

НОВЫЕ И РЕДКИЕ ВИДЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ (CHLOROPHYTA, STREPTOPHYTA) ДЛЯ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

И.В. Новаковская, Е.Н. Патова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар
E-mail: novakovskaya@ib.komisc.ru

Аннотация. В статье опубликованы сведения о новых видах эукариотных водорослей для почв северо-востока европейской части России – *Interfilum paradoxum*, *Leptosira* cf. *polychloris*, *Tetracystis* cf. *pampae*, *Ulothrix implexa* и редких – *Dictyosphaerium chlorelloides*, *Fottea pyrenoidosa*. Для каждого вида приведено морфологическое описание и представлены микрофотографии, подробно описаны места сбора, а также дана эколого-географическая характеристика таксонов.

Ключевые слова: почвенные водоросли, северо-восток европейской части России, новые и редкие виды

Введение

К европейскому северо-востоку России относится территория, расположенная в северной части Уральских гор и на северо-востоке Восточно-Европейской равнины. Она охватывает Республику Коми, Архангельскую область и Ненецкий автономный округ. Это регион с суровыми климатическими условиями, которые ограничивают разнообразие животного и растительного мира. Споровые растения, в том числе и водоросли, благодаря способности быстро размножаться, активно занимать свободные пространства и приспособляться к неблагоприятным условиям Севера играют в таких экстремальных фитоценозах важную роль.

Изучение водорослей в почвах региона исследований проводится с 1962 г. (Дорогостайская, 1967). К наиболее изученным в альгологическом отношении районам этой территории можно отнести Большеземельскую тундру (Воркутинская тундра), где выявлен 251 вид (Гецен, 1994), Печорскую низменность (Возейское месторождение) – 205 видов (Зимонина, 1998), а также горные тундры Приполярного Урала (бассейн р. Кожим) – 206 видов (Новаковская, 2012). В настоящее время ведется активное исследование альгофлоры в наземных экосистемах Полярного, Приполярного и Северного Урала (Новаковская, 2012, 2013), в результате флористические списки водорослей постоянно пополняются.

Несмотря на то, что территорию северо-востока европейской части России изучают в альгологическом отношении в течение длительного времени, сводный список почвенных водорослей отсутствовал. Авторами статьи составлена сводка о почвенной альгофлоре региона, которая насчитывает с учетом литературных и оригинальных данных 695 видов водорослей и цианопрокариот (Новаковская, 2018). Это составляет примерно 20 % от мировой почвенной альгофлоры, включающей около 3500 таксонов (Водорости..., 2001). В статье приведены сведения о новых и редких таксонах эукариотных зеленых водорослей из отделов Chlorophyta и Streptophyta, ранее не обна-

руженных в наземных экосистемах европейского северо-востока России.

Материалы и методы

Определение видов выполнено на основе морфологических подходов с использованием современных определителей и статей (Мошкова, 1986; Ettl, 1995; Андреева, 1998; Phylogenetic..., 2011) с привлечением накопительных и монокультур на жидкой и агаризованной среде 3N BBM (с почвенной вытяжкой). Выделенные штаммы определяли на микроскопе Nikon Eclipse80i при увеличении до $\times 1000$, оборудованном системой дифференциального интерференционного контраста и видеофиксации изображений. Микрофотографии выполнены с помощью камеры Nikon Digital Sight Ds-2Mv (Nikon, Japan). Данные о таксономии, географии и экологии видов приведены согласно Algaebase (<http://www.algaebase>) и сводкам о почвенных водорослях (Водорости..., 2001; Phylogeny..., 2012).

Все штаммы, за исключением *Ulothrix implexa*, выделены в альгологически чистую культуру и поддерживаются в коллекции живых культур водорослей Института биологии (SYKOA) (<https://ib.komisc.ru/sykoa>). Выделенные штаммы хранятся в стеклянных пробирках на 20 мл с притертыми пробками на агаризованной питательной среде 3N BBM – pH 6.2. Каждый штамм представлен в двух повторностях (одна – возраст до 3–12 мес., вторая – до 1.5–2 лет). Культуры поддерживают в холодильной установке при температуре 10–14 °С, оснащенной дополнительной лампой дневного освещения – ЛБ-40 (ФАР 15 мкмоль $m^{-2}c^{-1}$), с соблюдением соотношения периодов свет/темнота 12/12 ч.

К новым видам отнесены таксоны, впервые выявленные на исследуемой территории. К редким – виды, которые были найдены не более чем в двух местонахождениях от общего числа (12) обследованных районов. Расчет редкости проводили с учетом данных о частоте встречаемости таксона в пределах изучаемого региона (она не должна превышать 20 %) (Основы..., 2008). Виды в статье приведены в алфавитном порядке.

Результаты

К новым таксонам, впервые обнаруженным в почвах северо-востока европейской части России, отнесены четыре вида. Далее приведена их подробная характеристика.

Interfilum paradoxum Chodat & Topali in Chodat (*Geminella paradoxa* (Chodat & Topali) Printz, *Radiofilum paradoxum* (Chodat & Topali) Printz).

Таксономическое положение вида: отдел Streptophyta, класс Klebsormidiophyceae, порядок Klebsormidiales, семейство Klebsormidiaceae.

Морфологическое описание штамма. Многоклеточная водоросль с нитчатой организацией таллома. Обычно представлена одиночными или двойными клетками (рис. 1), иногда формирует короткие нити (рис. 2). Клетки эллипсоидные, широко эллипсоидные, овальные до округлых или полусферических, (6) 7–10 (11) мкм длиной и (4.5) 5.5–7 (7.5) мкм шириной. Клетки окружены прозрачной слизистой оболочкой с бороздками. Хлоропласт париетальный, пластинчатый, рассеченный на лопасти. Пиреноид окружен (от одного до нескольких слоев) крахмалом. Остатки материнской клеточной стенки хорошо развиты, представлены в виде колпачка или формируют нити между клетками. Размножается путем фрагментации нитей.

Распространение в мире. Был выявлен в Европе (Англия, Италия, Нидерланды, Словакия), а также в Австралии и Новой Зеландии. Встречается в почвах, иногда в водоемах.

Местонахождения в регионе исследования. Обнаружен на Приполярном Урале (гора Баркова). Выделен в кустарничково-лишайниковом сообществе из верхнего горизонта почвы (870 м над ур.м., 65°12'4.3" с.ш.; 60°15'39.6" в.д.).

Номер штамма в коллекции: SYKOA S-001-12.

Leptosira cf. polychloris Reisingl.

Таксономическое положение вида: отдел Chlorophyta, класс Trebouxiophyceae, порядок Trebouxiophyceae ordo incertae sedis, семейство Trebouxiophyceae incertae sedis.

Морфологическое описание штамма. Многоклеточная водоросль с нитчатой организацией таллома. Формирует рыхлые нити с округлыми, булавовидными или вздутыми клетками, которые образуют ± четкое ветвление (рис. 3). Хлоропласт париетальный, чашевидный, иногда разделен на отдельные лопасти, которые часто по краям с трещинами или отверстиями (рис. 4). Пиреноид трудно различим. Размножается многочисленными зооспорами и апланоспорами (рис. 5). Клетки 23–28 мкм длиной и 12–15 мкм шириной, зооспоры размером 5–7×2–3.5 мкм.

Распространение в мире. Выявлен из альпийских почв на территории Эцталских Альп, Австрии.

Местонахождения в регионе исследования. Обнаружен на Северном Урале (окрестности горы Пеленер). Выделен в кустарничково-мохово-лишайниковом (666 м над ур.м., 63°22'22.6" с.ш.; 58°53'54" в.д.) и кустарничково-лишайниковом (788 м над ур.м., 63°23'13.9" с.ш.; 58°54'25.8" в.д.) сообществах из верхних горизонтов почв.

Номер штамма в коллекции: SYKOA Ch-075-17.

Tetracystis cf. pampae Brown & Bold.

Таксономическое положение вида: отдел Chlorophyta, класс Chlorophyceae, порядок Chlamydomonadales, семейство Chlorococcaceae.

Морфологическое описание штамма. Вид относится к многоклеточным организмам с сарциноидной организацией таллома. В молодых культурах клетки одиночные, в стареющих культурах формируются сложные прочные комплексы, состоящие из диад и тетрад (рис. 6). Молодые клетки эллипсоидные, зрелые – шаровидные до 14 мкм. Оболочка не утолщается. Хлоропласт пристенный, массивный с несколькими щелями. Пиреноид окружен многочисленными зернами

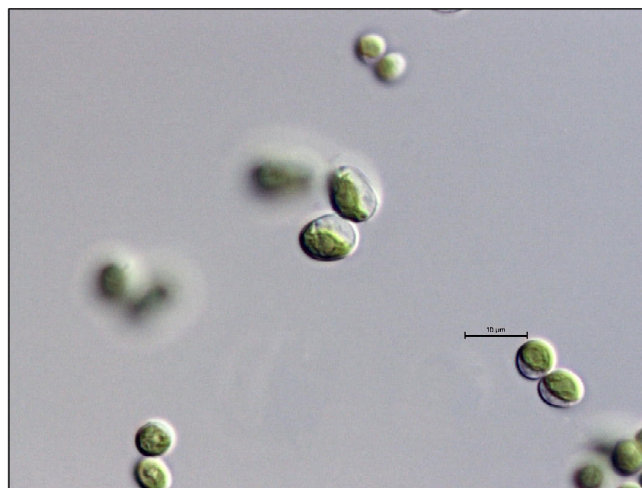


Рис. 1. *Interfilum paradoxum*, двойные клетки. Шкала равна 10 мкм (рис. 1–10).



Рис. 2. *Interfilum paradoxum*, нити.

крахмала до 4 мкм. В клетках имеются две сократительные вакуоли. Через две-три недели роста вид образует коричневое вещество, которое попадает в среду и окрашивает агар.

Бесполое размножение путем десмосхизиса, при помощи апланоспор и зооспор. Зооспоры цилиндрические, 8 мкм длиной и 4 мкм шири-

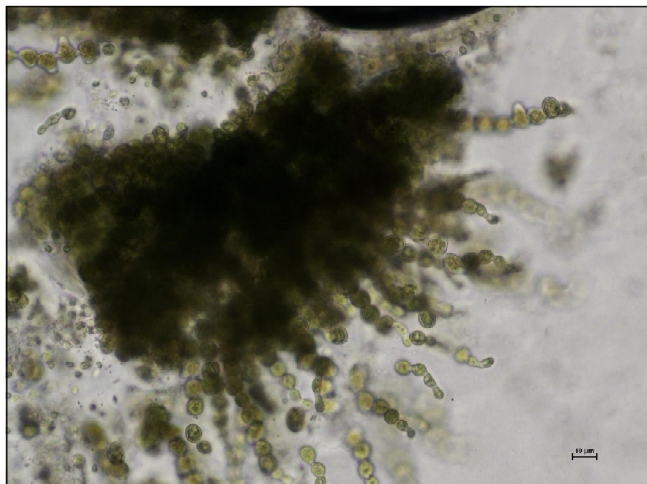


Рис. 3. *Leptosira* cf. *polychloris*, слоевище.

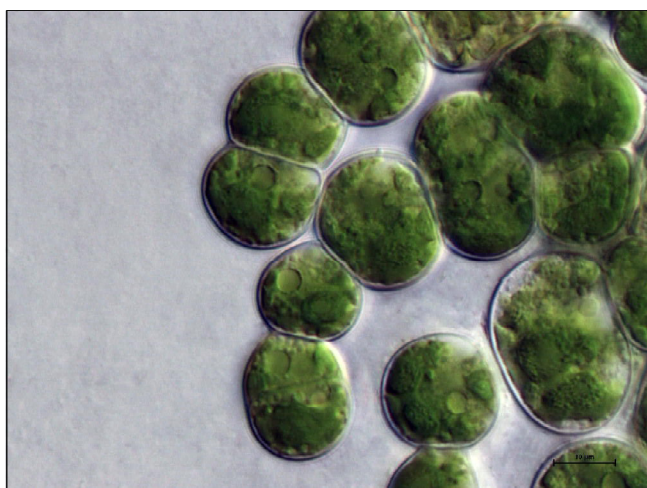


Рис. 4. *Leptosira* cf. *polychloris*, часть слоевища.

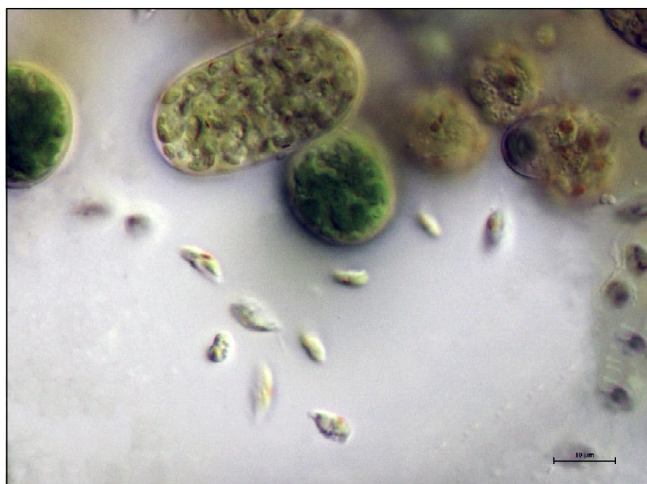


Рис. 5. *Leptosira* cf. *polychloris*, зооспоры с зооспорангием.

ной, со жгутиками, равными длине тела зооспоры, с центральным пиреноидом, задним ядром и передней стигмой.

Распространение в мире. Был найден в Северной Америке, Японии, на Украине выявлен в горных, лесостепных районах, а также Украинском Полесье, в России – в Оренбургской области. Почвенный вид.

Местонахождения в регионе исследования. Обнаружен на Северном Урале (окрестности горы Пеленер). Выделен с оголенного грунта пятна выветривания (585 м над ур.м., 63°22'36.2" с.ш.; 58°54'20.3" в.д.).

Номер штамма в коллекции: SYKOA Ch-080-17.

Ulothrix implexa (Kutzing) Kutzing (*Hormidium implexum* (Kutzing) Rabenhorst).

Таксономическое положение вида: отдел Chlorophyta, класс Ulvophyceae, порядок Ulotrichales, семейство Ulotrichaceae.

Морфологическое описание штамма. Вид относится к многоклеточным водорослям с нитчатой организацией таллома. Формирует короткие слизистые нити. Клетки слегка бочонкообразные, цилиндрические, обычно 10.5–14 мкм шириной, их длина равна ширине или короче – 7–16 мкм. Хлоропласт лентовидный, занимает более 2/3 клетки, с одним пиреноидом (рис. 7).

Распространение в мире. Выявлен в Исландии, Северной Корее, а также на Украине. Аэрофитный или почвенный вид; влаголюбивый, не устойчив против засухи и сильного нагревания. Формирует поверхностные налеты на затененных участках. В литературе описывается похожий штамм, обитающий в морских солоноватых водах.

Местонахождения в регионе исследования. Обнаружен на Северном Урале (окрестности горы Пеленер). Выделен с оголенного грунта пятна выветривания (585 м над ур.м., 63°22'36.2" с.ш.; 58°54'20.3" в.д.).



Рис. 6. *Tetracystis* cf. *rampae*, комплексы клеток.

Штамм *Ulothrix implexa* не удалось выделить в альгологически чистую культуру, так как не смогли подобрать оптимальные условия для культивирования.

Далее приведены характеристики двух видов зеленых водорослей, редких для региона исследований.

***Dictyosphaerium chlorelloides* (Nauman) Komarek & Perman (*Brachionococcus chlorelloides* Naumann; *Dictyosphaerium minutum* Petersen).**

Таксономическое положение вида: отдел Chlorophyta, класс Trebouxiophyceae, порядок Chlorellales, семейство Chlorellaceae.

Морфологическое описание штамма. Вид относится к колониальным водорослям с коккоидной организацией таллома. Клетки могут быть одиночные и в небольших колониях (из двух-четырех клеток, иногда до 16), легко распадающихся на отдельные клетки. В колониях клетки обычно расположены на концах лопастей разорванной материнской оболочки (рис. 8), со временем превращающиеся в крестообразно расположенные слизистые тяжи. Колониальная слизь гомогенная, не всегда различима без подкраски. Молодые клетки узкоэллипсоидные, эллипсоидные, яйцевидные (рис. 8), зрелые – шаровидные 3.5–9 мкм (рис. 9). Хлоропласт в молодых клетках латеральный, в зрелых – чашевидный. Один пиреноид.

Автоспоры по четыре, реже две, освобождаются в результате разрыва материнской оболочки и остаются прикрепленными к ее концам. Материнская оболочка вначале четырехлопастная, позднее крестовидная. Автоспоры 3–6 мкм длиной и 2–6 мкм шириной. Колонии 10–40 мкм в диаметре.

Распространение в мире. Выявлен в Европе: Великобритания, Дания, Исландия, Испания, Нидерланды, Россия, Румыния, Словакия, Франция; в Южной Америке: Аргентина, Бразилия; Антарктида. Встречается в почве, детрите, планктоне луж, а также в болотах.

Местонахождения в регионе исследования. Встречаемость вида в регионе исследования составила 17 %. Водоросль обнаружена на Северном Урале (окрестности горы Пеленер). Штамм выделен из верхних горизонтов почвы осоково-мохово-лишайникового сообщества (1053 м над ур.м., 63°23'27.7" с.ш.; 58°58'33.3" в.д.). Ранее этот вид в почвах северо-востока европейской части России был зафиксирован В.М. Андреевой в пробах из мохово-ерникового сообщества в Воркутинской тундре, окрестностях пос. Советский (Андреева, 2004).

Номер штамма в коллекции: SYKOA Ch-073-17.

***Fottea pyrenoidosa* Broady**

Таксономическое положение вида: отдел Chlorophyta, класс Ulvophyceae, порядок Ulotrichales, семейство Ulotrichaceae.

Морфологическое описание штамма. Вид относится к многоклеточным водорослям с коккоидной и нитчатой организацией таллома. Колонии слизистые, неправильной формы. Клетки цилиндрические, обычно слегка изогнутые, иногда прямые, концы с широкозакругленными полюсами. Талломы обычно одиночные, в культурах



Рис. 7. *Ulothrix implexa*, вегетативные нити.



Рис. 8. *Dictyosphaerium chlorelloides*, молодые колонии.

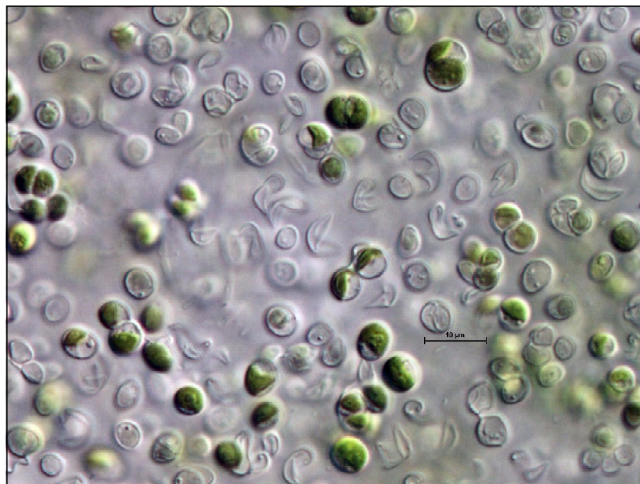


Рис. 9. *Dictyosphaerium chlorelloides*, зрелые колонии и пустые оболочки спорангия.

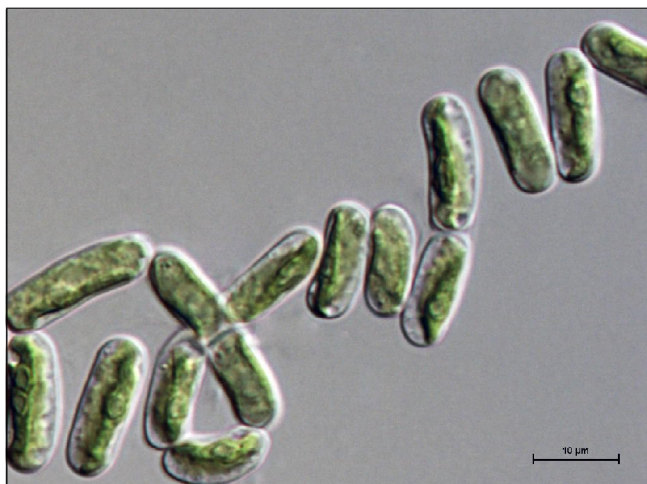


Рис. 10. *Fottea pyrenoidosa*, колонии клеток.

иногда в парах или в коротких трехклеточных нитях. Желобовидный хлоропласт с одним пиреноидом. Длина 8-18 мкм, ширина 6 мкм. Присутствуют капли масла (рис. 10).

Распространение в мире. Известен из Арктики, а также Антарктических и Субантарктических островов.

Местонахождения в регионе исследования. Встречаемость вида в регионе исследования составила 17%. Обнаружен на Полярном (окрестности оз. Манясей-то) и Приполярном (окрестности оз. Большое Балбанты) Урале. Выделен в травяно-моховом (186 м над ур.м., 68°28'23" с.ш.; 66°20'31" в.д.) и кустарничково-мохово-лишайниковом (674 м над ур.м., 65°12'56" с.ш.; 60°15'26.3" в.д.) сообществах из верхних горизонтов почвы.

Номер штамма в коллекции: SYKOA Ch-026-10.

Выводы

В результате проведенных исследований дополнены сведения об альгофлоре европейского северо-востока России. Подобраны условия культивирования для исследованных зеленых и стрептофитовых водорослей. Пополнена коллекция живых культур водорослей Института биологии (SYKOA). Получены альгологически чистые штаммы, что позволит детально изучить морфологические, молекулярно-генетические характеристики новых и редких таксонов почвенных водорослей. Планируется оценить возможность использования данных видов в биотехнологии для получения различных биологически активных веществ.

В дальнейшем будет продолжено изучение водорослей, обитающих в почвах региона, с применением световой, трансмиссионной электронной микроскопии, молекулярно-генетического анализа. Это позволит расширить представления о видовом разнообразии данной группы организмов.

Исследования выполнены в рамках бюджетной темы № АААА-А16-116021010241-9, а также при час-

тичной финансовой поддержке гранта УрО РАН № 18-4-4-14.

ЛИТЕРАТУРА

Андреева, В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales) / В. М. Андреева; отв. ред. К. Л. Виноградова. – Санкт-Петербург: Наука, 1998. – 352 с.

Андреева, В. М. Почвенные неподвижные зеленые водоросли (Chlorophyta) Воркутинской тундры (Республика Коми) / В. М. Андреева // Повести систематики низших растений. – 2004. – Т. 37. – С. 3–8.

Водоросли грунтов Украины (история та методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Е. М. Демченко, Т. М. Дарієнко, Т. І. Михайлюк, О. В. Рибчинський, А. М. Солоненко; від. ред. Н. П. Масюк, С. Я. Кондратюк. – Київ: Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.

Гецен, М. В. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия / М. В. Гецен, А. С. Стенина, Е. Н. Патова; отв. ред. Э. А. Штина. – Екатеринбург: Наука, 1994. – 150 с.

Дорогостайская, Е. В. Об изменении альгофлоры тундровых почв в результате их освоения / Е. В. Дорогостайская, Л. Н. Новичкова-Иванова // Ботанический журнал. – 1967. – № 52 (4). – С. 461–468.

Зимонина, Н. М. Почвенные водоросли нефтезагрязненных земель / Н. М. Зимонина; отв. ред. М. В. Гецен. – Киров: ВГПУ, 1998. – 170 с.

Мошкова, Н. А. Зеленые водоросли. Класс Улотриксовые. Порядок Улотриксовые. Определитель пресноводных водорослей СССР / Н. А. Мошкова, М. М. Голлербах; отв. ред. М. М. Голлербах. – Ленинград: Наука, 1986. – Вып. 10 (1). – 360 с.

Новаковская, И. В. Альгофлора почв северо-востока европейской части России / И. В. Новаковская, Е. Н. Патова // Повести систематики низших растений. – 2018. (в печати).

Новаковская, И. В. Почвенные водоросли горно-тундровых сообществ Приполярного Урала (национальный парк «Югыд ва») / И. В. Новаковская, Е. Н. Патова, Ю. Н. Шабалина // Ботанический журнал. – 2012. – № 97 (3). – С. 305–320.

Новаковская, И. В. Цианопрокариоты и водоросли горно-тундровых почв северной оконечности Полярного Урала / И. В. Новаковская, Е. Н. Патова // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отд. биол. – 2013. – Т. 118; вып. 5. – С. 57–66.

Основы альгосозологии / Е. В. Борисова, О. А. Кислова, Н. В. Кондратьева, А. Ф. Крахмальный, Л. Л. Лилицкая, И. И. Маслов, Н. П. Масюк, Г. М. Паламарь-Мордвинцева, Л. И. Рябушко, Л. А. Сиренко, П. М. Царенко, Т. Ф. Шевченко; отв. ред. Н. В. Кондратьева, П. М. Царенко. – Киев: Академперіодика, 2008. – 480 с.

Ettl, H. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtentalgen / H. Ettl, G. Gartner. – Stuttgart: Gustav Fischer, 1995. – 721 p.

Phylogenetic relationships in Interfilum and Klebsormidium (Klebsormidiophyceae, Streptophyta) / F. Rindi, T. I. Mikhailyuk, H. J. Sluiman, T. Friedl, J. M. Lopez-Bautista // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2011. – N 58 (2). – P. 218–231.

Phylogeny and molecular evolution of the green algae / F. Leliaert, D. R. Smith, H. Moreau, M. D. Herron, H. Verbruggen, C. F. Delwiche, O. D. Clerck // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2012. – N 31. – P. 1–46.

**NEW AND RARE ALGAE SPECIES (CHLOROPHYTA, STREPTOPHYTA)
IN THE SOILS OF RUSSIAN EUROPEAN NORTHEAST**

I.V. Novakovskaya, E.N. Patova

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

Summary. Russian European Northeast includes territories located at the north of the Urals and the north-east of East European Plain. The Komi Republic, Archangelsk Region and Nenets Autonomous District are the administrative divisions of the Russian European Northeast. This area has severe climate. And cryptogam plants including algae are important part of northern ecosystems due to their fast reproduction, active space expansion and high adaptability to the harsh environmental conditions. In spite of the fact that ecosystems of the Russian European Northeast have been studied for a long time, the total list of soil algae was not created still. Taking into account literary and original data, we executed a summary of the soil algae of the region that consists of 695 species of algae and Cyanoprokaryota and counts about 20 % of world (about 3500 taxa) soil algae list.

In our paper, we describe new and rare taxa of eukaryotic green algae from divisions Chlorophyta and Streptophyta not listed earlier from the terrestrial ecosystems at the Russian European Northeast. The species found at the study area for the first time were classified as new. The species found in no more than two locations were considered as rare species.

By the moment, the algal flora of the Northern, Subpolar and Polar Urals is exploring actively; and new (*Interfilum paradoxum*, *Leptosira* cf. *polychloris*, *Tetracystis* cf. *pampae* and *Ulothrix implexa*) and rare (*Dictyosphaerium chlorelloides* and *Fottea pyrenoidosa*) for the Russian European Northeast species of soil algae were found. For each species we provide morphological description and microscopic photos followed by the collecting site localization and eco-geographical characteristic of the taxon.

Key words: soil algae, Russian European Northeast, new and rare species
