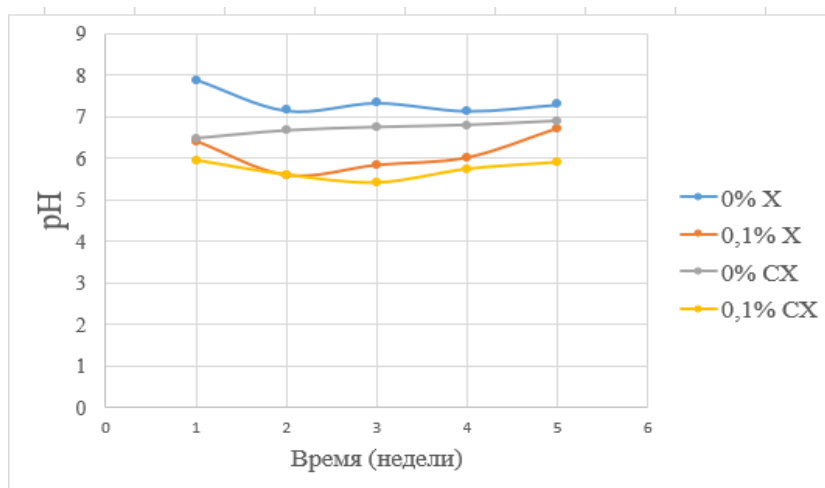


Рисунок 5 – Изменение рН модельной системы при  $t = 3^{\circ}\text{C}$

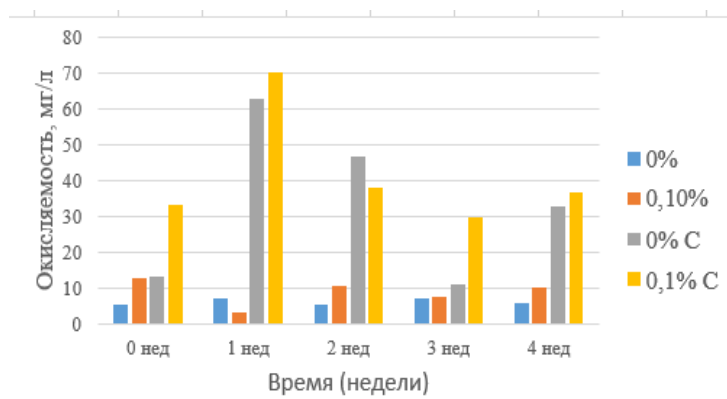


Рисунок 6 – Изменение перманганатной окисляемости модельной системы при  $t = 25^{\circ}\text{C}$

Прозрачность модели с соленой водой ниже, чем на пресной воде (рис. 8), Соленая вода затрудняет работу эффективных микроорганизмов и нужно подбирать условия для их размножения.

Изменение прозрачности модели с соленой водой при низкой температуре (0% C) носит иной характер (рис. 9). Сначала держится постоянной, затем резко уменьшается до 15, а

потом возрастает. Введение препарата (0,1% С) увеличивает этот показатель на первой неделе.

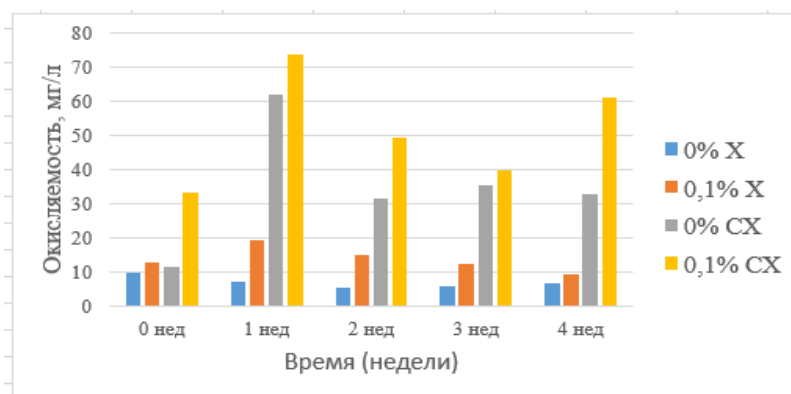


Рисунок 7 – Изменение перманганатной окисляемости модельной системы при  $t = 3^{\circ}\text{C}$

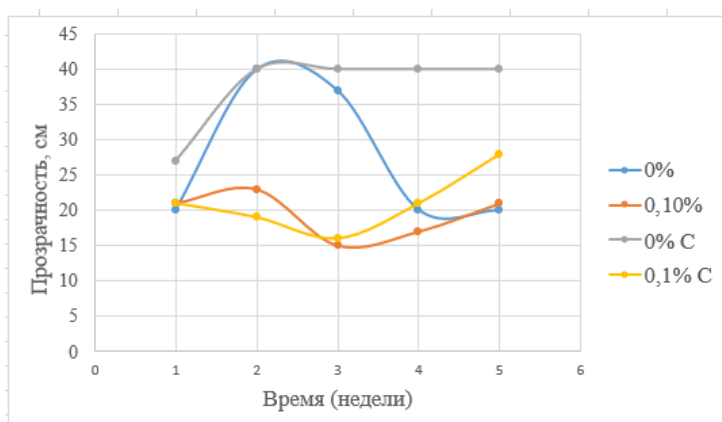


Рисунок 8 – Изменение прозрачности модельной системы при  $t = 25^{\circ}\text{C}$

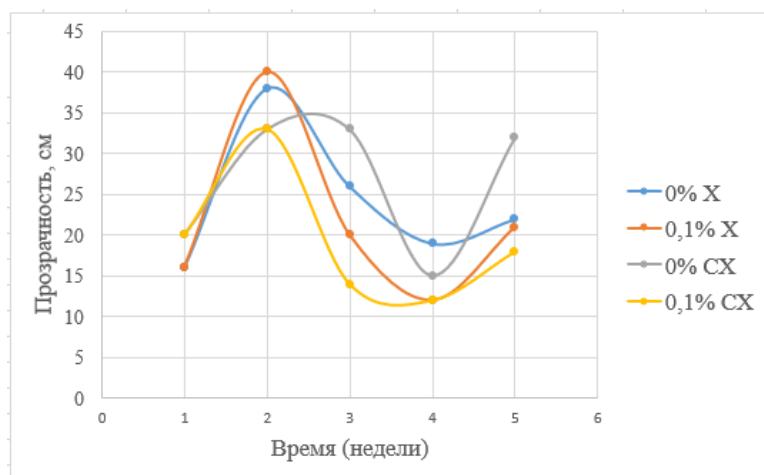


Рисунок 9 – Изменение прозрачности модельной системы при  $t = 3^{\circ}\text{C}$

Рост биомассы в системе мы оценивали по изменению скорости окисляемости во времени (рис. 10 – 13). На модели с пресной водой при обычной температуре на второй неделе наблюдаем максимум скорости изменения окисляемости при введении препарата. На модели с соленой водой и при нормальной, и при низкой температуре наблюдается уменьшение количества питательного субстрата для микроорганизмов к концу второй недели. Подобная ситуация наблюдается и для пресной модели при низкой температуре.

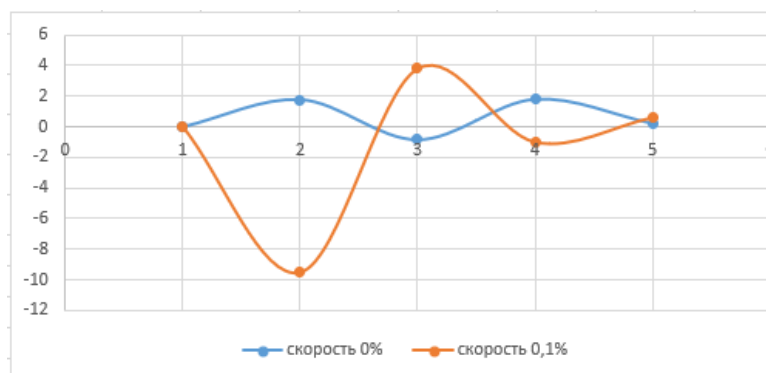


Рисунок 10 – Зависимость скорости изменения окисляемости во времени при  $t = 25^{\circ}\text{C}$

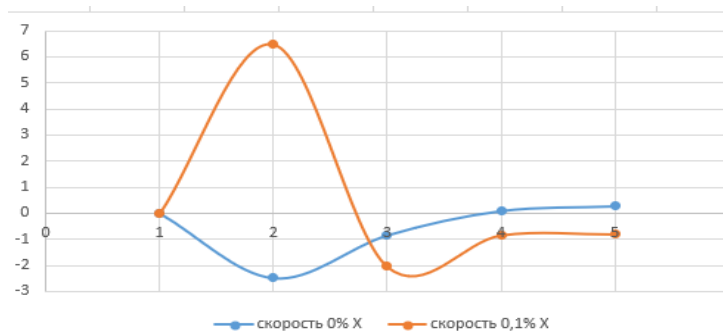


Рисунок 11 – Зависимость скорости изменения окисляемости во времени при  $t = 3^{\circ}\text{C}$

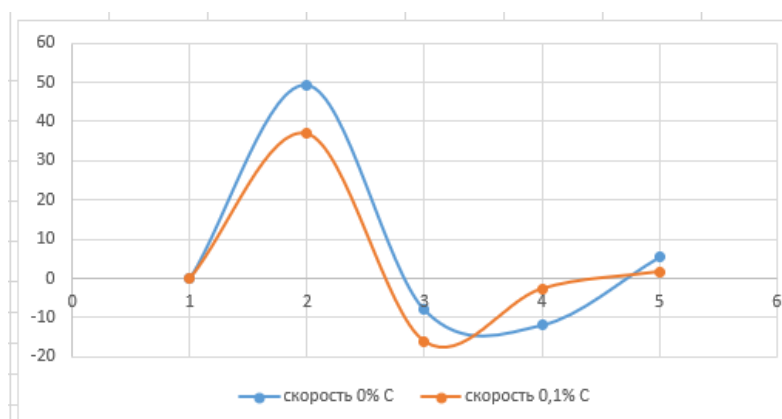


Рисунок 12 – Зависимость скорости изменения окисляемости во времени при  $t = 25^{\circ}\text{C}$

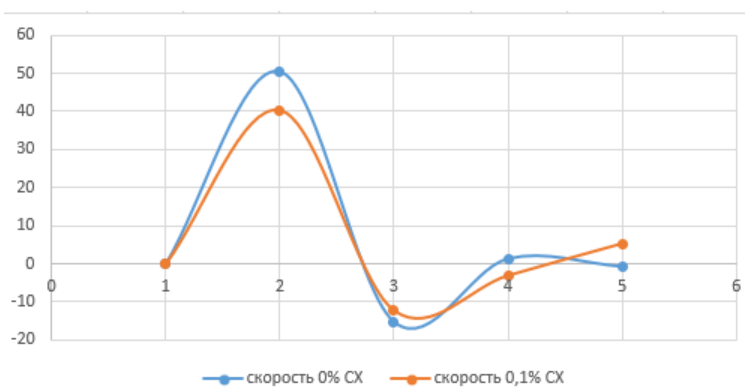


Рисунок 13 – Зависимость скорости изменения окисляемости во времени при  $t = 3^{\circ}\text{C}$

Рассчитали энергию активации по формуле:

$$E = \frac{RT_1T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1}$$

$$E = \frac{8,31 \cdot 276 \cdot 298}{25 - 3} \cdot \ln \frac{1000}{6,3 \cdot 10^{-3}} = 369533 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

В ходе научной работы мы провели лабораторные исследования температурной зависимости деконтаминации балластных вод ЭМ-препаратом. Оценили рост биомассы в воде при различных температурах и рассчитали энергию активации изменения окисляемости с введением препарата.

Мы оценили возможность использования ЭМ-препарата для деконтаминации при низкой температуре.

### Список литературы:

1. Рахуба А.В. Имитационное моделирование роста биомассы фитопланктона в куйбышевском водохранилище // вхр. 2018. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-rosta-biomassy-fitoplanktona-v-kuibyshevskom-vodохранилище> (дата обращения: 22.05.2024)
2. Водяницкая С.Ю., Павлович Н.В., Лях О.В., Сергиенко О.В., Рыжова А.А., Судьина Л.В., Баташев В.В. Методы деконтаминации судовых балластных вод дезинфекционным средством «Биопаг-Д» // Медицинский вестник Юга России. 2017. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-dekontaminatsii-sudovyh-ballastnyh-vod-dezinfektsionnym-sredstvom-biopag-d> (дата обращения: 22.05.2024)
3. Решняк В.И., Каляуш А.И., Рочев Д.И. Технология очистки и обеззараживания балластной воды // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2021. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-ochistki-i-obezzarazhivaniya-ballastnoy-vody> (дата обращения: 22.05.2024)
4. Регистровая книга Российского речного регистра. – URL: <http://www.rivreg.ru/activities/class/regbook/> (дата обращения 22.05.2024)
5. Решняк В.И., Каляуш М.С., Морозова Е.М. Безопасность водных путей при эксплуатации объектов водного туризма // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2021. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-vodnyh-putey-pri-ekspluatatsii-obektov-vodnogo-turizma> (дата обращения: 22.05.2024)
6. Леонов В.Е., Ермоленко Я.В. Балластные воды в судоходстве: глобальная экологическая проблема // Sciences of Europe. 2016. №1-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ballastnye-vody-v-sudohodstve-globalnaya-ekologicheskaya-problema> (дата обращения: 22.05.2024)

