

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДНОГО ГИАЦИНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

Холодова С. Н., Рудиков Д. А.

## ON THE POSSIBILITY OF USING WATER HYACINTH FOR POLLUTED WATER TREATMENT

Kholodova S. N., Rudikov D. A.

### Аннотация

**Введение.** Предлагается решение одной из экологических проблем — оздоровление водного бассейна на примере бассейна реки Темерник (Ростовская область). К основным источникам загрязнения водного бассейна относятся ливневые и хозяйственно-бытовые сточные воды от частных и промышленных застроек, а также сбросы в результате аварийных ситуаций на канализационных насосных станциях. **Методы.** Для этих целей предлагается использовать представителя высшей водной растительности — эйхорнию, или водный гиацинт, который является своеобразной мощной химической лабораторией, способной перерабатывать в нетоксичные вещества практически все сложные загрязнители. Очищая воду, растение использует загрязняющие вещества для своего метаболизма. Наибольшее количество загрязняющих веществ абсорбируется корнями растения. Обладая достаточно развитой корневой системой наряду с питательным субстратом, эйхорния способна усиливать процесс деструкции различных видов загрязнений. При этом происходит улучшение таких показателей, как биологическая и химическая потребность в кислороде. На сегодняшний день данные о способности эйхорнии поглощать загрязняющие вещества в условиях биомодуля при скорости течения около 0,4 м/с отсутствуют. Целью данного исследования была оценка возможности использования водного гиацинта для очистки загрязненных вод в природных условиях (биомодули размещались в русле реки Темерник) и в условиях лабораторного эксперимента. Полученные результаты в ходе природного и лабораторного исследований позволили сделать вывод о возможности очистки проточных вод с помощью биомодулей с водным гиацинтом. **Выводы.** Установлено, что поглощательная способность водного гиацинта различна для различных веществ и находится в зависимости от сезонности (температура окружающей среды, долгота дня), расхода воды и концентрации загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** биомодуль, водный гиацинт, эйхорния, загрязняющие вещества, сточные воды, высшие водные растения.

### Abstract

**Introduction.** The paper proposes a solution to one of the environmental problems — improvement of a water basin using the example of the Temernik River basin (Rostov Region). The main sources of water basin pollution are storm and domestic wastewater from private and industrial use, as well as discharges from sewage pumping stations as a result of emergencies. **Methods.** For those purposes, it is proposed to use such representative of higher aquatic vegetation as eichhornia, or water hyacinth, which represents a sort of powerful chemical laboratory capable of transforming almost all complex pollutants into nontoxic substances. By purifying water, the plant uses pollutants for its metabolism. The greatest amount of pollutants is absorbed by its roots. Due to a well-developed root system and a nutrient substrate, eichhornia can enhance the process of destructing various pollutants. Moreover, such indicators as biological and chemical oxygen demand improve. Currently, there are no available data on the eichhornia ability to absorb pollutants in a biomodule at a flow velocity of about 0.4 m/s. The purpose of the study was to assess the feasibility of using water hyacinth in polluted water treatment under natural conditions (biomodules were located in the mouth of the Temernik River) and in a laboratory experiment. Based on the results of the field and laboratory studies, we can conclude that it is possible to treat running water using biomodules with water hyacinth. **Conclusions.** It was found that the absorption capacity of water hyacinth was different for different substances and depended on the season (ambient temperature, day length), water consumption and concentration of pollutants.

**Keywords:** biomodule, water hyacinth, eichornia, pollutants, wastewater, higher aquatic plants.

### Введение

Одной из основных экологических проблем города Ростова-на-Дону остается оздоровление

экологической обстановки в бассейне реки Темерник. Сточные воды, которые сбрасываются в водоемы (напрямую или через балки и ручьи),

имея различную степень загрязненности, являются основными источниками загрязнения в городской черте. Ливневые сточные воды имеют высокую степень загрязненности в связи с тем, что несанкционированно в системы ливневой канализации города сбрасываются хозяйственно-бытовые сточные воды, как от частных жилых застроек, так и от промышленных предприятий.

Кроме того, из-за неудовлетворительного технического состояния канализационных насосных станций, расположенных вдоль рек М. Донец и Темерник, ручья Безымянного, периодически возникают аварийные ситуации, которые приводят к дополнительным сбросам неочищенных сточных вод.

В опытах по изучению степени иммобилизации микрофлоры рассматривались такие растения, как тростник обыкновенный, рогоза, камыш озерный и водный гиацинт. Выбор данных растений (за исключением эйхорнии) обусловлен их распространением в естественных водоемах степной зоны России. Средневзвешенный привес биомассы был характерен для всех указанных растений, но максимальное значение биомассы, сорбируемой на ворсистых корнях, было у водного гиацинта. Данный аспект позволяет рекомендовать в качестве контактного носителя подводную часть эйхорнии. Развитая корневая система водного гиацинта и большое количество питательного субстрата в виде загрязняющих веществ наилучшим образом увеличивают процесс деструкции различных видов загрязнений [2, 16].

В различных литературных источниках имеются сведения о возможности извлечения из загрязненных сточных вод с помощью эйхорнии таких биогенных элементов, как азот, сера, магний, марганец, кальций, калий и фосфор. Помимо этого, возможно извлечение и таких ингредиентов, как нефтепродукты, сульфаты, фенол, фосфаты и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Этот факт улучшает такие показатели, как биологическая и химическая потребность в кислороде — БПК и ХПК [6–9, 11]. Эти данные позволили рекомендовать водный гиацинт для очистки стоячей воды в водоемах [1, 3, 4, 13–15].

Эйхорния является многолетним водным растением, состоящим из хорошо развитой корневой системы и надводной части. Надводная часть включает розетку, цветок, напоминающий

гиацинт, и листья овальной формы. Содержание в стеблях растения большого количества воздуха способствует свободному его плаванию на водной поверхности водоема [12].

Находящиеся в воде корни растения имеют вид длинных нитевидных пучков с густым ворсистым покровом. Этот густой ворс на корнях и обеспечивает основной процесс очистки воды от загрязняющих веществ. В природе водный гиацинт распространен преимущественно в тропических и субтропических странах, что сказывается на возможности применения эйхорнии в нашей климатической зоне лишь в теплое время года.

Являясь прихотливым растением, водный гиацинт выполняет функции достаточно мощной химической лаборатории, перерабатывая сложные загрязняющие вещества в безобидные элементы. Загрязняющие воду вещества, поглощаемые растением, используются им для собственного роста и размножения. В случае отсутствия вредных веществ в воде, водный гиацинт перерабатывает доступный природный ил. При отсутствии ила водный гиацинт прекращает вегетацию.

Информация о возможности использования водного гиацинта (биомодулей) для очистки текущей воды со скоростью около 0,4 м/с в научной литературе отсутствует. Поэтому целью исследования было изучение возможности применения водного гиацинта для очистки воды от различных вредных веществ в природных (в русле реки Темерник) и лабораторных условиях.

#### **Методы и материалы**

В «Целевой экологической программе оздоровления водного бассейна реки Темерник» [10], предусматривалось устройство биомодуля с целью очистки стоков от вредных примесей. В процессе вегетации эйхорнии решались задачи по переработке иловых отложений органического происхождения, за счет чего в течение сезона вегетации дно водоема углублялось на 30–50 см. Для замены растений и содержания их в благоприятных условиях был создан биологический модуль, состоящий из 6 секций (рис. 1). На трех прямоугольных помпонах устроены переходные мостики и площадки для обслуживания биомодуля. По монорельсовому пути передвигается кран малой грузоподъемности, который опускает или поднимает сетчатые поддоны с растениями для

их осмотра или замены. Обслуживается биомодуль оператором-биологом, который определяет состояние насаждений [5].

Разработку донных отложений осуществлял земснаряд «Watermaster». Основным недостатком этого способа ведения работ являлось взмучивание донных отложений при их изъятии со дна водоема, что влечет за собой вторичное загрязнение водных масс загрязнителями, содержащимися в осадках. Экологическая безопасность в этом случае может быть достигнута производством работ в замкнутых областях, что требует дополнительных финансовых и временных затрат.

В связи с этим представляется целесообразным для разработок донных отложений использовать подводный дистанционно управляемый эжекторный земснаряд ПДУЭЗ, использование которого позволяет избежать вторичного загрязнения воды.

После извлечения на поверхность донные отложения обеззараживались негашеной известью и препаратом «Бингсти». Этот препарат был внедрен в технологию обеззараживающих работ после научных исследований, которые доказали его эффективность. После обработки донные отложения вывозились на спецмашинах в закрытых кузовах с уплотненным задним бортом на ПЗДО. Полигон имеет водонепроницаемый экран, который препятствует просачиванию загрязненных вод в нижележащие слои.

Второе технологическое новшество — захоронение непосредственно в русле реки, в так называемом «кармане». Это решение существенно снижает объем разработки и перемещения



Рис. 1. Биомодули с водным гиацинтом в русле реки Темерник

на отдаленный полигон (ПЗДО) эпидемиологически опасных водонасыщенных отложений. Захороненные донные отложения оконтурены со всех сторон водонепроницаемой оболочкой: сверху — бетонным покрытием, с боков — подпорными стенками, снизу — водупором в виде глинистого основания. Бетонное покрытие на участках захоронения выполнено с уклоном, поэтому оно легко промывается водой во время дождей и снеготаяния. Лотковая часть русла имеет тонкое сечение, что способствует возникновению в нем относительно высоких скоростей течения, которые препятствуют заиливанию и зарастанию русла камышом.

Для определения концентрации  $C_i$  фенола, нитритов, нитратов и нефтепродуктов был использован спектрофотометрический метод анализа, (прибор Флюорат-02), а для определения концентрации металлов и их соединений — атомноабсорбционный метод (прибор МГА-915).

Относительная концентрация  $C_i^{\text{отн}}$  загрязняющего вещества определялась из соотношения (формула 1):

$$C_i^{\text{отн}} = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где  $C_i$  — концентрация вещества;  $\text{ПДК}_i$  — предельно допустимая концентрация вещества.

Степень очистки воды водным гиацинтом от загрязняющего вещества рассчитывалась по формуле 2:

$$\Delta = \frac{C_{\text{ин}}^{\text{отн}} - C_{\text{ик}}^{\text{отн}}}{C_{\text{ин}}^{\text{отн}}} 100 \%, \quad (2)$$

где  $C_{\text{ин}}^{\text{отн}}$  — относительная концентрация загрязняющего вещества в начале эксперимента (перед биомодулем для натуральных условий);  $C_{\text{ик}}^{\text{отн}}$  — относительная концентрация загрязняющего вещества в конце эксперимента (после биомодуля для натуральных условий).

Оценка поглотительной способности эйхорнии в проточной воде представлена в табл. 1.

При размещении биомодуля в натуральных условиях было установлено, что лучше всего растения поглощали фенол и нефтепродукты, концентрация которых уменьшилась после биомодуля на 74,2 и 52,1 % соответственно (рис. 2).

Для изучения очищающей способности эйхорнии в зависимости от сезона года в условиях биомодуля были проведены дополнительные ис-

следования. Опыты проводились в течение июня, июля, августа и октября (табл. 2).

Совместно с натурными исследованиями проводился лабораторный эксперимент (со стоячей водой) в двух модификациях. В первой модификации для исследований брали воду из реки Темерник в наиболее загрязненной ее части, чуть ниже сброса неочищенных канализационных стоков в конце весны — начале лета. Вода помещалась в емкости объемом по 45 л. Пробу воды делали два раза через интервал в 15 дней (табл. 3).

В лабораторных условиях концентрация фенола уменьшилась за 15 дней наблюдения на 75,6 %, нефтепродуктов — на 61,8 %, нитритов — на 40 %, нитратов — на 27,5 %, железа — на 61 %, хрома — на 84 %, кадмия — на 27 %.

Во второй модификации емкости, в которых размещался водный гиацинт, были заполнены искусственно загрязненным раствором, который содержал нефтепродукты в количестве 97 ПДК, фенола — 32 ПДК, нитриты 0,15 ПДК, нитраты 0,03 ПДК. Забор проб для анализа проводили с 20.09 по 8.10.2016 г. с интервалом в 6 суток. Контрольные емкости в обеих модификациях были заполнены растворами, которые используются в оранжереях при культивировании водного гиацинта. Результаты эксперимента представлены в табл. 4.

#### Результаты и обсуждение

Анализ полученных результатов в натуральных условиях показывает, что в разные месяцы степень очистки эйхорнией различна (максимальна — в июне, минимальна — в октябре). На эф-

Таблица 1

#### Анализ очистки проточной воды реки Темерник

№	Вещество	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация вещества $C_i$ , мг/дм <sup>3</sup>		Относительная концентрация $C_i^{отн}$		Очистка, %
			перед биомодулем	после биомодуля	перед биомодулем	после биомодуля	
1	Фенол	0,1	0,105	0,027	1,05	0,27	74,3
2	Нитриты	3,3	1,18	0,89	0,36	0,26	25,7
3	Нитраты	45,0	6,8	6,2	0,15	0,137	13,3
4	Нефтепродукты	0,1	4,6	2,2	46	22,0	52,1
5	Хром <sup>3+</sup>	0,5	1,28	0,98	2,56	1,96	23,4
6	Кадмий	0,001	3,93	3,69	3330	3690	6,1

Таблица 2

#### Влияние сезона года на поглотительную способность эйхорнии

Отбор проб	Вещество	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация вещества $C_i$ , мг/дм <sup>3</sup>		Относительная концентрация $C_i^{отн}$		Изменение, %
			перед биомодулем	после биомодуля	перед биомодулем	после биомодуля	
июнь	Фенол	0,1	0,105	0,027	1,05	0,27	74,3
	Нитриты	3,3	1,18	0,89	0,36	0,27	25,7
	Нитраты	45,0	6,8	6,2	0,15	0,137	13,3
	Нефтепродукты	0,1	4,6	2,2	46,0	22,0	52,2
июль	Фенол	0,1	0,12	0,07	1,2	0,7	41,7
	Нитриты	3,3	3,8	3,3	1,15	1,0	13,2
	Нитраты	45,0	12,6	10,6	0,28	0,24	15,9
	Нефтепродукты	0,1	6,2	3,7	62,0	37,0	40,3
август	Фенол	0,1	4,8	3,8	38,0	38,0	20,8
	Нитриты	3,3	1,8	1,2	0,55	0,36	33,4
	Нитраты	45,0	7,2	7,0	0,16	0,16	2,78
	Нефтепродукты	0,1	6,4	3,4	64,0	34,0	46,9
октябрь	Фенол	0,1	0,4	0,4	4,0	4,0	0,0
	Нитриты	3,3	4,0	2,6	1,21	0,78	35,0
	Нитраты	45,0	8,6	8,6	0,19	0,19	0,0
	Нефтепродукты	0,1	8,4	6,8	84,0	68,0	19,1

Таблица 3

**Анализ очистки воды из реки в лабораторных условиях**

№	Вещество	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация вещества $C_i$		Относительная концентрация $C_i^{отн}$		Очистка, %
			начальная	через 15 суток	начальная	через 15 суток	
1	Фенол	0,1	0,44	0,107	4,4	1,07	75,6
2	Нитриты	3,3	1,0	0,6	0,3	0,18	40
3	Нитраты	45,0	13,2	9,6	0,29	0,21	27,5
4	Нефтепродукты	0,1	7,6	2,9	76	29	61,8
5	Железо	0,3	5,9	2,4	19,6	8	61
6	Хром <sup>3+</sup>	0,5	4,5	0,72	9	1,44	84
7	Кадмий	0,001	4,8	3,5	4800	3500	27

Таблица 4

**Анализ очистки с помощью водного гиацинта (эйхорнии) искусственно загрязненной стоячей воды в лабораторных условиях**

Сроки забора	Показатели	Фенол	Нитриты	Нитраты	Нефтепродукты
Первый забор	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	3,3	45	0,1
	$C_p$ , мг/ дм <sup>3</sup>	3,2	0,48	1,48	9,7
	$C_i$ /ПДК	32	0,145	0,033	97
Через 6 дней	$C_p$ , мг/ дм <sup>3</sup>	2,4	0,4	1,4	4,25
	$C_i$ /ПДК	24	0,12	0,031	42,5
<i>Изменения, %</i>		25	16,6	5,41	56,19
Через 12 дней	$C_p$ , мг/ дм <sup>3</sup>	1,8	0,4	1,2	1,6
	$C_i$ /ПДК	18	0,12	0,027	16
<i>Изменения, %</i>		43,75	16,6	18,92	83,51
Через 18 дней	$C_p$ , мг/ дм <sup>3</sup>	0,8	0,4	1,2	0,28
	$C_i$ /ПДК	8	0,12	0,0027	2,8
<i>Изменения, %</i>		75	16,6	18,92	97,11

фактивность очистки эйхорнией воды от загрязняющих веществ значительное влияние оказывает долгота дня и температура окружающей среды. Кроме того, сказывается и то, что расход воды и концентрация вредных веществ в водотоке реки Темерник подвержены постоянному изменению.

Лабораторный эксперимент показал, что количество фенола за 18 суток уменьшилось на 75 %, нитритов на 16,6 %, нитратов на 18,92 %, нефтепродуктов на 97,11 %.

При этом способность водного гиацинта к поглощению загрязняющих веществ была различной и зависела от загрязняющего вещества и его исходной концентрации. Так, максимальная поглощательная способность наблюдалась при поглощении нефтепродуктов, исходная концентрация которого была 9,7 мг/дм<sup>3</sup>, а минимальная —

при поглощении нитритов. Исходная концентрация последних была равна 0,48 мг/дм<sup>3</sup>.

В лабораторных условиях было установлено, что лучше всего растения, как и в природных условиях, поглощали фенол и нефтепродукты (концентрация которых уменьшилась на 75,6 и 61,8 % соответственно) (рис. 2).

**Заключение**

Положительная динамика очистки от загрязняющих веществ водным гиацинтом проточной воды позволяет сделать заключение о возможности его применения в климатических условиях Ростовской области. Экспериментально доказана возможность использования в природных условиях биомодулей с водным гиацинтом для очистки проточной загрязненной воды. На поглощательную способность высшего водного растения скорость течения существенного влияния не оказывает.

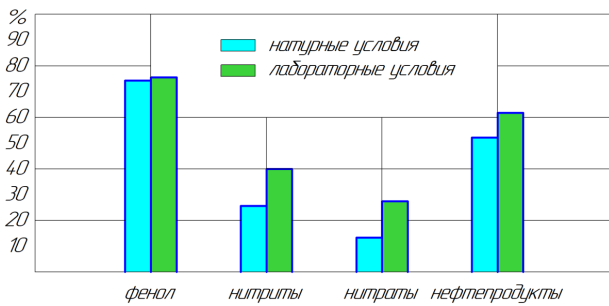


Рис. 2. Поглотительная способность водного гиацинта в натуральных и лабораторных условиях

Степень очистки реки Темерник от загрязняющих веществ зависит от вида и концентрации данных веществ, а также от времени года (температура окружающей среды, долгота дня) и расхода воды. В связи с этим в ходе дальнейших исследований будет оценена возможность получения эмпирических зависимостей для описания процесса окисления загрязняющих веществ. Кроме этого, требует дальнейшей проработки проблема удаления и утилизации прирастающей излишней биомассы водной растительности. В настоящее время проводятся исследования по данному вопросу.

На основании полученных данных в условиях натурального исследования можно рекомендовать водный гиацинт для очистки малых рек (с использованием биомодулей), а также водоемов со стоячей водой.

#### Литература

- Бакаева, Е. Н., Игнатова, Н. А., Черникова, Г. Г. и Рудь Д. А. (2013). Токсичность вод и донных отложений урбанизированного участка реки Темерник (г. Ростов-на-Дону, ЮФО). *Современные проблемы науки и образования*, № 2. [online] Доступно по ссылке: [science-education.ru/ru/article/view?id=8854](http://science-education.ru/ru/article/view?id=8854) [Дата обращения: 04.08.2019].
- Гоготов, И. Н. (2005). Аккумуляция ионов металлов и деградация загрязнителей микроорганизмами и их консорциумами с водными растениями. *Экология промышленного производства*, № 2, сс. 33–37.
- Горбунова, С. Ю. и Фомин, Н. В. (2010). Экспериментальное исследование роста водного гиацинта *Eichornia crassipes*. *Экология моря*, Т. 80, сс. 41–43.
- Ерохина, Н. И., Трубникова, Л. И. и Киреева, Н. А. (2008). Транслокация в растения вредных веществ активного ила биологической очистки нефтесодержащих сточных вод. *Агрехимия*, № 1, сс. 68–75.
- Кленова И. А. (2008). Возможность использования эйхорнии для очистки сточных вод предприятий железнодорожного транспорта. В: *Труды Всероссийской*

научно-практической конференции «Транспорт-2008», Ростов-на-Дону, 22–25 апреля 2008 г. Ростов-на-Дону: РГУПС, сс. 105–108.

- Кленова И. А. и Рудиков Д. А. (2017). Экологические подходы к возрождению малых рек. *Технологии техносферной безопасности*, № 3 (73), сс. 196–203.

- Кленова, И. А. и Шульга, Т. Г. (2018). Технология очистки реки Темерник. *Инженерный вестник Дона*, № 1 (48), с. 118.

- Лялин, С. В., Соколова, Е. В. и Машников, И. В. (2006). Гидробиотическая доочистка поверхностного стока в прудах с эйхорнией. *Водоснабжение и санитарная техника*, № 6, сс. 30–32.

- Меркулова, Т. Н. (2004). Применение плавающего водного растения эйхорнии для эффективности доочистки сточных вод. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*, № 4, сс. 99–100.

- ОАО «Институт Ростовский Водоканалпроект» (2000). Целевая экологическая программа оздоровления водного бассейна реки Темерник. Ростов-на-Дону: ОАО «Институт Ростовский Водоканалпроект», 118 с.

- Остроумов, С. А., Соломонова, Е. А. и Лазарев, Е. В. (2009). Разработка энергосберегающей экологической биотехнологии очищения воды с применением макрофитов: использование международного опыта. В: *Материалы Пятого съезда Общества биотехнологов России им. Ю. А. Овчинникова*, Москва, 2–4 декабря 2008 г. М.: ГОУ ВПО МГУД, сс. 88–94.

- Раимбеков, К. Т. (2017). Биологические особенности *Eihhornia crassipes* Solms. в условиях юга Кыргызстана. *Universum: химия и биология*, № 1 (31), сс. 12–16.

- Солдатов, Г. В., Тарасов, С. П., Каевицер, В. И., Захаров, А. И. и Смольянинов, И. В. (2015). Определения скорости звука в донных отложениях при экологическом мониторинге. *Инженерный вестник Дона*, № 4-2 (39), с. 30.

- Тимофеева, С. С. и Тимофеев, С. С. (2012). Фитотехнологии и возможности их применения в условиях Восточной Сибири. *Вестник ИрГСХА*, № 48, сс. 136–145.

- Ульрих, Д. В. (2017). Биоинженерные сооружения для очистки загрязненных поверхностных стоков. *Инженерный вестник Дона*, № 2 (45), с. 148.

- Умирова, Н. Р. (2017). Разработка комбинированной станции для очистки сточных вод. *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире*, № 17-1, сс. 54–55.

#### References

- Bakaeva, E. N., Ignatova, N. A., Chernikova, G. G. and Rudi, D. A. (2013). Toxic water and sediments of urbanized section of the river Temernik (Rostov-on-Don, SFD). *Modern Problems of Science and Education*, No. 2. [online] Available at: [science-education.ru/ru/article/view?id=8854](http://science-education.ru/ru/article/view?id=8854) [Date accessed 04.08.2019].
- Gogotov, I. N. (2005). Accumulation of metal ions and degradation of pollutants by microorganisms and their consortia with aquatic plants. *Industrial Ecology*, No. 2, pp. 33–37.
- Gorbunova S. Yu. and Fomin N. V. (2010). Experimental research of water hyacinth *Eichornia crassipes* growth. *Ecology of the Sea*, Volume 80, pp. 41–43.

4. Erokhina, N. I., Trubnikova, L. I. and Kireeva, N. A. (2008). Translocation of harmful substances of activated sludge used for biological treatment of oily wastes into plants. *Agrokhimiya*, No. 1, pp. 68–75.
5. Klenova, I. A. (2008). Possibility of using eichhornia for railway enterprise wastewater treatment. In: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference “Transport-2008”, Rostov-on-Don, April 22–25, 2008. Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, pp. 105-108.
6. Klenova, I. A. and Rudikov, D. A. (2017). Ecological approaches to the revitalization of small rivers. *Technology of Technosphere Safety*, No. 3 (73), pp. 196–203.
7. Klenova, I. A. and Shulga, T. G. (2018). Technology of cleaning of the river Temernik. *Engineering Journal of Don*, No. 1 (48), p. 118.
8. Lyalin, S. V., Sokolova, E. V. and Mashnikov, I. V. (2006). Hydrobotanical aftertreatment of surface runoff in ponds with eichhornia. *Water Supply and Sanitary Technique*, No. 6, pp. 30–32.
9. Merkulova, T. N. (2004). Use of the eichhornia floating aquatic plant to ensure the efficiency of advanced wastewater treatment. *University News. North Caucasian Region. Technical Sciences*, No. 4, pp. 99–100.
10. OAO Institute Rostovsky Vodokanalproekt (2000). Target environmental program for the improvement of the Temernik River water basin. Rostov-on-Don: OAO Institute Rostovsky Vodokanalproekt, 118 p.
11. Ostroumov, S. A. Solomonova, E. A. and Lazarev, E. V. (2009). Development of an energy-saving environmental biotechnology for water treatment with macrophytes: use of the international experience. In: Proceedings of the 5<sup>th</sup> Congress of the Ovchinnikov Russian Society of Biotechnologists, Moscow, December 2–4, 2008. Moscow: GOU VPO MGUD, pp. 88–94.
12. Raimbekov, K. T. (2017). Biological peculiarities of *Eihornia crassipes* Solms. under the conditions of Kyrgyzstan south. *Universum: Chemistry and Biology*, No. 1 (31), pp. 12–16.
13. Soldatov, G. V., Tarasov, S. P., Kaevitser, V. I., Zakharov, A. I. and Smolyaninov, I. V. (2015). Determination of sound velocity in sediments under environmental monitoring. *Engineering Journal of Don*, No. 4-2 (39), p. 30.
14. Timofeeva, S. S., Timofeev S. S. (2012). Phytotechnologies and their application in Eastern Siberia. *Vestnik IrGSCHA*. No. 48, pp. 136–145.
15. Ulrikh, D. V. (2017). Bioengineering facilities for contaminated surface runoff treatment. *Engineering Journal of Don*, No. 2 (45), p. 148.
16. Umirova, N. R. (2017). Working out of the combined station for sewage treatment. *Fundamental and Applied Researches in the Modern World*, No. 17-1, pp. 54–55.

#### Авторы

**Холодова Светлана Николаевна**, канд. техн. наук, доцент

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: holls9@mail.ru

**Рудиков Дмитрий Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент  
Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: d-studio@mail.ru

#### Authors

**Kholodova Svetlana Nikolaevna**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

E-mail: holls9@mail.ru

**Rudikov Dmitry Alexeevich**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor

Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russia

E-mail: d-studio@mail.ru