

УДК 636.087.7: 581.19; 582.26
AGRIS 615.322.074:547.466:582.521.43

https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/39

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РЯСКИ (*Lemna minor* L.), ВЫРАЩЕННОЙ В ФЕРМЕРСКИХ СТОЧНЫХ ВОДАХ

©Ходжаева Н. Ж., канд. биол. наук, Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологии, г. Самарканд, Узбекистан, n.xodjayeva@yandex.ru

©Нурниязов А. А., канд. биол. наук, Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологии, г. Самарканд, Узбекистан, akhtamnurniyozov@gmail.com

©Умматов У. Р., Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологии, г. Самарканд, Узбекистан, oummatov1@gmail.com

BIOCHEMICAL COMPOSITION OF DUCKWEED (*Lemna minor* L.) GROWN IN FARM WASTEWATER

©Khodjaeva N., Ph.D., Samarkand State University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, Uzbekistan, n.xodjayeva@yandex.ru

©Nurniyazov A., Doctor of Philosophy (PhD), Samarkand State University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, Uzbekistan, akhtamnurniyozov@gmail.com

©Ummatov U., Samarkand State University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, Uzbekistan, oummatov1@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются особенности биохимического состава ряска малой (*Lemna minor* L.), культивируемой в фермерских сточных водах животноводческого и птицеводческого происхождения. Проанализировано содержание белков, углеводов, липидов, минеральных веществ, витаминов и пигментов, а также потенциально опасных соединений. Показано, что ряска, выращенная в сточных водах, формирует высокобелковую и минерально насыщенную биомассу, представляющую интерес для кормопроизводства и биоремедиации. Отмечена необходимость обязательного санитарно-токсикологического контроля перед практическим использованием.

Abstract. The article examines the features of the biochemical composition of duckweed (*Lemna minor* L.) cultivated in farm wastewater of livestock and poultry origin. The contents of proteins, carbohydrates, lipids, mineral substances, vitamins, and pigments, as well as potentially hazardous compounds, were analyzed. It is shown that duckweed grown in wastewater forms a high-protein and mineral-rich biomass of interest for feed production and bioremediation. The necessity of mandatory sanitary and toxicological control prior to practical application is emphasized.

Ключевые слова: *Lemna minor*; ряска, сточные воды, биохимический состав, белок, биомасса, биоремедиация.

Keywords: *Lemna minor*, duckweed, wastewater, biochemical composition, protein, biomass, bioremediation.

Ряска малая (*Lemna minor* L.) относится к быстрорастущим водным макрофитам, обладающим высокой способностью к накоплению органических и минеральных веществ. В

последние годы ряска активно рассматривается как перспективный объект для биологической очистки сточных вод и получения дешёвой кормовой биомассы. Особый интерес представляет её выращивание в фермерских сточных водах, содержащих повышенные концентрации азота, фосфора и органических соединений. Такие условия стимулируют интенсивный рост растения и формирование биомассы с высоким содержанием биологически ценных компонентов. Использование ряски малой для очистки сточных вод, аккумуляции минеральных элементов и получения кормовой биомассы подробно рассматривается в работах зарубежных, российских и узбекских исследователей [1, 10, 13-16].

При выращивании в сточных водах ряска способна аккумулировать нитраты и тяжёлые металлы. Их концентрация напрямую зависит от качества исходных сточных вод. В связи с этим использование ряски в кормовых и пищевых целях возможно только после обязательного токсикологического и микробиологического контроля. Изучение биохимического состава ряски, выращенной в сточных водах, необходимо для оценки возможности её безопасного использования в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве, а также для определения экологических рисков, связанных с накоплением токсичных веществ [14].

Материалы и методы

Объектом исследования являлась ряска *Lemna minor* L., культивируемая в фермерских сточных водах животноводческого и птицеводческого происхождения. Биомассу отбирали после достижения сплошного покрытия поверхности воды. Образцы промывали проточной водой, высушивали при температуре 60°C до постоянной массы и измельчали.

Биохимический анализ включал определение содержания сухого вещества, сырого протеина (метод Кьельдаля), жира (экстракция по Сокслету), углеводов расчётным методом, клетчатки по стандартной зоотехнической методике и зольности путём прокаливания при 550 °C. Минеральный состав определяли атомно-абсорбционным методом. Содержание витаминов и пигментов оценивали спектрофотометрически. Токсикологическую безопасность анализировали по содержанию нитратов и тяжёлых металлов [1].

Результаты и обсуждение

Одним из ключевых показателей кормовой ценности ряски является содержание белка, которое во многом определяет её питательную и биологическую значимость при использовании в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Установлено, что высокая концентрация азотсодержащих соединений (аммонийного и нитратного азота) в сточных водах создаёт благоприятные условия для интенсивного синтеза аминокислот и последующего накопления протеина в тканях растения. Благодаря высокой скорости вегетативного размножения и активному метаболизму ряска способна эффективно усваивать доступные формы азота, трансформируя их в полноценный растительный белок [3, 8, 17].

Содержание сырого протеина в биомассе *Lemna minor* L., выращенной в условиях сточных вод, варьирует в широких пределах и может достигать значений, сопоставимых и даже превышающих показатели традиционных высокобелковых кормовых культур. При оптимальных условиях культивирования уровень белка может увеличиваться за счёт интенсификации фотосинтетических процессов и усиления азотного обмена (Таблица 1). Высокий уровень сырого протеина в сочетании с благоприятным аминокислотным профилем делает ряску перспективным источником растительного белка для комбикормовой промышленности. При этом белок ряски отличается хорошей усвояемостью и может частично заменять более дорогие кормовые компоненты, такие как соевый или подсолнечный шрот [1, 4, 9].

ТАБЛИЦА 1

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ *Lemna minor*,
 ВЫРАЩЕННОЙ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Показатель	Содержание, % от сухой массы
Сырой протеин	28–45
Углеводы	30–45
Сырой жир	3–7
Сырая клетчатка	5–10
Зольность	10–20
Обменная энергия, МДж·кг ⁻¹	9,5–12,0

Примечание. Значения приведены в процентах от сухой массы биомассы; показатели представлены в виде диапазонов, отражающих вариабельность состава в зависимости от условий культивирования

Полученные данные свидетельствуют о том, что ряска, выращенная на сточных водах, не только эффективно утилизирует биогенные элементы, но и формирует биомассу с высокой кормовой ценностью. По содержанию белка и обменной энергии она сопоставима с традиционными высокобелковыми кормами растительного происхождения, что подтверждает целесообразность её использования в качестве альтернативного или дополнительного кормового ресурса (Таблица 2).

Таблица 2

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ *Lemna minor*,
 ВЫРАЩЕННОЙ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Элемент	Содержание
Кальций (Ca), г/кг сухой массы	8,0–15,0
Фосфор (P), г/кг сухой массы	5,0–9,0
Калий (K), г/кг сухой массы	18,0–30,0
Магний (Mg), г/кг сухой массы	3,0–6,0
Железо (Fe), мг/кг сухой массы	500–1500
Цинк (Zn), мг/кг сухой массы	40–120
Медь (Cu), мг/кг сухой массы	5–25

Примечание. Содержание элементов приведено в пересчёте на сухую массу биомассы; показатели представлены в виде диапазонов, отражающих вариабельность минерального состава в зависимости от химических характеристик сточных вод и условий культивирования

Ряска отличается высокой способностью к аккумуляции макро- и микроэлементов, поступающих со сточными водами, что обусловлено интенсивным ионным обменом и активной поглотительной поверхностью растения. Это свойство существенно повышает её минеральную и кормовую ценность, однако одновременно требует строгого контроля элементного состава с точки зрения кормовой и экологической безопасности, особенно при использовании сточных вод различного происхождения. Высокое содержание калия и кальция свидетельствует о значительном потенциале ряски как источника минеральных веществ в кормовых рационах сельскохозяйственных животных и птицы и в том числе перепелов [5, 15].

Наличие микроэлементов (железа, цинка и меди) в физиологически значимых концентрациях способствует повышению биологической полноценности кормов, однако при практическом использовании биомассы ряски необходимо проводить регулярный мониторинг содержания потенциально токсичных элементов. Биомасса ряски характеризуется

значительным содержанием биологически активных соединений, включая витамины и фотосинтетические пигменты, которые играют важную роль в обменных процессах и определяют её биологическую ценность как кормового сырья [1, 11, 18].

Ряска способна синтезировать β -каротин и другие каротиноиды, обладающие антиоксидантными свойствами и предшественниками витамина А, что делает её перспективным источником функциональных компонентов помимо основных питательных веществ [13].

Таблица 3

СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНОВ И ПИГМЕНТОВ В БИОМАССЕ РЯСКИ *Lemna minor*,
ВЫРАЩЕННОЙ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Показатель	Содержание
β -каротин, мг/кг сухой массы	200–450
Витамин В ₁ (тиамин), мг/кг сухой массы	8–15
Витамин В ₂ (рибофлавин), мг/кг сухой массы	10–25
Хлорофилл (а + b), % от сухой массы	1,5–2,5

Примечание. Показатели приведены в пересчёте на сухую массу биомассы; данные представлены в виде диапазонов в зависимости от условий культивирования

Высокое содержание хлорофиллов свидетельствует о высокой интенсивности фотосинтетических процессов, что коррелирует с данными по химическому составу ряски в литературе. Накопление β -каротина и других каротиноидов повышает антиоксидантный потенциал растения и укрепляет его биологическую ценность при использовании в кормлении животных и птицы [17].

Заключение

Ряска малая (*Lemna minor*), выращенная в фермерских сточных водах, формирует высокобелковую и минерально насыщенную биомассу, обладающую значительным кормовым и биотехнологическим потенциалом. Одновременно с получением ценной биомассы ряска способствует биологической очистке сточных вод, снижая концентрацию органических и минеральных загрязнителей. Практическое использование ряски требует строгого контроля содержания токсичных элементов, что является обязательным условием её безопасного применения в сельском хозяйстве.

Список литературы:

1. Abdullaev H. A., Nurmatov O. N. Biotexnologik asoslarida rяска qo‘llashning oqova suvlarni tozalash va yem-xashak biomassa olishdagi ahamiyati // *Ximiya va biologiya*. 2019. № 4. P. 41-46.
2. Appenroth K. J. et al. Nutritional value of duckweeds (*Lemnaceae*) as human food // *Food chemistry*. 2017. V. 217. P. 266-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.116>
3. Никифоров Л. А., Дмитрук С. Е. Изучение биоэлементного состава *Lemna minor* и *Lemna trisuica* // *Микроэлементы в медицине*. 2008. Т. 9. №1-2. С. 23а-24.
4. Sońta M., Rekiel A., Batorska M. Use of duckweed (*Lemna L.*) in sustainable livestock production and aquaculture – a review // *Annals of Animal Science*. 2019. V. 19. №2. P. 257-271. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0048>
5. Sosa D., Alves F. M., Prieto M. A., Pedrosa M. C., Heleno S. A., Barros L., Carocho, M. *Lemna minor*: Unlocking the value of this duckweed for the food and feed industry // *Foods*. 2024. V. 13. №10. P. 1435. <https://doi.org/10.3390/foods13101435>

6. Gostyńska J., Pankiewicz R., Romanowska-Duda Z., Messyas B. Overview of allelopathic potential of *Lemna minor* L. obtained from a shallow eutrophic lake // *Molecules*. 2022. V. 27. №11. P. 3428. <https://doi.org/10.3390/molecules27113428>

7. Кравченко И. В., Филимонова М. В., Шепелева Л. Ф. Биологическая аккумуляция тяжелых металлов пойменными видами растений в условиях антропогенной нагрузки // *Экология урбанизированных территорий*. 2019. №3. С. 129-135. <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2019-13129>

8. Miltko R., Majewska M. P., Wojtak W., Białek M., Kowalik B., Czauderna M. Comparing the chemical composition of lesser duckweed (*Lemna minor* L.) grown in natural and laboratory settings // *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2024. V. 33. №3. P. 357-367. <https://doi.org/10.22358/jafs/189963/2024>

9. Opiyo M., Mbogo K., Obiero K., Orina P., Muendo P. Nutritional Composition of Duckweed (*Lemna minor*) Cultured with Inorganic Fertilizer and Organic Manure in Earthen Ponds // *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*. 2023. V. 9. №3. P. 123-129. <https://doi.org/10.17216/LimnoFish.1152512>

10. Rahimov A. A., Tursunov Sh. N. Oqova suvlarni biologik tozalashda suv o'simliklaridan foydalanish (O'zbekiston sharoitida) // *O'zbekiston biologiya jurnali*. 2017. №2. P. 52–58.

11. Sosa D., Alves F. M., Prieto M. A., Pedrosa M. C., Heleno S. A., Barros L., Carocho M. *Lemna minor*: Unlocking the value of this duckweed for the food and feed industry // *Foods*. 2024. V. 13. №10. P. 1435. <https://doi.org/10.3390/foods13101435>

12. Ullah H., Gul B., Khan H., Akhtar N., Rehman K. U., Zeb U. Effect of growth medium nitrogen and phosphorus on nutritional composition of *Lemna minor* (an alternative fish and poultry feed) // *BMC Plant Biology*. 2022. V. 22. №1. P. 214. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03600-1>

13. Vulpe C. B., Toplicean I. M., Agachi B. V., Datcu A. D. A review on uses of *Lemna minor*, a beneficial plant for sustainable water treatments, in relation to bioeconomy aspects // *Water*. 2025. V. 17. №9. P. 1400. <https://doi.org/10.3390/w17091400>

14. Yusupov F. M., Karimova D. R. Kimyoviy tarkibi va yem-xashak sifatidagi qiymati g'yrskaning (*Lemna minor* L.). *Agrar fanlari xabarnomasi*, 2020, № 1, pp. 66–71.

15. Рустамова С. Р. Экологическая характеристика и использование водных РАСТЕНИЙ (*Lemna minor* L. и *Pistia stratiotes* L.) в качестве ресурса при очистке сточных вод в условиях Республики Каракалпакстана // *Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации*. 2022. С. 9-11.

16. Yunusov H. B., Khodjaeva N. D., Ummatov U., Khujaeva N., Buranova K. Algae in the diete of quails // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. 2024. V. 510. P. 01041. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451001041>

17. Petrova-Tacheva V., Ivanov V., Atanasov A. *Lemna minor* L. as a source of antioxidants // *Trakia Journal of Sciences*. 2020. V. 18. №1. P. 157-162. <https://doi.org/10.15547/tjs.2020.s.01.029>

18. Khojaeva N., Kirikchi K., Ummatov U., Khojiakhmatov S., Yelibayeva S. Usage of *Azolla* in livestock farming // *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2025. V. 181. P. 01041.

References:

1. Abdullaev, H. A., & Nurmatov, O. N. (2019). Vazhnost' ispol'zovaniya vodoroslei v biotekhnologicheskikh osnovakh dlya ochistki stochnykh vod i proizvodstva kormovoi biomassy. *Khimiya i biologiya*, 4, 41–46. (in Russian).

2. Appenroth, K. J., Sree, K. S., Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leiterer, M., & Jahreis, G. (2017). Nutritional value of duckweeds (*Lemnaceae*) as human food. *Food chemistry*, 217, 266-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.116>

3. Nikiforov, L. A., & Dmitruk, S. E. (2008). Izuchenie bioelementnogo sostava *Lemna minor* i *Lemna trisuica*. *Mikroelementy v meditsine*, 9(1-2), 23a-24. (in Russian).
4. Soñta, M., Rekiel, A., & Batorska, M. (2019). Use of duckweed (*Lemna* L.) in sustainable livestock production and aquaculture—a review. *Annals of Animal Science*, 19(2), 257-271. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0048>
5. Sosa, D., Alves, F. M., Prieto, M. A., Pedrosa, M. C., Heleno, S. A., Barros, L., ... & Caroch, M. (2024). *Lemna minor*: Unlocking the value of this duckweed for the food and feed industry. *Foods*, 13(10), 1435. <https://doi.org/10.3390/foods13101435>
6. Gostyñska, J., Pankiewicz, R., Romanowska-Duda, Z., & Messyasz, B. (2022). Overview of allelopathic potential of *Lemna minor* L. obtained from a shallow eutrophic lake. *Molecules*, 27(11), 3428. <https://doi.org/10.3390/molecules27113428>
7. Kravchenko, I. V., Filimonova, M. V., & Shepeleva, L. F. (2019). Biologicheskaya akkumulyatsiya tyazhelykh metallov poimennymi vidami rastenii v usloviyakh antropogennoi nagruzki. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*, (3), 129-135. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2019-13129>
8. Miltko, R., Majewska, M. P., Wojtak, W., Białek, M., Kowalik, B., & Czauderna, M. (2024). Comparing the chemical composition of lesser duckweed (*Lemna minor* L.) grown in natural and laboratory settings. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33(3), 357-367. <https://doi.org/10.22358/jafs/189963/2024>
9. Opiyo, M., Mbogo, K., Obiero, K., Orina, P., & Muendo, P. (2023). Nutritional Composition of Duckweed (*Lemna minor*) Cultured with Inorganic Fertilizer and Organic Manure in Earthen Ponds. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 9(3), 123-129. <https://doi.org/10.17216/LimnoFish.1152512>
10. Rakhimov, A. A., & Tursunov, Sh. N. (2017). Ispol'zovanie vodnykh rastenii v biologicheskoi ochistke stochnykh vod (v usloviyakh Uzbekistana). *Zhurnal biologii Uzbekistana*, (2), 52–58. (in Russian).
11. Sosa, D., Alves, F. M., Prieto, M. A., Pedrosa, M. C., Heleno, S. A., Barros, L., ... & Caroch, M. (2024). *Lemna minor*: Unlocking the value of this duckweed for the food and feed industry. *Foods*, 13(10), 1435. <https://doi.org/10.3390/foods13101435>
12. Ullah, H., Gul, B., Khan, H., Akhtar, N., Rehman, K. U., & Zeb, U. (2022). Effect of growth medium nitrogen and phosphorus on nutritional composition of *Lemna minor* (an alternative fish and poultry feed). *BMC Plant Biology*, 22(1), 214. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03600-1>
13. Vulpe, C. B., Toplicean, I. M., Agachi, B. V., & Datcu, A. D. (2025). A review on uses of *Lemna minor*, a beneficial plant for sustainable water treatments, in relation to bioeconomy aspects. *Water*, 17(9), 1400. <https://doi.org/10.3390/w17091400>
14. Yusupov, F. M., & Karimova, D. R. (2020). Khimicheskii sostav i kormovaya tsennost' ryaski (*Lemna major* L.). *Vestnik sel'skokhozyaistvennykh nauk*, (1), 66-71. (in Russian).
15. Rustamova, S. R. (2022). Ekologicheskaya kharakteristika i ispol'zovanie vodnykh rastenii (*Lemna minor* L. i *Pistia stratiotes* L.) v kachestve resursa pri ochistke stochnykh vod v usloviyakh Respubliki Karakalpakstana. In *Sovremennaya nauka: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii* (pp. 9-11). (in Russian).
16. Yunusov, H. B., Khodjaeva, N. D., Ummatov, U., Khujaeva, N., & Buranova, K. (2024). Algae in the diete of quails. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 510, p. 01041). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451001041>
17. Petrova-Tacheva, V., Ivanov, V., & Atanasov, A. (2020). *Lemna minor* L. as a source of antioxidants. *Trakia Journal of Sciences*, 18(1), 157-162. <https://doi.org/10.15547/tjs.2020.s.01.029>

18. Khojaeva, N., Kirikchi, K., Ummatov, U., Khojiakhmatov, S., & Yelibayeva, S. (2025). Usage of Azolla in livestock farming. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 181, p. 01041). EDP Sciences.

Поступила в редакцию
30.01.2026 г.

Принята к публикации
09.02.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Ходжаева Н. Ж., Нурниязов А. А., Умматов У. Р. Биохимический состав ряски (*Lemna minor* L.), выращенной в фермерских сточных водах // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №4. С. 308-314. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/39>

Cite as (APA):

Khodjaeva, N., Nurniyazov, A., & Ummatov, U. (2026). Biochemical Composition of Duckweed (*Lemna minor* L.) Grown in Farm Wastewater. *Bulletin of Science and Practice*, 12(4), 308-314. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/39>