

ПРИМЕНЕНИЕ РЯСКИ (*LEMNA MINOR*) ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ИЗ МЕТАНТЕНКА

А.А. Аль Кассаб, Г.А. Шевченко, А.А. Хващевская

Научный руководитель: доцент, к. т. н. В.В. Тихонов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: neroeyes@gmail.com

Хранение органических отходов сельского хозяйства (навоза) на площадках складирования приводит к потере большого количества питательных веществ в результате их вымывания дождевыми водами в почву и грунтовые воды, неконтролируемым выбросам метана в атмосферу в результате разложения органики. При анаэробной переработке навоза в метантенках получается биогаз и сточные воды, обогащенные питательными веществами. Эффективное извлечение питательных веществ из полученных сточных вод (следовательно, их очистку) можно осуществить с помощью ряски. В данной работе приводятся результаты изучения очистки сточных вод, полученных из метантенка с помощью вида ряски *Lemna minor*.

Ряска – это маленькое свободно плавающее водное растение, принадлежащее к семейству Lemnaceae. Это семейство разделяется на четыре рода (расположены по убыванию количества видов): *Spirodela*, *Lemna*, *Wolffiella* и *Wolffia* [1, 2]. Ряска обладает высокой скоростью поглощения питательных веществ (азот, фосфор, микроэлементы), ее легко собирать – это позволяет использовать ее для очистки различных сточных вод и в дальнейшем перерабатывать, либо использовать непосредственно биомассу ряски как белковый корм.

По сравнению с другими растениями, ряска обладает рядом преимуществ. Главное – это время удвоения ее биомассы, которое составляет в среднем 2–3 дня [3, 4]. Также для очистки сточных вод очень важна скорость поглощения ионов аммония, так как аммоний является основной формой азота в сточных водах и может вызвать эвтрофикацию открытых водоемов или превратиться в нитраты при попадании в грунтовые воды [5].

В период роста ряска может поглощать до 83,7% и 89,4% азота и фосфора из сточных вод [6]. Согласно исследованиям [7], ряска может поглотить до 98% азота (по Кельдалю) и 98,8% общего фосфора, при этом скорость поглощения азота составляет 4,4 г/(м²·д), а концентрация растворенного кислорода увеличилась в очищаемых сточных водах в среднем с 0 до 3,0 мг/л. В работе [8] для очистки использовался вид ряски *L. punctata* и сточные воды с начальной концентрацией ионов аммония 240 мг/л, скорость поглощения аммония при этом составила 1,0 мг/(л·ч) и фосфат-ионов 0,13 мг/(л·ч). Ряска *S. polyrrhiza* также хорошо поглощает питательные элементы из сточных вод свиных ферм – она может поглощать до 84 и 89% общего азота и общего фосфора соответственно. В ходе исследования способности *Lemna minor* очищать сточные воды свиных ферм была установлена скорость поглощения азота и фосфора 2,1 г/(м²·д) и 0,6 г/(м²·д) соответственно [9].

Для оценки способности ряски очищать воду в природных условиях в водоеме с ряской за корпусом ТГУ были взяты три образца воды. Первый образец был взят 15 августа 2016 г., следующие два – с интервалом в две недели. За месяц в этом водоеме концентрация ионов аммония уменьшилась в 33 раза, полифосфатов в 63 раза, значение ХПК в 13 раз (рис. 1).

Для оценки параметров скорости роста ряски и поглощения ею питательных веществ из сточных вод в лабораторных условиях был поставлен эксперимент по выращиванию ряски *Lemna minor* на растворе сточных вод, полученных из метантенка при переработке коровьего навоза. Для роста ряски поддерживались оптимальная температура, освещенность и период освещения.

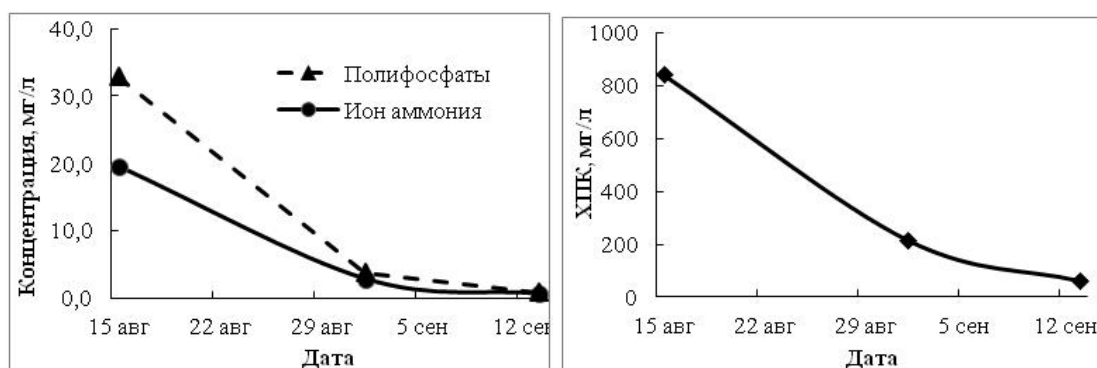


Рис. 1. Изменение концентрации ионов аммония, полифосфатов (слева) и ХПК (справа) в водоеме с ряской в районе корпуса ТГУ

Содержание в неразбавленных сточных водах ионов аммония составило 200 мг/л, нитрат-ионов 21 мг/л, полифосфатов 23 мг/л, ХПК 2238 мг/л. Для приготовления питательных субстратов эти сточные воды разводились дистиллированной водой до концентрации сточных вод 20%, 40% и 60%. В полиэтиленовые

баночки, стенки которых не пропускают свет, помещалось 250 мл раствора и 10 грамм ряски таким образом, чтобы ряска образовывала одиночный слой, что необходимо для подавления роста водорослей. На полученных субстратах ряска выращивалась продолжительностью от 3 дней до 1 месяца, отбор проб субстрата для анализа осуществлялся каждый понедельник и четверг.

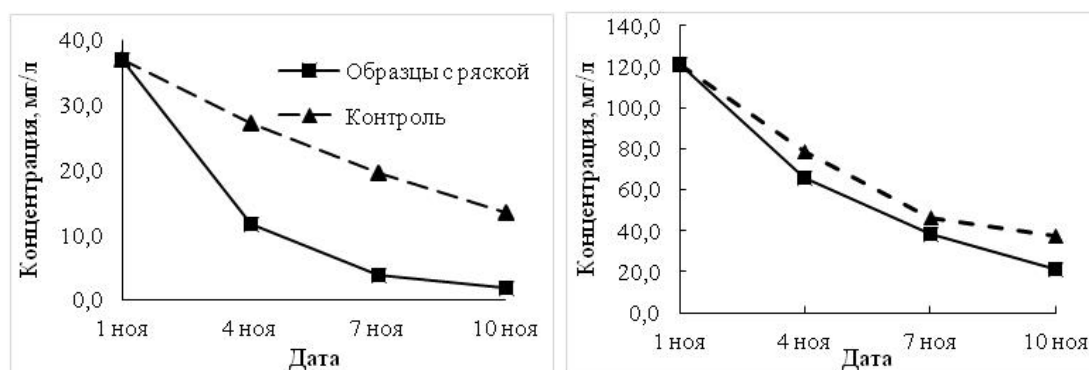


Рис. 2. Динамика изменения концентрации ионов аммония при начальной концентрации субстрата 40 мг/л и 120 мг/л

Примерно за 10 дней в растворе с исходной концентрацией субстрата 20 % ряска поглотила 11,47 мг/л аммония, а в растворе с исходной концентрацией субстрата 60 % – 16 мг/л с учетом контрольных образцов (рис. 2). Однако в растворах с концентрацией субстрата 20% биомасса ряски примерно в 1,5 раза больше, что можно объяснить накоплением белка и уменьшением количества крахмала в биомассе ряски, выращиваемой в растворах с начальной концентрацией субстрата 60%.

Список литературы

1. Hillman W.S., Culley D.D. The Uses of Duckweed: The rapid growth, nutritional value, and high biomass productivity of these floating plants suggest their use in water treatment, as feed crops, and in energy-efficient farming // *American Scientist*. – 1978. – Vol. 66, No. 4. – P. 442–451.
2. Landolt E., Kandel R. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae) (vol. 4) // *The family of Lemnaceae—a monographic study*. – 1987. – Vol. 2. – P. 211–234.
3. Datko A. H., Mudd S. H., Giovanelli J. Lemna paucicostata Hegelm. 6746 Development of standardized growth conditions suitable for biochemical experimentation // *Plant physiology*. – 1980. – Vol. 65, No. 5. – P. 906–912.
4. Seth P. N., Venkataraman R., Maheshwari S.C. Studies on the growth and flowering of a short-day plant, Wolffia microscopica // *Planta*. – 1970. – Vol. 90, No. 4. – P. 349–359.
5. Oron G., de-Vegt A., Porath D. Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on waste-water // *Water Research*. – 1988. – Vol. 22, No. 2. – P. 179–184.
6. Xu J., Shen G. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production // *Bioresource Technology*. – 2011. – Vol. 102, No. 2. – P. 848–853.
7. Mohedano R. A. et al. High nutrient removal rate from swine wastes and protein biomass production by full-scale duckweed ponds // *Bioresource Technology*. – 2012. – Vol. 112. – P. 98–104.
8. Cheng J. et al. Nutrient recovery from swine lagoon water by Spirodela punctata // *Bioresource Technology*. – 2002. – Vol. 81, No. 1. – P. 81–85.
9. Cheng J. et al. Nutrient removal from swine lagoon liquid by Lemna minor 8627 // *Transactions of the ASAE*. – 2002. – Vol. 45, No. 4. – P. 1003.