

## Сравнительный анализ почвенной альгофлоры ряда районов северо-востока европейской части России<sup>1</sup>

Почвенные водоросли – это фотоавтотрофные организмы, способные существовать на поверхности почвы, формируя разрастания в виде корочек и пленок, а также в толще почвенного слоя. Они являются основными пионерными организмами, которые участвуют в образовании органического вещества почвы, препятствуют эрозионным процессам, участвуют в круговороте основных биогенных элементов [1]. Роль почвенных водорослей возрастает с увеличением суровости условий среды.

Целью работы является обобщение результатов исследования почвенной альгофлоры северо-востока европейской части России. Эта территория включает северную часть Уральских гор и северо-восток Восточно-Европейской равнины, отличается резко континентальным климатом, с холодной зимой, коротким прохладным летом и обильными осадками. На этой территории распространены тундровые, лесотундровые и таежные сообщества. Первые исследования почвенных водорослей на северо-востоке европейской части России были проведены в 1962 г. [2] и продолжаются до настоящего времени. За этот период накоплен огромный материал по видовому разнообразию и распространению водорослей в различных наземных экосистемах этого региона.

Всего в почвах на северо-востоке европейской части России выявлено 695 видов водорослей из пяти отделов: Chlorophyta – 275, Cyanoprokaryota – 184, Bacillariophyta – 145, Ochrophyta – 65, Streptophyta – 25, Euglenophyta – 1, 12 классов, 40 порядков, 107 семейств и 244 рода [3]. Это составляет около 20 % от мировой (около 3500 таксонов) почвенной альгофлоры.

Ведущими порядками являются: Chlamydomonadales, Oscillatoriales, Nostocales, Naviculales и Sphaeropleales. Ведущие семейства: *Chlamydomonadaceae*, *Chlorococcaceae*, *Oscillatoriaceae*, *Eunotiaceae*, *Pinnulariaceae*, *Nostocaceae*. Ведущие рода: *Chlamydomonas*, *Pinnularia*, *Eunotia*, *Phormidium*, *Leptolyngbya*, *Tetracystis*, *Nitzschia*, *Nostoc*, *Chlorococcum*.

С наибольшей частотой встречаемости (более 60 % от всех местонахождений в исследованных районах) в почвах были отмечены виды (в алфавитном порядке): *Botrydiopsis eriensis*, *Bracteacoccus aggregatus*, *Bracteacoccus minor*, *Bumilleriopsis terricola*, *Chlamydocapsa lobata*, *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Chlorococcum lobatum*, *Coenochloris signiensis*, *Cylindrocystis brebissonii*, *Elliptochloris bilobata*, *Eunotia fallax*, *Eustigmatos magnus*, *Hantzschia amphioxys*, *Klebsormidium flaccidum*, *Leptolyngbya foveolara*, *Leptosira terricola*, *Macrochloris dissecta*, *Microcoleus autumnalis*, *Mychonastes homosphaera*, *Myrmecia bisecta*, *Myrmecia incisa*, *Nitzschia palea*, *Nostoc commune* F. *ulvaceum*, *Nostoc punctiforme*, *Parietochloris alveolaris*, *Phormidium ambiguum*, *Phormidium corium*, *Pinnularia borealis*, *Pinnularia subcapitata*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Scenedesmus rubescens*, *Scotiellopsis levicostata*, *Scotiellopsis terrestris*, *Stichococcus bacillaris*, *Stichococcus minor*, *Spongiochloris excentric*, *Stenomitos frigidus*, *Stigonema minutum*, *Stigonema ocellatum*, *Tetracystis aerea*, *Tolypothrix tenuis*, *Ulothrix variabilis*, *Vischeria helvetica*.

\* Е. Н. Патова, И. В. Новаковская, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар).

E-mail: patova@ib.komisc.ru

E-mail: novakovskaya@ib.komisc.ru

<sup>1</sup> Исследования выполнены в рамках бюджетной темы № АААА-А16-116021010241-9.

В наземных экосистемах исследованного региона преобладают эдафотфильные или типично почвенные виды (75 %), доля амфибиальных (водно-воздушных) и гидрофильных (водных) примерно одинакова и составляет 12 и 13 %. По отношению к содержанию солей превалируют виды-индифференты (68 %), обитающие в условиях низкой минерализации, что характерно для северных регионов [4]. По отношению к кислотности индифферентные таксоны составляют около 45 %, равные доли имеют ацидофильные и алкалофильные виды.

По географическим характеристикам большинство выявленных видов относятся к космополитам – 60 %, что в целом свойственно для северных альгофлор [5]. Более 20 % составляют виды, подчеркивающие суровые климатические условия этого региона: бореальные (5 %), аркто-альпийские (5 %) и голарктические таксоны (18 %).

В альгологическом отношении наиболее изученными районами северо-востока России являются: Большеземельская тундра (Воркутинская тундра), где выявлен 251 вид [4], Печорская низменность (Возейское месторождение) – 205 видов [6], а также горные тундры Приполярного Урала (бассейн реки Кожым) – 206 видов [7]. Доминирующий комплекс видов Большеземельской тундры представлен влаголюбивыми видами *Nostoc punctiforme*, *Nostoc muscorum*, *Chlamydomonas atactogama*, *Klebsormidium flaccidum*, *Nitzschia palea*, на более сухих участках – *Pseudophormidium hollerbachianum*, *Plectonema edaphicum* [4]. Наиболее часто в почвах Возейского месторождения встречались виды: *Nostoc muscorum*, *Nostoc punctiforme*, *Microcoleus autumnalis*, *Leptolyngbya foveolaria*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella vulgaris*, *Klebsormidium flaccidum*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula mutica* [6]. Основу альгоценозов в наземных экосистемах Приполярного Урала формируют таксоны: *Stigonema minutum*, *Stigonema ocellatum*, *Nostoc commune*, *Gloeocapsopsis magma*, *Gloeocapsa alpina*, *Tolypothrix tenuis*, *Calothrix parietina*, *Symplocastrum friesii*, *Phormidium molle*, *Chlamydocapsa lobata*, *Elliptochloris bilobata*, *Elliptochloris reniformis*, *Pseudococcomyxa pringsheimii*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Sporotetras polydermatica* [7].

По другим районам европейского северо-востока данные немногочисленны. На Полярном Урале обнаружено всего 105 видов [8; 9], Северном Урале – 72 (данные авторов, еще не опубликованы), Воркутинской тундре – 79 [10], окрестности г. Воркуты – 57 [11], окрестности шахты Юнь-Яга – 142 [12; 13], правобережье р. Ортины – 67 [14], ельники окрестности Сыктывкара – 52 [15], экотонные сообщества озера в долине р. Вангыр на Приполярном Урале – 62 [16].

Для поиска наиболее значимых факторов, влияющих на распределение видового разнообразия в природных комплексах северо-востока европейской части, проведена РСА ординация [18] с учетом встречаемости видов в исследованных альгофлорах. В результате проведенного анализа выделены четыре группы сообществ водорослей, типичных для горных тундр, лесов, равнинных тундр и антропогенно-трансформированных сообществ (рис.). Их распределение относительно оси 2 коррелирует с видовым богатством (числом видов). Достоверно интерпретировать зависимость расположения выделенных групп относительно оси 1 не удалось. При этом весьма вероятна зависимость их распределения по степени увлажнения и сомкнутости растительного покрова в местах обитания почвенных водорослей.

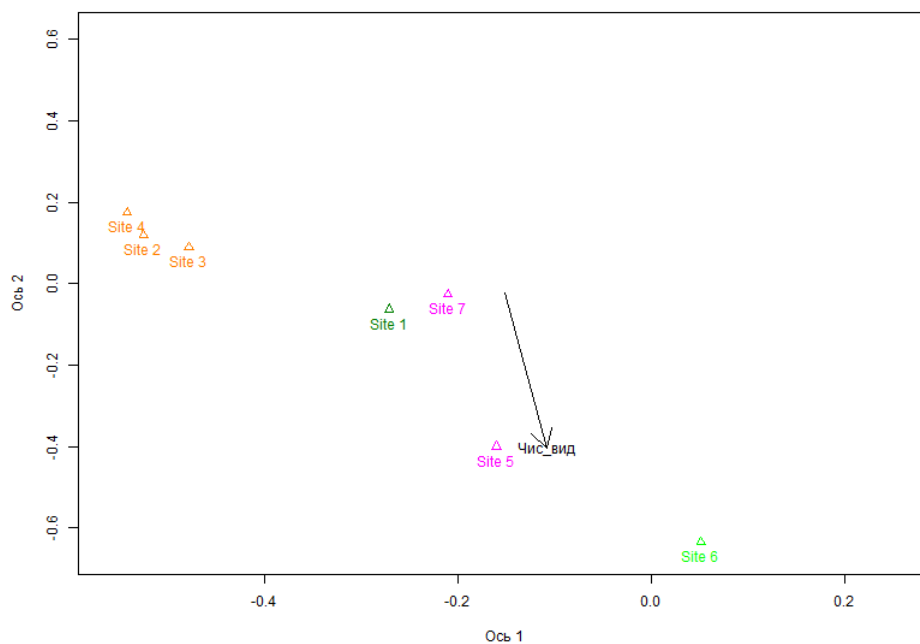


Рис. Ординация исследованных участков по видовому составу водорослей с векторами, отражающими корреляцию между осями ординации и числом видов

Длина вектора «Число видов» отражает значение коэффициента корреляции ( $r = -0,7$ , значима на уровне  $p = 0,05$ ) с осью 2. Группы сообществ: site 1 – лесные сообщества, site 2–4 – горно-тундровые сообщества, site 5, 7 – антропогенно-нарушенные, site 6 – тундровые сообщества.

Альгофлора северо-востока европейской части России на сегодняшний день относительно хорошо исследована. Выявленное разнообразие водорослей сходно по числу видов с альгофлорами других регионов: так, в почвах Кировской области (бассейн р. Вятки) обнаружен 581 вид [18], в Сибири (Иркутская область, Республика Бурятия, Забайкальский край) – 638 видов (705 с внутривидовыми таксонами) водорослей [19]. Дополнение видовых списков региона исследований возможно за счет малоисследованных сообществ водорослей лесных, луговых, горно-лесных и болотных экосистем. Создана коллекция живых культур цианопрокариот и водорослей SYKOA (<http://ib.komisc.ru/sykoa>, зарегистрирована во Всемирном каталоге коллекций культур микроорганизмов GCM под номером 1125), в которой представлено более 200 штаммов микроводорослей, выделенных из наземных экосистем различных равнинных и горных регионов европейской Арктики и Субарктики.

### Литература

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. – М. : Наука, 1976. – 144 с.
2. Дорогостайская Е. В., Новичкова-Иванова Л. Н. Об изменении альгофлоры тундровых почв в результате их освоения // Ботан. журн. – 1967. – № 52 (4). – С. 461–468.
3. Новаковская И. В. Альгофлора почв северо-востока европейской части России // Новости сист. низш. раст. – 2018. – Т. 52. (в печати).
4. Гецен М. В., Стенина А. С., Патова Е. Н. Альгофлора большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. – Екатеринбург : Наука, 1994. – 150 с.
5. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера (на примере Большеземельской тундры). – Л., 1985. – 165 с.
6. Зимонина Н. М. Почвенные водоросли нефтезагрязненных земель. – Киров, 1998. – 170 с.

7. Новаковская И. В., Патова Е. Н., Шабалина Ю. Н. Почвенные водоросли горно-тундровых сообществ Приполярного Урала (национальный парк «Югыд ва») // Ботан. журн. – 2012. – № 97 (3). – С. 305–320.
8. Андреева В. М., Чаплыгина О. Я. Почвенные неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) Полярного Урала // Новости сист. низш. раст. – 2007. – Т. 41. – С. 15–18.
9. Новаковская И. В., Патова Е. Н. Цианопрокариоты и водоросли горно-тундровых почв северной оконечности Полярного Урала // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2013. – № 118 (5). – С. 57–66.
10. Андреева В. М. Почвенные неподвижные зеленые водоросли (Chlorophyta) Воркутинской тундры (Республика Коми) // Новости сист. низш. раст. – 2004. – Т. 37. – С. 3–8.
11. Андреева В. М., Чаплыгина О. Я. Почвенные неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) в зоне промышленного загрязнения г. Воркуты (Республика Коми) // Новости сист. низш. раст. – 2006. – Т. 40. – С. 13–18.
12. Dorokhova M. Diatom algae as indicators of technogenic changes in soils adjacent to coal mine // Acta botanica warmiae et masuriae. – 2003. – № 3. – С. 145–154.
13. Патова Е. Н., Дорохова М. Ф. Почвенные водоросли // Природная среда тундры в условиях открытой разработки угля (на примере Юньягинского месторождения). – Сыктывкар, 2005. – С. 126–143.
14. Андреева В. М. Неподвижные зеленые водоросли (Chlorophyta) из почв правобережья р. Ортины (устье р. Печоры) // Новости сист. низш. раст. – 2005. – Т. 41. – С. 3–7.
15. Новаковская И. В., Патова Е. Н. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. – Сыктывкар, 2011. – 128 с.
16. Стенина А. С., Тетерюк Б. Ю., Патова Е. Н. Растительные сообщества прибрежных экотонов озера в долине р. Вангыр на Приполярном Урале. Ботанические исследования на охраняемых природных территориях Европейского Северо-Востока. – Сыктывкар, 2001. – С. 20–36. (Тр. Коми научного центра УрО Российской АН; № 165).
17. Новаковский А. Б. Взаимодействие Excel и статистического пакета R для обработки данных в экологии // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2016. – № 3. – С. 26–33.
18. Штина Э. А. Флора водорослей бассейна реки Вятки. – Киров, 1997. – 96 с.
19. Егорова И. Н., Судакова Е. А. Водоросли в наземных экосистемах Байкальской Сибири // Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге. – Екатеринбург, 2011. – С. 100–104.

**E. N. Patova, I. V. Novakovskaya,**  
Institute of Biology, Komi Scientific Centre,  
Ural Branch, Russian Academy of Sciences (Syktyvkar)

#### **COMPARATIVE ANALYSIS OF SOIL ALGOFLORA OF SOME REGIONS OF THE NORTH-EAST EUROPEAN RUSSIA**

The article summarizes the published and original data on the species diversity of soil algae in the Northeast of the European part of Russia. 695 species of algae from five divisions, 12 classes, 40 orders, 107 families and 244 genera were found in the soils of this territory. Taxonomic and ecological-geographical analysis of algoflora was carried out.