

## Запас корневых систем во влажных условиях пойменных лугов реки Оби в подзоне южной тайги

## Root systems reserve under humid conditions of floodplain meadows of the Ob River in the subzone of the southern taiga

Пудова М. С., Шепелева Л. Ф.

Pudova M. S., Shepeleva L. F.

*НИИ биологии и биофизики, Томский государственный университет, г. Томск, Россия.*

*E-mails: marina.teslinova@gmail.com; shepelevalf@mail.ru;*

*Research Institute of Biology and Biophysics, Tomsk State University, Tomsk, Russia*

**Реферат.** Представлены результаты изучения подземной части фитомассы луговых сообществ поймы Средней Оби, полученные на трех постоянных пробных площадях в районе научного стационара Томского университета Кайбасово (Кривошеинский район Томской области). Функционирование и продуктивность луговых экосистем следует внимательно изучать, особенно в свете происходящих изменений климата, поскольку они активно участвуют в круговороте углерода. Однако подземной фитомассе в литературе уделяется гораздо меньше внимания, чем надземной части, несмотря на то, что для изучения круговорота они одинаково важны. Изучение растительного покрова с целью анализа биологического круговорота пойменных экосистем, продукции и деструкции растительного вещества на данном участке практически не проводилось. Была поставлена цель оценить структуру и запас корневой фитомассы лугов поймы Оби. В ходе работы были охарактеризованы гидроклиматические условия вегетационного сезона текущего и предыдущего года, чтобы оценить их влияние на развитие корней. Были определены запасы подземных органов в слое почвы 0–20 см, установлены пределы колебаний общих запасов корней в слое 0–20 см между сроками отбора в июне и в августе.

**Ключевые слова.** Западная Сибирь, корни, подземная фитомасса, пойменные луга, половодье.

**Summary.** The results of the study of the underground phytomass of the floodplain meadow communities in the Middle Ob obtained from three permanent sample plots in the area of the Kaibasovo research station of Tomsk University (Krivoshinsky district of the Tomsk region) are presented. The functioning and productivity of grassland ecosystems should be carefully studied, especially in the light of ongoing climate change, as they are actively involved in the carbon cycle. However, the belowground phytomass is given much less attention in the literature than the aboveground part, despite the fact that they are equally important for the study of the cycle. The study of vegetation cover in order to analyze the biological cycle of floodplain ecosystems, the production and destruction of plant matter in this area was practically not carried out. The goal was to assess the structure and stock of root phytomass in the meadows of the Ob floodplain. In the course of the work, the hydroclimatic conditions of the growing season of the current and previous years were characterized in order to assess their impact on root development. The reserves of underground organs in the 0–20 cm soil layer were determined, the limits of fluctuations of the total reserves of roots in the 0–20 cm layer between the sampling periods in June and August were established.

**Key words.** Belowground biomass, flood, floodplain meadows, productivity, roots, Western Siberia.

**Введение.** Основным источником углерода в наземных экосистемах выступает растительность. Луговые фитоценозы вносят немалый вклад в круговорот этого элемента (Базилевич и др., 1978; Parton, 1995; Suter, 2002; Hui, Jackson, 2006). В связи с происходящими климатическими изменениями особенно важно изучать их функционирование, поскольку это может привести к смещению углеродного баланса и увеличению эмиссии в атмосферу парниковых газов (Chen et al., 2019).

Обь – самая крупная по площади водосбора река, впадающая в Северный Ледовитый океан. Ее пойма имеет ширину в десятки километров (Vorobyev et al., 2015), а пойменная растительность весьма разнообразна.

Изучение продуктивности экосистем, в том числе луговых сообществ, широко используемых как сенокосы и пастбища, давно вызывает интерес исследователей со всего мира (Продуктивность луговых ..., 1978; Gilmanov, Parton, 1997; Hui, Jackson, 2006; Титлянова и др., 2018). Однако, несмотря на важность изучения всех компонентов фитоценоза для понимания круговорота углерода и других элементов, надземной фитомассе уделяется гораздо больше внимания, чем подземной (Lauenroth, 2000; Gill et al., 2002).

Оценка структуры растительного вещества и запаса корневых систем для дальнейшего изучения биологического круговорота луговых сообществ поймы средней Оби явилась целью настоящей работы. Для ее достижения была поставлена и выполнена задача определения запаса подземной живой и мертвой фитомассы.

**Характеристика гидроклиматических условий района исследований.** Территория исследований относится Шегарскому пойменному району (Природа поймы ..., 1963), находящемуся в подзоне южной тайги (Хромых, 1979).

Для развития растительности, в том числе подземных органов, важными являются условия не только текущего года исследований, но и предшествующего ему, поскольку в осеннее время предыдущего года закладываются почки возобновления и узлы кущения. Поэтому мы проанализировали погодные условия 2020–2021 гг. Изучали среднемесячные и среднедекадные температуру и осадки вегетационного сезона на основании данных ближайшей гидрометеостанции с. Молчаново.

В 2020 г. весна была очень теплой и влажной (Аржанова и др., 2020), однако летние месяцы оказались довольно прохладными (15,5–18,8 оС), а влажность их колебалась от низкой до умеренной. ГТК вегетационного сезона равен 1,24, что соответствует слабо засушливым условиям.

Вегетационный период 2021 г. отличался прохладной и довольно сухой весной с ГТК = 1,1. Температуры воздуха и осадков в апреле, мае и июне оказались ниже, чем в 2020 г. Июль и август оказались умеренно жаркими и влажными, однако довольно низкие температуры воздуха установились уже во второй декаде сентября.

Половодье 2021 г. было довольно высоким и продолжительным, затапливались гривы среднего и низкого уровней, их склоны и понижения на 15–30 дней. Засушливость мая – июня не оказала большого воздействия на развитие травостоя до максимальной фазы, поскольку в этом году не затапливался только наиболее высоко расположенный разнотравно-злаковый фитоценоз (Т1), и в начале вегетационного периода у большинства изученных сообществ увлажненность почв была достаточной.

**Методика исследования.** Исследования проводились в Кривошеинском р-не Томской области летом 2021 г. в трех луговых фитоценозах, расположенных в разных элементах рельефа на постоянных пробных площадях (ПП) размерами 100 м<sup>2</sup>.

В конце июня–начале июля (фаза максимального развития травостоя) и во вторую декаду августа были выполнены геоботанические описания ПП, производился отбор укосов, подстилки и ветоши в четырех повторностях с учетных площадок размером 0,25 м<sup>2</sup>.

Для определения подземной фитомассы в центре каждой учетной площадки отбирались почвенные монолиты объемом 10 см<sup>3</sup> на глубины 0–10 см и 10–20 см. Подземная фитомасса отмывалась от почвы с использованием сита с отверстием 0,5 мм. Из каждого полученного образца по весу отделялась 1/10 часть и закладывалась в спирт для дальнейших операций. Оставшиеся 9/10 высушивались в сушильном шкафу при температуре 80 оС 24 часа до постоянной массы, затем взвешивалась (Титлянова и др., 1996). Для каждой площадки определялись средние величины, после чего запасы всех компонентов растительного вещества выражали в г/м<sup>2</sup>. Десятая часть корней при помощи пинцета и лупы разделялась на живые (В) и мертвые (V) по внешнему виду (Титлянова и др., 1996).

При изложении материалов исследований использовали термины и обозначения, предложенные А. А. Титляновой и др. (1996):

В – живые подземные органы (корни, корневища, клубни);

V – мертвые подземные растительные остатки;

В + V – подземное растительное вещество.

**Объекты исследований.** Изучались следующие луговые фитоценозы:

Т1 – разнотравно-злаковый луг. Расположен на высокой плоской вершине гривы. Во время половодья затапливается крайне редко. Травостой сложен преимущественно злаками, с небольшой примесью разнотравья. В 2021 г. основным доминантом в этом сообществе были *Poa angustifolia* L. (52 %) и *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub. (28 %).

Т2 – осоково-вейниковый фитоценоз. Развита в нижней части пологого склона к пойменному

понижению. В травостое в 2021 г. доминировали *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. (75 %) и *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert. (17 %).

Т3 – разнотравный (девясильный луг). Занимает высокую гриву, имеет залежное происхождение. Для сенокосения не используется. В 2021 г. в травостое доминантами выступали представители группы разнотравья (около 76 %), прежде всего *Inula salicina* L. (28 %) и *Thalictrum simplex* L. (18 %), а также *Phleum pratense* L.

**Результаты исследований.** Исследование показало, что во всех изученных БГЦ корнями наиболее насыщен слой почв 0–10 (табл.), тогда как к слою 10–20 запас корневой фитомассы резко снижается. Причем в июне и в августе разница в массе корней между слоями на каждой площадке неодинакова: в июне наибольшее различие в девясиловом БГЦ (Т3) (в 11 раз), тогда как в августе – в осоково-вейниковом (Т2) (в 8 раз).

Таблица

Распределение корневых систем луговых сообществ Кайбасовского участка поймы Средней Оби

Фитоценоз	Глубина, см	Масса корней в июне, г/м <sup>2</sup>		Масса корней в августе, г/м <sup>2</sup>	
		мертвые (V)	живые (B)	мертвые (V)	живые (B)
Т1. Разнотравно–злаковый луг	0–10	577,5	1407,5	735	755
	10–20	97,5	192,5	237,5	125
Т2. Осоково–вейниковый луг	0–10	1627,5	1527,5	575	797,5
	10–20	362,5	530	120	112,5
Т3. Девясильный луг	0–10	1447,5	727,5	1361,5	652,5
	10–20	102,5	465	432,5	260

В течение сезона менялось соотношение живых и мертвых подземных органов. Максимум В/В достигается чаще всего в начале или середине лета, когда идет интенсивный прирост живых корней, а их отмирание понижено. К осени же отношение обычно уменьшается из-за отмирания части корней. Эта закономерность была обнаружена для всех изученных фитоценозов: в июне доля живых корней преимущественно превышала долю подземной мортмассы, тогда как в августе ситуация изменилась на противоположную.

Вероятно, на соотношение живой и мертвой фракций подземной фитомассы также влияет и видовой состав фитоценоза. Например, содержание отмерших корней в слое 0–10 см на девясиловом лугу в оба срока отбора оказалось весьма высоким, особенно в августе. Возможной причиной является то, что у некоторых растений из группы разнотравья (таких как девясил, бодяк щетинистый) фаза максимального развития фитомассы в этот период уже завершилась, и происходило активное отмирание корневой массы. Поэтому соотношение V и B в августе здесь оказалось выше по сравнению с другими изучаемыми фитоценозами (рис.).

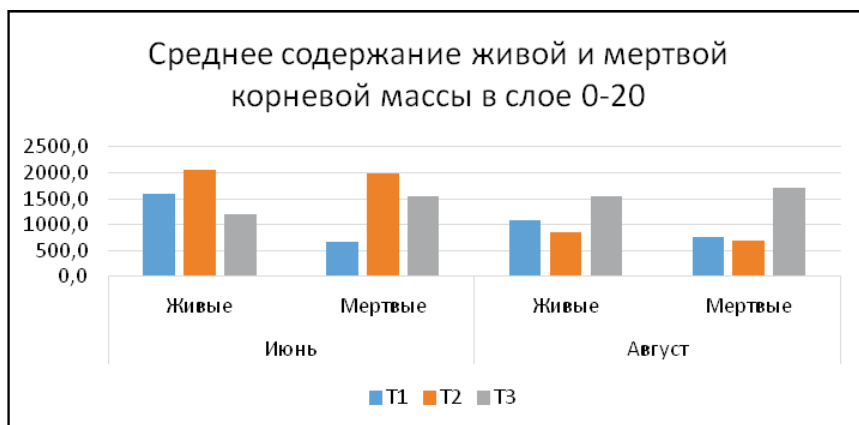


Рис. Среднее содержание живой и мертвой корневой фитомассы.

С характерной мозаичностью травяного покрова осоково-вейникового сообщества, проявляющейся в наличии осоковых и вейниковых кочек, связана неоднородность распространения корневых систем. Это значит, что запас подземной фитомассы может быть различным от повторности к повторности в зависимости от места взятия монолита, что нельзя не учитывать при выборе места расположения учетный площадок.

**Заключение.** Были изучены структура и запас под-

земной фитомассы луговых сообществ поймы Средней Оби и показано, как в зависимости от срока отбора изменяется ее наблюдаемое количество. Различия между отбором в июне и в августе в слое 0–10 приблизительно одинаковы для всех трех сообществ (2,3–2,4 раза), однако для слоя 10–20 характерны сильные колебания – от 1,2 до 3,8 раз. Похоже, что в более сухих разнотравно-злаковом (Т1) и девясилловом (Т3) сообществах, расположенных на повышенных формах пойменного рельефа, ввиду меньшей увлажненности отмирание живых и минерализация отмерших корней идет медленнее, тогда как на осоково-вейниковом лугу (Т2) в период между сроками отбора в июне и в августе происходило активное отмирание и разложение корневой фитомассы, благодаря переувлажненности грунта и теплой погоде июля – августа.

**Благодарности.** Работы выполнялись в соответствии с грантом РФФИ № 18–00–01654 (К), 18–00–01493 и государственным заданием, проект № 0721–2020–0019, поддержаны Программой развития Томского государственного университета («Приоритет–2030»).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Аржанова Н. М., Давлетишин С. Г., Дементьева Т. В., Клещенко Л. К., Коршунова Н. Н.** Погода на территории Российской Федерации в 2019 г. // Отдел климатологии, 2020. – 34 с.

**Базилевич Н. И., Титлянова А. А., Смирнов В. В., Родин Л. Е., Нечаева Н. Т., Левин Ф. И.** Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / Науч. ред. А. А. Роде. – М.: Изд-во «Мысль», 1978. – 182 с.

*Природа поймы реки Оби и ее хозяйственное освоение* / ред. Б. Г. Иоганзен. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1963. – Т. 152. – 407 с. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000055050>

*Продуктивность луговых сообществ.* – Л.: «Наука», 1978. – 287 с.

**Титлянова А. А., Базилевич Н. И., Шмакова Е. И., Снытко В. А., Дубынина С. С., Магомедова Л. Н., Нефедьева Л. Г., Семенюк Н. В. и др.** Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. – Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. – 110 с. DOI: <https://doi.org/10.31251/978-5-600-02350-5>

**Титлянова А. А., Косых Н. П., Миронычева-Токарева Н. П., Романова И. П.** Подземные органы растений в травяных экосистемах. – Новосибирск: Новосибирское отд. изд-ва «Наука», 1996. – 128 с.

**Хромых В. С.** Природное районирование поймы Средней Оби // Вопросы географии Сибири / Ред. А. А. Земцов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1979. – С. 69–86.

**Chen N., Zhu J., Zhang Y., Liu Y., Li J., Zu J., Huang K.** Nonlinear response of ecosystem respiration to multiple levels of temperature increases // *Ecology and evolution*, 2019. – Vol. 9, № 3. – P. 925–937. DOI: 10.1002/ece3.4658

**Gill R. A., Kelly R. H., Parton W. J., Day K. A., Jackson R. B., Morgan J. A., Scurlock J. M. O., Tieszen L. L., Castle J. V., Ojima D. S., Zhang X. S.** Using simple environmental variables to estimate below-ground productivity in grasslands // *Global Ecology and Biogeography*, 2002. – № 11. – P. 79–86. DOI:10.0000/016909698386519

**Gilmanov T. G., Parton W. J., Ojima D. S.** Testing the 'CENTURY' ecosystem level model on data sets from eight grassland sites in the former USSR representing a wide climatic/soil gradient // *Ecological Modelling*, 1997. – Vol. 96, № 1–3. – P. 191–210. DOI: 10.1016/s0304-3800(96)00067-1

**Hui D., Jackson R. B.** Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: a synthesis of field data // *New Phytologist*, 2006. – Vol. 169, № 1. – P. 85–93. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01569.x

**Lauenroth W. K.** Methods of estimating belowground net primary production // *Methods in ecosystem ecology*. / Ed. by O. E. Sala, R. B. Jackson, H. A. Mooney, R. W. Howarth. – New York: Springer, 2000. – P. 58–71.

**Parton W. J., Scurlock J. M. O., Ojima D. S., Schimel D. S., Hall D. O., SCOPEGRAM GROUP MEMBERS.** Impact of climate change on grassland production and soil carbon worldwide // *Global Change Biology*, 1995. – Vol. 1, № 1. – P. 13–22. DOI:10.1111/j.1365-2486.1995.tb00002.x

**Suter D., Frehner M., Fischer B. U., Nösberger J., Lüscher A.** Elevated CO<sub>2</sub> increases carbon allocation to the roots of *Lolium perenne* under free-air CO<sub>2</sub> enrichment but not in a controlled environment // *New Phytologist*, 2002. – Vol. 154, № 1. – P. 65–75. DOI:10.1046/j.1469-8137.2002.00368.x

**Vorobyev S. N., Pokrovsky O. S., Kirpotin S. N., Kolesnichenko L. G., Shirokova L. S., Manasyrov R. M.** Flood zone biogeochemistry of the Ob River middle course // *Applied Geochemistry*, 2015 – № 63. – P. 133–145. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2015.08.00