

Coastal-aquatic vegetation of the freshwater Curonian Lagoon and opportunities for its economic use

Original Article

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Gorbunova J.A.*, Aleksandrov S.V.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 36, Nakhimovsky Prosp., Moscow, 117997, Russia

ABSTRACT. The Curonian Lagoon is a large lagoon with predominantly freshwater conditions, where coastal-aquatic vegetation develops intensively. *Phragmites australis* dominates in the coastal zone, forming a biomass exceeding 1000 g/m², as well as *Scirpus lacustris*. Maximum of biomass is in August-September. Its potential use should be balanced with environmental measures. Negative impact on bird nesting, fish spawning can be minimized by harvesting during the winter season. After the completion of the growing season, the dry mass of aboveground shoots of *Ph. australis*, unlike other species, exhibits minimal reduction, allowing it to be used as a useful renewable resource (building material, fuel, etc.). Appropriate harvesting techniques during the winter period (e.g., cluster mowing) and the utilization of reeds forming dense stands in the coastal zone, beyond addressing economic objectives, will facilitate the preservation of biotopes and enhance habitat conditions in coastal areas (e.g., fishery amelioration).

Keywords: coastal-aquatic vegetation, reed, eutrophication, economic use, lagoon

For citation: Gorbunova J.A., Aleksandrov S.V. Coastal-aquatic vegetation of the freshwater Curonian Lagoon and opportunities for its economic use // Limnology and Freshwater Biology. 2025. - № 4. - P. 844-857. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-844

1. Introduction

Coastal-aquatic vegetation is a vital component of ecosystems, contributing substantially to overall biological productivity. Extensive areas of lagoons, bays, and river deltas along the Baltic Sea are covered by coastal-aquatic vegetation, predominantly by reed beds (Iital et al., 2012; Karstens et al., 2019). Coastal-aquatic vegetation, particularly the common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.), represents a valuable renewable resource with potential for regional applications, including environmental restoration, the production of renewable energy, and the provision of building materials.

The Curonian Lagoon is the largest lagoon in Europe (area 1,584 km², volume 6.2 km³, average depth 3.8 m), separated from the Baltic Sea by a spit, which is characterized by freshwater conditions due to weak water exchange with the sea and large river runoff (Ferrarin et al., 2008). Based on the concentration of nutrients and the abundance of phytoplankton, the lagoon is classified as a highly eutrophic water body (Aleksandrov et al., 2018). During summer and autumn, water "blooming" is observed, which exerts an adverse impact on the coastal zone (Aleksandrov and Smirnova, 2023). Extensive shallow water, freshwater, and high content of nutrients create favorable conditions for the

development of coastal aquatic vegetation. A relatively small number of species are dominant, which is typical for eutrophic freshwater bodies. Intensive growth of common reed (*Ph. australis*) and lakeshore bulrush (*Scirpus lacustris* L.) cover a significant part of the Russian coast from the Neman River delta to the southern part of the Curonian Spit (Fish..., 1985; Feldman, 2006). Coastal-aquatic vegetation plays an important habitat-forming role in the lagoon ecosystem. In particular, the wetlands of the Curonian Lagoon belong to the type of coastal freshwater lagoons, according to the Ramsar Convention. A significant part of the coastal zone in the Baltic Sea region is located in protected areas, including Natura 2000 sites, including part of the water area and catchment basin of the Curonian Lagoon (Kaziukonyte et al., 2021).

Available literature data allow us to characterize the composition of coastal and aquatic vegetation of the Curonian Lagoon, but its quantitative characteristics and productivity are poorly studied, in particular, there is no information on the seasonal dynamics of the biomass of dominant species. There are preliminary estimates of the biomass and area of overgrowth in the coastal zone (Feldman, 2006), according to which common reed dominates in the Curonian Lagoon. Reed has been used for many centuries, including in the Baltic

*Corresponding author.

E-mail address: julia.gorbunova@mail.ru (J.A. Gorbunova)

Received: August 01, 2025; **Accepted:** August 20, 2025;

Available online: August 31, 2025

© Author(s) 2025. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



region, for various purposes, such as building materials, fuel, and feed for farm animals. In the modern period, traditional uses of reed have diminished, but it has become a promising useful resource for energy production, including biogas and bioethanol, as well as for the removal of nutrients from water supply systems and wastewater treatment (Iital et al., 2012).

The aim of the research was to characterize the seasonal dynamics of the biomass of the dominant species of coastal-aquatic vegetation in the Curonian Lagoon ecosystem and to consider the possibility of its use as a useful renewable resource.

2. Materials and Methods

2.1. Description of the research area

The southern coast of the Curonian Lagoon, for which the analysis of coastal-aquatic vegetation was carried out is characterized by relatively shallow depth and freshwater. The observation site (54°56'N, 20°41'E) was located in the Primorskaya harbor (Fig. 1). The harbor was founded in the 15th century and currently represents a section of the bay water area, protected from the western and northern sides by an L-shaped mole, with a total length of 500 m. The width of the bay itself is about 200 m. The Malaya Moryanka River flows into the bay from the western side of the mole. The soils in the bay are predominantly silty, on the outer side - sandy, with shell rock in places. The site was chosen in such a way that the coastal-aquatic vegetation thickets were well developed, which is facilitated by the hydrodynamic conditions created by the protective coastal structures. For the southern part of the bay, in general, the concentrations of nutrients (nitrogen, phosphorus) on average for 2019-2022 were the lowest for the Russian water area, especially in the spring due to the lack of significant river runoff (Stashko and Aleksandrov, 2023). However, locally near the shore there may be increased concentrations of nitrogen and phosphorus due to their input from small rivers, in particular the Malaya Moryanka River.

2.2. Analyzed material

Data on coastal aquatic vegetation were obtained at the model site during the growing season (May-November 2022), as well as at the end of the winter period (March 2023) (Gorbunova and Aleksandrov, 2024). To determine the biomass, vegetation was mown down over an area of 0.25 m², followed by measurement of the fresh and air-dry mass. The studies were carried out according to generally accepted methods and identification guides (Katanskaya, 1981; Tsvelev, 2000).

An additional assessment of the composition and distribution of coastal-aquatic vegetation of the Curonian Lagoon was carried out on the basis of literary sources describing studies from the end of the 19th century. An analysis of the resource potential of coastal-aquatic vegetation and its role in water de-eutrophication was carried out on the basis of literary data, mainly for the Baltic region.

3. Results and discussion

3.1. Composition of coastal-aquatic vegetation

The vegetation composition of the coastal zone of the Curonian Lagoon includes up to 225 plant species from 142 genera and 56 families. The first data were obtained in the late 19th century and continued in 1955-1957 in the northern Lithuanian part of the lagoon (Minkevičius and Pipinis, 1959). Modern studies of the species composition were carried out at the beginning of the 21st century, including the Russian part of the Curonian Spit (Gerb and Sokolov, 2011). The composition of typical and mass species has not undergone significant changes over the past century. The majority of species (over 80%) belong to the group of near-water plants growing in the coastal zone at varying distances from the water's edge. True aquatic plants (hydrophytes) constitute approximately 10% of the total number of species, among them the most common are pondweed species (*Potamogeton*), hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.), and yellow water lily (*Nuphar lutea* (L.) Smith). A small number of species classified as amphibious plants (helophytes) are widespread, among them common reed and lakeshore bulrush predominate. Coastal-aquatic vegetation is primarily represented by freshwaters species, a few halophytes are noted in the northern part near the sea channel.

The Curonian Lagoon is dominated by common reed, which is a key species in coastal and wetland ecosystems, usually forming reed beds. According to the results of geobotanical mapping in the Russian waters of the Curonian Lagoon, continuous thickets of com-

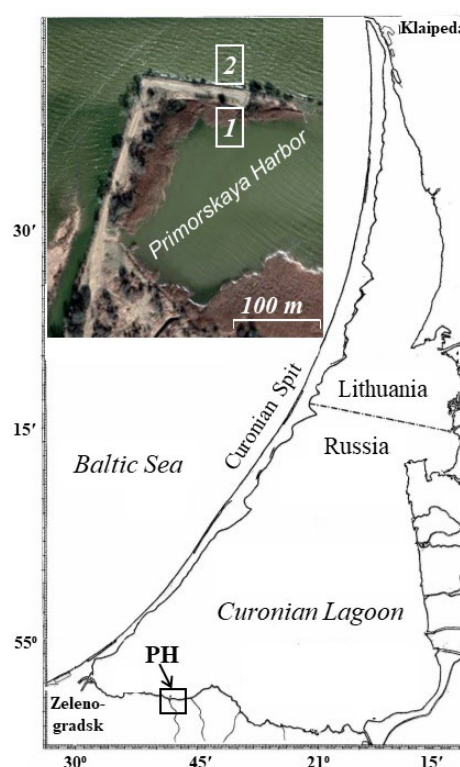


Fig.1. Sampling scheme in Primorskaya Harbor (PH) (1, 2 - sampling sites) and its location in the Curonian Lagoon (source Google Earth, image taken on 04.03.2022).

mon reed, as well as lakeshore bulrush, cover a significant part of the coast: from the Neman River delta on the eastern coast to the southern part of the Curonian Spit on the western coast and further along the spit in cluster areas (Feldman, 2006). Coastal-aquatic vegetation is arranged in belts, forming distinctive biocenoses. Thickets of common reed occupy depths of up to 0.5–1.0 m, extending 20 to 150–200 m into the lagoon. Toward the land, these thickets turn into floodplain meadows, especially in the area of the Neman River delta. Thickets of lakeshore bulrush are found behind common reed communities in areas with depths ranging from a few tens of centimeters to 1.0–1.5 m. Among the thickets of common reed and lakeshore bulrush, as well as deeper and further from the shore, aquatic plants (hydrophytes) occur.

Coastal-aquatic vegetation, particularly reed thickets, is most developed on the eastern coast, where the Nemunas River delta is located, and on the southern coast of the Curonian Lagoon. In the western part, along the Curonian Spit, vegetation is significantly less developed. Over the past 50 years, there has been an increase in the area of overgrowth, particularly along the Curonian Spit, where a trend of gradual expansion of common reed and a noticeable advancement of the hydrophyte belt have been observed (Gerb and Sokolov, 2011). These processes may indicate the influence of increasing eutrophication of the Curonian Lagoon.

According to earlier geobotanical studies of the southern coast of the Curonian Lagoon, where the observation site was located, continuous thickets of common reed are characteristic, with isolated patches of lakeshore bulrush occurring at greater depths (Feldman, 2006). A study of coastal-aquatic vegetation in 2022 showed that the greatest species diversity and biomass of vegetation were observed on the inner side of the Primorskaya Harbor, characterized by more stable hydrodynamic conditions. The belt of coastal aquatic vegetation was up to 50 m wide. From the shore to depths of 0.8–1.0 m, common reed (*Ph. australis*) developed intensively, followed by lakeshore bulrush (*S. lacustris*), narrow-leaved cattail (*Typha angustifolia* L.), simplestem bur-reed (*Sparganium erectum* L.), and flowering rush (*Butomus umbellatus* L.). Aquatic plants (hydrophytes) were represented by yellow water lily (*Nuphar lutea* (L.) Smith), perforated pondweed (*Potamogeton perfoliatus* L.), and coontail (*Ceratophyllum demersum* L.). On the outer side of the harbor, which is regularly exposed to wave action, there was no continuous belt of coastal aquatic vegetation. Common reed grew along the shore. At a distance of 20–50 meters from the shore, patchy thickets of lakeshore bulrush and flowering rush, with diameters of 10–15 m, were observed. Hydrophytes were represented by perfoliate pondweed.

3.2. Seasonal dynamics of biomass

Monthly studies on the model site during the vegetation season (May–November 2022), as well as at the end of the winter period (March 2023) made it possible to assess seasonal changes in the biomass of

common species of coastal-aquatic vegetation (Fig. 2). The dynamics of their biomass was characterized by an increase until the end of the hydrological summer in September. At the end of spring (May 22), the air-dry mass of common reed was 116 g/m², and that of lakeshore bulrush and narrow-leaved cattail was 57 and 44 g/m², respectively. Significant growth occurred in June, when during the month the mass of reed and bulrush, in particular, increased by 7 and 5 times. In the summer, the growth rate decreased, especially of common reed, but the increase in biomass continued until September. In mid-September, the maximum air-dry mass of all species was noted, reaching 1433 g/m² for common reed and 672 g/m² for lakeshore bulrush. A feature of the distribution in this area was the very high biomass of narrow-leaved cattail and simplestem bur-reed (up to 1386 and 408 g/m² in September). The biomass of hydrophytes (yellow water lily, perforated pondweed) was significantly lower (15–75 g/m²).

In October–November, under the influence of external environmental factors (low solar radiation, cooling of water and air), growth ceased and biomass degradation began (Fig. 2). The time of the onset of degradation and its intensity varied significantly among species. By mid-November, the biomass of lakeshore bulrush, simplestem bur-reed, and flowering rush decreased by 50%, and narrow-leaved cattail by 30%. At the same time, the biomass of common reed changed by only 3%. Reed thickets were well preserved after the end of active vegetation, which makes this species a convenient object for harvesting in the winter. A late winter survey (5 March 2023) showed that the air-dry mass of reed shoots was 980 g/m², a decrease of 32% compared to the period of highest green biomass in September 2022. Other summer dominant species were not represented by above-ground biomass at the site during the winter. Small change in reed biomass in the winter (March) compared to the summer maximum (July) was noted, in particular for the eastern coast of the Baltic Sea, which allows its use in economic activities (Köbbing et al., 2013).

The data on the air-dry biomass of the dominant species of common reed and lakeshore bulrush obtained at the model site on the southern coast of the Curonian Lagoon in July 2022 (1055 and 491 g/m²) are close to the estimates obtained in July for the northern part of the lagoon (787–1220, on average 919 g/m² and 202–760, on average 406 g/m²) (Minkevičius and Pipinis,

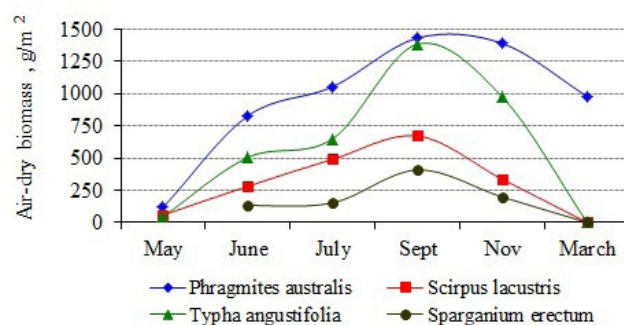


Fig.2. Biomass seasonal dynamics of the main species of coastal-aquatic vegetation in the Primorskaya harbor of the Curonian Lagoon.

1959). They are also comparable with the average values obtained in August for the entire southern part of the lagoon: common reed 993 g/m², lakeshore bulrush 470 g/m² (Feldman, 2006). At the same time, previous estimates made in July-August may underestimate the biomass, since our studies showed the highest biomass of common reed and lakeshore bulrush in September - 1433 and 672 g/m². Common reed is the most widespread and abundant species in the coastal zones of the Baltic Sea and its biomass indicated for the coast of Finland, Sweden, Estonia averages 500-1000 g/m² (Iital et al., 2012; Komulainen et al., 2008). The biomass of this species in the Curonian Lagoon allows us to classify this water body as the most productive in terms of the development of coastal aquatic vegetation, which confirms the highly eutrophic status of this freshwater lagoon ecosystem (Aleksandrov et al., 2018).

3.3. Opportunities for economic use of coastal-aquatic vegetation

Coastal-aquatic vegetation is potentially important as a renewable resource given its high growth rate, resistance to annual harvesting, and growth in coastal areas where valuable agricultural crops are not cultivated. This primarily applies to common reed and lakeshore bulrush, as the abundance and growth area of other species is significantly smaller. The first published studies of reed and bulrush stocks in the Curonian Lagoon as an object for potential use were carried out in July 1955 in the northern part of the lagoon, where these species occupy large areas in the Neman River delta. Common reed and lakeshore bulrush grew on 875 and 365 ha, and their air-dry biomass was 8.3 and 1.2 thousand tons. For the entire bay, the total biomass of these species was presumably estimated at 20 thousand tons, which provided potential for industrial use. The reed production in the lagoon (787-1220 g/m²) was many times higher than in the most overgrown lakes of Lithuania (40-135 g/m²) (Minkevičius and Pipinis, 1959). The southern part of the lagoon was investigated in August 2005 and the area of common reed thickets, according to preliminary estimates, was 480 ha, lakeshore bulrush - 305 ha, and stocks were 4.9 and 1.4 thousand tons of air-dry mass (Feldman, 2006).

The abundance and high biomass of coastal-aquatic vegetation along most of the Curonian Lagoon coast make it a potential object for economic use. Reed has great cultural significance in the Baltic Sea region, and its use has a long tradition. Until the end of the 19th century, dried reed remained the most important roofing material in rural areas and small towns. With the advent of new roofing materials, its use declined, but today thatched roofs have become a status symbol in some wealthy countries. Local residents value the use of reed as a building material, and it is part of their regional identity (Karstens et al., 2019). Naturally dried reed harvested in winter is used for this purpose, and from 1 ha it is possible to cover up to 100 m² of roof, which can last at least 50 years (Iital et al., 2012). Houses with reed roofs are still popular, and annual harvesting of reeds is carried out in Denmark,

Germany, Estonia and other countries. Currently, reed is also beginning to be used as a renewable resource for the production of insulation material for walls, floors and roofs, including areas remote from its growth. Its production is less demanding in terms of the quality of the raw material and, thanks to its properties, it maintains a good indoor climate (Köbbing et al., 2013).

Reed has been used for heating since olden times. It is collected in early spring (March-April), when it has the lowest moisture content and produces less ash. The disadvantage is its low density and the large volume it takes up during storage and transportation. Therefore, its use for heating is only practical in areas where it grows (no further than 50 km) (Köbbing et al., 2013). Efficient use of reed for heating is possible by crushing and pressing it into briquettes or granules, which allows achieving a heat output of 17-18 MJ/kg, making reed comparable to wood, but 50-80% lower than coal (Iital et al., 2012). According to calculations, with an air-dry biomass of reed of 500 g/m², indicated for the Baltic Sea coast, from 1 ha it is possible to obtain an energy output equal to the consumption of 1 house in Finland (Komulainen et al., 2008), and for the Curonian Lagoon the biomass of reed is 2 times higher.

An important criterion for the collected raw material is the moisture content of the stems, which for roofing should be up to 18%, and for the production of fuel briquettes and pellets - < 20% (Iital et al., 2012; Köbbing et al., 2013). Studies on a model plot showed that during the period of active growth in May-June 2022, the moisture content in the above-ground parts of the reed was 69-72%, decreasing to 52% in July and then remaining stable until the end of the growing season (November) (Fig. 3). Over the winter, by the beginning of March, the moisture content decreased to 14%, which is optimal for use as a building material and heating.

Reed is traditionally used in agriculture, where it has been used for centuries for grazing livestock (cows, sheep, goats, etc.), and has also been collected as a forage plant, including in the Baltic region (Karstens et al., 2019). The composition of the above-ground parts of the plant (stem, leaves) at full maturity contains 11% protein, 36% cellulose, 3% fat, in addition, the high content of nitrogen, potassium and manganese makes it a good forage plant for ruminants without additional processing costs (Ryadnov and Davydova, 2013). Reed thickets are used for grazing in spring and summer, when the shoots are green and soft, and the water level

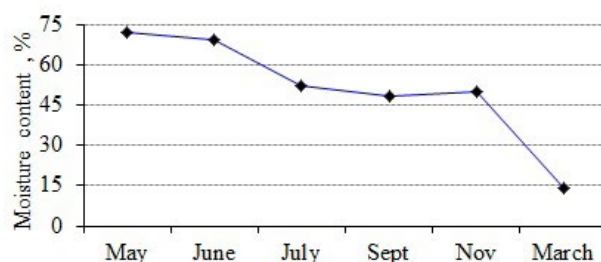


Fig.3. Moisture content in the above-ground parts of *Phragmites australis*.

is low enough, but the number of shoots and growth rate in the following season are significantly reduced. More often, reed is cut in summer and stored as winter feed for livestock (Köbbing et al., 2013). Its dry matter content is 83-85%, including protein - 7-11%, fiber - 24-29%, its nutritional value is the same as that of spring barley and oat straw, but it contains twice as much protein (Ryadnov and Davydova, 2013).

In the modern period, these traditional uses of reed have significantly decreased, but it has become a promising resource for energy production, including biogas and biofuels (bioethanol), the production of fertilizers, and the removal of nutrients in wastewater treatment (Iital et al., 2012; Hansson and Fredriksson, 2004).

3.4. Optimal timing for harvesting coastal-aquatic vegetation

Taking into account the prospects for using coastal-aquatic vegetation, primarily common reed, the choice of timing and methods of collection is relevant, including in the coastal zone of the Curonian Lagoon.

As studies on the model site have shown, the highest biomass of coastal aquatic vegetation of the Curonian Lagoon was observed in late summer - early autumn. Reed that harvested in summer has a higher nutrient content than its dry biomass in winter. It can be used as feed for farm animals, for the production of fertilizers or compost, as well as biogas (Köbbing et al., 2013; Hansson and Fredriksson, 2004), in particular, such recommendations were given by experts for lagoon and estuarine ecosystems of the Baltic region (Karstens et al., 2019). For these purposes, reed harvested in the Kaliningrad region can potentially be used. It should also be taken into account that in the summer it is possible to collect other species (lakeshore reed, narrow-leaved cattail, simplestem bur-reed, etc.), the biomass of which degrades in late autumn.

Despite a number of positive aspects of summer harvesting, it is necessary to take into account a number of important restrictions that exist for the coastal zone. The thickets of coastal aquatic vegetation are the spawning and fattening grounds of juvenile and adult fish of the most important commercial species (roach, bream, etc.) (Fish..., 1985). Summer harvesting may have a negative impact on the reproduction of fish stocks in the Curonian Lagoon, which is an important fishery reservoir in the Baltics. In particular, according to the Fishing Rules, there is a fishing ban in the summer (until August 31) for many species (roach, perch, etc.) in the coastal zone (up to 1 km from the shore). Thickets of coastal aquatic vegetation also play an important role for nesting and seasonal habitat of birds. In the Lithuanian part of the Curonian Lagoon (which accounts for 25% of the water area), 30,000-48,000 waterbirds are recorded in June-September (Morkūnė et al., 2020). The high abundance of waterfowl served as the basis for the creation of protected areas (Natura 2000 and others) in a significant part of the coastal zone in the Baltic Sea region, including the Lithuanian part of the water area and catchment area

of the Curonian Lagoon (Kaziukonyte et al., 2021). In the Russian part of the Curonian Lagoon, the Curonian Spit National Park (a UNESCO World Heritage Site) is located along the western coast, and in the eastern part, near the mouth of the Neman River, the "Dune" State Nature Reserve was created to protect waterfowl and waterbirds.

The negative impact of coastal-aquatic vegetation harvesting on ichthyofauna, birds and other animals can be minimized if it is carried out in winter. It is necessary to use the correct haymaking method, allowing to preserve biotopes. It is important that the phytomass is not completely removed, but in clusters. Large areas of vegetation should be mowed down to no more than 40-60% of the total area of the land. The remaining thickets should be located in wide strips; for fish spawning in the coastal zone, it is recommended to leave clusters 5 m wide from the shore. This procedure will ensure an optimal hydrochemical regime in the central part of the thickets; remaining strips of vegetation can serve as haven for birds and for fish spawning.

Winter harvesting can also reduce economic costs when the coastal waters freeze (Iital et al., 2012; Köbbing et al., 2013). It should be taken into account that in winter, only reed can be harvested in the coastal zone of the Curonian Lagoon, while the above-water biomass of other common species, such as lakeshore bulrush, has been decomposed by this period, as demonstrated, in particular, by observations at the model site on March 5, 2023. Reed thickets tolerate winter pruning well due to the developed underground rhizomes. This can even increase the above-ground biomass of reed in the subsequent vegetation period (Köbbing et al., 2013). Winter harvesting is used in most areas of the Baltic Sea, which minimizes conflicts with nature conservation and also provides good raw material for traditional uses of reed, such as building material or heating (Iital et al., 2012; Köbbing et al., 2013). Naturally dried reed harvested in winter in the coastal zone of the Curonian Lagoon is suitable for these purposes.

3.5. Ecosystem significance of the use of coastal-aquatic vegetation

Historically, the wetlands along the Baltic Sea were very heterogeneous with a wide range of species. Biodiversity was also supported by traditional use of coastal wetlands (grazing, haymaking and harvesting for building). In modern times, due to a significant reduction in these activities for economic reasons or due to conservation measures, common reed has spread and replaced other species in many wetlands (Karstens et al., 2019; Köbbing et al., 2013). Due to its high competitive ability, common reed can form a monoculture with few associated species, thereby limiting habitat diversity and reducing the biodiversity of birds and mammals. In some areas of the Baltic Sea coast, reed harvesting is used as a conservation measure, for example to create diverse habitats for ground-nesting birds (Köbbing et al., 2013).

The overgrowth of coastal-aquatic vegetation (common reed, lakeshore bulrush, etc.) along the

shores of the Curonian Lagoon and at the mouths of the rivers flowing into it (Nemonin, Matrosovka, etc.) leads to disruption of spawning migration routes and reduction of fish spawning grounds. Removal of reed and bulrush thickets in river mouths and in the coastal part of the lagoon is an important component of fishery melioration, alongside with the measures of clearing the mouths and channels from siltation and deposits of sand and soil.

In the coastal zone of the Curonian Lagoon, the utilization of coastal-aquatic vegetation serves not only economic purposes but also addresses pressing challenges related to enhancing coastal biodiversity and augmenting fish stocks. The negative impact of collecting coastal aquatic vegetation on ichthyofauna, birds and other animals can be minimized by conducting these activities during winter. In particular, fishery melioration work is strictly limited during the spawning period.

4. Conclusion

The Curonian Lagoon, the largest lagoon of the Baltic Sea, is characterized by extensive shallow waters, freshwater conditions, and high concentrations of nutrients, which create favorable conditions for the development of coastal-aquatic vegetation. The vegetation is dominated by a relatively small number of species, which is typical for eutrophic freshwater bodies. In the coastal zone of the Curonian Lagoon, common reed (*Ph. australis*) predominates, typically forming dense reed beds with a biomass exceeding 1000 g/m² during peak development. In the composition of coastal-aquatic vegetation, high biomass also has lakeshore bulrush, narrow-leaved cattail, straight bur-reed, with air-dried biomass in certain areas during summer can exceeds 400 - 1000 g/m². The largest biomass of coastal aquatic vegetation is formed in late summer – early autumn (August-September) and can be utilized as feed for livestock, for the production of fertilizers or compost, as well as biogas. The use of coastal-aquatic vegetation should be balanced with environmental measures in the coastal zone of the Curonian Lagoon. The negative impact on bird nesting and fish spawning can be minimized if harvesting in winter. After the end of the vegetation season, the biomass of dry above-ground reed shoots decreases slightly, allowing them to be collected and used as a useful renewable resource (building material, fuel, etc.). Reed-covered roofs are a long-standing tradition in the Baltic Sea region, including in the territory that became part of the Kaliningrad Oblast. Reviving the traditional use of reeds for roofing, alongside the adoption of new technologies for producing eco-friendly insulation and construction materials, could generate additional income and facilitate potential exports, thereby enhancing regional connectivity. Adherence to the correct harvesting method allows preserving the original biotopes. In the coastal zone of the Curonian Lagoon, the utilization of coastal-aquatic vegetation, beyond its economic benefits, can be important for solving urgent problems of improving the biological diversity of coastal areas and increasing fish stocks.

Acknowledgements

The analysis of scientific information on macrophytes and their use was obtained within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for IO RAS (theme No. FMWE-2024-0025).

Conflict of interest

The authors declare no competing financial or personal interests.

References

- Aleksandrov S., Krek A., Bubnova E. et al. 2018. Eutrophication and effects of algal bloom in the south-western part of the Curonian Lagoon alongside the Curonian spit. *Baltica* 31(1): 1–12. DOI: [10.5200/baltica.2018.31.01](https://doi.org/10.5200/baltica.2018.31.01)
- Aleksandrov S.V., Smirnova M.M. 2023. Impact of algae blooms on the coastal zone of the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. *Inland Water Biology* 16(6): 1043–1051. DOI: [10.1134/S1995082923060032](https://doi.org/10.1134/S1995082923060032)
- Feldman M.V. 2006. Assessment of the distribution and stock of aerohydrophytes in the Russian part of the Curonian Lagoon. *Issues in the Study and Conservation of the Natural and Cultural Heritage of the Curonian Spit National Park* 4: 173–176.
- Ferrarin C., Razinkovas A., Gulbinskas S. et al. 2008. Hydraulic regime-based zonation scheme of the Curonian Lagoon. *Hydrobiologia* 611(1): 133–146. DOI: [10.1007/s10750-008-9454-5](https://doi.org/10.1007/s10750-008-9454-5)
- Fish Resources of the Curonian Lagoon: Characteristics, Rational Use, and Ways to Increase Productivity. 1985. Kaliningrad.
- Gorbunova J.A., Aleksandrov S.V. 2024. Seasonal dynamics of macrophytes of the Curonian Lagoon. In: *Problems of geography of the Urals and adjacent territories: Proceedings of the III International scientific and practical conference, Chelyabinsk, May 24–25, 2024*. Chelyabinsk: OOO "Kray Ra": pp. 231–235.
- Gerb M.A., Sokolov A.A. 2011. Coastal-aquatic and shoreline vegetation of the Curonian Lagoon within the boundaries of the Curonian Spit National Park. *Issues in the Study and Conservation of the Natural and Cultural Heritage of the Curonian Spit National Park* 7: 5–18.
- Hansson P.A., Fredriksson H. 2004. Use of summer harvested common reed (*Phragmites australis*) as nutrient source for organic crop production in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102(3): 365–375. DOI: [10.1016/j.agee.2003.08.005](https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.08.005)
- Iital A., Klõga M., Kask Ü. et al. 2012. Reed harvesting. *Compendium: An Assessment of Innovative and Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*. In: Schultz-Zehden A., Matczak M. (Eds.). Gdansk: Maritime Institute in Gdansk, pp. 103–124.
- Karstens S., Inácio M., Schernewski G. 2019. Expert-based evaluation of ecosystem service provision in coastal reed wetlands under different management regimes. *Frontiers in environmental science* 7(63): 1–16. DOI: [10.3389/fenvs.2019.00063](https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00063)
- Katanskaya V.M. 1981. *Aquatic plants of continental water bodies of the USSR: Research methods*. Leningrad: Nauka.
- Kaziukonyte K., Lesutiene J., Gasiunaite Z. et al. 2021. Expert-based assessment and mapping of ecosystem services potential in the Nemunas Delta and Curonian Lagoon region, Lithuania. *Water* 13: 2728. DOI: [10.3390/w13192728](https://doi.org/10.3390/w13192728)

Köbbing J., Thevs N., Zerbe S. 2013. The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires and Peat* 13: 1–14.

Komulainen M., Simi P., Hagelberg E. et al. 2008. Reed energy - possibilities of using the common reed for energy generation in Southern Finland. *Reports from Turku University of Applied Sciences* 67.

Minkevicius A., Pipinis I. 1959. Overview of the flora and vegetation of the Curonian Lagoon. *Curonian Lagoon*. Vilnius: Academy of Sciences of the Lithuanian SSR: 109–133.

Morkūnė R., Petkuvienė J., Bružas M. et al. 2020. Monthly abundance patterns and the potential role of water-birds as phosphorus sources to a hypertrophic Baltic lagoon. *Water* 12: 1392. DOI: [10.3390/w12051392](https://doi.org/10.3390/w12051392)

Ryadnov A.I., Davydova S.A. 2013. Potential use of southern reed as fodder for cattle. *Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex* 1(29): 115–120.

Stashko A.V., Aleksandrov S.V. 2023. Features of the spatial distribution of hydrochemical parameters in the Curonian Lagoon of the Baltic Sea in 2018–2022. *Aquatic Bioresources and Environment* 6(1): 104–117. DOI: [10.47921/2619-1024-2023](https://doi.org/10.47921/2619-1024-2023)

Tsvelev N.N. 2000. *Identification Guide to Vascular Plants of Northwestern Russia*. St. Petersburg: SPKFA.

Прибрежно-водная растительность пресноводного Куршского залива и возможности ее хозяйственного использования

Оригинальная статья

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Горбунова Ю.А.* , Александров С.В.

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36, Москва, 117997, Россия

АННОТАЦИЯ. Куршский залив – крупная лагуна с преимущественно пресноводными условиями, в которой интенсивно развивается прибрежно-водная растительность. В прибрежной зоне доминирует тростник обыкновенный, создавая биомассу выше 1000 г/м², а также камыш озерный. Наибольшая биомасса формируется в августе-сентябре. Ее потенциальное использование должно быть сбалансировано с природоохранными мероприятиями. Негативное воздействие на гнездование птиц, нерест рыб может быть сведен к минимуму при сборе в зимний период. После завершения вегетации масса сухих надземных побегов тростника, в отличие от других видов, снижается незначительно, позволяя использовать его как полезный возобновляемый ресурс (строительный материал, топливо и др.). Правильная методика сбора в зимний период (например, кластерное выкашивание) и использование тростника, образующего заросли в прибрежной зоне, кроме экономических задач, позволит сохранить биотопы и улучшить условия обитания в прибрежных районах (рыбохозяйственная мелиорация).

Ключевые слова: прибрежно-водная растительность, тростник, эвтрофирование, хозяйственное использование, лагуна

Для цитирования: Горбунова Ю.А., Александров С.В. Прибрежно-водная растительность пресноводного Куршского залива и возможности ее хозяйственного использования // Limnology and Freshwater Biology. 2025. - № 4. - С. 844-857. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-844

1. Введение

Прибрежно-водная растительность - важный компонент экосистемы, формирующий часть общей биологической продуктивности. Обширные районы лагун и заливов, дельты рек вдоль Балтийского моря покрыты прибрежно-водной растительностью, в которой преобладают заросли тростника (Iital et al., 2012; Karstens et al., 2019). Прибрежно-водная растительность, прежде всего тростник обыкновенный, является ценным возобновляемым ресурсом, и ее использование имеет потенциал для региональных решений, в частности для восстановления окружающей среды или для получения возобновляемых источников энергии и строительного материала.

Куршский залив – крупнейшая лагуна Европы (площадь 1584 км², объем 6,2 км³, средняя глубина 3,8 м), отделенная от Балтийского моря косой, для которой из-за слабого водообмена с морем и большого речного стока характерны пресноводные условия (Ferrarin et al., 2008). По концентрации биогенных элементов и обилию фитопланктона лагуна относится к высокоэвтрофным водоемам

(Aleksandrov et al., 2018). Летом и осенью отмечается «цветение» воды, которое оказывает неблагоприятное воздействие на прибрежную зону (Aleksandrov and Smirnova, 2023). Обширное мелководье, пресноводность, высокое содержание биогенных веществ создают благоприятные условия для развития прибрежно-водной растительности. Массовыми являются сравнительно небольшое число видов, что характерно для эвтрофных пресноводных водоемов. Интенсивное развитие тростника обыкновенного, а также камыша озерного, охватывают значительную часть российского побережья от дельты реки Неман до южной части Куршской косы (Рыбные..., 1985; Фельдман, 2006). Прибрежно-водная растительность выполняет важную средообразующую роль в лагунной экосистеме. В частности, водно-болотные угодья Куршского залива относятся к типу приморских пресноводных лагун, согласно Рамсарской конвенции. Значительная часть прибрежной зоны в регионе Балтийского моря расположены в охраняемых районах, включая территории Natura 2000, в том числе часть акватории и водосборного бассейна Куршского залива (Kaziukonyte et al., 2021).

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: julia.gorbunova@mail.ru (Ю.А. Горбунова)

Поступила: 01 августа 2025; Принята: 20 августа 2025;

Опубликована online: 31 августа 2025

© Автор(ы) 2025. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



Имеющиеся литературные данные позволяют характеризовать состав прибрежно-водной растительности Куршского залива, но ее количественные характеристики и продуктивность слабо изучены, в частности, отсутствует информация о сезонной динамике биомассы массовых видов. Существуют предварительные оценки биомассы и площади зарастания прибрежной зоны (Фельдман, 2006), согласно которым в Куршском заливе доминирует тростник обыкновенный. Тростник многие столетия, в том числе в балтийском регионе, используется для различных целей, как строительный материал, топливо, корм для сельскохозяйственных животных. В современный период традиционные виды использования сократились, однако тростник стал перспективным полезным ресурсом для производства энергии, включая биогаз и биоэтанол, а также удаления биогенных веществ из систем водоснабжения и при очистке сточных вод (Iital et al., 2012).

Целью исследований была характеристика сезонной динамики биомассы доминирующих видов прибрежно-водной растительности в лагунной экосистеме Куршского залива и рассмотрение возможности ее использования как полезного возобновляемого ресурса.

2. Материалы и методы

2.1. Описание области исследования

Южное побережье Куршского залива, для которого выполнялся анализ прибрежно-водной растительности, характеризуются относительно небольшой глубиной и пресноводностью. Рассматриваемый участок располагается в гавани Приморской (54°56'N, 20°41'E) (Рис. 1). Гавань была основана в XV веке и в настоящее время представляет собой участок акватории залива, защищенный молом, общей протяженностью 500 м. Ширина собственно бухты составляет около 200 м. С западной стороны от мола впадает река Малая Морянка. Грунты в бухте преимущественно илистые, с внешней стороны – песчаные, местами ракушка. Участок был выбран таким образом, чтобы заросли прибрежно-водной растительности были хорошо развиты, чему способствуют гидродинамические условия, созданные защитными береговыми сооружениями. Для южного района залива, в целом концентрации биогенных элементов (азота, фосфора) в среднем за 2019-2022 гг. были наименьшими для российской акватории, особенно весной из-за отсутствия значительного поступления речного стока (Сташко и Александров, 2023). Однако локально у берега могут быть повышенные концентрации азота и фосфора за счет их выноса небольшими реками, в частности рекой Малая Морянка.

2.2. Анализируемый материал

Данные по прибрежно-водной растительности были получены на модельном участке в течение

вегетационного сезона (май-ноябрь 2022 г.), а также в конце зимнего периода (март 2023 г.) (Горбунова и Александров, 2024). Для определения биомассы производились укосы растительности площадью по 0,25 м² с последующим определением сырой и воздушно-сухой массы. Исследования проводились согласно общепринятым методикам и определителям (Катанская, 1981; Цвелев, 2000).

Дополнительная оценка состава и распространения прибрежно-водной растительности Куршского залива была выполнена на основе литературных источников, описывающих исследования с конца XIX века. Анализ ресурсного потенциала прибрежно-водной растительности и ее роли в деэвтрофировании вод проведен на основе литературных данных, преимущественно для балтийского региона.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Состав прибрежно-водной растительности

Состав растительности прибрежной зоны Куршского залива включает до 225 видов растений из 142 родов и 56 семейств. Первые сведения были получены в конце XIX века и продолжены в 1955-1957 гг. в северной литовской части водоема (Минкявичус и Пипинис, 1959). Современные исследования видового состава выполнены в начале XXI века, в том числе на российской части Куршской косы (Герб и Соколов, 2011). Состав типичных и массовых видов не претерпел существенных изменений за последнее столетие. Большинство видов (более 80%) относится к группе околководных растений, произрастающих в прибрежной зоне на различном



Рис.1. Схема отбора в Приморской гавани (Пг) (1, 2-места отбора проб) и ее расположение в Куршском заливе (источник Google Earth, снимок 04.03.2022 г.).

отдалении от уреза воды. Настоящие водные растения (гидрофиты) составляют ~10% общего числа видов, среди них наиболее распространены рдесты, роголистник погруженный, кубышка желтая. Массовыми являются небольшое число видов, относящихся к воздушно-водным растениям (гелофиты), среди них преобладают тростник обыкновенный и камыш озерный. Прибрежно-водная растительность представлена в основном видами характерными для пресных вод, немногочисленные галофиты отмечаются в северной части у морского пролива.

В Куршском заливе доминирует тростник обыкновенный, который является ключевым видом в прибрежных и водно-болотных экосистемах, обычно образуя тростниковые заросли. По результатам геоботанического картирования на российской акватории Куршского залива сплошные заросли тростника обыкновенного, а также камыша озерного, охватывают значительную часть побережья: от дельты реки Неман на восточном побережье до южной части Куршской косы на западном побережье и далее вдоль косы отдельными участками (Фельдман, 2006). Прибрежно-водная растительность расположена поясами, формируя своеобразные биоценозы. Заросли тростника обыкновенного занимают глубины до 0,5-1,0 м, распространяясь на расстояние от 20 до 150-200 м вглубь залива. В направлении суши эти заросли переходят в пойменные луга, особенно в районе дельты р. Неман. Заросли камыша озерного встречаются за сообществами тростника в местах с глубиной от нескольких десятков сантиметров до 1,0-1,5 м. Среди зарослей тростника и камыша, а также глубже и удаленнее от берега, произрастают водные растения (гидрофиты).

Прибрежно-водная растительность, прежде всего тростниковые заросли, наиболее развита на восточном, где расположена дельта р. Неман, и на южном побережье залива. В западной части, вдоль Куршской косы, растительность развита значительно слабее. В последние 50 лет произошло увеличение площади зарастания, в частности, вдоль Куршской косы, где наблюдается тенденция постепенного разрастания тростника обыкновенного и заметно продвижение пояса гидрофитов (Герб и Соколов, 2011). Эти процессы могут свидетельствовать о влиянии увеличения эвтрофирования Куршского залива.

По данным ранее выполненных геоботанических исследований для южного побережья Куршского залива, где располагался участок наблюдений, характерны сплошные заросли тростника обыкновенного и глубже расположены отдельные участки камыша озерного (Фельдман, 2006). Изучение прибрежно-водной растительности в 2022 г. показало, что наибольшие видовое разнообразие и биомасса растительности наблюдались с внутренней стороны Приморской гавани, характеризующейся более стабильными гидродинамическими условиями. Пояс прибрежно-водной растительности составлял ширину до 50 м. От берега до глубин 0,8 – 1,0 м интенсивно развивался трост-

ник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), следом за ним – камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), рогоз узколистый (*Typha angustifolia* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.). Водные растения (гидрофиты) были представлены кубышкой желтой (*Nuphar lutea* (L.) Smith), рдестом пронзеннолистным (*Potamogeton perfoliatus* L.), роголистником погруженным (*Ceratophyllum demersum* L.). С внешней стороны гавани, регулярно подвергаемой волновому воздействию, сплошной пояс прибрежно-водной растительности отсутствовал. Вдоль берега произрастал тростник обыкновенный. На расстоянии 20-50 м от берега были расположены куртинные заросли камыша озерного и сусака зонтичного диаметром 10-15 м. Гидрофиты были представлены рдестом пронзеннолистным.

3.2. Сезонная динамика биомассы

Ежемесячные исследования на модельном участке в вегетационный сезон (май-ноябрь 2022 г.), а также в конце зимнего периода (март 2023 г.) позволили оценить сезонные изменения биомассы массовых видов прибрежно-водной растительности (Рис. 2). Динамика их биомассы характеризовалась увеличением до конца гидрологического лета в сентябре. В конце весны (22 мая) воздушно-сухая масса тростника обыкновенного составляла 116 г/м², а камыша озерного и рогоза узколистого 57 и 44 г/м² соответственно. Значительный рост происходил в июне, когда в течение месяца масса тростника и камыша, в частности, увеличивалась в 7 и 5 раз. В летний период скорость роста снижалась, особенно тростника обыкновенного, но увеличение биомассы продолжалось до сентября. В середине сентября отмечены максимальные показатели воздушно-сухой массы всех исследованных растений, достигая для тростника обыкновенного 1433 г/м² и камыша озерного 672 г/м². Особенностью распределения на данном участке была очень высокая биомасса рогоза узколистого и ежеголовника прямого (до 1386 и 408 г/м² в сентябре). Биомасса гидрофиты (кубышка желтая, рдест пронзеннолистный) была существенно ниже (15-75 г/м²).

В октябре-ноябре под действием внешних факторов среды (низкая солнечная радиация, охлаждение воды и воздуха) происходило прекращение

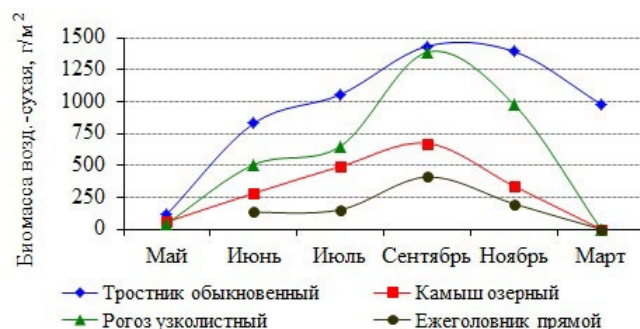


Рис.2. Сезонная динамика биомассы основных видов прибрежно-водной растительности в Приморской гавани Куршского залива.

роста, и начиналась деградация биомассы (Рис. 2). Время начала деградации, и ее интенсивность существенно различалась у видов. К середине ноября биомасса камыша озерного, ежеголовника прямого, сусака зонтичного снижалась на 50%, рогоз узколистного на 30%. В тоже время биомасса тростника обыкновенного изменялась всего на 3%. Заросли тростника хорошо сохранялись после завершения активной вегетации, что делает этот вид удобным объектом сбора в зимний период. Исследование в конце зимы (5 марта 2023 г.) показало, что воздушно-сухая масса сухих побегов тростника составляла 980 г/м², снизившись на 32% по сравнению с периодом наибольшей зеленой биомассы в сентябре 2022 г. Другие доминирующие летом виды не были представлены наземной биомассой на модельном участке в зимний период. Небольшое изменение биомассы тростника за зимний период (март) по сравнению с летним максимумом (июль) указывалось, в частности для восточного побережья Балтийского моря, что позволяет его использовать в хозяйственной деятельности (Köbbing et al., 2013).

Полученные на модельном участке на южном побережье Куршского залива данные по воздушно-сухой надводной биомассе доминирующих видов тростника обыкновенного и камыша озерного в июле 2022 г. (1055 и 491 г/м²) близки к оценкам, полученным в июле для северной части водоема (787-1220, в среднем 919 г/м² и 202-760, в среднем 406 г/м²) (Минкявичус и Пипинис, 1959). Также они сопоставимы со средним величинам, полученными в августе для всей южной части лагуны: тростник обыкновенный 993 г/м², камыш озерный 470 г/м² (Фельдман, 2006). При этом предыдущие оценки, выполненные в июле-августе могут недоучитывать биомассу, так как наши исследования показали наибольшую биомассу тростника обыкновенного и камыша озерного в сентябре - 1433 и 672 г/м². Тростник обыкновенный является наиболее распространенным и массовым видом прибрежных зон Балтийского моря и его биомасса указываемая для побережья Финляндии, Швеции, Эстонии составляет в среднем 500-1000 г/м² (Iital et al., 2012; Komulainen et al., 2008). Биомассы этого вида в Куршском заливе позволяют отнести этот водоем к наиболее продуктивным по развитию прибрежно-водной растительности, что подтверждает высокоэвтрофный статус этой пресноводной лагунной экосистемы (Aleksandrov et al., 2018).

3.3. Перспективы хозяйственного использования прибрежно-водной растительности

Прибрежно-водная растительность потенциально важна как возобновляемый ресурс с учетом высокой скорости роста, устойчивости к ежегодному сбору, а также произрастанию на прибрежной территории, где не выращиваются ценные сельскохозяйственные культуры. Прежде всего, это относится к тростнику обыкновенному и камышу озерному, так как обилие и площадь произрастания других

видов значительно меньше. Первые опубликованные исследования запасов тростника и камыша Куршского залива, как объекта для потенциального использования, были выполнены в июле 1955 г. в северной части лагуны, где в дельте р. Неман эти виды занимают большие площади. Тростник обыкновенный и камыш озерный произрастали на 875 и 365 га, а их воздушно-сухая биомасса составляла 8,3 и 1,2 тыс. тонн. Для всего залива общая биомасса этих видов предположительно была оценена в 20 тыс. тонн, что давало потенциальную возможность промышленного использования. Продукция тростника в заливе (787-1220 г/м²) была многократно выше, чем в наиболее заросших озерах Литвы (40-135 г/м²) (Минкявичус и Пипинис, 1959). Южная часть лагуны была исследована в августе 2005 г. и площадь зарослей тростника обыкновенного по предварительной оценке составила 480 га, камыша озерного - 305 га, а их запас - 4,9 и 1,4 тыс. тонн воздушно-сухой массы (Фельдман, 2006).

Распространение на большей части побережья Куршского залива и высокие биомассы прибрежно-водной растительности позволяют рассматривать ее как потенциальный объект для хозяйственного использования. Тростник имеет большое культурное значение в регионе Балтийского моря, и его использование составляет давнюю традицию. До конца XIX века высушенный тростник оставался важнейшим кровельным материалом в сельской местности и небольших городах. С появлением новых кровельных материалов его использование сократилось, однако сегодня тростниковые крыши стали символом статуса в некоторых богатых странах. Местные жители ценят использование тростника в качестве строительного материала, и это является частью их региональной идентичности (Karstens et al., 2019). Для этих целей используют естественно высушенный, заготовленный зимой тростник, и с 1 га можно покрыть до 100 м² крыши, которая может прослужить не менее 50 лет (Iital et al., 2012). Дома с тростниковыми крышами по-прежнему популярны, ежегодная заготовка тростника выполняется в Дании, Германии, Эстонии и других странах. В настоящее время тростник также начинают использовать как возобновляемый ресурс для производства изоляционного материала для стен, полов и крыш, в том числе в районах удаленных от его произрастания. Его изготовление менее требовательно к качеству сырья и благодаря своим свойствам он поддерживает хороший микроклимат в помещении (Köbbing et al., 2013).

Тростник издавна использовался для отопления. Его собирали в начале весны (март-апрель), когда он имеет наименьшую влажность и дает меньше золы. Недостатком является низкая плотность и большой объем, занимаемый при хранении и транспортировке. Поэтому его использование для отопления целесообразно только в районах произрастания (не дальше 50 км) (Köbbing et al., 2013). Эффективное использования тростника для отопления возможно путем измельчения и прессования в брикеты или гранулы, которое позволяет достичь

теплотдачи 17-18 МДж/кг, что делает тростник сопоставимым с древесиной, но на 50-80% ниже угля (Iital et al., 2012). Согласно подсчетам при воздушно-сухой биомассе тростника 500 г/м², указываемой для побережья Балтийского моря, с 1 га можно получить выход энергии равный потреблению 1 домом в Финляндии (Komulainen et al., 2008), а для Куршского залива биомасса тростника в 2 раза выше.

Важным критерием собираемого сырья является влажность стеблей, которая для кровли должна быть до 18%, а при производстве топливных брикетов и гранул - < 20% (Iital et al., 2012; Köbbing et al., 2013). Исследования на модельном участке показали, что в период активного роста в мае-июне 2022 г. содержание влаги в наземных частях тростника было 69-72%, снижаясь до 52% в июле и затем оставалось стабильным до конца вегетационного периода (ноябрь) (Рис. 3). За зиму к началу марта содержание влаги уменьшилось до 14%, что является оптимальным для использования как строительного материала и отопления.

Тростник традиционно применяют в сельском хозяйстве, где он веками использовался для выпаса скота (коровы, овцы, козы и другие), а также собирался как кормовое растение, в том числе в странах балтийского региона (Karstens et al., 2019). Состав наземных частей растения (стебель, листья) в период полного созревания содержит 11% протеина, 36% клетчатки, 3% жиров, кроме того высокое содержание азота, калия и марганца делает его хорошим кормовым растением для жвачных животных без дополнительных затрат на обработку (Ряднов и Давыдова, 2013). Заросли тростника используют для выпаса весной и летом, когда побеги зеленые и мягкие, а уровень воды достаточно низок, но при этом значительно уменьшается число побегов и скорость роста в последующий сезон. Чаше тростник срезают летом и хранят как зимний корм для скота (Köbbing et al., 2013). Содержание сухого вещества в нем составляет 83-85%, в том числе протеина – 7-11%, клетчатки – 24-29%, его питательность такая же, как у яровой ячменной и овсяной соломы, однако белка вдвое больше (Ряднов и Давыдова, 2013).

В современный период эти традиционные виды использования тростника значительно сократились, однако он стал перспективным ресурсом для производства энергии, включая биогаз и биотоплива (биоэтанол), получения минеральных удобрений, а также удаления биогенных веществ при очистке сточных вод (Iital et al., 2012; Hansson and Fredriksson, 2004).

3.4. Оптимальные сроки сбора прибрежно-водной растительности

С учетом перспектив использования прибрежно-водной растительности, прежде всего тростника обыкновенного, актуален выбор сроков и методов сбора, в том числе в прибрежной зоне Куршского залива.

Как показали исследования на модельном участке, наибольшая биомасса прибрежно-водной растительности Куршского залива наблюдалась в конце лета – начале осени. Тростник, собранный летом, имеет более высокое содержание питательных веществ, чем его сухая биомасса зимой. Он может быть использован в качестве корма для сельскохозяйственных животных, для производства удобрений или компоста, а также биогаза (Köbbing et al., 2013; Hansson and Fredriksson, 2004), в частности такие рекомендации были даны экспертами для лагунных и эстуарных экосистем балтийского региона (Karstens et al., 2019). В этих целях можно потенциально использовать тростник, собранный в Калининградской области. Также надо учитывать, что в летний период возможен сбор других массовых виды (камыш озерный, рогоз узколистный, ежеголовник прямой и др.), биомасса которых деградирует поздней осенью.

Несмотря на ряд положительных аспектов сбора в летний период надо учитывать ряд важных ограничений, существующих для прибрежной зоны. В зарослях прибрежно-водной растительности происходит икрометание и нагул молоди и взрослых рыб важнейших промысловых видов (плотва, лещ и другие) (Рыбные..., 1985). Летний сбор может оказать негативное влияние на воспроизводство рыбных запасов Куршского залива являющегося важным рыбохозяйственным водоемом Прибалтики. В частности, согласно Правилам рыболовства действует запрет в летний период (до 31 август) на лов многих виды рыб (плотва, окунь и др.) в прибрежной зоне (до 1 км от берега). Заросли прибрежно-водной растительности также выполняют важную роль для гнездования и сезонного обитания птиц. Только в литовской части (составляющей 25% акватории) Куршского залива в июне-сентябре отмечается 30-48 тыс. околотовных птиц (Morkūnė et al., 2020). Высокое обилие водоплавающих птиц послужило основанием создания охраняемых районов (Natura 2000 и другие) на значительной части прибрежной зоны в регионе Балтийского моря, включая литовскую часть акватории и водосборного бассейна Куршского залива (Kaziukonyte et al., 2021). В российской части Куршского залива вдоль западного побережья расположен национальный парк «Куршская коса» (список Всемирного наследия ЮНЕСКО), а в восточной части, в районе устья р. Неман государственный природный заказник «Дюнный», созданный для охраны водоплавающих и околотовных птиц.

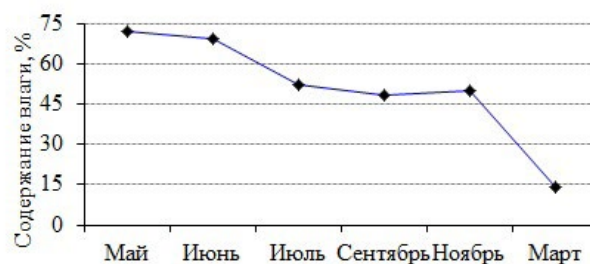


Рис.3. Содержание влаги в наземных частях тростника обыкновенного.

Негативное воздействие сбора прибрежно-водной растительности на ихтиофауну, птиц и других животных может быть сведено к минимуму, если проводить его в зимний период. Необходимо применение правильной методики сбора, позволяющей сохранить биотопы. Важно, чтобы происходило не сплошное изъятие фитомассы, а кластерное. Выкашивать большие массивы растительности необходимо не более чем на 40-60% от общей площади угодья. Оставшиеся заросли должны располагаться широкими полосами, для нереста рыб в прибрежной зоне рекомендуется оставление кластеров шириной 5 м от берега. Такой порядок обеспечит оптимальный гидрохимический режим в центральной части зарослей, полосы нетронутой растительности могут служить убежищами для птиц и для нереста рыб.

Зимний сбор также может позволить снизить экономические затраты, когда прибрежная акватория замерзает (Iital et al., 2012; Köbbing et al., 2013). Надо учитывать, что зимой в прибрежной зоне Куршского залива можно собирать только тростник, тогда как надводная биомасса других массовых видов, например камыша озерного, к этому периоду подвергается разложению, что, в частности, показали наблюдения на модельном участке 5 марта 2023 г. Заросли тростника хорошо переносят зимнюю обрезку за счет развитой системы подземных корневищ. Это даже может увеличить надземную биомассу тростника в последующий вегетационный период (Köbbing et al., 2013). Сбор в зимний период используется в большинстве районов Балтийского моря, что сводит к минимуму конфликт с охраной природы, а также позволяет получить хорошее сырье для традиционных видов использования тростника, таких как строительный материал или для отопления (Iital et al., 2012; Köbbing et al., 2013). Для этих целей подойдет естественно высушенный тростник, заготовленный зимой в прибрежной зоне Куршского залива.

3.5. Экосистемное значение использования прибрежно-водной растительности

Исторически, водно-болотные угодья вдоль Балтийского моря были очень неоднородными с широким спектром видов. Биоразнообразие также поддерживалось традиционным использованием прибрежных водно-болотных угодий (выпас скота, выкашивание для заготовки сена и сбор для строительства). В современный период из-за значительного сокращения этих видов деятельности по экономическим причинам или из-за природоохранных мероприятий наблюдается распространение тростника обыкновенного, который заменил другие виды во многих водно-болотных угодьях (Karstens et al., 2019; Köbbing et al., 2013). Благодаря высокой конкурентной способности тростник может образовывать почти монокультуру с небольшим количеством сопутствующих видов и тем самым ограничивает разнотипность местообитаний, снижая биоразно-

образии птиц и млекопитающих. В некоторых районах побережья Балтийского моря сбор тростника применяется в качестве природоохранной меры, например, для создания разнотипных условий обитания для наземно-гнездящихся птиц (Köbbing et al., 2013).

Заращение берегов Куршского залива и устьев, впадающих в него рек (Немонин, Матросовка и др.) прибрежно-водной растительностью (тростник обыкновенный, камыш озерный и др.) приводит к нарушению путей нерестовых миграций и сокращению нерестилищ рыб. Удаление в устьях рек и в прибрежной части залива зарослей тростника и камыша является важной составляющей рыбохозяйственной мелиорации, наряду с расчисткой устьев и русел от заиливания и наносов песка и грунта.

В прибрежной зоне Куршского залива использование прибрежно-водной растительности, кроме экономических задач, может иметь важное значение для решения актуальных проблем улучшения биологического разнообразия прибрежных районов, увеличения рыбных запасов. Негативное воздействие сбора прибрежно-водной растительности на ихтиофауну, птиц и других животных может быть сведено к минимуму, если проводить его в зимний период. В частности, работы по рыбохозяйственной мелиорации строго ограничены в период нереста.

4. Заключение

Куршский залив – крупнейшая лагуна Балтийского моря. Обширное мелководье, пресноводность, высокое содержание биогенных веществ создают благоприятные условия для развития прибрежно-водной растительности. Массовыми являются сравнительно небольшое число видов, что характерно для эвтрофных пресноводных водоемов. В прибрежной зоне Куршского залива доминирует тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), который обычно образует тростниковые заросли, создавая биомассу выше 1000 г/м² в период максимального развития. В составе прибрежно-водной растительности высокую биомассу также имеют камыш озерный, рогоз узколистный, ежеголовник прямой, воздушно-сухая биомасса которых на отдельных участках летом может быть выше 400-1000 г/м². Наибольшая биомасса прибрежно-водной растительности формируется в конце лета – начале осени (август-сентябрь) и может быть использована в качестве корма для сельскохозяйственных животных, для производства удобрений или компоста, а также биогаза. Использование прибрежно-водной растительности должно быть сбалансировано с природоохранными мероприятиями в береговой зоне Куршского залива. Негативное воздействие на гнездование птиц, нерест рыб может быть сведено к минимуму, если проводить сбор в зимний период. После окончания периода вегетации биомасса сухих надземных побегов тростника снижается незначительно, позволяя собирать и использовать их как полезный возобновляемый ресурс (строительный материал, топливо и др.). Крыши,

покрытые тростником, относятся к давней традиции в регионе Балтийского моря, в том числе на территории вошедшей в состав Калининградской области. Восстановление традиционного использования тростника для кровли домов, а также применение новых технологий производства экологического изоляционного и строительного материала могут способствовать дополнительному доходу, а потенциальный экспорт позволит расширить региональные связи. Соблюдение правильной методики сбора позволяет сохранить исходные биотопы. В прибрежной зоне Куршского залива использование прибрежно-водной растительности, кроме экономических задач, может иметь важное значение для решения актуальных проблем улучшения биологического разнообразия прибрежных районов, увеличения рыбных запасов.

Благодарности

Анализ научной информации по макрофитам и их использовании выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИО РАН (тема № FMWE-2024-0025).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Герб М.А., Соколов А.А. 2011. Прибрежно-водная и береговая растительность Куршского залива в пределах национального парка «Куршская коса». Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» 7: 5–18.

Горбунова Ю.А., Александров С.В. 2024. Сезонная динамика макрофитов Куршского залива. В: Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: Материалы III Международной научно-практической конференции. Челябинск: Край Ра, С. 231–235.

Катанская В.М. 1981. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Ленинград: Наука.

Минкявичус А., Пипинис И. 1959. Обзор флоры и растительности залива Куршю Марес. Куршю Марес. Вильнюс: АН Лит. ССР, С. 109–133.

Рыбные ресурсы Куршского залива: характеристика, рациональное использование, пути повышения продуктивности. 1985. Калининград.

Ряднов А.И., Давыдова С.А. 2013. Возможность использования тростника южного в качестве корма для крупного рогатого скота. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса 1(29): 115–120.

Сташко А.В., Александров С.В. 2023. Особенности пространственного распределения гидрохимических показателей в Куршском заливе Балтийского моря в 2018-2022 годах. Водные биоресурсы и среда обитания 6(1): 104–117. DOI: [10.47921/2619-1024-2023](https://doi.org/10.47921/2619-1024-2023)

Фельдман М.В. 2006. Оценка распространения и запаса аэрогидрофитов российской части Куршского залива. Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» 4: 173–176.

Цвелев Н.Н. 2000. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. Санкт-Петербург: СПХФА.

Aleksandrov S., Krek A., Bubnova E. et al. 2018. Eutrophication and effects of algal bloom in the south-western part of the Curonian Lagoon alongside the Curonian spit. *Baltica* 31(1): 1–12. DOI: [10.5200/baltica.2018.31.01](https://doi.org/10.5200/baltica.2018.31.01)

Aleksandrov S.V., Smirnova M.M. 2023. Impact of algae blooms on the coastal zone of the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. *Inland Water Biology* 16(6): 1043–1051. DOI: [10.1134/S1995082923060032](https://doi.org/10.1134/S1995082923060032)

Ferrarin C., Razinkovas A., Gulbinskas S. et al. 2008. Hydraulic regime-based zonation scheme of the Curonian Lagoon. *Hydrobiologia* 611(1): 133–146. DOI: [10.1007/s10750-008-9454-5](https://doi.org/10.1007/s10750-008-9454-5)

Hansson P.A., Fredriksson H. 2004. Use of summer harvested common reed (*Phragmites australis*) as nutrient source for organic crop production in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102(3): 365–375. DOI: [10.1016/j.agee.2003.08.005](https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.08.005)

Iital A., Klõga M., Kask Ü. et al. 2012. Reed harvesting. Compendium: An Assessment of Innovative and Sustainable Uses of Baltic Marine Resources. In: Schultz-Zehden A., Matczak M. (Eds.). Gdansk: Maritime Institute in Gdansk, pp. 103–124.

Karstens S., Inácio M., Schernewski G. 2019. Expert-based evaluation of ecosystem service provision in coastal reed wetlands under different management regimes. *Frontiers in environmental science* 7(63): 1–16. DOI: [10.3389/fenvs.2019.00063](https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00063)

Kaziukonyte K., Lesutiene J., Gasiunaite Z. et al. 2021. Expert-based assessment and mapping of ecosystem services potential in the Nemunas Delta and Curonian Lagoon region, Lithuania. *Water* 13: 2728. DOI: [10.3390/w13192728](https://doi.org/10.3390/w13192728)

Köbbing J., Thevs N., Zerbe S. 2013. The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires and Peat* 13: 1–14.

Komulainen M., Simi P., Hagelberg E. et al. 2008. Reed energy - possibilities of using the common reed for energy generation in Southern Finland. Reports from Turku University of Applied Sciences 67.

Morkūnė R., Petkuvienė J., Bružas M. et al. 2020. Monthly abundance patterns and the potential role of waterbirds as phosphorus sources to a hypertrophic Baltic lagoon. *Water* 12: 1392. DOI: [10.3390/w12051392](https://doi.org/10.3390/w12051392)